

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 846**

51 Int. Cl.:

<b>H04B 15/02</b>	(2006.01) <b>H04W 36/00</b>	(2009.01)
<b>H04B 7/005</b>	(2006.01) <b>H04W 48/12</b>	(2009.01)
<b>H04W 4/06</b>	(2009.01) <b>H04W 52/02</b>	(2009.01)
<b>H04B 7/06</b>	(2006.01) <b>H04W 52/36</b>	(2009.01)
<b>H04L 5/00</b>	(2006.01) <b>H04W 72/04</b>	(2009.01)
<b>H04L 12/18</b>	(2006.01) <b>H04W 76/04</b>	(2009.01)
<b>H04L 25/02</b>	(2006.01) <b>H04L 12/709</b>	(2013.01)
<b>H04W 4/08</b>	(2009.01)	
<b>H04W 16/02</b>	(2009.01)	
<b>H04W 28/10</b>	(2009.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2012 PCT/US2012/037757**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.04.2013 WO13048582**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2012 E 12835851 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2017 EP 2761788**

54 Título: **Cancelación de interferencias entre nodos**

30 Prioridad:

**30.09.2011 US 201161542086 P**

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

**05.07.2017**

73 Titular/es:

**INTEL CORPORATION (100.0%)  
2200 Mission College Boulevard MS: RNB-4-150  
Santa Clara, California 95052, US**

72 Inventor/es:

**KHORYAEV, ALEXEY;  
CHERVYAKOV, ANDREY;  
SHILOV, MIKHAIL y  
PANTELEEV, SERGEY**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 621 846 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**

Cancelación de interferencias entre nodos

5 Solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional estadounidense con n.º de serie 61/542.086, presenta el 30 de septiembre de 2011 con n.º de registro P39951Z.

10 Antecedentes

La tecnología de las comunicaciones móviles inalámbricas usa varias normas y protocolos para transmitir datos entre una estación de transmisión y un dispositivo móvil inalámbrico. Algunos dispositivos inalámbricos se comunican usando multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM) en una transmisión de enlace descendente (DL) y acceso múltiple por división de frecuencia de única portadora (SC-FDMA) en una transmisión de enlace ascendente (UL). Las normas y protocolos que usan OFDM incluyen Evolución a Largo Plazo (LTE) del Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP), la norma 802.16 (por ejemplo, 802.16e, 802.16m) del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), conocida habitualmente en la industria como WiMAX (Interoperabilidad Mundial para el Acceso por Microondas), y la norma IEEE 802.11, conocida habitualmente en la industria como WiFi.

En los sistemas LTE de redes de acceso radioeléctrico (RAN) de 3GPP, la estación de transmisión puede ser una combinación de Nodos B de la Red de Acceso Radioeléctrico Terrestre Universal Evolucionada (E-UTRAN) (también denominados habitualmente Nodos B evolucionados, Nodos B mejorados, eNodosB o eNB) y de controladores de red radioeléctrica (RNC), que se comunica con el dispositivo móvil inalámbrico, conocido como equipo de usuario (UE). La transmisión de enlace descendente puede ser una comunicación establecida desde la estación de transmisión (o eNodoB) hasta el dispositivo móvil inalámbrico (o UE), y la transmisión de enlace ascendente puede ser una comunicación establecida desde el dispositivo móvil inalámbrico hasta la estación de transmisión.

La estación de transmisión y el dispositivo móvil inalámbrico pueden comunicarse mediante duplexación por división de tiempo (TDD) o duplexación por división de frecuencia (FDD). TDD es una aplicación de la multiplexación por división de tiempo (TDM) para separar señales de enlace descendente y de enlace ascendente en un dominio de tiempo. En TDD, las señales de enlace descendente y las señales de enlace ascendente pueden transportarse en la misma frecuencia de portadora, donde las señales de enlace descendente usan un intervalo de tiempo diferente al de las señales de enlace ascendente, de manera que las señales de enlace descendente y las señales de enlace ascendente no generan interferencias entre sí. En FDD, un transmisor y un receptor funcionan usando diferentes frecuencias de portadora. En FDD se evitan las interferencias entre las señales de enlace descendente y las señales de enlace ascendente, ya que la señal de enlace descendente usa una frecuencia de portadora diferente a la de las señales de enlace ascendente. En LTE puede usarse una estructura de trama de tipo 2 para TDD, y puede aplicarse una estructura de trama de tipo 1 tanto en FDD dúplex como en semidúplex.

Múltiples estaciones de transmisión pueden estar relativamente cerca entre sí para proporcionar una cobertura inalámbrica completa a los dispositivos móviles. Puede usarse la coordinación de interferencias entre células (ICIC) o la ICIC mejorada (eICIC) para la coordinación de recursos con el fin de reducir las interferencias entre las estaciones (o nodos) de transmisión. En cualquier instante de tiempo, un nodo perturbador (o un nodo agresor o nodo transmisor) puede generar interferencias en un nodo víctima (o nodo receptor) o en un dispositivo móvil víctima (o dispositivo receptor).

El documento WO2011115703 A1 se refiere a una infraestructura formada por una agrupación de notificación de radio y una agrupación de notificación de enlace de retroceso para una comunicación multipunto coordinada.

El documento US2010009705 A1 se refiere a un marco de cancelación de interferencias entre células.

El documento US2010107028 A1 se refiere a un procedimiento y aparato para una planificación H-ARQ en un sistema de comunicaciones inalámbricas.

Breve descripción de los dibujos

Las características y ventajas de la divulgación resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos adjuntos, que ilustran conjuntamente, a modo de ejemplo, características de la divulgación, y en los que:

la FIG. 1 ilustra un diagrama de bloques de un nodo agresor que transmite una señal de enlace descendente, un dispositivo inalámbrico que transmite una señal de enlace ascendente, y un nodo víctima según un ejemplo;

la FIG. 2 ilustra un diagrama de bloques de un nodo de enlace descendente que transmite una señal de enlace descendente, un dispositivo inalámbrico que transmite una señal de enlace ascendente, y un nodo de enlace ascendente en una red heterogénea (HetNet) según un ejemplo;

la FIG. 3 ilustra un diagrama de flujo de una cancelación de interferencias entre nodos según un ejemplo;

la FIG. 4 ilustra un diagrama de bloques de una configuración de unidades de banda base (BBU) y de unidades de radio remotas (RRU) de una red de acceso radioeléctrico centralizada (C-RAN) según un ejemplo;

la FIG. 5 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento de cancelación de interferencias entre nodos en un nodo víctima según un ejemplo;

la FIG. 6 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento de cancelación de interferencias entre nodos en un módulo central de procesamiento (CPM) según un ejemplo;

la FIG. 7 ilustra un diagrama de bloques de un dispositivo de cancelación de interferencias entre nodos según un ejemplo;

la FIG. 8 ilustra un diagrama de bloques de un módulo central de procesamiento (CPM) para la cancelación de interferencias entre nodos según un ejemplo; y

la FIG. 9 ilustra un diagrama de un dispositivo móvil según un ejemplo.

A continuación se hará referencia a las formas de realización ilustradas a modo de ejemplo, utilizándose en el presente documento una terminología específica para describir las mismas. Sin embargo, debe entenderse que no se pretende limitar el alcance de la invención.

#### Descripción detallada

Antes de dar a conocer y describir la presente invención, debe entenderse que esta invención no está limitada a las estructuras, etapas de proceso o materiales particulares dados a conocer en el presente documento, sino que se extiende a formas equivalentes de la misma reconocidas por los expertos en la técnica. Debe entenderse también que la terminología utilizada en el presente documento solo se usa con el objetivo de describir ejemplos particulares y no tiene un carácter limitativo. Los mismos números de referencia en diferentes dibujos representan el mismo elemento. Los números proporcionados en los diagramas de flujo y los procesos se proporcionan para ilustrar de manera clara las etapas y operaciones, y no indican necesariamente un orden o secuencia particular.

#### Formas de realización de ejemplo

A continuación se ofrece un visión general inicial de las formas de realización tecnológicas y posteriormente se describirán en mayor detalle formas de realización tecnológicas específicas. Este resumen inicial tiene como objetivo ayudar a entender la tecnología más rápidamente, pero no pretende identificar características clave o esenciales de la tecnología, ni pretende limitar el alcance del contenido reivindicado.

Los sistemas de duplexación por división de tiempo de banda ancha (TDD) se usan en la comunicación inalámbrica para dar servicio a dispositivos móviles a nivel mundial. Los conjuntos de chips de funcionan con tecnologías de acceso de banda ancha LTE/WiMAX pueden soportar tanto duplexación por división de frecuencia (FDD) como duplexación TDD en un mismo chip. Los sistemas TDD pueden tener ciertas ventajas sobre los sistemas FDD. Por ejemplo, en TDD, la reciprocidad de canal puede usarse de manera eficaz en la capa física para optimizar el rendimiento de la red. Los sistemas TDD también pueden tener un alto nivel de flexibilidad en lo que respecta a las condiciones de tráfico con respecto a los sistemas FDD. En LTE, la eficacia de las redes TDD puede mejorarse sustancialmente eliminando la interferencia intercelular entre los eNodosB y adaptando las redes TDD a las condiciones de tráfico dinámicas.

En redes prácticas, el tráfico puede ser asimétrico en un dominio de tiempo o un dominio de célula. La cantidad de tráfico de enlace descendente (DL) y de enlace ascendente (UL) puede ser muy diferente y puede variar en el tiempo o a través de diferentes células o nodos. Los sistemas TDD tienen la posibilidad de gestionar de manera eficaz tal variación de tráfico adaptando la cantidad de recursos de tiempo asignados al DL y al UL (por ejemplo, diferentes configuraciones de trama TDD). Sin embargo, tal adaptación en un entorno multicelular puede dar lugar a la aparición de diferentes tipos de interferencia intercelular en comparación con los sistemas no adaptativos o las configuraciones DL y UL alineadas a través del entorno multicelular.

La FIG. 1 ilustra un ejemplo de interferencia entre nodos 280 (incluida una interferencia entre células) entre estaciones de transmisión 210 y 212 (por ejemplo, una interferencia entre eNodosB) y de interferencia entre usuarios 284 entre usuarios o dispositivos móviles 250 y 252 (por ejemplo, interferencia entre UE) en un escenario de implantación de una red homogénea. Si no se tienen en cuenta los diferentes tipos de interferencia, incluida la interferencia entre células y la interferencia entre usuarios, pueden limitar los posibles beneficios de adaptar los sistemas TDD a condiciones de tráfico dinámicas. Debido a la potencia de transmisión relativamente alta de las estaciones de transmisión, la interferencia entre células (por ejemplo, la interferencia entre estaciones de transmisión o la interferencia entre eNodosB) puede ser un grave problema. Por ejemplo, las características de propagación entre nodos (por ejemplo, macronodos) puede ser una visibilidad directa (LOS) con una potencia de transmisión de entre 25 y 30 decibelios (dB), aproximadamente, mayor que la potencia de un terminal de usuario o

un dispositivo móvil. El decibelio (dB) es una unidad logarítmica que indica la relación de una cantidad física (normalmente potencia o intensidad) relativa a un nivel de referencia específico o implícito. Por tanto, el nivel de potencia de una señal de enlace ascendente 272 recibida desde el dispositivo móvil 250 puede ser inferior a la potencia de la señal de interferencia entre nodos 270 del nodo agresor. Se han usado redes TDD síncronas que usan la misma configuración TDD síncrona en toda la red para evitar la interferencia entre nodos.

