

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 644 968**

51 Int. Cl.:

H04J 11/00 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2014** **E 14382376 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2017** **EP 3002897**

54 Título: **Procedimiento y sistema de asistencia a dispositivos de usuario en la realización de una cancelación de interferencias en redes de comunicación inalámbrica de OFDMA**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.12.2017

73 Titular/es:

TELEFÓNICA S.A. (100.0%)
C/ Gran Vía 28
28013 Madrid, ES

72 Inventor/es:

LORCA HERNANDO, JAVIER

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 644 968 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

Procedimiento y sistema de asistencia a dispositivos de usuario en la realización de una cancelación de interferencias en redes de comunicación inalámbrica de OFDMA

Campo de la invención

5 La presente invención tiene su aplicación dentro del sector de las telecomunicaciones; especialmente, se refiere al campo de la cancelación de interferencias (IC) en sistemas de comunicación inalámbrica de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA) y, en particular, a técnicas de IC en dispositivos de usuario con el apoyo de procedimientos de red específicos en redes inalámbricas de OFDMA.

10 Más específicamente, la presente invención propone un sistema y un procedimiento de asistencia a dispositivos de usuario en la realización de técnicas de IC avanzadas, introduciendo cambios en las señales de referencia de la célula (CRS) de enlace descendente con el fin de proporcionar a estos dispositivos información esencial requerida por dichas técnicas de cancelación de interferencias avanzada.

Antecedentes de la invención

15 La evolución a largo plazo (LTE) es la siguiente etapa en los sistemas de tercera generación (3G) celulares, que representa básicamente una evolución de las presentes normas de comunicaciones móviles, tales como el sistema de telecomunicación móvil universal (UMTS) y el sistema global para comunicaciones móviles (GSM). Es una norma del proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) que proporciona caudales de hasta 50 Mbps en enlace ascendente y de hasta 100 Mbps en enlace descendente. Usa un ancho de banda ajustable a escala de 1,4 a 20 MHz con el fin de satisfacer las necesidades de los operadores de red que tienen asignaciones de ancho de banda diferentes. También se espera que la LTE mejore la eficacia espectral en redes, permitiendo que las portadoras proporcionen más servicios de datos y de voz sobre un ancho de banda dado. La LTE-Avanzada (LTE-A), una evolución de LTE, está normalizándose en la Versión 10 de LTE y posteriores. Está orientada a cumplir con los requisitos de Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT)-Avanzadas, cuyas capacidades superan las de IMT-2000 e incluyen tasas máximas de transmisión de datos mejoradas para dar soporte a servicios y aplicaciones avanzados (100 Mbps para alta movilidad y 1 Gbps para baja movilidad).

En los sistemas de LTE, hay cinco tipos de señales de referencia de enlace descendente, definidas tal como sigue:

- señal de referencia específica de la célula (CRS)
- señal de referencia de red de frecuencia única de multidifusión-difusión (MBSFN)
- señal de referencia específica del UE (DM-RS)
- 30 - señal de referencia de localización (PRS)
- señal de referencia de CSI (CSI-RS)

Se transmite una señal de referencia por puerto de antena de enlace descendente.

35 Se transmiten señales de referencia específica de la célula (CRS) en todas las sub-tramas de enlace descendente en una célula que preste soporte a la transmisión de canal físico compartido de enlace descendente (PDSCH). Las señales de referencia específica de la célula se transmiten por uno o varios puertos de antena 0 a 3. Para facilitar la estimación de las características de canal, la LTE usa señales de referencia de la célula (símbolos piloto) insertadas tanto en el tiempo como en la frecuencia. Estos símbolos piloto proporcionan una estimación del canal en ubicaciones dadas dentro de una sub-trama. Mediante interpolación, es posible estimar el canal entre un número arbitrario de sub-tramas. Una señal de referencia específica de la célula se transmite en cada puerto físico de antena y se usa para fines tanto de demodulación como de medición. Se usan señales de referencia de la célula para la búsqueda de células y la adquisición inicial, la estimación de canal de enlace descendente para la demodulación/detección coherente en el UE y las mediciones de calidad de canal de enlace descendente.

