

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 895**

51 Int. Cl.:

H04L 1/18	(2006.01) H04W 52/02	(2009.01)
H04L 5/00	(2006.01) H04W 92/02	(2009.01)
H04W 4/00	(2008.01)	
H04L 5/14	(2006.01)	
H04W 28/08	(2009.01)	
H04W 36/22	(2009.01)	
H04W 48/12	(2009.01)	
H04W 68/00	(2009.01)	
H04W 72/04	(2009.01)	
H04W 88/08	(2009.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.06.2013 PCT/US2013/048342**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.01.2014 WO14008104**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.06.2013 E 13813734 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2868004**

54 Título: **Transmisión y recepción simultáneas**

30 Prioridad:

02.07.2012 US 201261667325 P

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

30.04.2018

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)
2200 Mission College Boulevard
Santa Clara, CA 95052, US**

72 Inventor/es:

CHOI, YANG-SEOK

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 665 895 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Transmisión y recepción simultáneas

5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 La capacidad en las redes de comunicación inalámbricas está generalmente limitada por el espectro de radio disponible. La capacidad de una red de comunicación inalámbrica, por lo tanto, depende del uso eficiente del espectro de radio disponible. Dado que el espectro de radio asignado a una red celular inalámbrica a menudo es fijo, y debido al hecho de que los operadores de red generalmente desean aumentar la capacidad, se realizan esfuerzos para hacer un uso más eficiente del espectro de radio asignado.

15 En una red celular inalámbrica, el espectro de radio asignado a menudo se divide, a modo de ejemplo, por tiempo, frecuencia y/o espacio. Por ejemplo, el espectro de radio asignado se puede dividir en un subconjunto de canales de frecuencia. Los canales de frecuencia suelen estar lo suficientemente separados como para que no se solapen y generen interferencias entre canales. A este respecto, cada uno de estos canales se puede utilizar, de forma independiente entre ellos, puesto que utiliza un alcance de frecuencia separado. En una red celular inalámbrica, algunos canales pueden estar dedicados a la comunicación de enlace descendente y otros canales pueden estar dedicados a la comunicación de enlace ascendente.

20 El espectro de radio se puede dividir, además, por tiempo y/o espacio. Un canal de enlace ascendente, a modo de ejemplo, puede dividirse en distintos intervalos de tiempo. A cada equipo de usuario (UE) en la red celular inalámbrica, se le puede asignar un intervalo de tiempo en el cual se otorga al equipo UE el derecho de transmitir datos en el canal de enlace ascendente. En este sentido, se dice que el espectro de radio está dividido en el tiempo. El espectro de radio puede dividirse, además, por espacio reutilizando, a modo de ejemplo, frecuencias en diversas localizaciones. Por ejemplo, una pluralidad de células, en la red celular inalámbrica, puede cubrir áreas que no se solapen, de modo que una frecuencia dada se puede reutilizar a través de la pluralidad de células sin experimentar interferencia en la frecuencia dada.

25 El documento US2012155341 da a conocer un dispositivo de estación base que realiza una comunicación basada en un sistema FDD (Duplexación por División de Frecuencia) e incluye una unidad de recepción de señal de enlace descendente que recibe una señal de enlace descendente transmitida desde otro dispositivo de estación base. El dispositivo de estación base realiza un proceso de formación de haz para dirigir un haz nulo a una dirección de llegada de la señal de enlace descendente procedente del otro dispositivo de estación base, mediante el uso de información de ruta de transmisión entre el dispositivo de estación base y el otro dispositivo de estación base, estando disponible la información desde la señal de enlace descendente recibida por la unidad de recepción de señal de enlace descendente.

30 El documento US2011243040 da a conocer un aparato para comunicación inalámbrica móvil de onda milimétrica de dúplex completo, que incluye un sistema de comunicación móvil de Dúplex por División Espacial (SDD) que utiliza ondas milimétricas, incluyendo el sistema de comunicación móvil SDD un primer terminal inalámbrico que tiene una primera matriz de antena de transmisión que tiene una pluralidad de primeras antenas transmisoras para transmitir un primer haz de transmisión formado espacialmente y una primera matriz receptora de antena que tiene una pluralidad de primeras antenas receptoras para formar un primer haz de recepción recibido y un segundo terminal inalámbrico que incluye una segunda matriz de antena de transmisión que tiene una pluralidad de segundas antenas para transmitir un segundo haz de transmisión espacialmente formado dirigido hacia un haz de recepción del primer terminal inalámbrico, y una segunda matriz de antena de recepción que tiene una pluralidad de segundas antenas de recepción para formar un segundo haz de recepción espacialmente formado, dirigido hacia el haz de transmisión del primer terminal.

50 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 representa un diagrama de relación temporal para la transmisión y recepción simultáneas (STR) para una parte de una trama de radio de enlace descendente, a modo de ejemplo, y una parte de una trama de radio de enlace ascendente, a modo de ejemplo, de un canal.

La Figura 2 ilustra un diagrama de bloques de la arquitectura general de una red celular inalámbrica, a modo de ejemplo, que utiliza la STR.

60 Las Figuras 3-4 ilustran estructuras de protocolo de interfaz de radio, a modo de ejemplo, entre un equipo de usuario (UE) y una estación base (BS) que utilizan la STR.

La Figura 5 ilustra un diagrama de bloques funcional, a modo de ejemplo, de un sistema de manipulación de información que utiliza la STR.

65 La Figura 6 ilustra un diagrama de bloques funcional, a modo de ejemplo, de un sistema de comunicación de red

celular inalámbrico que utiliza la STR.

La Figura 7 ilustra tipos de interferencia que se pueden encontrar en una red celular inalámbrica utilizando la STR.

5 La Figura 8 ilustra patrones de haz, a modo de ejemplo, para reducir la interferencia desde una estación base BS, en una red celular inalámbrica utilizando STR.

La Figura 9 ilustra un gráfico que compara la interferencia co-canal de enlace ascendente en una red celular inalámbrica ejemplar que utiliza STR.

10 La Figura 10 ilustra módulos, a modo de ejemplo, en una estación base BS en una red celular inalámbrica utilizando STR.

15 La Figura 11 un diagrama de flujo de un método, a modo de ejemplo, para reducir la interferencia entre estaciones base BSs en una red celular inalámbrica que funciona con STR.

La Figura 12 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo de un dispositivo informático que se puede utilizar para reducir la interferencia BS-BS en una red celular inalámbrica que opera con STR.

20 La Figura 13 es un diagrama de bloques que ilustra un dispositivo inalámbrico (p.ej., un equipo de usuario UE) de conformidad con un ejemplo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

25 Se describe una tecnología que reduce la interferencia entre Estaciones Base (BS), en una red celular inalámbrica, utilizando transmisión y recepción simultáneas (STR). En particular, se describe una técnica de formación de haz que puede permitir a las estaciones BSs realizar una comunicación de dúplex completa con menos interferencia entre BS a BS. Si bien el término estación base se utiliza en toda la aplicación, no está previsto para ser limitativo. Tal como se utiliza en el presente documento, el término estación base puede referirse a cualquier transceptor en un sistema de comunicación de tipo celular que está configurado para comunicarse con una o más estaciones móviles o equipos de usuario. Esto puede incluir sistemas de comunicación configurados para funcionar sobre la base de normas tales como las tales del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) 802.16e-2005 y 802.16m-2011 y el Proyecto de Asociación de la 3ª Generación (3GPP) Evolución a Largo Plazo Versión 8, 9, 10 y 11. Otros sistemas celulares que están configurados para permitir que un único transceptor (es decir, estación base o nodo B mejorado) se comunique con múltiples dispositivos de comunicación móvil también se consideran como dentro del alcance de la aplicación.

40 La STR permite la transmisión en la misma frecuencia, al mismo tiempo, y puede duplicar, potencialmente, la capacidad de la capa física. STR también se puede denominar comunicación de dúplex completo. El uso de STR puede introducir dos nuevas interferencias únicas en una red celular inalámbrica constituida por estaciones base y equipo de usuario (UE). En general, la interferencia BS-BS y la interferencia UE-UE pueden suceder como resultado de STR. Estas dos nuevas interferencias pueden degradar el rendimiento del sistema si no se manipula de forma adecuada. La tecnología da a conocer dispositivos, sistemas y métodos para reducir la interferencia BS-BS. Más concretamente, la tecnología se puede utilizar para suprimir la interferencia BS-BS. Con supresión, la interferencia BS-BS puede ser menor que la potencia de ruido térmico.

50 A modo de ejemplo, dos estaciones base, tales como Nodos Bs Evolucionados (eNB), eNB1 y eNB2, pueden estar situados adyacentes entre sí. Un equipo de usuario UE puede estar situado dentro del área de célula de eNB1, y puede estar utilizando STR. En la dirección de enlace ascendente, el equipo UE puede transmitir, con una cantidad de potencia relativamente baja en comparación con la potencia transmitida por el eNB 1 y el eNB2. Al utilizar STR para transmitir, en la dirección de enlace ascendente, el equipo UE puede transmitir una señal que utiliza la misma frecuencia, al mismo tiempo, que las señales transmitidas por, a la vez, los nodos eNB1 y eNB2. Puesto que el nodo eNB1 puede ser capaz de cancelar la interferencia causada por la transmisión simultánea del eNB1 en la misma frecuencia, puede recibir la transmisión desde el equipo UE. El nodo eNB1, sin embargo, puede verse sobrepasado con una transmisión simultánea desde el eNB2 en la misma frecuencia. A menudo, los nodos eNBs transmiten a un nivel de potencia mucho más alto que los equipos UEs. De esta forma, la transmisión del eNB2 puede interferir con la capacidad del eNB1 de recibir la transmisión del enlace ascendente desde el UE al eNB1.

60 Los sistemas STR o dúplex completo pueden no solamente mejorar la capacidad de la capa física, sino que también pueden proporcionar otros beneficios importantes en capas más allá de la capa física. A modo de ejemplo, STR puede reducir el retardo de extremo a extremo en redes de múltiples saltos operativos. En sistemas de semidúplex, cada nodo puede iniciar la transmisión de un paquete al siguiente nodo solamente cuando se recibe por completo del nodo anterior en la red. En consecuencia, el retardo de extremo a extremo es igual a la duración del paquete multiplicada por el número de saltos operativos. Sin embargo, cuando se utiliza STR, un nodo puede reenviar un paquete mientras lo recibe y, en consecuencia, el retardo de extremo a extremo en los sistemas STR puede ser solamente un poco más largo que la duración del paquete. Lo que antecede será una gran ventaja sobre los

sistemas de semidúplex, especialmente a medida que crece el número de saltos operativos. Mientras tanto, el paquete reenviado al siguiente nodo también puede desempeñar un papel de confirmación implícito (ACK) en el nodo anterior.

5 La STR puede alcanzar la capacidad duplicada, especialmente en enlaces aislados tales como comunicaciones punto a punto y red de retorno inalámbrica. En los sistemas celulares, sin embargo, la situación es diferente y es posible que deban tomarse medidas adicionales. Además de la interferencia co-canal regular presente en los sistemas de semidúplex, a saber, interferencias entre estación base (BS) a equipo UE e interferencias entre UE a estación BS, existen dos interferencias únicas causadas por el funcionamiento del sistema en modo de dúplex completo: interferencia BS-BS e interferencia UE-UE. Debido a STR en estaciones BSs, las señales de enlace descendente (DL) de las BS próximas interfieren con la señal deseada de enlace ascendente (UL) en una BS doméstica. Lo anterior se conoce como interferencia BS-BS y puede ser grave. A diferencia de la interferencia de canal BS a UE (enlace descendente o enlace ascendente), la interferencia de canal BS a BS puede estar más cerca de la línea de mira (LoS) con una pérdida de ruta mucho más baja. Además, la potencia de transmisión y la ganancia de antena en una estación BS puede ser, en general, mucho mayor que las del equipo UE. Por lo tanto, las interferencias desde BSs próximas a una estación BS doméstica dominan fácilmente una señal de UL (enlace ascendente) débil deseada que se transmite desde un UE. Por lo tanto, sin cancelar las interferencias BS-BS, la comunicación UL puede ser difícil, si no imposible, o al menos reducir la capacidad total de UL.

20 Para reducir la interferencia BS-BS y aumentar la capacidad de enlace ascendente en un sistema de comunicación inalámbrico de dúplex completo, se pueden formar espacios nulos en un ángulo de elevación en antenas de BS. Dado que se puede emplear la inclinación en cada BS, y puesto que cada estación BS puede tener una altura relativamente similar, al crear espacios nulos en las proximidades de un ángulo de elevación de 90°, se puede reducir o evitar la interferencia de BS-BS.

25 En primer lugar, se realizará una descripción detallada con respecto a STR haciendo referencia, en particular, a las Figuras 1-6. A continuación, realizará una discusión sobre la interferencia de BS-BS y la reducción de la misma haciendo referencia, en particular, a las Figuras 7-13. En consecuencia, la Figura 1 ilustra un diagrama de relación temporal para la transmisión y recepción simultáneas (STR) para una parte, a modo de ejemplo, de una trama de radio de enlace descendente, y una parte, a modo de ejemplo, de una trama de radio de enlace ascendente de un canal. STR permite que las operaciones de transmisión y recepción se produzcan simultáneamente en la misma portadora de RF (radiofrecuencias). En consecuencia, la STR puede aumentar la capacidad del canal hasta el doble de un canal basado en Duplexación por División de Tiempo (TDD) convencional y/o canal basado en Duplexación por División de Frecuencia (FDD) puesto que canales de enlace descendente (DL) y enlace ascendente (UL) comparten la misma portadora de RF tanto en tiempo como en recursos de frecuencia. En una forma de realización, a modo de ejemplo, la infraestructura de red (es decir, la estación base (BS), NodoB mejorado (eNB), femto-célula, eNB doméstico, etc.) pone en práctica la transmisión y recepción simultáneas de conformidad con la materia aquí dada a conocer, si un equipo de usuario (UE) puede transmitir y recibir, de forma simultánea, en la misma frecuencia. Más concretamente, la Figura 1 ilustra la relación temporal general entre una parte, a modo de ejemplo, de una trama de radio 100 de enlace descendente (DL) y una parte, a modo de ejemplo, de una trama de radio 150 de enlace ascendente (UL), para transmisión y recepción simultáneas de conformidad con la materia aquí dada a conocer. Tanto la trama de radio DL 100 como la trama de radio UL 150 están, a modo de ejemplo, a la misma frecuencia portadora de RF f_1 . La trama de radio DL a modo de ejemplo 100 incluye una parte de Canal de Transmisión y Control 101; una segunda parte 102 en la que está planificada una transmisión de DL desde el eNB a un UE 1 a modo de ejemplo; una tercera parte 103, en la que está planificada una transmisión DL desde el eNB a un UE 2 ejemplo; una cuarta parte 104 en la que está planificada una transmisión DL desde el eNB a un UE 3 ejemplo; y una quinta parte 105 en la que no está planificada ninguna transmisión DL. A modo de ejemplo, la trama de radio UL 150 incluye una primera parte 151, en la que no está planificada ninguna transmisión de UL; una segunda parte 152, en la que está planificada una transmisión de UL desde el UE 2 al eNB; una tercera parte 153, en la que está planificada una transmisión de UL desde el UE 3, una cuarta parte 154 en la que está planificada una transmisión de UL desde el UE 1; y una quinta parte 155, en la que está planificada una transmisión UL desde un UE 4, a modo de ejemplo. Conviene señalar que tanto la trama de radio DL 100 como la trama de radio UL 150 pueden incluir partes adicionales que no están ilustradas en la Figura 1 o descritas en este documento.