La interferencia entre nodos puede compensarse o cancelarse en un nodo receptor (por ejemplo, un nodo víctima o un nodo de enlace ascendente), permitiendo configuraciones DL y UL asimétricas en el entorno multicelular con una menor interferencia y una mayor eficacia de las redes TDD. Una estación de transmisión (por ejemplo, un nodo) puede ser un nodo víctima o un nodo agresor en función de la configuración DL o UL del nodo en un intervalo de tiempo específico. Por ejemplo, si en un intervalo de tiempo el nodo 210 está recibiendo una transmisión de enlace ascendente (UL) desde un dispositivo móvil 250 mientras que otro nodo 212 está transmitiendo una transmisión de enlace descendente (DL), el nodo puede denominarse nodo víctima o nodo de enlace ascendente. Si en otro intervalo de tiempo, el nodo 212 está transmitiendo una transmisión DL a un dispositivo móvil 252 mientras que otro nodo 210 está recibiendo una transmisión UL, el nodo puede denominarse nodo agresor o nodo de enlace descendente.

En un ejemplo, el nodo víctima 210 puede recibir información de señal DL desde un nodo agresor 212 a través de un enlace de comunicación de retroceso 244, tal como señalización X2 a través de una conexión cableada o una conexión de fibra óptica. En el nodo víctima, una respuesta de impulso de canal 280 para un canal entre el nodo agresor y el nodo víctima puede estimarse usando la información de señal de enlace descendente. Una señal de interferencia entre nodos para el canal puede estimarse usando la información de señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal. El nodo víctima puede recibir una señal de enlace ascendente 260 desde un dispositivo inalámbrico 250 después de recibirse la información de señal de enlace descendente del nodo agresor y de estimarse la señal de interferencia entre nodos. La señal de interferencia entre nodos estimada puede sustraerse de la señal de enlace ascendente para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada, que puede cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo agresor en la señal de enlace ascendente, permitiendo así una transmisión fiable y de elevado caudal de tráfico entre el nodo víctima y el dispositivo inalámbrico.

Aunque la FIG. 1 ilustra una red homogénea, los procedimientos, sistemas, dispositivos e interferencias descritos en el presente documento también pueden aplicarse a redes heterogéneas. En las redes homogéneas, la estación de transmisión, también denominada macronodo, puede proporcionar una cobertura inalámbrica básica a los dispositivos móviles en una celda. Las redes heterogéneas (HetNet) se usan para gestionar las crecientes cargas de tráfico en los macronodos debido al mayor uso y funcionalidad de los dispositivos móviles. Las HetNet pueden incluir una capa de macronodos de alta potencia planificados (o macro-eNB) superpuesta a capas de nodos de menor potencia (micro-eNB, pico-eNB, femto-eNB o eNB domésticos (HeNB)) que pueden implantarse con una planificación menos óptima o de manera totalmente descoordinada en el área de cobertura de los macronodos. Los macronodos pueden usarse para ofrecer una cobertura básica, y los nodos de baja potencia pueden usarse para dar servicio a zonas sin cobertura, mejorar la capacidad de las zonas activas o de los límites entre las áreas de cobertura de los macronodos y mejorar la cobertura en espacios cerrados donde las estructuras de los edificios impiden la transmisión de señales.

En otro ejemplo, tal como en una red de acceso radioeléctrico centralizada (C-RAN) o una HetNet, la cancelación de interferencias entre nodos puede realizarse en un módulo central de procesamiento (CPM). En un ejemplo, el CPM puede usarse como una unidad de banda base (BBU) para múltiples estaciones de la red. La FIG. 2 ilustra un CPM 240 en comunicación con un macronodo 214 y nodos de baja potencia (LPN) 230 y 232 a través de un enlace de comunicación de retroceso 242, tal como señalización X2 (u otras conexiones y protocolos específicos del proveedor) a través de una conexión cableada o una conexión de fibra óptica. El CPM puede generar una señal de enlace descendente para un nodo de enlace descendente 214. El CPM puede estimar una respuesta de impulso de canal 290 para un canal entre el nodo de enlace descendente y un nodo de enlace ascendente 230 usando la señal de enlace descendente transmitida por el nodo de enlace descendente. El CPM puede determinar una señal de interferencia entre nodos para el canal usando la señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal. La señal de enlace descendente 274 puede transmitirse a través del nodo de enlace descendente. El CPM puede recibir una señal de enlace ascendente 264 procedente de un dispositivo inalámbrico a través del nodo de enlace ascendente casi al mismo tiempo que se transmite la señal de enlace descendente. La señal de interferencia entre nodos recibida puede sustraerse de la señal de enlace ascendente para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo del nodo de enlace descendente en la señal de enlace ascendente.

La cancelación de interferencias entre nodos puede proporcionar un mecanismo para cancelar, reducir o incluso, posiblemente, eliminar las interferencias entre nodos en redes TDD para configuraciones de trama DL/UL dinámicas no alineadas entre nodos o células. Además, la cancelación de interferencias entre nodos puede usarse para permitir la coexistencia de redes TDD y FDD.

A continuación se ofrecen detalles adicionales de los ejemplos. La cancelación de interferencias entre nodos (incluida las interferencias entre nodos de eNodoB a eNodoB en los sistemas LTE) en redes TDD puede basarse en el intercambio de información de señales DL, incluidas formas de onda de señales DL o sus parámetros entre nodos vecinos (por ejemplo, estaciones de transmisión vecinas), y en la utilización de la información de señales DL para cancelar las interferencias en una señal UL útil recibida por el nodo. La cancelación de interferencias entre nodos puede aumentar el rendimiento de las redes TDD cuando se produce una asimetría en el tráfico DL y UL al permitirse el uso eficiente de configuraciones de trama DL/UL asíncronas en diferentes células (por ejemplo, en diferentes nodos). La cancelación de interferencias entre nodos puede utilizar mejoras en la capacidad de los enlaces de retroceso y arquitecturas de red basadas en la implantación de sistemas de antenas distribuidos o de terminales de radio remotos (RRH), que pueden conectarse directamente a una unidad o módulo de procesamiento centralizados mediante cables de fibra, tal como una BBU en una C-RAN. El procedimiento, los dispositivos y los sistemas descritos pueden proporcionar una cancelación de interferencias eficaz entre células en redes TDD con asignación dinámica de recursos DL y UL en cada célula.

Una infraestructura de red de línea alámbrica, tal como una conectividad de fibras de alto caudal de tráfico, ha transformado y mejorado la arquitectura de los sistemas celulares de banda ancha. La infraestructura de red de línea alámbrica facilita la comunicación en la infraestructura HetNet, donde las estaciones de servicio de la red pueden cooperar entre sí para atender mejor las demandas de los usuarios. Por ejemplo, el macronodo 214 puede cooperar con varios LPN 230 y 232 implantados en el área de cobertura de un macronodo o con otros macronodos vecinos. La cooperación en tiempo real entre redes se vuelve factible debido a la gran capacidad de los enlaces de retroceso que conectan las estaciones servidoras. El uso de terminales de radio remotos y de sistemas de antenas distribuidos en una C-RAN puede sacar provecho de los beneficios de las transmisiones de datos distribuidas de manera geográfica y, por tanto, aumentar la eficacia espectral de una red. Cada terminal de radio remoto puede considerarse una célula diferente, si tiene asignado un ID de célula física diferente en una macrocélula, o como una antena remota de una misma macrocélula. Mejoras en el enlace de comunicación de retroceso y en la arquitectura C-RAN permiten la implantación de redes TDD que admiten una reconfiguración dinámica de la proporción de recursos DL y UL disponibles y, por tanto, permiten aumentar adicionalmente la eficacia de las redes TDD adaptándolas a las condiciones de tráfico instantáneas en las direcciones DL y UL.

Haciendo de nuevo referencia a la FIG. 1 de una implantación de red homogénea que funciona en un modo TDD dinámico en un intervalo de tiempo específico, un nodo víctima 210 de un área de célula de nodo víctima 216 puede estar cerca de un nodo agresor 212 en un área de célula de nodo agresor 218. La cancelación de interferencias entre nodos puede realizarse para el nodo víctima que funciona en el UL (célula víctima) y el nodo agresor que funciona en el DL (célula agresora). La señal de enlace ascendente 260 recibida por el nodo víctima puede representarse mediante  $Y_{eNB_1}(t) = h_{eNB_1-UE_1} \otimes s_U(t) + h_{eNB_1-eNB_2} \otimes s_D(t) + n(t)$ , donde  $s_U(t)$  272 es una señal de enlace ascendente transmitida por un dispositivo móvil de célula víctima (es decir, un dispositivo inalámbrico) 250 al nodo víctima,  $s_D(t)$  270 es una señal de enlace descendente transmitida por el nodo agresor a un dispositivo móvil de célula agresora (es decir, un segundo dispositivo inalámbrico) 252,  $n(t)$  es ruido aditivo de otras fuentes,  $h_{eNB_1-UE_1}$  282 es una respuesta de impulso de canal entre el dispositivo móvil de célula víctima y el nodo víctima,  $h_{eNB_1-eNB_2}$  280 es una respuesta de impulso de canal entre el nodo agresor y el nodo víctima. La FIG. 1 ilustra además una señal de enlace descendente 262 recibida por el dispositivo móvil de célula agresora, que incluye la señal de enlace descendente con la respuesta de impulso de canal 286 entre el dispositivo móvil de célula agresora y el nodo agresor, y la señal de enlace ascendente que actúa como interferencia con la respuesta de impulso de canal 284 entre el dispositivo móvil de célula víctima y el dispositivo móvil de célula agresora.

Sin interferencias, la señal de enlace ascendente recibida puede representarse como  $h_{eNB_1-UE_1} \otimes s_U(t)$ , la convolución lineal de la respuesta de impulso de canal entre el dispositivo móvil de célula víctima y el nodo víctima combinada con la señal de enlace ascendente transmitida por un dispositivo móvil de célula víctima. Eliminar el término aditivo  $h_{eNB_1-eNB_2} \otimes s_D(t)$  de la señal de interferencia entre nodos de un nodo vecino (por ejemplo, un nodo agresor) puede permitir al nodo víctima recibir con éxito la señal de enlace ascendente  $s_U(t)$  en algunos escenarios. La potencia de la señal de interferencia  $h_{eNB_1-eNB_2} \otimes s_D(t)$  generada por el nodo agresor puede ser mucho mayor que la potencia de la señal de enlace ascendente útil  $h_{eNB_1-UE_1} \otimes s_U(t)$ .