45 Uno de los problemas más grandes percibidos generalmente como críticos para los despliegues de la LTE es la interferencia intercelular. El acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA) no proporciona ninguna protección cuando los usuarios reciben una interferencia significativa desde las células adyacentes que operan a la misma frecuencia de portadora. Por tanto, están explorándose técnicas de cancelación de interferencias (IC) específicas, tanto en el sector de la red como en el sector de los dispositivos. Este último caso se basa en el soporte de técnicas de IC avanzada en el dispositivo, como la denominada cancelación de interferencia sucesiva (SIC) o cancelación de interferencia paralela (PIC), que son de un interés rápidamente creciente. Ciertamente, algunas de las soluciones propuestas por el 3GPP para la coordinación de interferencias en la LTE-A se basan en el soporte del dispositivo para capacidades de SIC/PIC.

Las técnicas de SIC en dispositivos requieren un conocimiento detallado de los parámetros físicos que describen la interferencia observada, como el esquema de modulación y codificación (MCS), con el fin de poder decodificar y

cancelar la interferencia antes de obtener las señales deseadas.

La IC de los canales de control se beneficia habitualmente de los formatos de MCS predefinidos, liberando por tanto a la red de tener que señalar el MCS aplicable a los dispositivos. Sin embargo, los canales de datos emplean formatos de MCS dinámicos para los diferentes usuarios por sub-tramas y, por tanto, los dispositivos no pueden suponer ningún formato de MCS *a priori*, complicando por tanto el funcionamiento de la SIC.

Los receptores de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO) implementan actualmente técnicas de SIC para una decodificación eficaz de los diferentes flujos en el multiplexado espacial, habitualmente en forma de receptores de SIC y mínimo error cuadrático medio (MMSE). Sin embargo, estas técnicas sólo abordan la interferencia entre flujos entre los flujos espaciales destinados a un usuario dado, pero no pueden hacer frente a las señales interferentes que proceden de otras células vecinas. El documento WO 2013/133599 A1 (miembro familiar US2015/049693 A1) divulga un procedimiento para la mitigación de interferencia intercelular asistida por red: la estación base servidora informa a un UE si la configuración del CRS de una célula vecina ha cambiado o no, de modo que el UE pueda adaptar en consecuencia su estrategia de cancelación de interferencia. Por tanto, en el estado de la técnica son necesarias maneras más eficaces de asistir a los dispositivos de usuario en la realización de técnicas de cancelación de interferencia intercelular avanzada.

Sumario de la invención

La presente invención resuelve los problemas mencionados anteriormente y supera las limitaciones de trabajo del estado de la técnica, explicadas previamente, introduciendo cambios adecuados en la manera en que las señales de referencia de la célula (CRS) de enlace descendente son transmitidas (por ejemplo, por estaciones base de LTE) en cada célula de una red inalámbrica de OFDMA, con el fin de ayudar a los dispositivos en la realización de técnicas de cancelación de interferencias (IC) que requieren una reconstrucción adecuada de las señales interferentes para una cancelación posterior. Los cambios propuestos consisten en incluir parámetros adicionales requeridos por receptores avanzados para la cancelación de interferencias en dispositivos de usuario.

El fundamento para las modificaciones propuestas en las CRS surge de los requisitos de los receptores avanzados. Las técnicas de IC avanzada requieren información adicional para la eliminación adecuada de interferencia de canales de datos de la LTE. En particular, los receptores de SIC y PIC requieren tres parámetros para detectar y eliminar de manera eficaz la interferencia:

- El esquema de modulación y codificación (MCS) en uso por cada una de las señales interferentes presentes en los bloques de recursos (RB) donde se espera que el usuario con interferencias reciba la señal deseada.
- El identificador temporal de red de radio (RNTI) del control de acceso al medio (MAC) que corresponde a cada una de las señales interferentes presentes en los RB donde se espera que el usuario con interferencias reciba la señal deseada. Puede especificarse cualquier tipo de RNTI, incluyendo aquellos valores reservados para una información de control (C-RNTI, SPS-C-RNTI, M-RNTI, SI-RNTI, P-RNTI o RA-RNTI).
- La versión de redundancia (RV) correspondiente a la retransmisión de petición de repetición automática híbrida (HARQ), según lo determinado por la estación base para una redundancia incremental.