55 Tal como se ilustra en la Figura 1, durante la primera parte 101 de la trama DL 100, cuando el eNB transmite información de canal de transmisión y canal de control, no debe planificarse ninguna transmisión de UE UL ya que los UE están en un modo de recepción para recibir planificación y otra información de canal de control. (Si, sin embargo, si un UE tiene capacidad para STR, el UE puede planificarse para transmisión UL). Al final de la primera parte 101, transmisiones de DL desde el eNB y transmisiones UL desde los equipos UEs, a la vez, están planificadas para que sucedan simultáneamente. Debido a que el tiempo para que un UE cambie desde un modo de transmisión (Tx) a un modo de recepción (Rx), y desde Rx a Tx, es generalmente distinto de cero, la planificación de la transmisión DL y UL, para un equipo UE particular, que no tiene capacidad de STR, debe proporcionar un retardo de tiempo entre transmisiones DL y UL, de modo que el UE tenga tiempo suficiente para conmutar entre los modos Tx a Rx y los modos Rx a Tx. En una forma de realización a modo de ejemplo, se utiliza un retardo de tiempo de 5 μ seg para permitir que un equipo UE, que no tiene capacidad de STR, pueda alternar entre los modos Tx y Rx y entre los modos Rx y Tx. En otra forma de realización a modo de ejemplo, se podría utilizar un retardo de tiempo de menos de

5 μ seg. En otra forma de realización a modo de ejemplo, los tiempos respectivos para cambiar entre los modos Tx y Rx y entre los modos Rx y Tx son prácticamente los mismos. En otra forma de realización adicional a modo de ejemplo, los tiempos respectivos para cambiar entre los modos Tx y Rx y entre los modos Rx y Tx son diferentes. De modo adicional, puesto que un UE puede no tener necesariamente una capacidad STR, un dispositivo de planificación debe evitar planificar paquetes DL y UL para un UE particular que se solapen tanto en el tiempo como en la frecuencia portadora. Como alternativa, si un equipo UE tiene capacidad de STR, entonces un dispositivo de planificación puede planificar paquetes DL y UL para el UE con capacidad STR, que se solapen tanto en el tiempo como en la frecuencia portadora.

10 Si el equipo UE no tiene capacidad de STR, la Figura 1 ilustra, a modo de ejemplo, que durante la segunda parte 102 de la trama de DL 100, el nodo eNB está transmitiendo una señal de DL al UE 1, mientras que, simultáneamente, el UE 2 está transmitiendo una señal de UL al eNB durante la segunda parte 152 de la trama de UL 150. Si el UE 2 no tiene capacidad de STR, entonces se agrega un retardo de tiempo t_0 a la planificación de modo que el UE 2 tenga tiempo suficiente para pasar desde un modo Rx a un modo Tx. También como se ilustra en la Figura 1, se planifica una transmisión de DL desde el eNB al UE 2 durante una tercera parte 103; en consecuencia, la segunda parte 152 de la trama de UL 150 está planificada para finalizar con tiempo suficiente t_1 para que el UE 2 cambie de un modo Tx a un modo Rx. Durante la tercera parte 153 de la trama de UL 150, el UE 3 está programado para transmitir una señal de UL al eNB. La tercera parte, a modo de ejemplo, 153 está planificada para finalizar de modo que el UE 3 tenga tiempo suficiente t_3 para cambiar desde el modo Tx al modo Rx para recibir la señal de DL planificada, que se transmite desde el eNB al UE 3 durante la cuarta parte 104 de la trama de DL 100. De forma adicional, la señal de DL procedente del eNB al UE 1, durante la segunda parte 102, de la trama de DL 100, está planificada para que termine de modo que haya suficiente tiempo t_2 para que el UE 1 cambie desde el modo Rx al modo Tx y transmita una señal de UL al eNB durante la cuarta parte 154 de la trama UL 150. No se programa ninguna transmisión DL durante la quinta parte 105 de la trama de DL 100, y durante la quinta parte 155 de la trama de UL 150, el equipo UE 4 (que para este ejemplo está situado cerca de un borde de la célula del eNB, y por lo tanto produce una baja potencia de señal recibida en el eNB) está programado para transmitir una señal de UL cuando ninguna señal de DL se transmite por el nodo eNB, con el fin de reducir los efectos adversos de interferencia incluso si el equipo UE 4 tiene capacidad de STR.

30 Para un UE con capacidad STR y un UE sin capacidad de STR, durante la parte 102 de la señal de DL 100 y la parte 152 de la señal de UL, si la transmisión UL respectiva desde el UE 2 interfiere, de forma inaceptable, con la señal de UL para el equipo UE 1, la respectiva transmisión para el UE 1 y el UE 2 podría planificarse para estar en diferentes sub-bandas, con lo que se reduce la interferencia. Como alternativa y de forma adicional, el UE 1 y el UE 2 podrían seleccionarse sobre la base de su posición física relativa en la célula, con el fin de reducir la interferencia, es decir, el UE 1 y el UE 2 podrían seleccionarse estando físicamente muy separados en la célula para reducir la interferencia.

40 Para la Figura 1, se describió que el UE 4 estaba situado cerca de un borde de la célula del nodo eNB, y en consecuencia, producía una baja potencia de señal recibida en el eNB; de este modo, la transmisión y recepción simultáneas pueden no funcionar de manera efectiva. Para situaciones en las que un equipo UE está físicamente situado cerca de un borde de una célula, y/o una señal débil recibida de un UE, un dispositivo de planificación puede determinar no planificar ninguna transmisión DL de modo que las transmisiones UL, desde el UE sean recibidas, de forma fiable, en el eNB. En la situación en la que tanto el eNB como el UE tienen capacidad de STR, y si la transmisión y recepción simultáneas no son efectivas puesto que el UE, con capacidad STR, se encuentra cerca de un borde de la célula, el eNB y el UE podrían operar en un modo basado en TDD. Es decir, si un dispositivo cualquiera está transmitiendo una señal, el otro dispositivo no debería transmitir ninguna señal.

50 En una forma de realización alternativa, a modo de ejemplo, un equipo UE incluye la capacidad para transmitir el retardo de tiempo requerido para que el UE cambie desde un modo Tx a un modo Rx y/o desde un modo Rx a un modo Tx. El dispositivo de planificación asociado con el eNB podría utilizar los retardos de tiempo específicos transmitidos desde un UE con el fin de optimizar la planificación de la operación de transmisión y recepción simultánea durante una trama de radio.

55 La Figura 2 ilustra un diagrama de bloques de la arquitectura global de una red de Evolución a Largo Plazo del Proyecto de Asociación de la 3ª Generación (3GPP LTE) que incluye elementos de red e interfaces normalizadas, y que utiliza una transmisión y recepción simultáneas de conformidad con la materia aquí dada a conocer. En un nivel alto, la red 200 comprende una red central (CN) 201 (también referida como el Sistema de Paquetes evolucionado (EPC)), y una red de acceso de interfaz de aire de la Red de Acceso de Radio Terrestre (E-UTRAN) 202 de Servicio de Telecomunicación Móvil Universal Evolucionado (UMTS). La red CN 201 es responsable del control general de los diversos Equipos de Usuario (UE) conectados a la red y del establecimiento de las portadoras. La red E-UTRAN 202 es responsable de todas las funciones relacionadas con la radio.

65 Los nodos lógicos principales de CN 201 incluyen un Nodo de Soporte 203 del Servicio General de Radio por Paquetes (GPRS), la Entidad de Gestión de Movilidad 204, un Servidor de Abonado Doméstico (HSS) 205, una Pasarela de Servicio (SGW) 206, una Pasarela de Red de Datos en Paquetes (PDN) 207 y un Administrador de Función de Reglas de Facturación y Política (PCRF) 208. La funcionalidad de cada uno de los elementos de red de

la red CN 201 es bien conocida y por ello no se describe en este documento. Cada uno de los elementos de red de la red CN 201 están interconectados mediante interfaces normalizadas bien conocidas, algunas de las cuales se indican en la Figura 2, tales como las interfaces S3, S4, S5, etc., aunque no se describen en este documento.

5 Mientras que la red CN 201 incluye numerosos nodos lógicos, la red de acceso E-UTRAN 202 está formada por un solo nodo, el Nodo NodeB evolucionado (eNB) 210, que se conecta a uno o más Equipos de Usuario (UE) 211, de los cuales solamente uno se ilustra en la Figura 2. Para el tráfico de usuario normal (en oposición a la transmisión), no hay un controlador centralizado en la red E-UTRAN; por lo tanto, se dice que la arquitectura E-UTRAN es plana. Los nodos eNBs suelen estar interconectados entre sí mediante una interfaz conocida como "X2" y con el EPC
10 mediante una interfaz S1. Más concretamente, a la Entidad de Gestión de Movilidad (MME) 204 mediante una interfaz S1-MME y a la pasarela SGW mediante una interfaz S1-U. Los protocolos que se ejecutan entre los nodos eNBs y los equipos UEs se conocen generalmente como los "Protocolos de Declaración de Aplicabilidad (AS)". Los detalles de las diversas interfaces son bien conocidos y no se describen en este documento.

15 El nodo eNB 210 aloja las capas Física (PHY), de Control de acceso al Soporte (MAC), de Control de Enlace de Radio (RLC) y de Protocolo de Control de Datos por Paquetes (PDCP), que no se ilustran en la Figura 2 y que incluyen la funcionalidad de la compresión y encriptación de cabecera de plano del usuario. El nodo eNB 210 proporciona, además, funcionalidad de Control de Recursos de Radio (RRC), correspondiente al plano de control, y realiza numerosas funciones, incluyendo la gestión de recursos de radio, control de admisión, planificación,
20 cumplimiento de la Calidad de Servicio (QoS) de Enlace Ascendente (UL) negociada, difusión de información celular, cifrado/descifrado de datos de usuario y plano de control, y compresión/descompresión de cabeceras de paquete de plano de usuario de DL/UL.

25 La capa RRC en eNB 210 cubre todas las funciones relacionadas con las portadoras de radio, tales como control de portadora de radio, control de admisión de radio, control de movilidad de radio, planificación y asignación dinámica de recursos a UEs, tanto en enlace ascendente como descendente, planificación de transmisión y recepción simultánea, compresión de cabecera para un uso eficiente de la interfaz de radio, seguridad de todos los datos enviados a través de la interfaz de radio y conectividad con el EPC. La capa RRC toma decisiones de transferencia basadas en mediciones de células vecinas enviadas por un equipo UE 211, genera páginas para UEs 211 a través
30 del aire, difunde información del sistema, controla informes de medición UE, tal como la periodicidad de informes de Información de Calidad de Canal (CQI) y asigna identificadores temporales de nivel-célula a los equipos UEs activos 211. La capa de RRC, realiza, además, la transferencia del contexto de UE desde un nodo eNB origen a un eNB objetivo durante la transferencia, y proporciona protección de integridad para los mensajes de RRC. Además, la capa RRC es responsable de la configuración y el mantenimiento de las portadoras de radio.

35 Las Figuras 3 y 4 ilustran estructuras de protocolo de interfaz de radio entre un UE y un nodo eNodeB que se basan en una norma de red de acceso de radio de tipo 3GPP y que utilizan una técnica de transmisión y recepción simultáneas de conformidad con la materia aquí dada a conocer. Más concretamente, la Figura 3 ilustra capas individuales de un plano de control de protocolo de radio y la Figura 4 ilustra capas individuales de un plano de usuario de protocolo de radio. Las capas de protocolo de las Figuras 3 y 4 se pueden clasificar en una capa L1
40 (primera capa), una capa L2 (segunda capa) y una capa L3 (tercera capa) sobre la base de las tres capas inferiores del modelo de referencia OSI ampliamente conocidas en sistemas de comunicación.

45 La capa física (PHY), que es la primera capa (L1), proporciona un servicio de transferencia de información a una capa superior mediante el uso de un canal físico. La capa física está conectada a una capa de Control de Acceso al Soporte (MAC), que se sitúa encima de la capa física, a través de un canal de transporte. Los datos se transfieren entre la capa MAC y la capa PHY a través del canal de transporte. Un canal de transporte se clasifica en un canal de transporte dedicado y un canal de transporte común, en función de si se comparte, o no, el canal. La transferencia de datos entre capas físicas diferentes, concretamente entre las capas físicas respectivas de un transmisor y un
50 receptor, se realizan a través del canal físico.

55 Existe una diversidad de capas en la segunda capa (capa L2). A modo de ejemplo, la capa MAC efectúa el mapeado de varios canales lógicos para varios canales de transporte, y pone en práctica una multiplexación de canal lógico para realizar un mapeado de varios canales lógicos para un solo canal de transporte. La capa MAC está conectada a la capa de Control de Enlace de Radio (RLC) que sirve como una capa superior a través de un canal lógico. El canal lógico se puede clasificar en un canal de control, para la transmisión de información de un plano de control, y un canal de tráfico, para la transmisión de información de un plano de usuario, de conformidad con categorías de información de transmisión.

60 La capa RLC de la segunda capa (L2) pone en práctica una segmentación y concatenación sobre datos que se reciben desde una capa superior, y ajusta la magnitud de los datos para ser adecuados para una capa inferior que transmite datos a un intervalo de radio. Con el fin de garantizar varias Calidades de Servicio (QoS), que se demandan por portadoras de radio respectivas (RBs), se dan a conocer tres modos operativos, es decir, un Modo Transparente (TM), un Modo No Reconocido (UM) y un Modo Reconocido (AM). Más concretamente, un AM RLC
65 realiza una función de retransmisión utilizando una función de Demanda y Repetición Automática (ARQ) con el fin de poner en práctica una transmisión de datos fiable.

Una capa de Protocolo de Convergencia de Datos en Paquetes (PDCP), de la segunda capa (L2) pone en práctica una función de compresión de cabecera con el fin de reducir el tamaño de una cabecera de paquete IP que tiene información de control relativamente grande e innecesaria con el fin de transmitir, de forma eficiente, paquetes IP, tales como paquetes IPv4 o IPv6 en un intervalo de radio con un ancho de banda estrecho. En consecuencia, solamente se puede transmitir información requerida para una parte de cabecera de datos, con lo que se puede aumentar la eficiencia de transmisión del intervalo de radio. Además, en un sistema basado en LTE, la capa PDCP pone en práctica una función de seguridad que incluye una función de cifrado para impedir a un tercero su intromisión sobre los datos y una función de protección de integridad para impedir a un tercero la manipulación de los datos.