El nodo perturbador (es decir, el nodo agresor) 212 puede proporcionar a través del enlace de retroceso 244 la información de señal de enlace descendente en la señal transmitida 270 al nodo receptor (es decir, el nodo víctima) 210. Tanto el nodo perturbador como el nodo receptor pueden recibir el uno del otro la información de señal de enlace descendente, ya que ambos nodos pueden proporcionar transmisiones de enlace descendente en diferentes intervalos de tiempo. El intercambio de información de señales de enlace descendente puede implementarse de diferentes maneras. En una forma de realización, la información de señal de enlace descendente puede incluir una forma de onda directa  $s_D(t)$  270. En otra forma de realización, la información de señal de enlace descendente puede incluir la información específica usada para reconstruir la forma de onda transmitida  $s_D(t)$  en el nodo víctima. Tal información específica puede incluir bits de información, una asignación de recursos, un modo de transmisión de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO), una velocidad de modulación y de código, y combinaciones de esta información específica. La señal transmitida por el nodo agresor puede conocerse parcial o completamente y estar disponible en el nodo víctima.

Una vez que la forma de onda de interferencia entre células transmitida  $s_D(t)$  270 esté disponible en el nodo víctima 210, el nodo víctima puede usar la forma de onda de interferencia entre células para estimar la respuesta de impulso de canal  $h_{eNB1-eNB2}$  280 o la función de transferencia de canal entre el nodo víctima y el nodo agresor. La precisión de la estimación de canal de la respuesta de impulso de canal puede ser muy alta debido a una gran ganancia de procesamiento obtenida al conocer la forma de onda  $s_D(t)$  transmitida. Como alternativa, la estimación de canal puede realizarse con información aditiva proporcionada por señales de referencia (RS) o señales de sincronización del sistema, o la estimación de canal puede proporcionarse por la red cuando la estimación de canal se midió anteriormente.

El nodo víctima 210 puede estimar o reconstruir la señal de interferencia entre células recibida  $h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t)$  y sustraer la señal de interferencia entre células de la señal recibida  $y_{eNB1}(t)$  260, suprimiéndose así la interferencia entre células. Cuando la estimación de canal de interferencia entre células puede estimarse de manera precisa, la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada en el nodo víctima  $x_{eNB1}(t)$  puede representarse como  $x_{eNB1}(t) = y_{eNB1}(t) - h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t) = h_{eNB1-UE1} \otimes s_U(t) + n(t)$ , que puede cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo agresor en la señal de enlace ascendente.

Por tanto, la cancelación de interferencias entre nodos puede eliminar la mayor parte de la interferencia entre nodos, lo que puede hacer factible la recepción de la señal de enlace ascendente en una configuración UL-DL asimétrica entre nodos vecinos. La cancelación de interferencias entre nodos puede proporcionar a las redes TDD una opción adicional de controlar de manera dinámica la configuración TDD en cada célula de la red en función de la asimetría de tráfico DL y UL instantánea.

La FIG. 3 ilustra un procedimiento de ejemplo para cancelar, reducir o eliminar la interferencia entre nodos procedente de un nodo agresor en redes con configuraciones TDD dinámicas. Cada célula o nodo de una red TDD puede ajustar la configuración TDD del nodo para que se adapte mejor a las condiciones de tráfico DL y UL, o cada nodo puede proporcionar una adaptación de configuración TDD a las condiciones de tráfico 110. Las células víctima o los nodos víctima pueden funcionar en un UL, y las células agresoras o los nodos agresores pueden transmitir señales DL a usuarios o dispositivos móviles de células agresoras, o los nodos agresores y los dispositivos móviles de células víctima pueden proporcionar una transmisión de señal 120. Las células agresoras o los nodos agresores pueden proporcionar información de señal de enlace descendente a suficientes células víctima o nodos víctima para recuperar las señales transmitidas por las células agresoras o nodos agresores, o los nodos pueden realizar un intercambio de información 130 de la información de señal de enlace descendente. Las células víctima o los nodos víctima pueden reconstruir las formas de onda DL transmitidas por las células agresoras o los nodos agresores, o los nodos víctima pueden proporcionar una reconstrucción de forma de onda 140 de la señal de enlace descendente. Las células víctima o los nodos víctima pueden estimar el canal de las células agresoras usando las formas de onda DL reconstruidas, o los nodos víctima pueden proporcionar una estimación de canal de interferencia entre nodos 150. Las células víctima o los nodos víctima pueden usar las formas de onda reconstruidas y las estimaciones de canal para crear una copia de la señal de interferencia entre nodos y sustraer la copia de la señal recibida, o los nodos víctima pueden realizar una cancelación de interferencias entre nodos 160. La célula víctima o nodo víctima puede realizar un procesamiento para descodificar la señal de enlace ascendente, o los nodos víctima pueden realizar una descodificación de señal de enlace ascendente 170.

La cancelación de interferencias entre nodos puede usarse en las HetNet o en un red de acceso radioeléctrico centralizada, cooperativa o en la nube (C-RAN), donde la funcionalidad de la estación (o el nodo) de transmisión puede subdividirse entre una agrupación de procesamiento de unidades de banda base (BBU) y una unidad de radio remota (RRU) o un terminal de radio remoto (RRH) con fibra óptica que conecta la BBU a la RRU. La C-RAN puede proporcionar una RAN radioeléctrica cooperativa, de procesamiento centralizado y con una infraestructura en la nube y en tiempo real.

Como se ilustra en la FIG. 4, la C-RAN puede estar formada por tres partes: una agrupación de radio remota equipada con unidades de radio remotas (RRU) 432A-I con antenas, una estación base virtual compartida o una agrupación de procesamiento de banda base 410 que incluye unidades de banda base (BBU) 412A-C, y una fibra o cable 422A-D y 424G en una red de transporte física 420 que conecta al menos una de las RRU de la agrupación de radio remota a al menos una de las BBU de la agrupación de banda base. La agrupación de procesamiento de banda base puede estar centralizada. Cada BBU puede incluir un procesador de propósito general de alto rendimiento, un procesador de virtualización en tiempo real y/o un procesador de capa física (PHY) y/o un procesador de capa MAC 414A-F. Las BBU pueden estar acopladas a un equilibrador de carga y un conmutador 418A-B a través de un cableado eléctrico u óptico 426C. La red de transporte física puede ser una red de transporte de baja latencia, una red con un ancho de banda eficaz y/o una red de transporte óptica 420 que usa fibra óptica o un cableado óptico.

En otro ejemplo, la red de transporte física puede ser una red de transporte eléctrica de alta velocidad. La red de transporte física puede proporcionar un enlace de comunicación físico entre la BBU y la RRU. El enlace de comunicación físico puede incluir un enlace de fibra óptica o un enlace eléctrico cableado. La BBU puede

denominarse controlador de elemento de radio (REC). La RRU puede denominarse terminal de radio remoto (RRH), equipo de radio remoto (RRE), estación de retransmisión (RS) o equipo de radio (RE). Cada RRU puede estar separada de la BBU una distancia seleccionada. Cada RRU puede incluir un sector, célula o área de cobertura 438E para un dispositivo móvil, tal como un equipo de usuario (UE) 434A-J, donde el dispositivo móvil puede estar  
 5 ubicado en múltiples sectores, células o áreas de cobertura. Las RRU distribuidas de la C-RAN pueden proporcionar una RAN de gran capacidad y de amplia área de cobertura.

Las RRU 432A-I pueden ser más pequeñas, más fáciles de instalar, más fáciles de mantener y consumir menos potencia que las BBU 412A-C. La agrupación de procesamiento de banda base 110 puede agregar la potencia de procesamiento de la BBU mediante tecnología de virtualización en tiempo real y proporcionar capacidad de procesamiento de señales a las BTS o RRU virtuales de la agrupación. La red de transporte física puede distribuir las señales procesadas a las RRU de la agrupación de radio remota 430. La agrupación de BBU centralizada puede reducir las ubicaciones de estación de transmisión usadas por las BBU y puede hacer posible la agregación de recursos y una transmisión/recepción de radio cooperativa a gran escala. La C-RAN puede hacer conmutar de manera dinámica la conectividad de una pasarela de servicio (S-GW) desde una primera BBU hasta una segunda BBU de la agrupación de BBU. En otro ejemplo, la C-RAN puede hacer conmutar de manera dinámica la conectividad de una BBU desde una primera RRU hasta una segunda RRU de la agrupación de RRU.  
 10  
 15

Haciendo de nuevo referencia a la FIG. 2, una implantación de red heterogénea que funciona en el modo TDD dinámico en un intervalo de tiempo específico puede realizar la cancelación de interferencias entre nodos en las HetNet y/o una C-RAN. La cancelación de interferencias entre nodos puede aplicarse a nodos de una red cooperativa heterogénea con un módulo central de procesamiento (CPM) o una unidad de procesamiento centralizada y terminales de radio remotos (o macronodos o LPN). Cuando se usa el CPM puede no necesitarse un enlace de retroceso para transmitir información de señales de enlace descendente a un nodo de enlace ascendente, y el procesamiento, tal como la generación de una forma de onda de transmisión, la estimación de canal entre nodos y la sustracción de la señal de interferencia entre nodos de la señal de enlace ascendente recibida, puede implementarse directamente en el CPM, que también puede controlar el funcionamiento de varias células, nodos o terminales de radio remotos (RRH).  
 20  
 25

La FIG. 2 ilustra un CPM 240 en comunicación con un macronodo 214 y nodos de baja potencia (LPN) 230 y 232 a través de un enlace de comunicación de retroceso 242, tal como señalización X2 a través de una conexión cableada o una conexión de fibra óptica. El CPM puede generar una señal de enlace descendente para un nodo de enlace descendente 214. El CPM puede estimar una respuesta de impulso de canal 290 para un canal entre el nodo de enlace descendente y un nodo de enlace ascendente 230 usando la señal de enlace descendente o información de señal de enlace descendente. El CPM puede determinar una señal de interferencia entre nodos para el canal usando la señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal. La señal de enlace descendente 274 puede transmitirse a través del nodo de enlace descendente. El CPM puede recibir una señal de enlace ascendente 264 procedente de un dispositivo inalámbrico a través del nodo de enlace ascendente casi al mismo tiempo que se transmite la señal de enlace descendente. La señal de interferencia entre nodos recibida puede sustraerse de la señal de enlace ascendente para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo de enlace descendente en la señal de enlace ascendente.  
 30  
 35  
 40

La cancelación de interferencias entre nodos puede realizarse para el nodo de enlace ascendente 230 o 232 que funciona en un UL cerca del nodo de enlace descendente 214 que funciona en un DL. La señal de enlace ascendente 264 recibida por el nodo de enlace ascendente 230 puede representarse como  $y_{RRH1}(t) = h_{RRH1-UE1} \otimes s_{U1}(t) + h_{eNB-RRH2} \otimes s_D(t) + n(t)$ , donde  $s_{U1}(t)$  276 es una señal de enlace ascendente transmitida por un dispositivo móvil (es decir, un dispositivo inalámbrico) 254 al nodo de enlace ascendente,  $s_D(t)$  274 es una señal de enlace descendente transmitida por el nodo de enlace descendente 214 a un segundo dispositivo móvil (es decir, un segundo dispositivo inalámbrico) 256,  $n(t)$  es ruido aditivo de otras fuentes,  $h_{RRH1-UE1}$  292 es una respuesta de impulso de canal entre el dispositivo móvil y el nodo de enlace ascendente,  $h_{eNB-RRH2}$  290 es una respuesta de impulso de canal entre el nodo de enlace descendente y el nodo de enlace ascendente.  
 45  
 50