Se requieren estos parámetros porque los receptores de SIC y PIC intentan detectar, decodificar y reconstruir la información interferente para una sustracción posterior desde la señal recibida de una manera iterativa. Se requiere el MCS para una decodificación de canal adecuada; se requiere el RNTI para hacer frente a la operación de aleatorización dependiente del usuario antes de la decodificación de canal; y es necesaria la RV para hacer frente a la operación de correlación de tasas de transmisión antes de la decodificación.

Por tanto, esta invención propone incorporar estos parámetros en forma de información diferencial incluida dentro de las señales que comprenden la CRS, para cada uno de los RB ocupados por cada señal interferente, para su detección por dispositivos con interferencias. En una realización de la invención, la información diferencial propuesta está incluida en forma de cambios de fase adicionales en las partes real e imaginaria de las señales de referencia de la célula modificadas, dentro de los bloques de recursos reservados para cada canal y usuario particular.

Según un primer aspecto de la presente invención, se da a conocer un procedimiento de asistencia a dispositivos de usuario en redes inalámbricas de OFDMA, y comprende las siguientes etapas:

- transmitir, por parte de la estación base interferente, una señal de enlace descendente en una primera ranura y una segunda ranura de una sub-trama de radio, incluyendo la primera ranura y la segunda ranura señales de referencia de la célula para una estimación de canal físico;
- modificar las fases de la señal de referencia de la célula incluida en la segunda ranura, indicando las modificaciones de fase valores codificados de parámetros que caracterizan el canal físico según un procedimiento de codificación;

- recibir la primera ranura y la segunda ranura de la sub-trama de radio, por parte del dispositivo de usuario al que se da servicio, en donde el dispositivo de usuario al que se da servicio:
 - detecta los parámetros que caracterizan el canal físico según lo transportado por la señalización de control dedicada que se aplica a dicho canal físico,
 - 5 - codifica los parámetros detectados según el procedimiento de codificación,
 - reconstruye una señal de referencia de la célula no cambiada para transportar los parámetros detectados codificados,
 - antes de la estimación de canal físico, elimina las fases modificadas comparando la señal de referencia de la célula modificada, recibida en la segunda ranura, con la señal de referencia de la célula no cambiada reconstruida;
 - 10 - recibir la primera ranura y la segunda ranura de la sub-trama de radio, por parte del dispositivo de usuario con interferencias, en donde el dispositivo de usuario con interferencias:
 - obtiene los valores codificados comparando las fases de las señales de referencia de la célula incluidas en la segunda ranura y en la primera ranura,
 - 15 - asiste en la cancelación de interferencias de la señal de enlace descendente desde la estación base interferente, compara los valores codificados con patrones de parámetros que indican la ausencia de modificaciones en las señales de referencia de la célula, y
 - si los valores codificados son diferentes a los patrones de parámetros que indican la ausencia de modificaciones en las señales de referencia de la célula (309, 310), decodifica los valores codificados, por parte del
 - 20 dispositivo de usuario con interferencias, y realiza la cancelación de interferencias de la señal de enlace descendente desde la estación base interferente usando los valores decodificados.
- En un segundo aspecto de la presente invención, se da a conocer un sistema de asistencia a dispositivos de usuario para redes inalámbricas de OFDMA. El sistema comprende al menos una estación base (interferente), al menos un dispositivo de usuario al que se da servicio, conectado a dicha al menos una estación base, y al menos un dispositivo de usuario con interferencias, conectado a otra estación base (vecina) desde una célula vecina y que experimenta una interferencia significativa desde la al menos una estación base interferente mencionada anteriormente. El sistema comprende medios para implementar el procedimiento descrito anteriormente, que son:
- en la estación base interferente,
 - medios de transmisión para transmitir una señal de enlace descendente en una primera ranura y
 - 30 una segunda ranura de una sub-trama de radio, incluyendo ambas ranuras señales de referencia de la célula para una estimación de canal físico,
 - un bloque generador (para generar una señal de referencia de la célula modificada en la segunda ranura, que incluye modificaciones de fase que indican valores codificados de parámetros que caracterizan el canal físico según un procedimiento de codificación;
 - 35 - en el dispositivo de usuario al que se da servicio,
 - medios de recepción para recibir la primera ranura y la segunda ranura;
 - un detector de canal de enlace descendente para detectar los parámetros que caracterizan el canal físico, según lo transportado por una señalización de control dedicada aplicada a dicho canal físico, codificar los parámetros detectados según el procedimiento de codificación y reconstruir una señal de referencia de la célula
 - 40 no cambiada para transportar los parámetros detectados codificados;
 - un bloque eliminador para eliminar las modificaciones de fase comparando la señal de referencia de la célula modificada, recibida en la segunda ranura, con la señal de referencia de la célula no cambiada reconstruida;
 - un estimador de canal que opera después del bloque eliminador;
 - 45 - en el dispositivo de usuario con interferencias,
 - medios de recepción para recibir las ranuras primera y segunda,
 - un comparador de fases para comparar las fases de las señales de referencia de la célula, incluidas en la segunda ranura y en la primera ranura, para obtener los valores codificados desde el comparador de fases,