Una capa de Control de Recurso de Radio (RRC) situada en la parte superior de la tercera capa (L3), se define solamente en el plano de control y es responsable para el control de canales lógicos, de transporte y físicos, en asociación con la configuración, reconfiguración y liberación de Portadoras de Radio (RBs). La RB es una ruta lógica que da a conocer la primera y la segunda capas (L1 y L2) para la comunicación de datos entre el equipo UE y la red UTRAN. En general, una configuración de Portadora de Radio (RB) significa que se configuran una capa de protocolo de radio y sus parámetros detallados y métodos operativos. La Portadora de Radio (RB) se clasifica en RB de Señalización (SRB) y una RB de Datos (DRB) La SRB se utiliza como un canal de transmisión de mensajes RRC en el plano C y la DRB se utiliza como un canal de transmisión de datos de usuario en el plano U.

Un canal de transporte de enlace descendente, para la transmisión de datos desde la red al equipo UE, se puede clasificar en un Canal de Difusión (BCH) para la transmisión de información del sistema, y un Canal Compartido de enlace descendente (SCH) para la transmisión de tráfico de usuario o mensajes de control. El tráfico o los mensajes de control de un servicio de multidifusión o difusión se pueden transmitir a través de un canal SCH de enlace descendente, y se pueden transmitir, además, a través de un canal de multidifusión de enlace descendente (MCH). Canales de transporte de enlace ascendente, para transmisión de datos desde el equipo UE a la red, incluyen un Canal de Acceso Aleatorio (RACH), para la transmisión de mensajes de control inicial, y un canal SCH de enlace ascendente, para la transmisión de tráfico de usuario u otros mensajes de control.

Canales físicos de enlace descendente para la transmisión de información, que se transmite a un canal de transporte de enlace descendente para un intervalo de radio, entre el equipo UE y la red, se clasifican en un Canal de Difusión Físico (BPCH), para transmitir información de BCH, un Canal de Multidifusión Físico (PMCH) para transmitir información de MCH, un Canal Compartido de Enlace Descendente Físico (PDSCCH), para transmitir información de SCH de enlace descendente, y un Canal de Control de Enlace Descendente Físico (PDCCH) (también denominado un canal de control de DL L1/L2), para transmitir información de control, tal como Información de Concesión de Planificación de DL/UL, que se recibe desde las primera y segunda capas (L1 y L2). Al mismo tiempo, canales físicos de enlace ascendente, para la transmisión de información que se transmite a un canal de transporte de enlace ascendente para un intervalo de radio, entre el equipo UE y la red, se clasifican en un Canal Compartido de Enlace Ascendente Físico (PUSCH), para transmitir información de SCH de enlace ascendente, un Canal de Acceso Aleatorio Físico, para transmitir información de RACH, y un Canal de Control de Enlace Ascendente Físico (PUCCH) para transmitir información de control, tal como Demanda de Repetición Automática Híbrida (HARQ), Demanda de Planificación de ACK o NACK (SR) e información de informe de Indicador de Calidad de Canal (CQI), que se reciben desde las primera y segunda capas (L1 y L2).

La Figura 5 ilustra un diagrama de bloques funcional de un sistema de manipulación de información 500, que utiliza una técnica de transmisión y excreción simultánea, de conformidad con la materia aquí dada a conocer. El sistema de manipulación de información 500, de la Figura 5, puede incorporar, de forma tangible, uno o más de cualquiera de entre los elementos de red de la red base 200, según se ilustra en, y se describe con respecto a, la Figura 2. A modo de ejemplo, el sistema de manipulación de información 500 puede representar el hardware del nodo eNB 210 y/o el equipo UE 211, con mayor o menor cantidad de componentes, lo que depende de las especificaciones de hardware del dispositivo particular o elemento de red. Aunque el sistema de manipulación de información 500 representa un ejemplo de varios tipos de plataformas informáticas, el sistema de manipulación de información 500 puede incluir más o menos elementos y/o diferentes disposiciones de elementos que los que se ilustran en la Figura 5, y el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto.

El sistema de manipulación de información 500 puede incluir uno o más procesadores, tales como el procesador 510 y/o procesador 512, que pueden incluir uno o más núcleos de procesamiento. Uno o más de los procesadores 510 y/o procesador 512 se pueden acoplar a una o más memorias 516 y/o 518 a través de un puente de memoria 514, que puede estar dispuesto, de forma externa, a los procesadores 510 y/o 512, o, como alternativa, al menos parcialmente dispuesto dentro de uno o más procesadores 510 y/o 512. La memoria 516 y/o la memoria 518 pueden incluir varios tipos de memoria basada en semiconductor, a modo de ejemplo, memoria de tipo volátil y/o memoria de tipo no volátil. El puente de memoria 514 puede estar acoplado a un sistema de gráficos 520 (que puede incluir un procesador de gráficos (no ilustrado) para controlar un dispositivo de visualización, tal como un tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla de cristal líquido LCD, una pantalla LED, una pantalla táctil, etc. (todos ellos no ilustrados), acoplado al sistema de manipulación de información 500.

El sistema de manipulación de información 500 puede incluir, además, un puente de entrada/salida (I/O) 522 para acoplar varios tipos de sistemas de entrada/salida (I/O), tales como un teclado (no ilustrado), una pantalla (no ilustrada) y/o un dispositivo de salida de audio (no ilustrado), tal como un altavoz. El sistema de I/O 524 puede incluir, a modo de ejemplo, un sistema de tipo de bus serie universal (USB), un sistema de tipo IEEE-1394, o similar, con el fin de acoplar uno o más dispositivos periféricos al sistema de manipulación de información 500. El sistema de bus 526 puede incluir uno o más sistemas de bus, tal como un bus de tipo exprés de interconexión de componente periférico (PCI), o similar, para conectar uno o más dispositivos periféricos al sistema de manipulación de información 500. Un sistema de controlador de unidad de disco duro (HDD) 528 puede acoplar una o más unidades de disco duro, o similar, al sistema de manipulación de información, a modo de ejemplo, unidades de tipo Serie ATA o similar o, como alternativa, una unidad basada en semiconductores que comprende una memoria instantánea, un cambio de fase y/o una memoria de tipo de compuesto calcogenuro o similar. El conmutador 530 se puede utilizar para acoplar uno o más dispositivos conmutados al puente de entrada/salida (I/O) 522, a modo de ejemplo, dispositivos de tipo Gigabit de Ethernet o similar. Además, según se ilustra en la Figura 5, el sistema de manipulación de información 500 puede incluir un bloque de radiofrecuencias (RF) 532 que comprende circuitos de RF y dispositivos para una comunicación inalámbrica con otros dispositivos de comunicación inalámbrica y/o a través de redes inalámbricas, tal como una red base 200 de la Figura 2, a modo de ejemplo, en la que el sistema de manipulación de información 500 incorpora una estación base 214 y/o un dispositivo inalámbrico 216, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. En una o más formas de realización, el sistema de manipulación de información podría incluir un nodo eNB y/o un equipo UE que proporciona una capacidad de transmisión y recepción simultánea de conformidad con la materia aquí dada a conocer.

La Figura 6 ilustra un diagrama de bloques funcional de un sistema de comunicación de red celular o de área local inalámbrica 600, que ilustra uno o más dispositivos de red que utilizan una técnica de transmisión y recepción simultánea, de conformidad con la materia aquí dada a conocer. En el sistema de comunicación 600, ilustrado en la Figura 6, un dispositivo inalámbrico 610 puede incluir un transceptor inalámbrico 612 para acoplar una o más antenas 618, y un procesador 614, para proporcionar funciones de entrada de control de acceso al soporte (MAC) y de banda base. En una o más formas de realización, el dispositivo inalámbrico 610 puede ser un equipo UE que tiene capacidad de transmisión y recepción simultánea, un teléfono celular, un sistema de manipulación de información, que incluye un módulo de comunicación de teléfono celular, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. El procesador 614, en una forma de realización, puede incluir un único procesador, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. El procesador 614 puede acoplarse a una memoria 616, que puede incluir una memoria volátil, tal como una memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM), una memoria no volátil, tal como una memoria instantánea o, como alternativa, puede incluir otros tipos de soportes de memorización, tal como una unidad de disco duro, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. Alguna parte o la totalidad de la memoria 616 puede incluirse en el mismo circuito integrado que el procesador 614 o, como alternativa, alguna parte o la totalidad de la memoria 616 puede estar dispuesta en un circuito integrado u otro soporte, a modo de ejemplo, una unidad de disco duro, que sea externa al circuito integrado del procesador 614, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto.

El dispositivo inalámbrico 610 puede comunicarse con un punto de acceso 622 a través del enlace de comunicación inalámbrico 632, en donde el punto de acceso 622 puede incluir al menos una antena 620, un transceptor 624, un procesador 626 y una memoria 628. En una forma de realización, el punto de acceso 622 puede ser un nodo eNB, un nodo eNB que tenga capacidad de planificación de transmisión y recepción simultánea, una RRH, una estación base de una red de teléfono celular y, en una forma de realización alternativa, el punto de acceso 622 puede ser un punto de acceso o enrutador inalámbrico de una red de área personal o local inalámbrica, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. En una forma de realización alternativa, el punto de acceso 622 y, opcionalmente, una unidad móvil 610, pueden incluir dos o más antenas, a modo de ejemplo, para proporcionar un sistema de acceso múltiple por división espacial (SDMA) o un sistema de entrada múltiple, salida múltiple (MIMO), aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. El punto de acceso 622 puede acoplarse con una red 630 de modo que la unidad móvil 610 pueda comunicarse con la red 630, incluyendo dispositivos acoplados a la red 630, mediante la comunicación con el punto de acceso 622 a través del enlace de comunicación inalámbrico 632. La red 630 puede incluir una red pública, tal como una red telefónica o de Internet, o una red alternativa 630 puede incluir una red privada, tal como una intranet, o una combinación de una red pública y privada, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. La comunicación entre una unidad móvil 610 y un punto de acceso 622 se puede poner en práctica a través de una red de área local inalámbrica (WLAN), a modo de ejemplo, una red que cumple con una norma del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), tal como IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, HiperLAN-II, etc., aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. En otra forma de realización, la comunicación entre la unidad móvil 610 y el punto de acceso 622 puede realizarse al menos parcialmente a través de una red de comunicación celular que cumple con la norma 3GPP, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto. En una o más formas de realización, las antenas 618 se pueden utilizar en una red de sensor inalámbrico o una red de malla, aunque el alcance de la materia reivindicada no está limitado a este respecto.

Volviendo ahora a la interferencia BS-BS en redes celulares inalámbricas, que utilizan STR, la Figura 7 ilustra tipos de interferencias que se pueden encontrar en una red celular inalámbrica que utiliza STR. Una representación simplificada de una red celular inalámbrica 700 se ilustra con una estación base BS 702, una BS 704, un equipo UE

710 y un UE 712. La estación base BS 702 cubre un área de célula 706, mientras que la BS 704 cubre un área de célula 708. El equipo UE 710 está situado en el área de célula 706 y, de este modo, está conectado, de forma comunicativa con, o asociado con, la estación base BS 702, mientras que el UE 712 está ubicado en el área de célula 708 y, por lo tanto, está conectado comunicativamente o asociado con la BS 704. Es decir, el equipo UE 710 tiene un enlace descendente DL 718 y un enlace ascendente UL 720 hacia y desde, la BS 702, mientras que el equipo UE 712 tiene un DL 722 y un UL 724 hacia y desde la BS 704.

La red celular inalámbrica 700, ilustrada en la Figura 7, es capaz de utilizar STR. Mientras que STR permite la transmisión y recepción en la misma frecuencia al mismo tiempo, y puede duplicar, potencialmente la capacidad de la capa física, tal como se ilustra, STR puede introducir dos nuevas interferencias únicas en una red celular inalámbrica. Puede existir una interferencia BS-BS debida a transmisiones por la estación BS 702 que interfieren con la recepción en la estación BS 704. Por el contrario, puede existir una interferencia BS-BS debida a transmisiones por la BS 704 que interfieren con la recepción en la BS 702. También pueden existir interferencias UE-UE 726 y 728. Estas dos nuevas interferencias pueden degradar el rendimiento del sistema si no se manipulan adecuadamente.

Con el fin de reducir la interferencia BS-BS, se forma un haz de transmisión y recepción que tiene un modelo de configuración de haz formado con espacios nulos predeterminados que se forman sobre ángulos de elevación seleccionados para reducir la interferencia causada por las señales enviadas hacia y desde las estaciones BSs próximas. Puesto que la inclinación se puede utilizar, y dado que cada estación BS generalmente puede tener una altura relativamente similar, al crear espacios nulos de alrededor de 90 grados en el ángulo de elevación, la interferencia BS-BS se puede reducir o eliminar de forma efectiva. Los espacios nulos predeterminados, a modo de ejemplo, pueden formarse entre aproximadamente 89 y 91 grados.

Se da a conocer un ejemplo de una antena configurada para proporcionar los espacios nulos predeterminados para transmisión y recepción. Se puede suponer, con fines ilustrativos, que la antena tiene una anchura de media longitud de onda por una altura b λ . Para la tecnología de entradas múltiples y salidas múltiples (MIMO), generalmente, múltiples elementos de antena pueden situarse horizontalmente. Se puede asumir, además, que la antena incluye N elementos de antena. La antena de altura b λ se puede dividir en $M = b/0.5$ elementos de antena de altura $1/2$ λ . De esta forma, la ganancia de la antena puede permanecer inalterada. M elementos de antena pueden estar apilados verticalmente. Puesto que N elementos de antena son horizontales, existe una matriz planar bidimensional $N \times M$ de elementos de antena.

Suponiendo que la matriz planar de elementos de antena está situada en un plano x - z orientado hacia un eje y positivo, con una separación mitad λ de todos los elementos de antena, se puede formar un modelo de configuración de haz con la siguiente ponderación $W_{m,n}$

$$A(\theta, \phi) = \left| \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} w_{m,n} e^{jm\pi \cos(\theta)} e^{jn\pi \sin(\theta) \cos(\phi)} \right|^2 A_{0.5,0.5}(\theta, \phi)$$

en donde θ es el ángulo de elevación medido desde el eje z , ϕ es el ángulo de azimut medido desde el eje x positivo hacia el eje y positivo en el plano x - y , y $A_{0.5,0.5}(\theta, \phi)$ es un modelo de configuración de haz debido a la mitad de la altura λ y mitad de la anchura λ del elemento de antena rectangular. Para el lóbulo posterior ($\phi > \pi$), el modelo de configuración de haz descrito anteriormente puede reducirse en 25 dB. Utilizando la descripción anterior, pueden formarse espacios nulos predeterminados en ángulos de azimut y elevación arbitrarios. Los espacios nulos predeterminados, sin embargo, pueden ser particularmente útiles cuando se forman en ángulos de elevación seleccionados a través del ángulo de azimut completo. De este modo, la ponderación $W_{m,n}$ puede separarse por

ponderaciones horizontales y verticales $W_{m,n} = W_m^v W_n^h$ en donde los superíndices v y h representan,

respectivamente, la ponderación vertical y la ponderación horizontal. Las ponderaciones horizontales $\{W_n^h\}$ pueden provenir de una técnica MIMO de bucle cerrado o de bucle abierto. Asumiendo, además, y sin perder generalidad,

$W_n^h = 1$. Con inclinación hacia abajo de 15 grados, el peso ponderado vertical del elemento m -ésimo se convierte

50 en $W_m^v = e^{-jm\pi \cos(105\pi/180)}$.