La FIG. 2 ilustra además una segunda señal de enlace ascendente  $y_{RRH2}(t)$  266 recibida por un segundo nodo de enlace ascendente 232, donde  $s_{U2}(t)$  278 es una segunda señal de enlace ascendente transmitida por un tercer dispositivo móvil 258 al segundo nodo de enlace ascendente,  $h_{RRH2-UE2}$  296 es una respuesta de impulso de canal entre el tercer dispositivo móvil y el segundo nodo de enlace ascendente, y  $h_{eNB-RRH2}$  294 es una respuesta de impulso de canal entre el nodo de enlace descendente y el segundo nodo de enlace ascendente. La FIG. 2 ilustra además una señal de enlace descendente recibida por el segundo dispositivo móvil, que incluye la señal de enlace descendente con la respuesta de impulso de canal  $h_{eNB-UE3}$  298 entre el segundo dispositivo móvil y el nodo de enlace descendente.  
 55  
 60

La cancelación de interferencias entre nodos puede usarse en combinación con técnicas de conformación de haz MIMO. Por ejemplo, la conformación de haz de transmisión en el nodo agresor o el nodo de enlace descendente puede proporcionar una orientación nula en la dirección del nodo víctima o del nodo de enlace descendente para  
 65

minimizar la potencia de transmisión de señales emitida en la dirección del nodo víctima o el nodo de enlace ascendente. La conformación de haz en el receptor (RX) y la cancelación de interferencias en el nodo víctima o el nodo de enlace ascendente pueden proporcionar una compensación preliminar de interferencias entre células provocada por el nodo agresor o el nodo de enlace descendente.

En otro ejemplo, la cancelación de interferencias entre células puede aplicarse a transmisiones DL y UL asincrónicas en diferentes células usando una forma de onda de señal de interferencia de referencia intercambiada a través del enlace de retroceso entre nodos vecinos. La cancelación de interferencias entre células puede incluir la reconstrucción de las formas de onda de señales DL de células agresoras y/o la adaptación a la asimetría del tráfico DL y UL en redes TDD.

Otro ejemplo proporciona un procedimiento 500 para cancelar las interferencias entre nodos en un nodo víctima, como se muestra en el diagrama de flujo de la FIG. 5. El procedimiento puede ejecutarse como instrucciones en una máquina, donde las instrucciones están incluidas en al menos un medio legible por ordenador. El procedimiento incluye la operación de recibir información de señal de enlace descendente en el nodo víctima desde un nodo agresor, como en el bloque 510. A continuación sigue la operación de estimar una respuesta de impulso de canal para un canal entre el nodo agresor y el nodo víctima usando la información de señal de enlace descendente, como en el bloque 520. La siguiente operación del procedimiento puede ser estimar una señal de interferencia entre nodos para el canal usando la información de señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal, como en el bloque 530.

El procedimiento puede incluir además recibir una señal de enlace ascendente desde un dispositivo inalámbrico, donde la información de señal de enlace descendente se recibe antes de recibirse la señal de enlace ascendente. Después puede realizarse la operación de sustraer de la señal de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos estimada para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo agresor en la señal de enlace ascendente. El dispositivo inalámbrico puede ser un dispositivo móvil, un equipo de usuario (UE) o una estación móvil (MS).

La señal de enlace ascendente  $y_{eNB_1}(t)$  recibida por el nodo víctima puede representarse como  $y_{eNB_1}(t) = h_{eNB_1-UE_1} \otimes s_U(t) + h_{eNB_1-eNB_2} \otimes s_D(t) + n(t)$ , donde  $\otimes$  es un operador que define una convolución lineal,  $s_U(t)$  es una señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico al nodo víctima de la célula víctima,  $s_D(t)$  es la señal de enlace descendente transmitida por el nodo agresor a un segundo dispositivo inalámbrico,  $n(t)$  es ruido aditivo,  $h_{eNB_1-UE_1}$  es la respuesta de impulso de canal entre el dispositivo inalámbrico y el nodo víctima, y  $h_{eNB_1-eNB_2}$  es una respuesta de impulso de canal entre el nodo agresor y el nodo víctima, donde la señal de interferencia entre nodos se representa como  $h_{eNB_1-eNB_2} \otimes s_D(t)$ , y la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada  $x_{eNB_1}(t)$  se representa como  $x_{eNB_1}(t) = y_{eNB_1}(t) - h_{eNB_1-eNB_2} \otimes s_D(t) = h_{eNB_1-UE_1} \otimes s_U(t) + n(t)$

El procedimiento puede incluir además descodificar la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para la información de señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico. La información de señal de enlace descendente se recibe mediante señalización X2 o señalización de enlace de retroceso a través de una conexión cableada o una conexión de fibra óptica. Estimar la respuesta de impulso de canal puede incluir además recibir una señal de referencia desde el nodo agresor y estimar la respuesta de impulso de canal usando la señal de referencia. La información de señal de enlace descendente puede ser una forma de onda de señal directa, puede incluir información de control y de datos útiles suficiente para reconstruir una forma de onda de señal de enlace descendente o puede incluir información específica para reconstruir la forma de onda de enlace descendente. El nodo víctima y el nodo agresor pueden incluir un Nodo B evolucionado (eNodoB), una estación base (BS), un macro-Nodo B evolucionado (macro-eNB), un nodo de baja potencia (LPN), un micro-eNB, un pico-eNB, un femto-eNB, un eNB doméstico (HeNB), un terminal de radio remoto (RRH), un equipo de radio remoto (RRE) o una unidad de radio remota (RRU).

Otro ejemplo proporciona un procedimiento 600 para cancelar la interferencia entre nodos en un módulo central de procesamiento (CPM), como se muestra en el diagrama de flujo de la FIG. 6. El procedimiento puede ejecutarse como instrucciones en una máquina, donde las instrucciones están incluidas en al menos un medio legible por ordenador. El procedimiento incluye la operación de generar una señal de enlace descendente en el CPM para un nodo de enlace descendente, como en el bloque 610. A continuación sigue la operación de estimar una respuesta de impulso de canal para un canal entre el nodo de enlace descendente y un nodo enlace ascendente usando la señal de enlace descendente, como en el bloque 620. La siguiente operación del procedimiento puede ser determinar una señal de interferencia entre nodos para el canal usando la señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal, como en el bloque 630.

El procedimiento puede incluir además transmitir la señal de enlace descendente a través del nodo de enlace descendente. A continuación puede realizarse la operación de recibir una señal de enlace ascendente en el CPM procedente de un dispositivo inalámbrico a través del nodo de enlace ascendente casi al mismo tiempo que se transmite la señal de enlace descendente. La siguiente operación del procedimiento puede ser sustraer de la señal

de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos recibida para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo de enlace descendente en la señal de enlace ascendente.

5 La señal de enlace ascendente  $y_{RRH1}(t)$  recibida por el nodo de enlace ascendente se representa como  $y_{RRH1}(t) = h_{RRH1-UE1} \otimes s_{U1}(t) + h_{eNB-RRH2} \otimes s_D(t) + n(t)$ , donde  $\otimes$  es un operador que define una convolución lineal,  $s_{U1}(t)$  es una señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico al nodo de enlace ascendente,  $s_D(t)$  es la señal de enlace descendente transmitida por el nodo de enlace descendente a un segundo dispositivo inalámbrico,  $n(t)$  es ruido aditivo,  $h_{RRH1-UE1}$  es una respuesta de impulso de canal entre el dispositivo inalámbrico y el nodo de enlace ascendente, y  $h_{eNB-RRH2}$  es una respuesta de impulso de canal entre el nodo de enlace descendente y el nodo de enlace ascendente, donde la señal de interferencia entre nodos se representa como  $h_{eNB-RRH2} \otimes s_D(t)$ , y la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada  $x_{RRH1}(t)$  se representa como  $x_{RRH1}(t) = y_{RRH1}(t) - h_{eNB-RRH2} \otimes s_D(t) = h_{RRH1-UE1} \otimes s_{U1}(t) + n(t)$ . El procedimiento puede incluir además descodificar la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para la información de señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico. La señal de enlace descendente se transmite al nodo de enlace descendente y la señal de enlace ascendente se recibe desde el nodo de enlace ascendente mediante señalización X2 o señalización de enlace de retroceso a través de una conexión cableada o una conexión de fibra óptica. El procedimiento puede incluir además volver a planificar tramas de enlace ascendente (UL) y de enlace descendente (DL) o cambiar la configuración UL-DL para reducir el número de subtramas DL/UL asincrónicas en tramas entre el nodo de enlace ascendente y el nodo de enlace descendente. El CPM puede incluir un Nodo B evolucionado (eNodoB), una estación base (BS), un macro-Nodo B evolucionado (macro-eNB) o una unidad de banda base (BBU). El nodo de enlace descendente y el nodo de enlace ascendente pueden incluir un Nodo B evolucionado (eNodoB), una estación base (BS), un macro-Nodo B evolucionado (macro-eNB), un nodo de baja potencia (LPN), un micro-eNB, un pico-eNB, un femto-eNB, un eNB doméstico (HeNB), un terminal de radio remoto (RRH), un equipo de radio remoto (RRE) o una unidad de radio remota (RRU).

La FIG. 7 ilustra un ejemplo de dispositivo de cancelación de interferencias entre nodos 710. El dispositivo de cancelación de interferencias entre nodos puede estar incluido en un nodo, que puede incluir un Nodo B evolucionado (eNodoB), una estación base (BS), un macro-Nodo B evolucionado (macro-eNB), un nodo de baja potencia (LPN), un micro-eNB, un pico-eNB, un femto-eNB, un eNB doméstico (HeNB), una unidad de banda base (BBU), un terminal de radio remoto (RRH), un equipo de radio remoto (RRE) o una unidad de radio remota (RRU). El dispositivo de cancelación de interferencias entre nodos puede incluir un módulo de recepción 712, un estimador de respuesta de impulso de canal 714, un estimador de interferencia de señal 716 y un módulo de cancelación 718. El dispositivo de cancelación de interferencias entre nodos también puede incluir un módulo de descodificación 720, un módulo de transmisión (no mostrado) o un módulo de planificación (no mostrado). El módulo de recepción puede estar configurado para recibir en un nodo información de señal de enlace descendente desde un nodo vecino. El estimador de respuesta de impulso de canal puede estar configurado para estimar una respuesta de impulso de canal para un canal entre el nodo vecino y el nodo usando la información de señal de enlace descendente. El estimador de interferencia de señal puede estar configurado para estimar una señal de interferencia entre nodos para el canal usando la información de señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal. El módulo de cancelación puede estar configurado para sustraer de una señal de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos estimada para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo vecino en la señal de enlace ascendente. El módulo de recepción puede estar configurado además para recibir la señal de enlace ascendente desde un dispositivo inalámbrico antes de sustraer de la señal de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos estimada. La información de señal de enlace descendente puede recibirse antes de la recepción de la señal de enlace ascendente. El módulo de transmisión puede estar configurado para transmitir información de señal de enlace descendente para el nodo a un nodo vecino y para transmitir una señal de enlace descendente a un segundo dispositivo inalámbrico.

La señal de enlace ascendente  $y_{eNB1}(t)$  recibida por el dispositivo de cancelación de interferencias entre nodos puede representarse como  $y_{eNB1}(t) = h_{eNB1-UE1} \otimes s_U(t) + h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t) + n(t)$ , donde  $\otimes$  es un operador que define una convolución lineal,  $s_U(t)$  es una señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico al nodo,  $s_D(t)$  es la señal de enlace descendente transmitida por el nodo vecino a un segundo dispositivo inalámbrico,  $n(t)$  es ruido aditivo,  $h_{eNB1-UE1}$  es la respuesta de impulso de canal entre el dispositivo inalámbrico y el nodo, y  $h_{eNB1-eNB2}$  es una respuesta de impulso de canal entre el nodo vecino y el nodo, donde la señal de interferencia entre nodos se representa como  $h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t)$ , y la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada  $x_{eNB1}(t)$  se representa como  $x_{eNB1}(t) = y_{eNB1}(t) - h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t) = h_{eNB1-UE1} \otimes s_U(t) + n(t)$ .

El módulo de descodificación puede estar configurado para descodificar la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para la información de señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico. El módulo de transmisión puede estar configurado para transmitir una señal de enlace descendente con orientación nula en la dirección de un nodo vecino que presenta una configuración de trama de

enlace descendente/enlace ascendente (DL/UL) asíncrona con el nodo. El módulo de recepción puede estar configurado además para recibir la información de señal de enlace descendente mediante señalización X2 o señalización de enlace de retroceso a través de una conexión cableada o una conexión de fibra óptica. El módulo de planificación puede estar configurado para volver a planificar tramas de enlace ascendente (UL) y de enlace descendente (DL) o cambiar la configuración UL-DL para reducir el número de subtramas DL/UL asíncronas en tramas entre el nodo y un nodo vecino.

La FIG. 8 ilustra un módulo central de procesamiento (CPM) 708 de ejemplo. El CPM puede estar incluido en un nodo o estación de transmisión, que puede incluir una unidad de banda base (BBU), un Nodo B evolucionado (eNodoB), una estación base (BS), un macro-Nodo B evolucionado (macro-eNB), un nodo de baja potencia (LPN), un micro-eNB, un pico-eNB, un femto-eNB, un eNB doméstico (HeNB) y una estación base (BS). El CPM puede incluir un módulo de generación de señales 706, un módulo transceptor 704, un estimador de respuesta de impulso de canal 714, un estimador de interferencia de señal 716 y un módulo de cancelación 718. El CPM puede incluir además un módulo de descodificación 720 y un módulo de planificación (no mostrado). El módulo de generación de señales puede estar configurado para generar una señal de enlace descendente para un nodo de enlace descendente. El estimador de respuesta de impulso de canal puede estar configurado para estimar una respuesta de impulso de canal para un canal entre el nodo de enlace descendente y un nodo de enlace ascendente usando la información de señal de enlace descendente. El estimador de interferencia de señal puede estar configurado para estimar una señal de interferencia entre nodos para el canal usando la información de señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal. El módulo transceptor puede estar configurado para recibir una señal de enlace ascendente desde un dispositivo inalámbrico. El módulo de cancelación puede estar configurado para sustraer de la señal de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos estimada para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo de enlace descendente en la señal de enlace ascendente. El módulo transceptor puede estar configurado además para transmitir la señal de enlace descendente y recibir una señal de enlace ascendente mediante señalización X2 o señalización de enlace de retroceso a través de una conexión cableada o una conexión de fibra óptica.

La señal de enlace ascendente  $y_{RRH_1}(t)$  recibida por el nodo de enlace ascendente se representa como  $y_{RRH_1}(t) = h_{RRH_1-UE_1} \otimes s_{U_1}(t) + h_{eNB-RRH_2} \otimes s_D(t) + n(t)$ , donde  $\otimes$  es un operador que define una convolución lineal,  $s_{U_1}(t)$  es una señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico al nodo de enlace ascendente,  $s_D(t)$  es la señal de enlace descendente transmitida por el nodo de enlace descendente a un segundo dispositivo inalámbrico,  $n(t)$  es ruido aditivo,  $h_{RRH_1-UE_1}$  es una respuesta de impulso de canal entre el dispositivo inalámbrico y el nodo de enlace ascendente, y  $h_{eNB-RRH_2}$  es una respuesta de impulso de canal entre el nodo de enlace descendente y el nodo de enlace ascendente, donde la señal de interferencia entre nodos se representa mediante  $h_{eNB-RRH_2} \otimes s_D(t)$ , y la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada  $x_{RRH_1}(t)$  se representa como  $x_{RRH_1}(t) = y_{RRH_1}(t) - h_{eNB-RRH_2} \otimes s_D(t) = h_{RRH_1-UE_1} \otimes s_{U_1}(t) + n(t)$ .

El módulo de descodificación puede estar configurado para descodificar la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para la información de señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico. El módulo transceptor puede estar configurado además para transmitir una señal de enlace descendente con orientación nula en la dirección de un nodo de enlace ascendente que presenta una configuración de trama de enlace descendente/enlace ascendente (DL/UL) asíncrona con el nodo de enlace descendente. El módulo de planificación puede estar configurado para volver a planificar tramas de enlace ascendente (UL) y de enlace descendente (DL) o cambiar la configuración UL-DL para reducir el número de subtramas DL/UL asíncronas en tramas entre el nodo de enlace descendente y el nodo de enlace ascendente.

En otro ejemplo, una estación de transmisión puede estar en comunicación inalámbrica con un dispositivo móvil. La FIG. 9 proporciona una ilustración de ejemplo del dispositivo móvil, tal como un equipo de usuario (UE), una estación móvil (MS), un dispositivo inalámbrico móvil, un dispositivo de comunicación móvil, una tableta, un microteléfono u otro tipo de dispositivo inalámbrico móvil. El dispositivo móvil puede incluir una o más antenas configuradas para comunicarse con un nodo, un macronodo, un nodo de baja potencia (LPN) o una estación de transmisión, tal como una estación base (BS), un Nodo B evolucionado (eNB), una unidad de banda base (BBU), un terminal de radio remoto (RRH), un equipo de radio remoto (RRE), una estación de retransmisión (RS), un equipo de radio (RE) u otro tipo de punto de acceso de red de área extensa inalámbrica (WWAN). El dispositivo móvil puede estar configurado para comunicarse usando al menos una norma de comunicación inalámbrica, incluidas las normas 3GPP LTE, WiMAX, acceso a paquetes de alta velocidad (HSPA), Bluetooth y WiFi. El dispositivo móvil puede comunicarse usando diferentes antenas para cada norma de comunicación inalámbrica o antenas compartidas para múltiples normas de comunicación inalámbricas. El dispositivo móvil puede comunicarse en una red inalámbrica de área local (WLAN), una red inalámbrica de área personal (WPAN) y/o una WWAN.

La FIG. 9 también ilustra un micrófono y uno o más altavoces que pueden usarse para la entrada y salida de audio desde el dispositivo móvil. La pantalla de visualización puede ser una pantalla de cristal líquido (LCD) u otro tipo de pantalla de visualización, tal como una pantalla de diodos orgánicos de emisión de luz (OLED). La pantalla de visualización puede estar configurada como una pantalla táctil. La pantalla táctil puede usar una tecnología

capacitiva, resistiva u otro tipo de tecnología de pantalla táctil. Un procesador de aplicaciones y un procesador de gráficos pueden acoplarse a la memoria interna para proporcionar capacidades de procesamiento y de visualización. Un puerto de memoria no volátil también puede usarse para proporcionar opciones de entrada/salida de datos a un usuario. El puerto de memoria no volátil también puede usarse para ampliar las capacidades de memoria del dispositivo móvil. Un teclado puede estar integrado en el dispositivo móvil o estar conectado de manera inalámbrica al dispositivo móvil para proporcionar una entrada de usuario adicional. También puede proporcionarse un teclado virtual usando la pantalla táctil.

Diversas técnicas, o determinados aspectos o partes de los mismos, pueden adoptar la forma de código de programa (es decir, instrucciones) almacenado en medios tangibles, tales como discos flexibles, CD-ROM, discos duros, medios de almacenamiento legibles por ordenador no transitorios o cualquier otro medio de almacenamiento legible por máquina en los que, cuando el código de programa se carga en y se ejecuta mediante una máquina, tal como un ordenador, la máquina se convierte en un aparato que lleva a la práctica las diversas técnicas. En el caso de la ejecución de código de programa en ordenadores programables, el dispositivo informático puede incluir un procesador, un medio de almacenamiento legible por el procesador (incluidas memorias y/o elementos de almacenamiento volátiles y no volátiles), al menos un dispositivo de entrada y al menos un dispositivo de salida. Las memorias y/o los elementos de almacenamiento volátiles y no volátiles pueden ser una RAM, una EPROM, una unidad flash, una unidad óptica, una unidad de disco magnético u otro medio para almacenar datos electrónicos. La estación base y el dispositivo móvil también pueden incluir un módulo transeptor, un módulo contador, un módulo de procesamiento y/o un módulo de reloj o módulo temporizador. Uno o más programas que pueden implementar o utilizar las diversas técnicas descritas en el presente documento pueden usar una interfaz de programación de aplicaciones (API), controles reutilizables, etc. Tales programas pueden implementarse en un lenguaje de programación procedural u orientado a objetos de alto nivel para comunicarse con un sistema informático. Sin embargo, el/los programa(s) puede(n) implementarse en lenguaje ensamblador o máquina, si se desea. En cualquier caso, el lenguaje puede ser un lenguaje compilado o interpretado, y combinarse con implementaciones en hardware.

Debe entenderse que muchas de las unidades funcionales descritas en esta memoria descriptiva se han etiquetado como módulos con el fin de enfatizar de manera más particular su independencia de implementación. Por ejemplo, un módulo puede implementarse como un circuito de hardware que comprende circuitos VLSI personalizables o matrices de puertas, semiconductores estándar tales como chips lógicos, transistores u otros componentes discretos. Un módulo también puede implementarse en dispositivos de hardware programables tales como matrices de puertas programables en campo, lógica matricial programable, dispositivos lógicos programables, etc.