Con el fin de crear espacios nulos, se puede utilizar la formación de haz de error cuadrático medio mínimo (MMSE) para las antenas transmisora y receptora. El siguiente vector de fila crea espacios nulos en dirección a $\{\phi_m, m \neq 0\}$ mientras mantiene la dirección del haz principal ϕ_0 :

55

$$\mathbf{w}^v = \mathbf{a}^H(\phi_0) \left(\mathbf{a}(\phi_0) \mathbf{a}^H(\phi_0) + \sum_{m \neq 0} \mathbf{a}(\phi_m) \mathbf{a}^H(\phi_m) + \epsilon \mathbf{I} \right)^{-1}$$

5 en donde $\mathbf{a}(\phi_0) = [1 e^{j\pi \cos(\phi_0)} \dots e^{j(M-1)\pi \cos(\phi_0)}]^T$ es un vector matricial hacia la dirección del haz principal ϕ_0 , ϵ controla la profundidad de los espacios nulos y el superíndice $(\cdot)^H$ representa una transposición compleja conjugada. La normalización del vector de ponderación por la magnitud máxima de los elementos para que la magnitud de

$$\mathbf{w}^v = \frac{\mathbf{w}^v}{\max_m |w_m^v|}$$

cualquier elemento no exceda de 1 se puede lograr con

10 La normalización anterior puede ser más práctica que la normalización finita del vector de ponderación, aunque se puede esperar cierta pérdida de potencia en el modo de transmisión en las simulaciones. El vector de ponderación para la formación de espacios nulos se puede usar tanto para la transmisión como para la recepción, lo que relajará el requisito sobre la profundidad de los espacios nulos. Se pueden crear espacios nulos anchos desde 89 grados a 91 grados con antenas BS de 25 metros de altura, lo que permite la variación de la altura de la antena BS de aproximadamente 16.3 metros a 33.7 metros en las estaciones base BSs próximas situadas a 500 metros. Dependiendo de la distribución de las alturas de antena de las BSs próximas, el alcance de los espacios nulos se puede seleccionar en consecuencia.

15 De este modo, un nodo inalámbrico puede hacerse operativo para realizar una comunicación de dúplex completo. En particular, una BS u otro nodo inalámbrico pueden evitar la interferencia de tipo BS-BS mientras opera en modo STR utilizando, a modo de ejemplo, circuitos informáticos, para poner en práctica la tecnología descrita con anterioridad. Los circuitos informáticos pueden ponerse en práctica para formar un haz de transmisión de enlace descendente y un haz de recepción de enlace ascendente que tiene un modelo de configuración de haz con espacios nulos predeterminados. Los espacios nulos predeterminados se pueden formar sobre ángulos de elevación seleccionados con el fin de reducir la interferencia hacia y desde los nodos inalámbricos próximos. Los circuitos informáticos pueden ponerse en práctica, además, para la transmisión utilizando el modelo de configuración de haz con un transceptor del nodo inalámbrico, y para la recepción de una transmisión de enlace ascendente, en el nodo inalámbrico, mientras se está transmitiendo, de forma simultánea. Los circuitos informáticos se pueden poner en práctica, además, para realizar la ponderación de los elementos de antena en una antena de matriz planar para formar los espacios nulos predeterminados sobre los ángulos de elevación seleccionados utilizando M elementos de antena apilados verticalmente que son objeto de ponderación verticalmente, utilizando la ecuación descrita anteriormente.

$$\mathbf{w}^v = \mathbf{a}^H(\phi_0) \left(\mathbf{a}(\phi_0) \mathbf{a}^H(\phi_0) + \sum_{m \neq 0} \mathbf{a}(\phi_m) \mathbf{a}^H(\phi_m) + \epsilon \mathbf{I} \right)^{-1}$$

35 en donde m es un índice de espacios nulos en M elementos de antena apilados verticalmente. T es una transposición, e I representa una matriz de identidad.

40 Los haces de transmisión y recepción se pueden formar utilizando una matriz planar de elementos de antena. La matriz planar de elementos de antena puede estar separada aproximadamente la mitad del ancho de una longitud de onda del haz de transmisión. Un lóbulo posterior del haz de transmisión y del haz de recepción puede reducirse en al menos 25 dB. Se puede formar un haz principal predeterminado con una inclinación eléctrica de 15 grados con respecto a un horizonte. El nodo inalámbrico se puede seleccionar a partir del grupo constituido por una estación base (BS), un Nodo B (NB), un Nodo B evolucionado (eNB), una unidad de banda base (BBU), una cabecera de radio distante (RRH), un equipo de radio distante (RRE), una unidad de radio distante (RRU) o un módulo de procesamiento central (CPM).

45 La Figura 8 ilustra patrones de haz, a modo de ejemplo, 800 para reducir la interferencia de una estación BS en una red celular inalámbrica que utiliza STR. Suponiendo una altura de antena de 4λ con medio ancho de λ , con una inclinación eléctrica de 15 grados, la línea negra punteada con la etiqueta "sin espacios nulos" muestra el modelo de configuración de haz. Incluso si el modelo de configuración de haz tiene espacios nulos de alrededor de 90 grados, las profundidades de espacio nulo pueden no ser lo suficientemente profundas.

50 Para espacios nulos más profundos, se aplica la siguiente técnica. La altura de 4λ se puede dividir en 8 elementos de altura de mitad λ . La ecuación descrita anteriormente,

$$\mathbf{w}^v = \mathbf{a}^H(\phi_0) \left(\mathbf{a}(\phi_0) \mathbf{a}^H(\phi_0) + \sum_{m \neq 0} \mathbf{a}(\phi_m) \mathbf{a}^H(\phi_m) + \mathbf{I} \right)^{-1}$$

, puede ser aplicada entonces. Las dos líneas verticales y horizontales punteadas gruesas en la Figura 8 etiquetada como "profundidades de alcance y objetivo de espacios nulos para una célula pequeña y grande", respectivamente, muestran el alcance de espacios nulos y representan un objetivo en los espacios nulos profundos para célula pequeña y célula grande. En una célula pequeña, puesto que la potencia de transmisión es relativamente baja, el objetivo en la profundidad de los espacios nulos puede ser relativamente pequeña. La línea negra gruesa etiquetada "ángulo de elevación apuntando al borde de la célula" representa el ángulo con los equipos UEs de la periferia de la célula. Debido a los espacios nulos predeterminados, la Figura 8 muestra alguna pérdida en la potencia de la señal especialmente hacia el borde de la célula. Para reducir lo que antecede, una opción puede ser reducir el tamaño de la célula o se puede aumentar la cantidad de elementos de la antena con el fin de ayudar a superar la pérdida hacia el borde de la célula.

La Figura 9 ilustra un gráfico 900 que compara la interferencia co-canal del enlace ascendente, en una red celular inalámbrica, a modo de ejemplo, que utiliza STR. En particular, el gráfico 900 compara la potencia de interferencia de la interferencia co-canal regular de UL con la interferencia tipo BS-BS con y sin espacios nulos. Resulta evidente que la potencia de interferencia BS-BS es bastante alta en comparación con la interferencia co-canal regular en casos sin espacios nulos. Sin embargo, con casos de espacios nulos, la interferencia BS-BS reside en un borde inferior de la función de distribución acumulativa de interferencia co-canal de UL (cdf). La red celular inalámbrica que emplea la técnica de crear espacios nulos descrita hasta ahora tiene una potencia de interferencia de UL más baja debido a que la ganancia del modelo de configuración de haz desde 90 grados a 95 grados, es menor que la ausencia de espacios nulos, tal como se ilustra en la Figura 9.

La Figura 10 ilustra módulos, a modo de ejemplo, en una estación BS en una red celular inalámbrica 1000 que utiliza STR. En particular, se ilustra una BS 1002 en la red celular inalámbrica 1000 que tiene un conjunto de varios módulos 1004 en la misma. A modo de ejemplo, se da a conocer un módulo de formación de haz 1006, en la BS 1002, que está configurado para formar un haz de transmisión y un haz de recepción que tiene un modelo de configuración de haz con espacios nulos predeterminados. Los espacios nulos predeterminados se pueden formar sobre ángulos de elevación seleccionados con el fin de reducir la interferencia hacia y desde las estaciones BSs próximas. También se proporciona un módulo de STR 1008, en la estación BS 1002, que está configurado para comunicarse con un transceptor de la estación base que está configurada para comunicarse con un equipo de usuario (UE) en modo dúplex completo, permitiendo que el transceptor transmita y reciba simultáneamente. Un módulo de ponderación 1010 también se representa en la estación BS 1002, que está configurado para formar los espacios nulos predeterminados sobre los ángulos de elevación seleccionados. De esta forma, la BS 1002 utiliza la tecnología descrita hasta ahora para reducir la interferencia BS-a-BS en una red celular inalámbrica que utiliza STR.

Además, una o más de las siguientes características pueden incluirse en la estación BS 1002. El módulo de formación de haz 1006 puede incluir una disposición de matriz planar de elementos de antena. Los elementos de antena, en la matriz planar, pueden estar separados aproximadamente a la mitad del ancho de una longitud de onda del haz de transmisión. Se puede formar un haz principal predeterminado con una inclinación hacia abajo eléctrica de 15 grados con respecto a un horizonte. Los espacios nulos predeterminados se pueden formar entre aproximadamente 89 y 91 grados.

Otro ejemplo da a conocer un método 1100 para reducir la interferencia entre estaciones BSs en una red celular inalámbrica que opera con STR, tal como se ilustra en el diagrama de flujo en la Figura 11. El método se puede ejecutar como instrucciones en una máquina, donde las instrucciones se incluyen en al menos un soporte legible por ordenador o un sopo de almacenamiento legible por máquina no transitorio. El método puede incluir la operación de formar un haz de transmisión de enlace descendente y un haz de recepción de enlace ascendente en una estación base (BS) que tiene un modelo de configuración de haz con espacios nulos predeterminados, en donde los espacios nulos predeterminados se forman sobre ángulos de elevación predeterminados con el fin de reducir la interferencia con una estación BS próxima, como en el bloque 1102. El método puede incluir transmitir y recibir utilizando el modelo de configuración de haz desde la estación base, como en el bloque 1104. La transmisión y la recepción pueden ocurrir simultáneamente.

El método puede incluir una o más de las siguientes características. La transmisión de enlace descendente y el haz de recepción de enlace ascendente se forman utilizando una disposición de matriz planar de elementos de antena. Los elementos de antena, en la matriz planar de elementos de antena pueden estar separados aproximadamente a la mitad del ancho de una longitud de onda de la barra de transmisión de enlace descendente. El método puede incluir formar el haz de transmisión de enlace descendente y el haz de recepción de enlace ascendente que tiene los espacios nulos predeterminados, comprendiendo, además, la ponderación, de forma vertical, de m elementos de antena apilados verticalmente utilizando

$$\mathbf{w}^v = \mathbf{a}^H(\phi_0) \left(\mathbf{a}(\phi_0) \mathbf{a}^H(\phi_0) + \sum_{m \neq 0} \mathbf{a}(\phi_m) \mathbf{a}^H(\phi_m) + \epsilon \mathbf{I} \right)^{-1}$$

en donde $\mathbf{a}(\phi_0) = [1 e^{j\pi \cos(\phi_0)} \dots e^{j(M-1)\pi \cos(\phi_0)}]^T$ es un vector matricial hacia la dirección del haz principal ϕ_0 en ángulo de elevación, m es un índice de espacios nulos en M elementos de antena apilados verticalmente, T es una transposición, ϵ controla una profundidad de los espacios nulos predeterminados, $(\cdot)^H$ representa una transposición combinada compleja e \mathbf{I} representa una matriz de identidad. Un lóbulo posterior del haz de transmisión de enlace descendente y el haz de recepción de enlace ascendente pueden reducirse en al menos 25 dB. Los espacios nulos predeterminados se pueden formar prácticamente sobre un ángulo de azimut completo en los ángulos de elevación predeterminados $\phi_m, m \neq 0$. La transmisión y la recepción en la estación base se pueden realizar utilizando una técnica de múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO). Se puede formar un haz principal predeterminado ϕ_0 con una inclinación descendente eléctrica de 15 grados con respecto a un horizonte. Los espacios nulos predeterminados se pueden formar entre ángulos de elevación de aproximadamente 89 y 91 grados. El método puede incorporarse en al menos un soporte de almacenamiento legible por máquina no transitorio que comprende una pluralidad de instrucciones adaptadas para ejecutarse para poner en práctica el método.

La Figura 12 es un diagrama de bloques 1200 que ilustra un ejemplo de un dispositivo informático que se puede utilizar para reducir la interferencia BS-BS en una red celular inalámbrica que opera con STR. En particular, el dispositivo informático 1202 ilustra un ejemplo de alto nivel de un dispositivo en el que pueden ejecutarse módulos de la tecnología aquí dada a conocer. El dispositivo informático 1202 puede incluir uno o más procesadores 1204 que están en comunicación con los dispositivos de memoria 1206. El dispositivo informático 1202 puede incluir una interfaz de comunicación local 1214 para los componentes en el dispositivo informático. A modo de ejemplo, la interfaz de comunicación local puede ser un bus de datos local y/o cualesquiera buses de control o dirección relacionados, según se desee.

El dispositivo informático 1202, por ejemplo, se puede utilizar para reducir la interferencia entre estaciones BS en una red celular inalámbrica que opera con STR. A modo de ejemplo, el dispositivo informático 1202 se puede utilizar para formar una transmisión de enlace descendente y un haz de recepción de enlace ascendente en una estación BS. El modelo de configuración de haz puede tener espacios nulos predeterminados que se forman sobre ángulos de elevación predeterminados para reducir la interferencia con una BS próxima. El dispositivo informático 1202 se puede usar, entonces, para transmisión y recepción, utilizando el modelo de configuración de haz de la estación BS. De esta forma, la transmisión y la recepción pueden suceder, simultáneamente, utilizando STR.