Los módulos también pueden implementarse mediante software para ejecutarse con varios tipos de procesadores. Un módulo identificado de código ejecutable puede comprender, por ejemplo, uno o más bloques físicos o lógicos de instrucciones informáticas que, por ejemplo, pueden organizarse como un objeto, procedimiento o función. Sin embargo, los ejecutables de un módulo identificado no tienen que estar ubicados físicamente juntos, sino que pueden comprender diferentes instrucciones almacenadas en diferentes ubicaciones que, cuando se unen de manera lógica entre sí, comprenden el módulo y consiguen el objetivo propuesto del módulo.

De hecho, un módulo de código ejecutable puede ser una única instrucción, o muchas instrucciones, e incluso puede estar distribuido en varios segmentos de código diferentes, entre diferentes programas y en varios dispositivos de memoria. Asimismo, los datos de funcionamiento pueden haberse identificado e ilustrado en el presente documento dentro de módulos, y pueden adoptar cualquier forma adecuada y organizarse dentro de cualquier tipo adecuado de estructura de datos. Los datos de funcionamiento pueden recopilarse como un único conjunto de datos, o pueden distribuirse por diferentes ubicaciones, incluidos diferentes dispositivos de almacenamiento, y pueden existir simplemente, al menos parcialmente, como señales electrónicas en un sistema o red. Los módulos pueden ser pasivos o activos, incluidos agentes que pueden hacerse funcionar para realizar funciones deseadas.

La referencia que se hace a lo largo de esta memoria descriptiva a "un ejemplo" significa que una propiedad, estructura o característica particular descrita en relación con el ejemplo está incluida en al menos una forma de realización de la presente invención. Por tanto, no todas las veces que aparece la expresión "en un ejemplo" en varias partes de esta memoria descriptiva se hace referencia necesariamente a la misma forma de realización.

Tal y como se usa en el presente documento, una pluralidad de componentes, elementos estructurales, elementos constitutivos y/o materiales pueden presentarse en una lista común para una mayor comodidad. Sin embargo, debe considerarse que cada elemento de la lista se identifica de manera individual como un elemento diferente y único. Por tanto, ningún elemento individual de esta lista debe considerarse como una equivalencia de facto de cualquier otro elemento de la misma lista solamente en función de su presentación en un grupo común sin indicaciones de lo contrario. Además, en el presente documento puede hacerse referencia a varias formas de realización y ejemplos de la presente invención junto con alternativas para los diversos componentes de las mismas. Evidentemente, tales formas de realización, ejemplos y alternativas no deben considerarse como equivalencias de facto entre sí, sino como representaciones diferentes y autónomas de la presente invención.

Además, las propiedades, estructuras o características descritas pueden combinarse de cualquier manera adecuada en una o más formas de realización. En la descripción se han proporcionado numerosos detalles específicos, tales

5 como ejemplos de diseños, distancias, ejemplos de redes, etc. para proporcionar un entendimiento minucioso de las formas de realización de la invención. Sin embargo, los expertos en la técnica reconocerán que la invención puede llevarse a la práctica sin uno o más de los detalles específicos, o con otros procedimientos, componentes, diseños, etc. En otros casos, estructuras, materiales u operaciones ampliamente conocidos no se muestran o describen en detalle para no oscurecer aspectos de la invención.

10 Aunque los anteriores ejemplos ilustran los principios de la presente invención en una o más aplicaciones particulares, a los expertos en la técnica les resultará evidente que pueden realizarse numerosas modificaciones en la forma, uso y detalles de implementación sin el ejercicio de la facultad inventiva y sin apartarse de los principios y conceptos de la invención. Por consiguiente, la invención solo está limitada por las reivindicaciones descritas a continuación.

REIVINDICACIONES

1. Al menos un medio legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas en el mismo para estimar una señal de interferencia entre nodos (270), donde las instrucciones, cuando se ejecutan en una máquina, hacen que la máquina:
- reciba información de señal de enlace descendente en un nodo víctima desde un nodo agresor, donde la información de señal de enlace descendente se recibe mediante señalización X2 o señalización de enlace de retroceso (244) a través de una conexión cableada o una conexión de fibra óptica;
- estime una respuesta de impulso de canal para el canal entre el nodo agresor y el nodo víctima usando la información de señal de enlace descendente; y
- estime la señal de interferencia entre nodos (270) para el canal usando la información de señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal.
2. El al menos un medio legible por ordenador según la reivindicación 1, con instrucciones adicionales para:
- recibir una señal de enlace ascendente desde un dispositivo inalámbrico, donde la información de señal de enlace descendente se recibe antes de recibir la señal de enlace ascendente;
- sustraer de la señal de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos estimada (270) para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo agresor en la señal de enlace ascendente; y
- descodificar la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para la información de señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico.
3. El al menos un medio legible por ordenador según las reivindicaciones 1 y 2, en el que la señal de enlace ascendente  $y_{eNB1}(t)$  recibida por el nodo víctima puede representarse como  $y_{eNB1}(t) = h_{eNB1-UE1} \otimes s_U(t) + h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t) + n(t)$ , donde  $\otimes$  es un operador que define una convolución lineal,  $s_U(t)$  es una señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico al nodo víctima de la célula víctima,  $s_D(t)$  es la señal de enlace descendente transmitida por el nodo agresor a un segundo dispositivo inalámbrico,  $n(t)$  es ruido aditivo,  $h_{eNB1-UE1}$  es la respuesta de impulso de canal entre el dispositivo inalámbrico y el nodo víctima, y  $h_{eNB1-eNB2}$  es una respuesta de impulso de canal entre el nodo agresor y el nodo víctima, donde la señal de interferencia entre nodos (270) se representa mediante  $h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t)$ , y la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada  $x_{eNB1}(t)$  se representa como  $x_{eNB1}(t) = y_{eNB1}(t) - h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t) = h_{eNB1-UE1} \otimes s_U(t) + n(t)$ .
4. El al menos un medio legible por ordenador según las reivindicaciones 1 a 3, en el que la instrucción para estimar la respuesta de impulso de canal incluye instrucciones adicionales para:
- recibir una señal de referencia desde el nodo agresor; y
- estimar la respuesta de impulso de canal usando la señal de referencia.
5. El al menos un medio legible por ordenador según las reivindicaciones 1 y 2, en el que la información de señal de enlace descendente es una forma de onda de señal directa, incluye información de control y de datos útiles suficiente para reconstruir una forma de onda de señal de enlace descendente, o incluye información específica para reconstruir la forma de onda de enlace descendente.
6. Un dispositivo de estimación de interferencia entre nodos, que comprende:
- un módulo de recepción configurado para recibir información de señal de enlace descendente en un nodo desde un nodo vecino mediante señalización X2 o señalización de enlace de retroceso (244);
- un estimador de respuesta de impulso de canal configurado para estimar una respuesta de impulso de canal para un canal entre el nodo vecino y el nodo usando la información de señal de enlace descendente; y
- un estimador de interferencia de señal configurado para estimar una señal de interferencia entre nodos (270) para el canal usando la información de señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal.
7. El dispositivo de estimación de interferencia entre nodos según la reivindicación 6, que comprende además:
- un módulo de cancelación configurado para sustraer de una señal de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos estimada (270) para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo vecino en la señal de enlace ascendente; y
- donde el módulo de recepción está configurado además para recibir la señal de enlace ascendente desde un dispositivo inalámbrico antes de sustraer de la señal de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos estimada (270), donde la información de señal de enlace descendente se recibe antes de la recepción de la señal de enlace ascendente.

8. El dispositivo de estimación de interferencia entre nodos según las reivindicaciones 6 y 7, que comprende además:

5 un módulo de transmisión configurado para transmitir información de señal de enlace descendente para el nodo a un nodo vecino y para transmitir una señal de enlace descendente a un segundo dispositivo inalámbrico.

9. El dispositivo de estimación de interferencia entre nodos según las reivindicaciones 6 a 8, en el que la señal de enlace ascendente  $y_{eNB1}(t)$  recibida por el dispositivo de cancelación de interferencias entre nodos se representa como  $y_{eNB1}(t) = h_{eNB1-UE1} \otimes s_U(t) + h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t) + n(t)$ , donde  $\otimes$  es un operador que define una convolución lineal,  $s_U(t)$  es una señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico al nodo,  $s_D(t)$  es la señal de enlace descendente transmitida por el nodo vecino a un segundo dispositivo inalámbrico,  $n(t)$  es ruido aditivo,  $h_{eNB1-UE1}$  es la respuesta de impulso de canal entre el dispositivo inalámbrico y el nodo, y  $h_{eNB1-eNB2}$  es una respuesta de impulso de canal entre el nodo vecino y el nodo, donde la señal de interferencia entre nodos (270) se representa como  $h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t)$ , y la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada  $x_{eNB1}(t)$  se representa como  $x_{eNB1}(t) = y_{eNB1}(t) - h_{eNB1-eNB2} \otimes s_D(t) = h_{eNB1-UE1} \otimes s_U(t) + n(t)$ .

10. El dispositivo de estimación de interferencia entre nodos según las reivindicaciones 6 a 9, que comprende además:

un módulo de descodificación configurado para descodificar la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para la información de señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico; y

25 un módulo de planificación configurado para volver a planificar tramas de enlace ascendente (UL) y de enlace descendente (DL) o cambiar la configuración UL-DL para reducir el número de subtramas DL/UL asíncronas en tramas entre el nodo y un nodo vecino.

11. El dispositivo de estimación de interferencia entre nodos según las reivindicaciones 6 a 10, en el que el módulo de transmisión está configurado además para transmitir una señal de enlace descendente con orientación nula en la dirección de un nodo vecino que presenta una configuración de trama de enlace descendente/enlace ascendente (DL/UL) asíncrona con el nodo.

12. Al menos un medio legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas en el mismo para estimar una señal entre nodos (270) en un módulo central de procesamiento (CPM), donde las instrucciones, cuando se ejecutan en una máquina, hacen que la máquina:

40 genere una señal de enlace descendente en el CPM para un nodo de enlace descendente, donde la señal de enlace descendente se transmite mediante señalización X2 o señalización de enlace de retroceso (244);  
estime una respuesta de impulso de canal para un canal entre el nodo de enlace descendente y el nodo de enlace ascendente (230) usando la señal de enlace descendente; y  
determine la señal de interferencia entre nodos (270) para el canal usando la señal de enlace descendente y la respuesta de impulso de canal.

13. El al menos un medio legible por ordenador según la reivindicación 12, con instrucciones adicionales para:

transmitir la señal de enlace descendente a través del nodo de enlace descendente;  
recibir una señal de enlace ascendente en el CPM procedente de un dispositivo inalámbrico a través del nodo de enlace ascendente (230) casi al mismo tiempo que se transmite la señal de enlace descendente;  
50 sustraer de la señal de enlace ascendente la señal de interferencia entre nodos recibida (270) para formar una señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para cancelar sustancialmente la interferencia entre nodos del nodo de enlace descendente en la señal de enlace ascendente; y  
descodificar la señal de enlace ascendente con interferencia entre nodos compensada para la información de señal de enlace ascendente transmitida por el dispositivo inalámbrico.