En particular, el dispositivo de memoria 1206 puede contener módulos que son ejecutables por el o los procesadores 1204 y los datos para los módulos. En el dispositivo de memoria 1206 están situados módulos ejecutables por el procesador. A modo de ejemplo, un módulo de formación de haz 1218, un módulo de transmisión 1220, un módulo de recepción 1222, un módulo de ponderación 1224 y otros módulos pueden estar situados en el dispositivo de memoria 1206. Los módulos pueden ejecutar las funciones descritas anteriormente. Una memoria de datos 1208 puede estar situado, además, en el dispositivo de memoria 1206 para memorizar datos relacionados con los módulos y otras aplicaciones junto con un sistema operativo que es ejecutable por el procesador 1204.

Otras aplicaciones también pueden memorizarse en el dispositivo de memoria 1206 y pueden ser ejecutables por el procesador 1204. Componentes o módulos examinados en esta descripción pueden ponerse en práctica en la forma de software utilizando lenguajes de alto nivel de planificación que son compilados, interpretados o ejecutados utilizando un híbrido de los métodos.

El dispositivo informático puede tener acceso, además, a dispositivos de I/O (entrada/salida) 1210 que pueden ser utilizados por los dispositivos informáticos. Un ejemplo de un dispositivo de I/O es una pantalla de visualización 1216 que está disponible para mostrar la salida desde los dispositivos informáticos. Se pueden utilizar otros dispositivos de I/O conocidos con el dispositivo informático, según se desee. Los dispositivos de red 1212 y dispositivos de comunicación similares, se pueden incluir en el dispositivo informático. Los dispositivos de red 1212 pueden ser dispositivos de red cableados o inalámbricos, que se conectan a Internet, red LAN, red WAN u otra red informática.

Los componentes o módulos que se ilustran como memorizados en el dispositivo de memoria 1206, se pueden ejecutar por el procesador 1204. El término "ejecutable" puede significar un fichero de programa que está en una forma que puede ser ejecutada por un procesador 1204. A modo de ejemplo, un programa en un lenguaje de nivel superior puede compilarse en código máquina en un formato que puede cargarse en una parte de acceso aleatorio del dispositivo de memoria 1206 y ejecutarse por el procesador 1204, o puede cargarse el código fuente por otro programa ejecutable e interpretarse para generar instrucciones en una parte de acceso aleatorio de la memoria para ser ejecutado por un procesador. El programa ejecutable puede memorizarse en cualquier parte o componente del dispositivo de memoria 1206. A modo de ejemplo, el dispositivo de memoria 1206 puede ser una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solamente lectura (ROM), una memoria instantánea, una unidad de estado sólido, una tarjeta de memoria, un disco duro, un disco óptico, un disquete, una cinta magnética o cualquier otro componente de memoria.

El procesador 1204 puede representar múltiples procesadores y el dispositivo de memoria 1206 puede representar múltiples unidades de memoria que operan en paralelo con los circuitos de procesamiento. Lo anterior puede proporcionar canales de procesamiento paralelos para los procesos y datos en el sistema. La interfaz local 1214 se puede utilizar como una red para facilitar la comunicación entre cualquiera de los múltiples procesadores y múltiples memorias. La interfaz local 1214 puede utilizar sistemas adicionales, diseñados para coordinar la comunicación tales como el equilibrio de carga, la transferencia masiva de datos y sistemas similares.

La Figura 13 proporciona una ilustración, a modo de ejemplo, del dispositivo inalámbrico, tal como un equipo de usuario (UE), una estación móvil (MS), un dispositivo inalámbrico móvil, un dispositivo de comunicación móvil, una tableta electrónica, un teléfono u otro tipo de dispositivo inalámbrico. El dispositivo inalámbrico puede incluir una o más antenas configuradas para comunicarse con un nodo, macro-nodo, nodo de baja potencia (LPN) o estación de transmisión, tal como una estación base (BS), un nodo B evolucionado (eNB), una unidad de banda base (BBU), una cabecera de radio distante (RRH), un equipo de radio distante (RRE), una estación de retransmisión (RS), un equipo de radio (RE) u otro tipo de punto de acceso de red de área amplia inalámbrica (WWAN). El dispositivo inalámbrico se puede configurar para su comunicación utilizando al menos una norma de comunicación inalámbrica que incluye 3GPP LTE, WiMAX, Acceso a Paquetes de Alta Velocidad (HSPA), Bluetooth y WiFi. El dispositivo inalámbrico se puede comunicar utilizando antenas separadas para cada norma de comunicación inalámbrica o antenas compartidas para múltiples normas de comunicación inalámbrica. El dispositivo inalámbrico se puede comunicar en una red de área local inalámbrica (WLAN), una red de área personal inalámbrica (WPAN) y/o una red WWAN.

La Figura 13 da a conocer, además, una ilustración de un micrófono y uno o más altavoces que pueden utilizarse para la entrada y salida de audio desde el dispositivo inalámbrico. La pantalla de visualización puede ser una pantalla de visualización de cristal líquido (LCD) u otro tipo de pantalla de visualización, tal como una pantalla de diodo orgánico emisor de luz (OLED). La pantalla de visualización se puede configurar como una pantalla táctil. La pantalla táctil puede usar tecnología capacitiva, resistiva u otro tipo de tecnología de pantalla táctil. Un procesador de aplicaciones y un procesador de gráficos se pueden acoplar a la memoria interna con el fin de proporcionar capacidades de procesamiento y visualización. Además, se puede utilizar un puerto de memoria no volátil proporcionar opciones de entrada/salida de datos a un usuario. El puerto de memoria no volátil también se puede usar para ampliar las capacidades de memoria del dispositivo inalámbrico. Se puede integrar un teclado con el dispositivo inalámbrico o conectarse, de manera inalámbrica, al dispositivo inalámbrico para proporcionar una entrada de usuario adicional. También se puede proporcionar un teclado virtual usando la pantalla táctil.

Diversas técnicas, o ciertos aspectos o partes de las mismas, pueden tomar la forma de código de programa (es decir, instrucciones) que se incorporan a soportes tangibles, tales como disquetes, CD-ROMs, discos duros, soporte legible por ordenador no transitorio, o cualquier otro soporte de memorización legible por máquina en donde, cuando se carga el código de programa y se ejecuta en una máquina, tal como un ordenador, la máquina se convierte en un aparato para practicar las diversas técnicas. Los circuitos pueden incluir hardware, firmware, código de programa, código ejecutable, instrucciones informáticas y/o software. Un soporte de memorización legible por ordenador por ordenador no transitorio puede ser un soporte de memorización legible por ordenador que no incluye una señal. En el caso de ejecución de un código de programa en ordenadores programables, el dispositivo informático puede incluir un procesador, un soporte de memorización legible por el procesador (que incluye una memoria volátil y no volátil y/o elementos de almacenamiento), al menos un dispositivo de entrada, y al menos un dispositivo de salida. La memoria volátil y no volátil y/o elementos de memorización pueden ser una memoria RAM, memoria EPROM, unidad de memoria instantánea, unidad óptica, disco duro magnético, unidad de estado sólido u otro soporte para memorizar datos electrónicos. El nodo y el dispositivo inalámbrico pueden incluir, además, un módulo transceptor, un módulo de contador, un módulo de procesamiento y/o un módulo de reloj o módulo temporizador. Uno o más programas que pueden poner en práctica o utilizar las diversas técnicas descritas en este documento puede utilizar una interfaz de planificación de aplicaciones (API), controles reutilizables y elementos similares. Dichos programas se pueden poner en práctica en un lenguaje de planificación orientado a objetos o procedimientos de alto nivel para comunicarse con un sistema informático. Sin embargo, el programa se puede poner en práctica en lenguaje máquina o de ensamblado, si así se desea. En cualquier caso, el lenguaje puede ser un lenguaje compilado o interpretado, y combinado con realizaciones de hardware.

Ha de entenderse que muchas de las unidades funcionales descritas en esta memoria descriptiva se han etiquetado como módulos, con el fin de poner más énfasis, en particular, en su independencia de puesta en práctica. A modo de ejemplo, un módulo puede ponerse en práctica como un circuito de hardware que comprende circuitos de VLSI personalizados o matrices de compuertas, semiconductores listos para usar, tales como circuitos integrados lógicos, transistores u otros componentes discretos. También se puede poner en práctica un módulo en dispositivos de hardware programables tales como matrices de puertas programables de campo, lógica de matriz programable, dispositivos lógicos programables o similares.

Módulos pueden ponerse en práctica, además, en un software para su ejecución por varios tipos de procesadores. Un módulo identificado de código ejecutable puede, a modo de ejemplo, incluir uno o más bloques físicos o lógicos de instrucciones de ordenador, que pueden, por ejemplo, organizarse como un objeto, procedimiento o función. Sin embargo, los ejecutables de un módulo identificado no necesitan situarse físicamente juntos, sino que pueden

comprender distintas instrucciones memorizadas en diferentes ubicaciones que, cuando se unen lógicamente entre sí, comprenden el módulo y logran el propósito establecido para el módulo.

5 De hecho, un módulo de código ejecutable puede ser una única instrucción, o muchas instrucciones, e incluso se puede distribuir a través de varios segmentos de código diferentes, entre diferentes programas, y a través de varios dispositivos de memoria. De manera similar, los datos operativos pueden identificarse e ilustrarse, en este documento, dentro de módulos, y pueden incorporarse en cualquier forma adecuada y organizarse dentro de cualquier tipo adecuado de estructura de datos. Los datos operativos pueden recopilarse como un solo conjunto de datos, o pueden distribuirse a través de diferentes localizaciones, incluso a través de diferentes dispositivos de almacenamiento, y pueden existir, al menos en parte, simplemente como señales electrónicas en un sistema o red.

10 Los módulos pueden ser pasivos o activos, incluidos agentes utilizables para realizar las funciones deseadas.

15

REIVINDICACIONES

1. Una estación base (BS) en una red celular inalámbrica, que comprende:

5 un módulo de formación de haz (1006), configurado para formar un haz de transmisión y de recepción que tiene un modelo de configuración de haz con espacios nulos predeterminados, en el que los espacios nulos predeterminados se forman sobre ángulos de elevación seleccionados para reducir la interferencia hacia y desde estaciones base (BSs) próximas;

10 un módulo de transmisión y recepción simultáneas (STR) (1008) configurado para comunicarse con un transceptor de la estación base que está configurado para comunicarse con un equipo de usuario (UE) en un modo de dúplex completo que permite al transceptor transmitir y recibir simultáneamente; y

15 un módulo de ponderación (1010), configurado para ponderar elementos de antena en una antena de matriz planar de la estación base, con el fin de formar los espacios nulos predeterminados sobre los ángulos de elevación seleccionados utilizando M elementos de antena apilados verticalmente que se ponderan en sentido vertical aplicando la expresión:

$$w^v = a^H(\phi_0) \left(a(\phi_0) a^H(\phi_0) + \sum_{m \neq 0} a(\phi_m) a^H(\phi_m) + \epsilon I \right)^{-1}$$

20 en donde $a(\phi_0) = [1 \ e^{j\pi \cos(\phi_0)} \ \dots \ e^{j(M-1)\pi \cos(\phi_0)}]^T$ es un vector matricial hacia una dirección del haz principal ϕ_0 en ángulo de elevación,

en donde m es un índice de espacios nulos en M elementos de antena apilados verticalmente,

25 en donde T es una transposición,

donde ϵ controla una profundidad de los espacios nulos predeterminados,

30 en donde $(\cdot)^H$ representa una transposición conjugada compleja, y

en donde I representa una matriz de identidad.

35 2. La estación base BS según la reivindicación 1, en donde el módulo de formación de haz incluye una disposición de matriz planar de elementos de antena.

3. La estación base BS según la reivindicación 2, en donde los elementos de antena en la disposición de matriz planar están espaciados aproximadamente a la mitad del ancho de una longitud de onda del haz de transmisión.

40 4. La estación base BS según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde un haz principal predeterminado está formado con una inclinación eléctrica hacia abajo de un ángulo de 15 grados con respecto a un horizonte.

45 5. La estación base BS según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde los espacios nulos predeterminados se forman entre aproximadamente 89 y 91 grados.

6. Un nodo inalámbrico que se utiliza para realizar una comunicación de dúplex completo, con circuitos informáticos configurados para:

50 la formación de un haz de transmisión de enlace descendente y un haz de recepción de enlace ascendente que tienen un modelo de configuración de haz con espacios nulos predeterminados, en donde los espacios nulos predeterminados se forman sobre ángulos de elevación seleccionados con el fin de reducir la interferencia hacia y desde los nodos inalámbricos próximos;

la transmisión, utilizando el modelo de configuración de haz con un transceptor del nodo inalámbrico;

55 la recepción de una transmisión de enlace ascendente, en el nodo inalámbrico, mientras se transmite simultáneamente; y

60 la ponderación de elementos de antena en una antena de matriz planar del nodo inalámbrico para formar los espacios nulos predeterminados sobre los ángulos de elevación seleccionados utilizando M elementos de antena verticalmente apilados que se ponderan en sentido vertical utilizando:

$$\mathbf{w}^y = \mathbf{a}^H(\phi_0) \left(\mathbf{a}(\phi_0) \mathbf{a}^H(\phi_0) + \sum_{m \neq 0} \mathbf{a}(\phi_m) \mathbf{a}^H(\phi_m) + \varepsilon \mathbf{I} \right)^{-1}$$

en donde $\mathbf{a}(\phi_0) = [1 e^{j\pi \cos(\phi_0)} \dots e^{j(M-1)\pi \cos(\phi_0)}]^T$ es un vector matricial hacia una dirección del haz principal ϕ_0 en ángulo de elevación,

en donde m es un índice de espacios nulos en M elementos de antena apilados verticalmente,

en donde T es una transposición,

donde ε controla una profundidad de los espacios nulos predeterminados,

en donde $(\cdot)^H$ representa una transposición conjugada compleja, y

en donde I representa una matriz de identidad.

7. El nodo inalámbrico según la reivindicación 6, en donde los haces de transmisión y recepción se forman utilizando una disposición de matriz planar de elementos de antena.

8. El nodo inalámbrico según la reivindicación 7, en donde la disposición de matriz planar de elementos de antena está espaciada aproximadamente a la mitad del ancho de una longitud de onda del haz de transmisión.

9. El nodo inalámbrico según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en donde un lóbulo posterior del haz de transmisión y el haz de recepción se reducen a escala en al menos 25 dB.

10. El nodo inalámbrico según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en donde el nodo inalámbrico se selecciona de entre el grupo constituido por una estación base (BS), un Nodo B (NB), un Nodo B evolucionado (eNB), una unidad de banda base (BBU), una cabecera de radio distante (RRH), un equipo de radio distante (RRE), una unidad de radio distante (RRU) o un módulo de procesamiento central (CPM).

11. Un método para reducir la interferencia entre estaciones base (BSs), en una red celular inalámbrica que opera con transmisión y recepción simultáneas, que comprende:

la formación (1102) de un haz de transmisión de enlace descendente y un haz de recepción de enlace ascendente, en una estación base (BS), que tiene un modelo de configuración de haz con espacios nulos predeterminados, en donde los espacios nulos predeterminados se forman sobre ángulos de elevación predeterminados para reducir la interferencia con una BS próxima; y

la transmisión y recepción (1104) utilizando el modelo de configuración de haz desde la estación base,

en donde la transmisión y la recepción se producen simultáneamente, y la formación del haz de transmisión de enlace descendente y el haz de recepción de enlace ascendente, que tiene los espacios nulos predeterminados comprende, además, la ponderación, de forma vertical, de m elementos de antena apilados verticalmente utilizando:

$$\mathbf{w}^y = \mathbf{a}^H(\phi_0) \left(\mathbf{a}(\phi_0) \mathbf{a}^H(\phi_0) + \sum_{m \neq 0} \mathbf{a}(\phi_m) \mathbf{a}^H(\phi_m) + \varepsilon \mathbf{I} \right)^{-1}$$

en donde $\mathbf{a}(\phi_0) = [1 e^{j\pi \cos(\phi_0)} \dots e^{j(M-1)\pi \cos(\phi_0)}]^T$ es un vector matricial hacia una dirección del haz principal ϕ_0 en ángulo de elevación,

en donde m es un índice de espacios nulos en M elementos de antena apilados verticalmente,

en donde T es una transposición,

donde ε controla una profundidad de los espacios nulos predeterminados,

en donde $(\cdot)^H$ representa una transposición conjugada compleja, y

en donde I representa una matriz de identidad.

12. El método según la reivindicación 11, en donde los espacios nulos predeterminados se forman sustancialmente

sobre un ángulo de azimut completo a los ángulos de elevación predeterminados ϕ_m , $m \neq 0$.

13. El método según cualquiera de las reivindicaciones 11-12, en donde la transmisión y recepción en la estación base se realiza utilizando una técnica de múltiples entradas múltiples salidas (MIMO).

5 **14.** Al menos un soporte de memorización legible por máquina no transitorio, que comprende una pluralidad de instrucciones adaptadas para ejecutarse para poner en práctica el método de conformidad con la reivindicación 11.