14. El al menos un medio legible por ordenador según las reivindicaciones 12 y 13, con instrucciones adicionales para:

60 volver a planificar tramas de enlace ascendente (UL) y de enlace descendente (DL) o cambiar la configuración UL-DL para reducir el número de subtramas DL/UL asíncronas en tramas entre el nodo de enlace ascendente (230) y el nodo de enlace descendente.

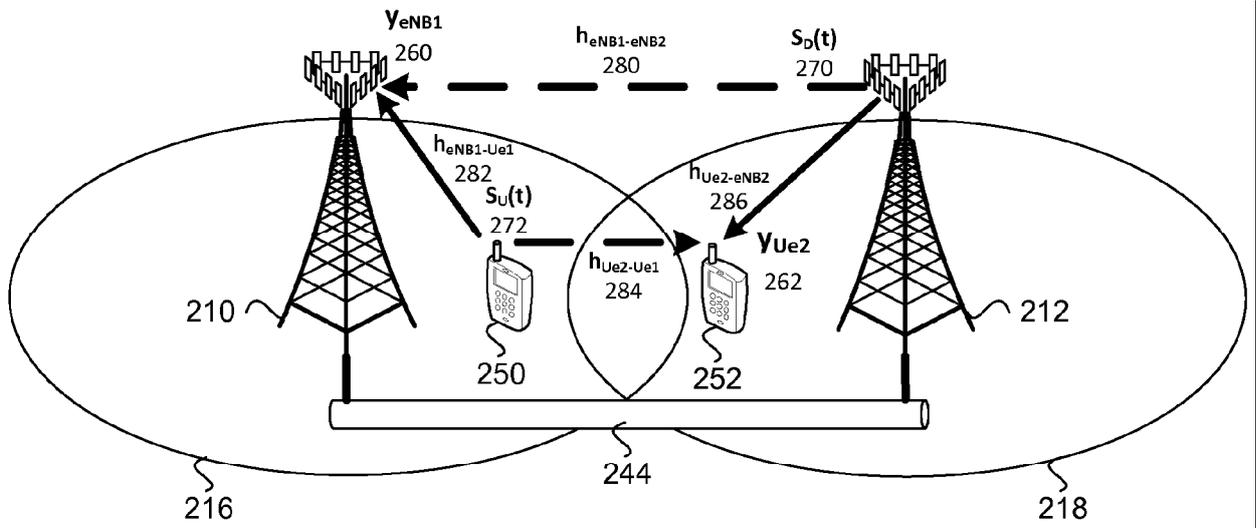