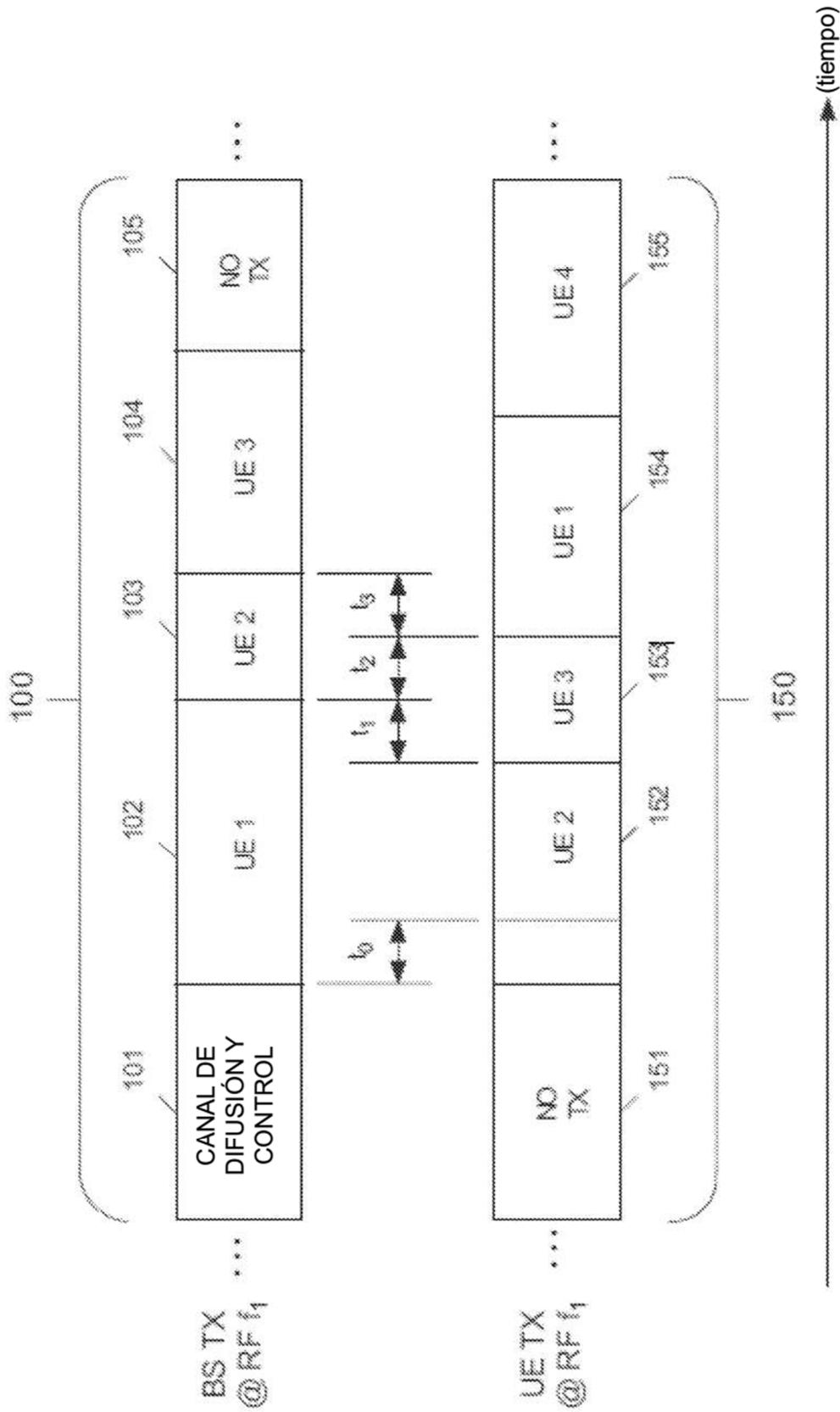


FIG. 1

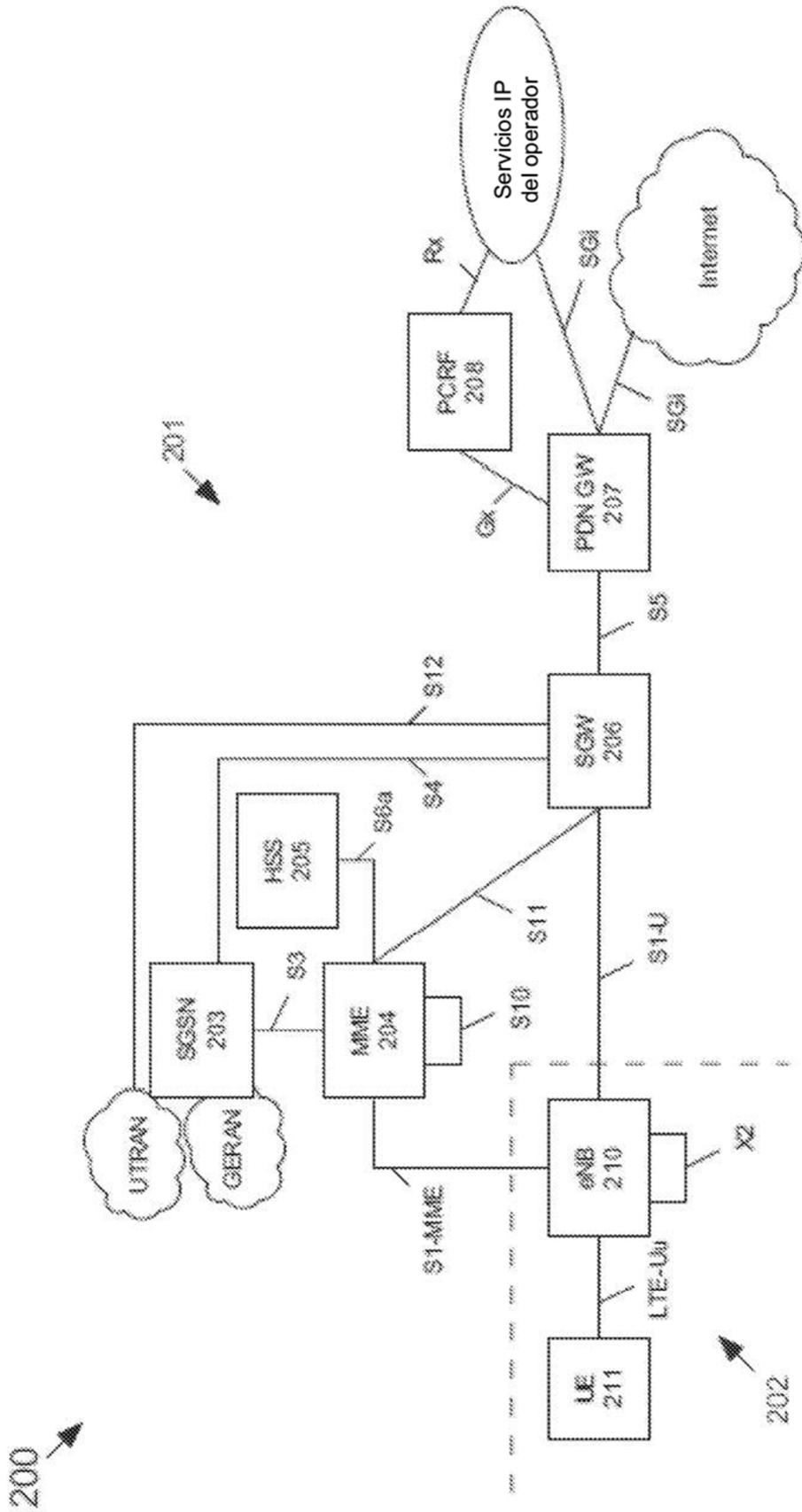


FIG. 2

300

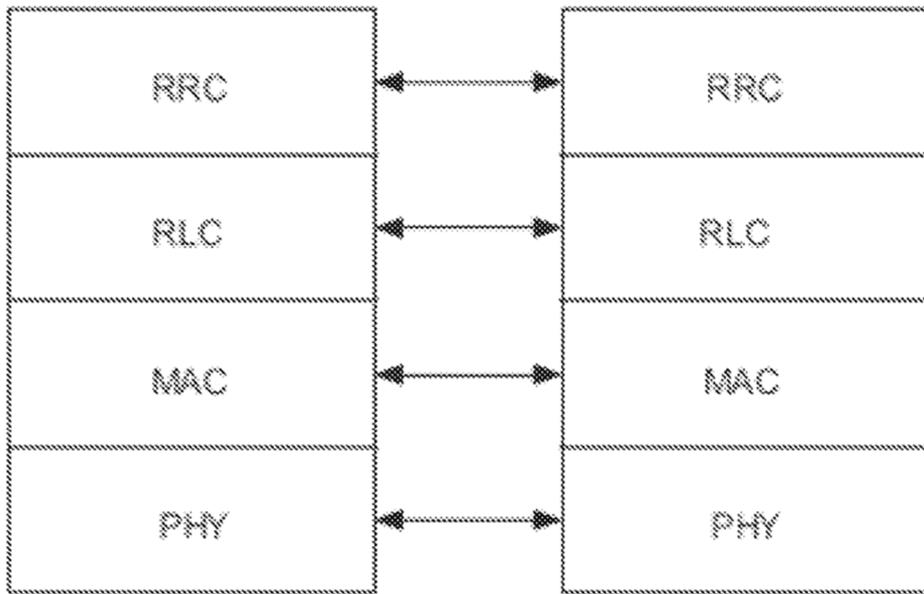


FIG. 3

400

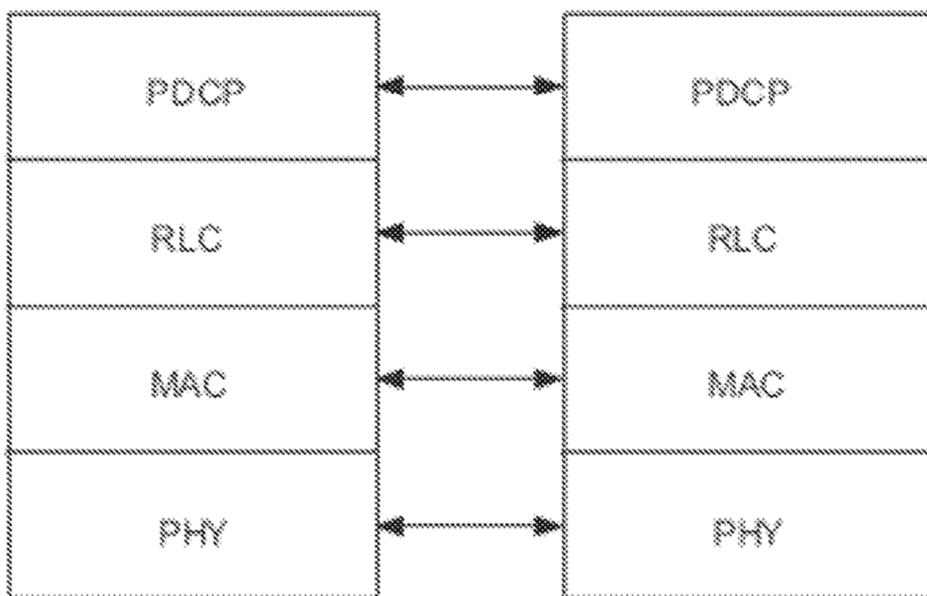


FIG. 4

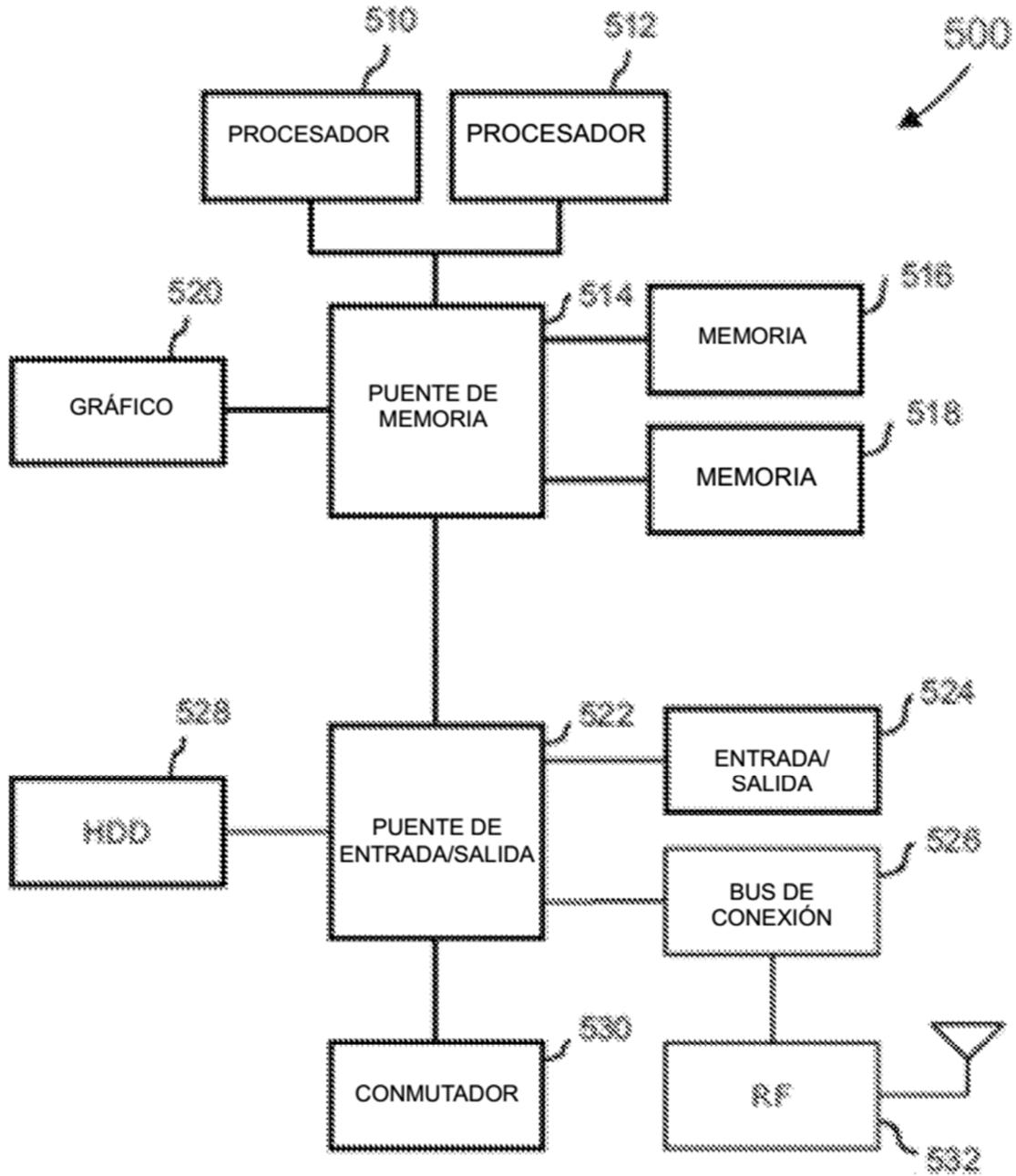


FIG. 5

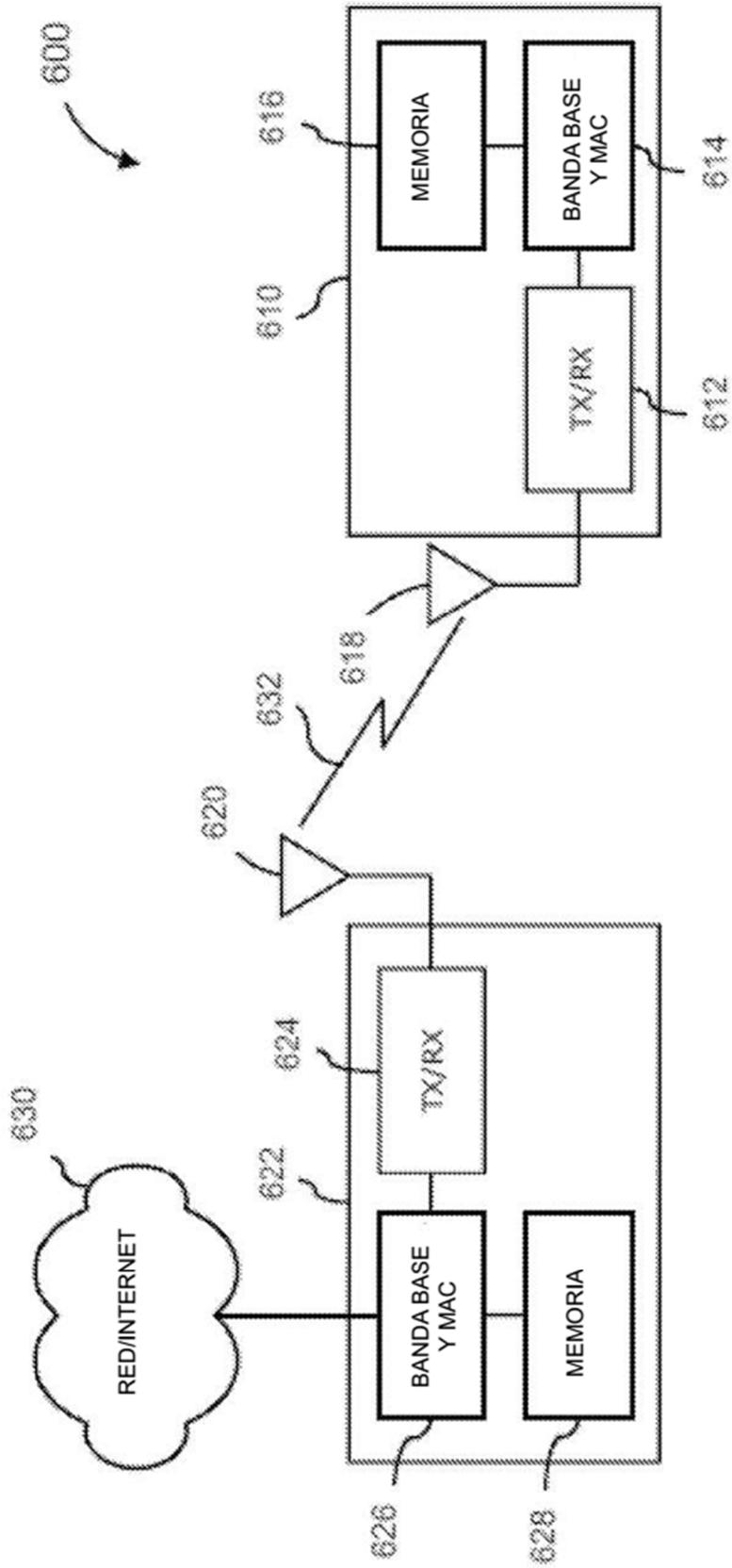


FIG. 6

700

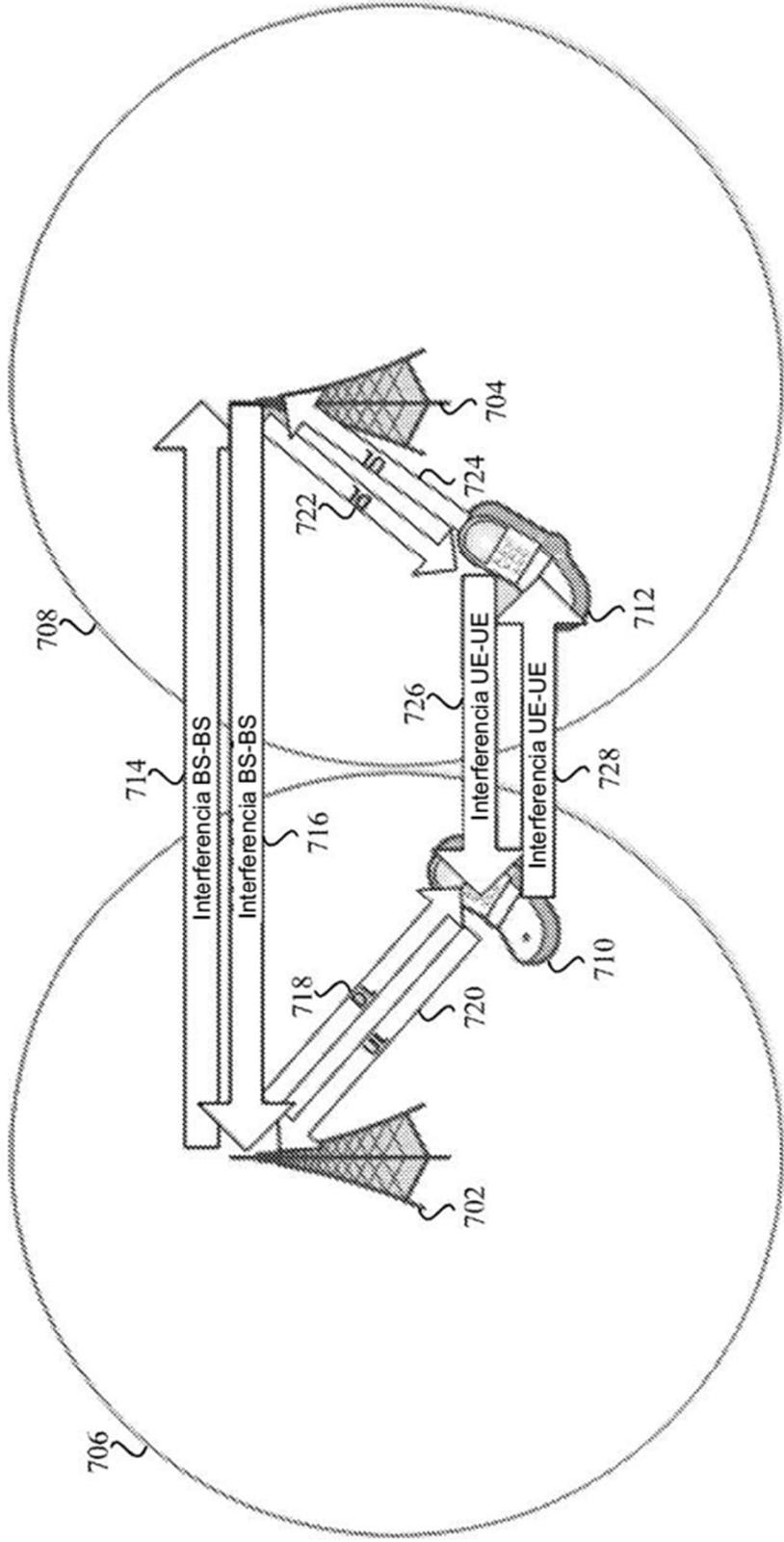


FIG. 7

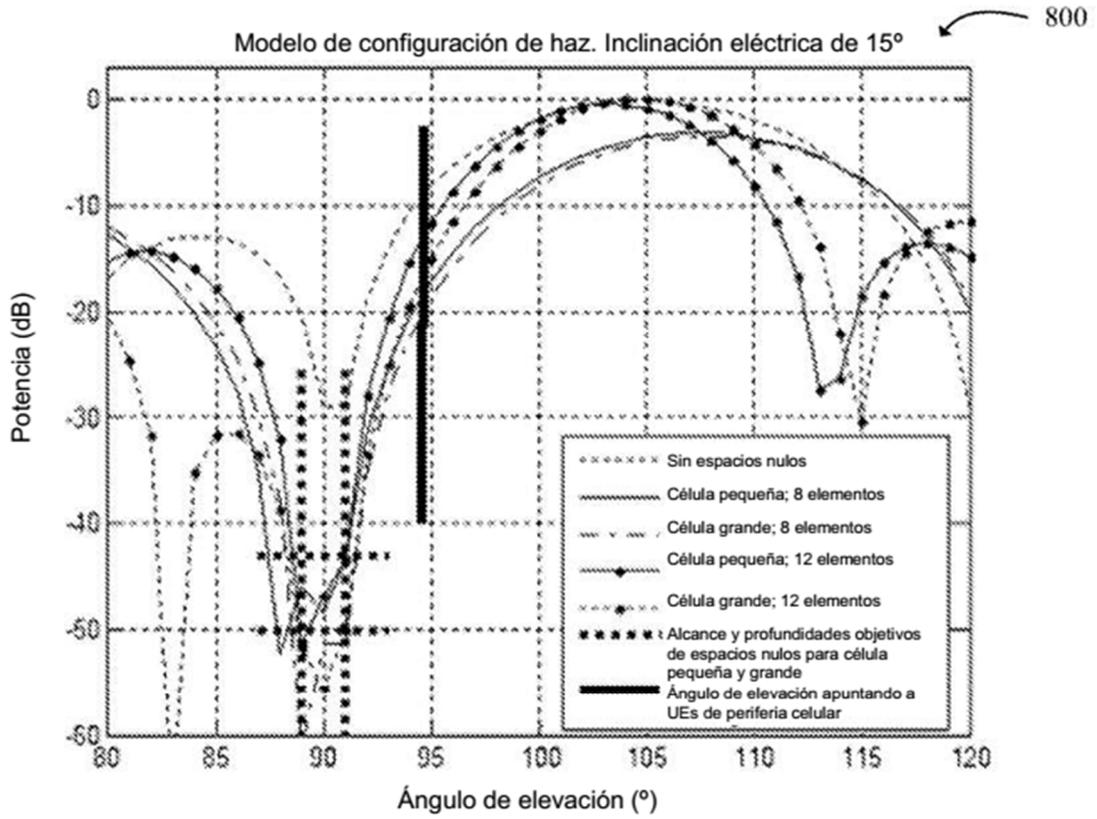


FIG. 8

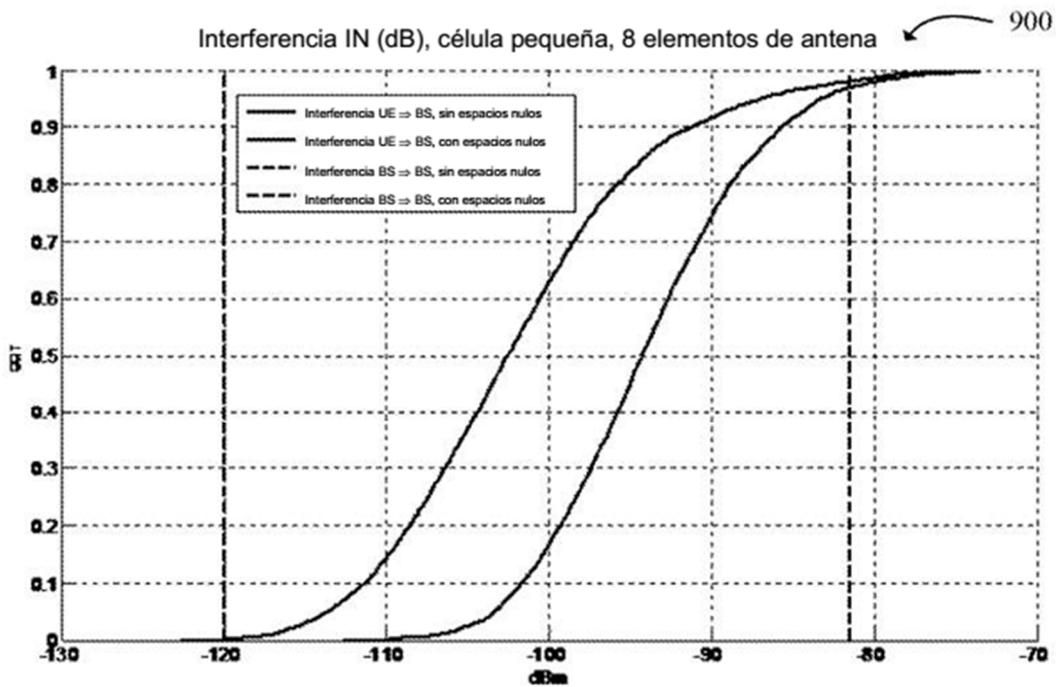


FIG. 9

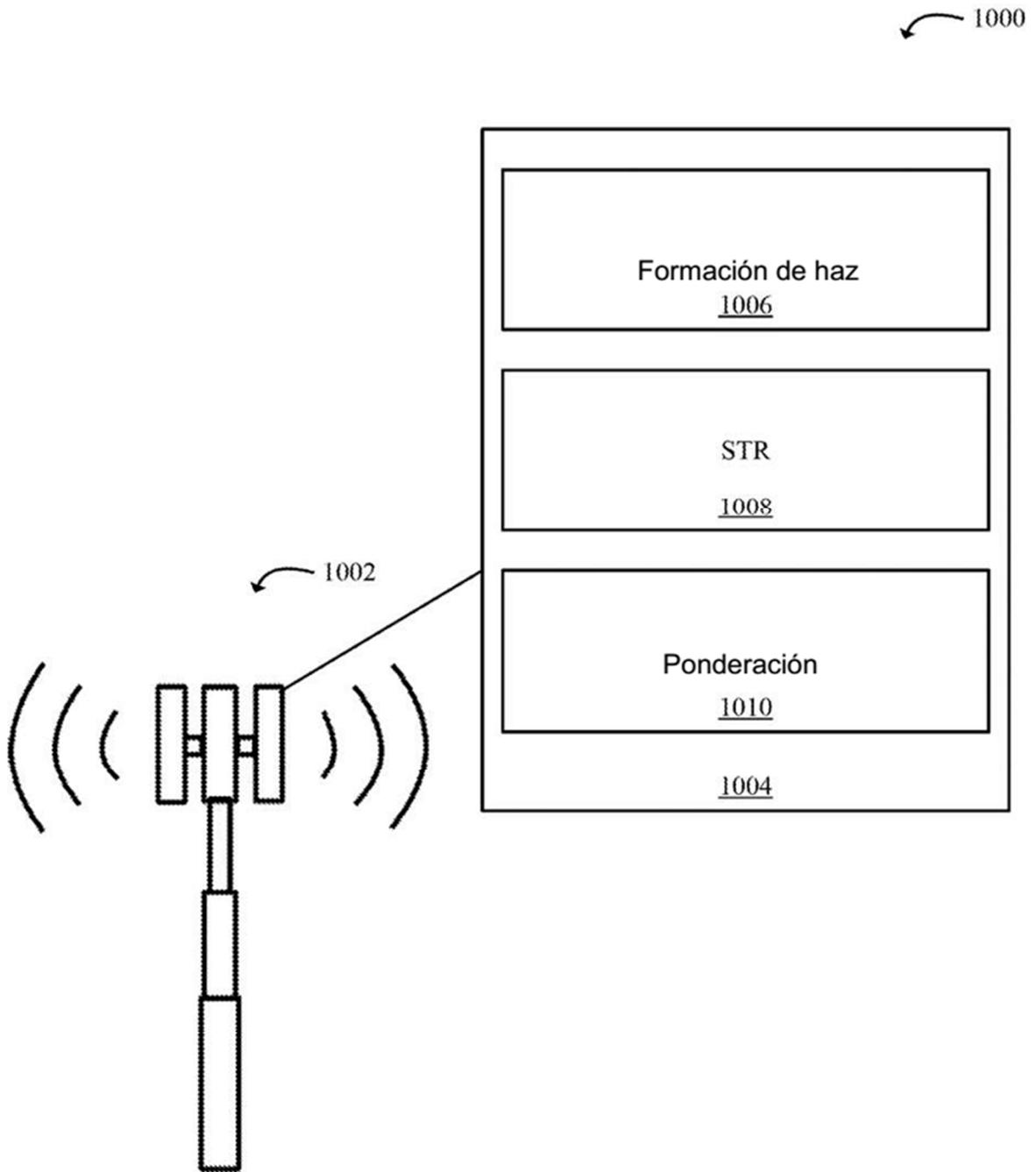


FIG. 10

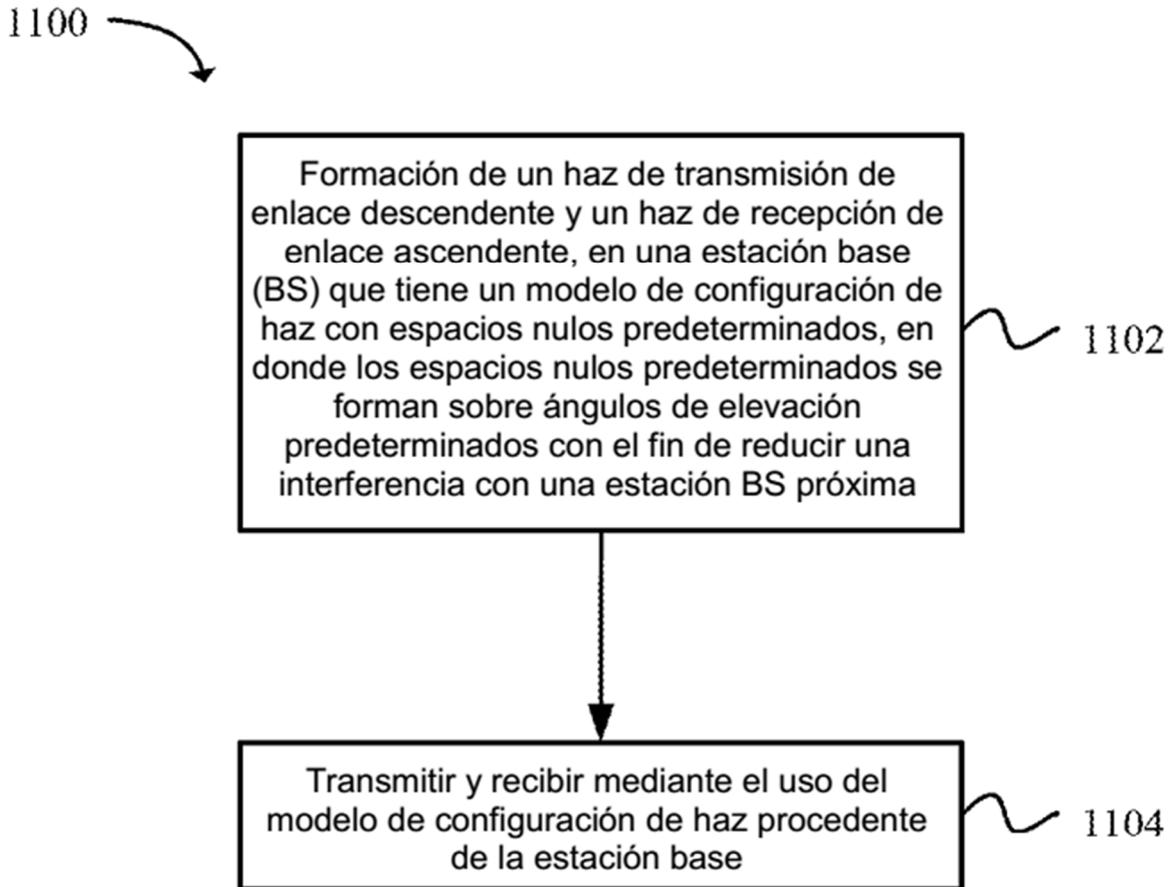


FIG. 11

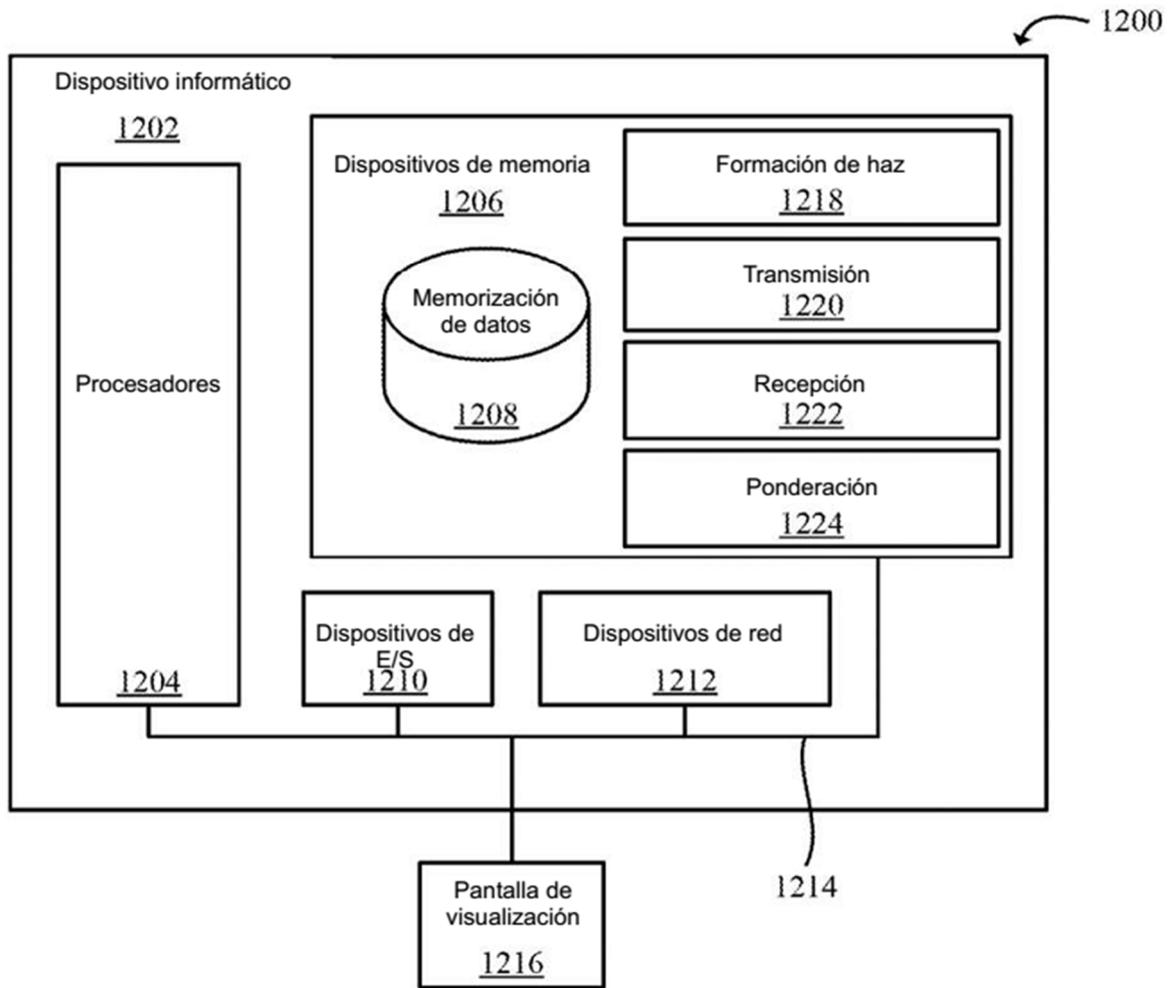


FIG. 12

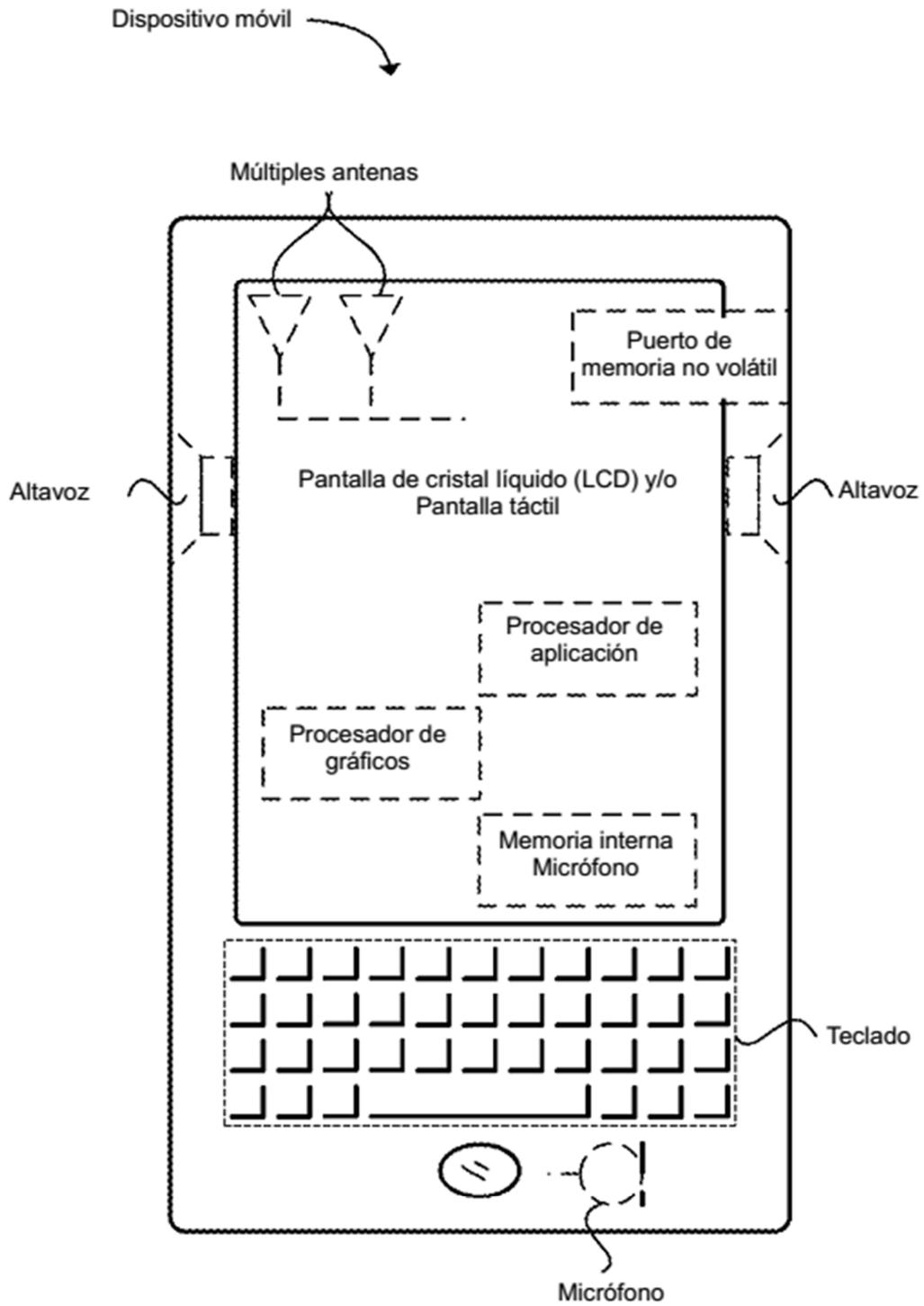


FIG. 13