FIG. 1

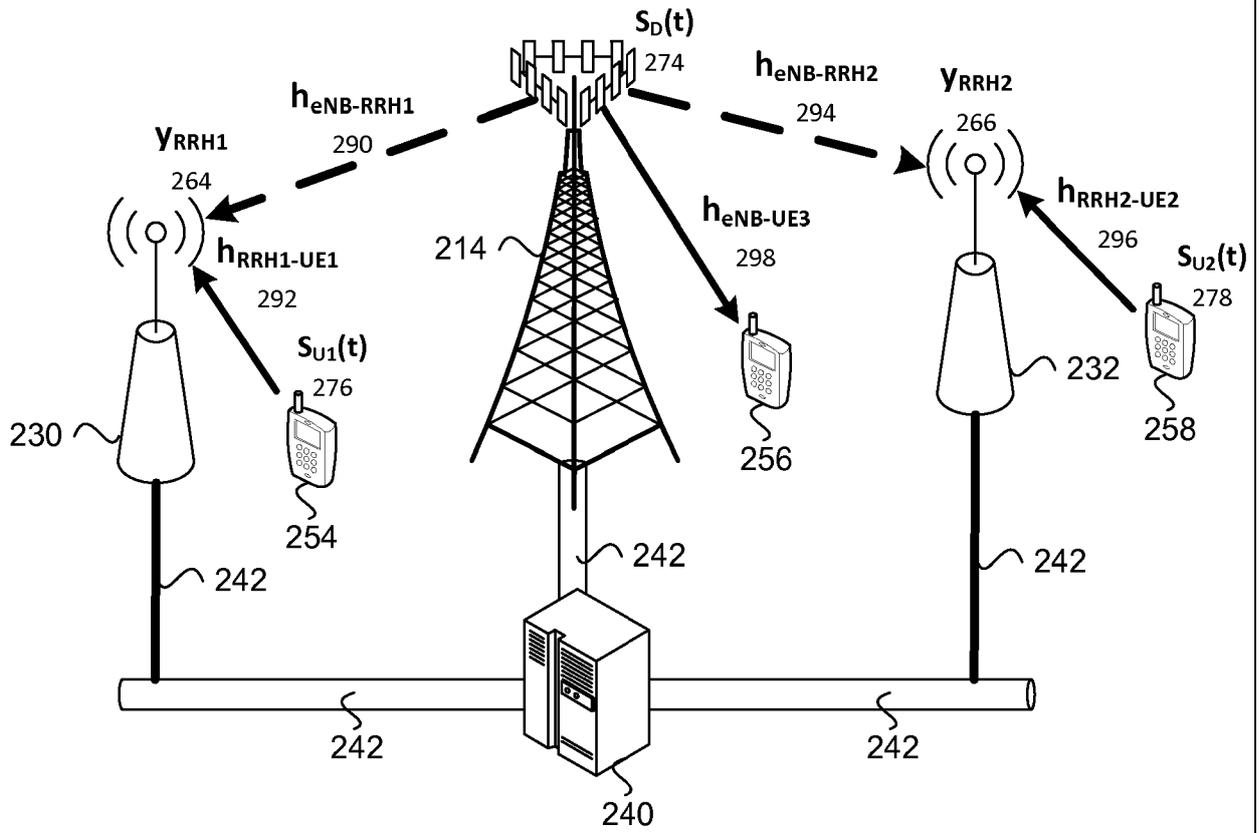


FIG. 2

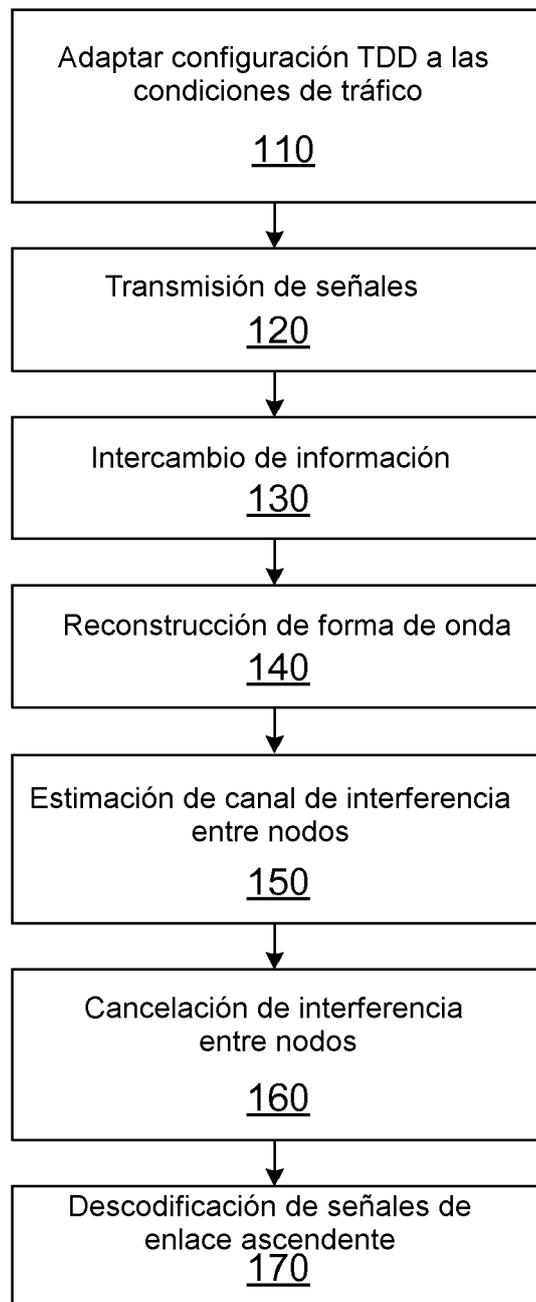


FIG. 3

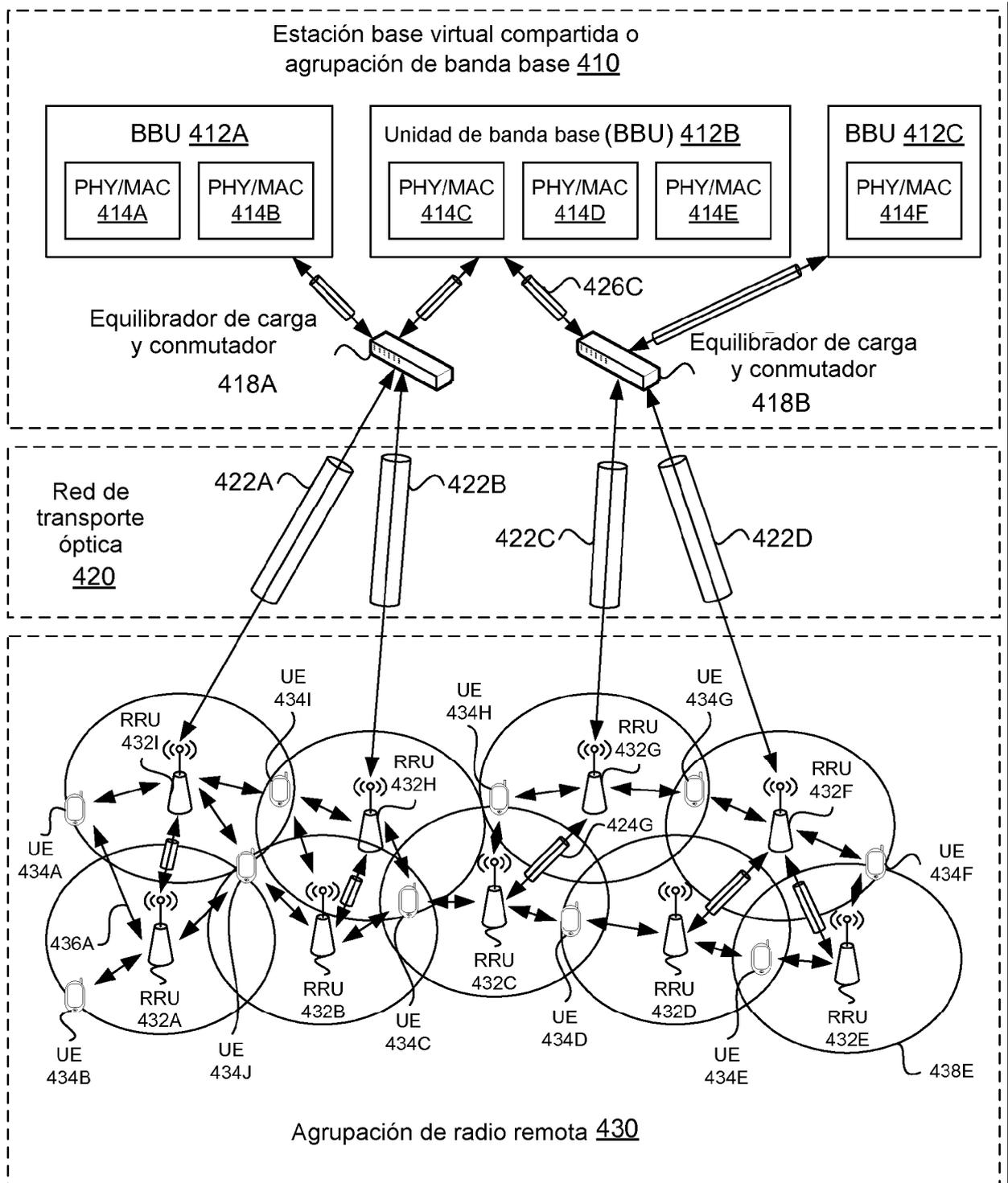


FIG. 4

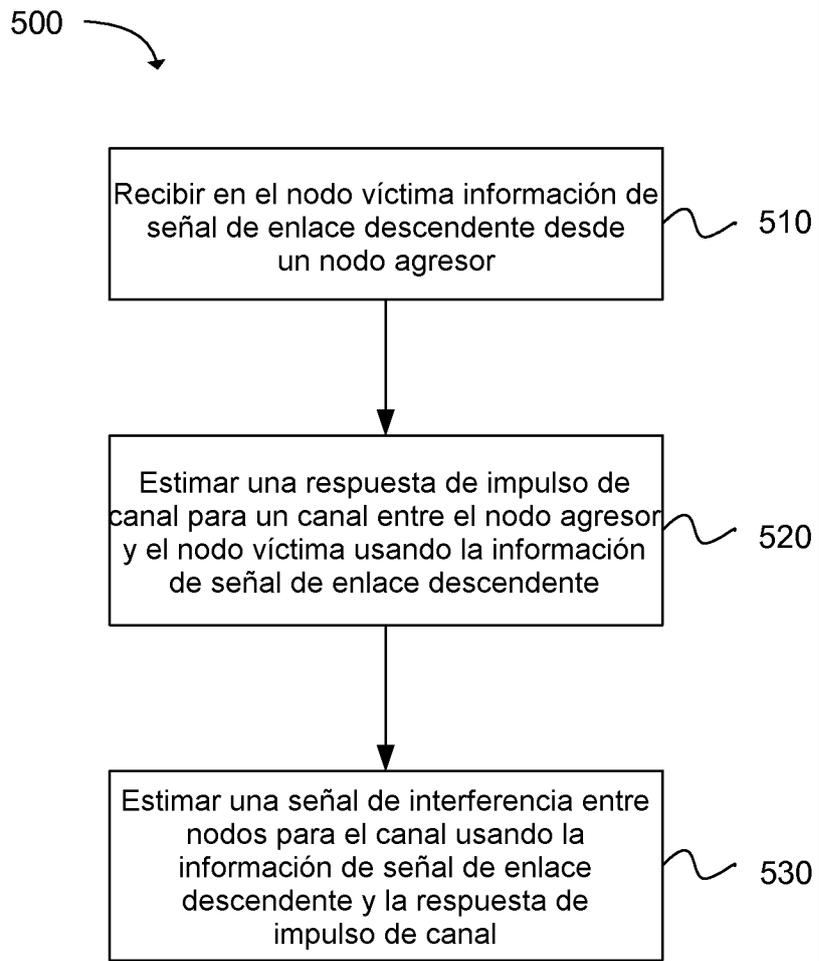


FIG. 5

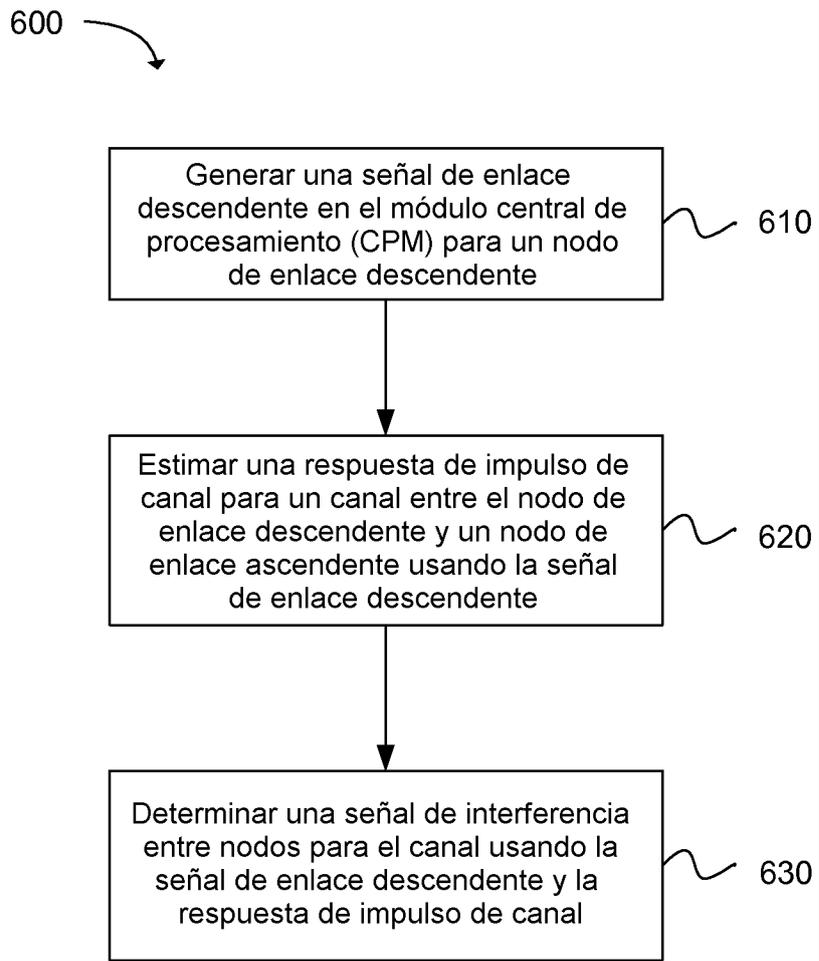


FIG. 6

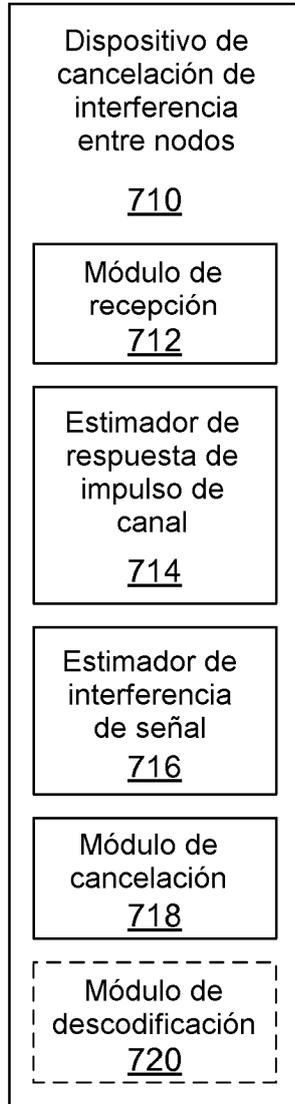


FIG. 7

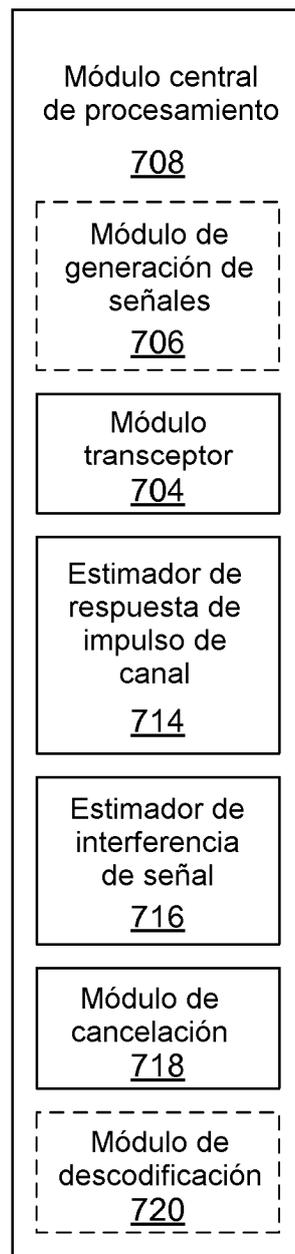


FIG. 8

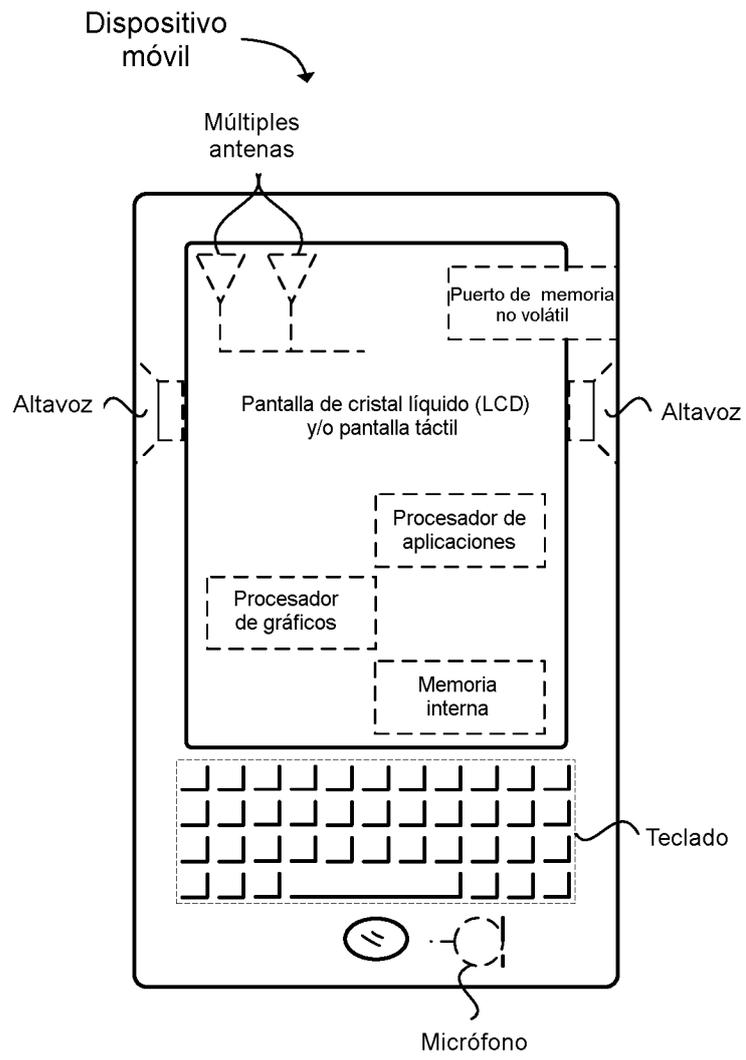


FIG. 9