- medios de cancelación de interferencias para aplicar una cancelación de interferencias de la señal de enlace descendente desde la estación base interferente, basándose en una comparación de los valores codificados con patrones de parámetros que indican la ausencia de modificaciones en las señales de referencia de la célula.

5 En un último aspecto de la presente invención, se da a conocer un programa informático que comprende medios de código de programa informático, adaptados para realizar las etapas del procedimiento descrito, cuando dicho programa se ejecuta en medios de procesamiento de una entidad de red (estación base o terminal de usuario) de una red de OFDMA, siendo dichos medios de procesamiento un ordenador, un procesador de señales digitales, una formación de compuertas programables en el terreno (FPGA), un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), un microprocesador, un micro-controlador o cualquier otra forma de hardware programable.

10 En el contexto de esta invención, la movilidad del dispositivo de usuario con interferencias no tiene que ser muy alta con el fin de permitir la estimación del esquema de modulación y codificación (MCS), el identificador temporal de red de radio (RNTI) y la versión de redundancia (RV), mediante una detección diferencial. En particular, se requiere que la respuesta de frecuencia del canal de radio entre la estación base interferente y el dispositivo con interferencias no cambie esencialmente a lo largo de un periodo de tiempo de media ranura (por ejemplo, 0,5 ms en la LTE). Los dispositivos de usuario con velocidades muy altas no pueden explotar los valores señalizados para la cancelación de interferencias, mientras que la mayoría de los usuarios a velocidades menores pueden aprovecharlos. La velocidad de usuario puede estimarse en el dispositivo mediante varias técnicas, tales como receptores del sistema de localización global (GPS), estimación de ensanchamiento de Doppler a partir de señales de enlace descendente o estimación de velocidad a partir del número de cambios celulares a lo largo de un periodo de tiempo dado, entre otras. Si la velocidad de usuario supera el límite anterior, el dispositivo no se apoyará en los valores de MCS, RV y RNTI decodificados para realizar las técnicas de IC y, en cambio, aplicará alguna detección ciega de parámetros de IC, o ni siquiera aplicará IC alguna en absoluto.

20 El procedimiento según los aspectos descritos anteriormente de la invención tiene varias ventajas con respecto a la técnica anterior, que puede resumirse tal como sigue:

25 • La presente invención y los cambios propuestos en las CRS pueden ser explotadas por los usuarios con interferencias siempre que la respuesta de frecuencia de canal entre el dispositivo de usuario y la estación base interferente no cambie esencialmente a lo largo de un periodo de tiempo de media ranura. Este requisito se traduce en un tiempo mínimo de coherencia de canal (o una frecuencia de Doppler máxima), que a su vez proporciona una velocidad de usuario máxima para la aplicabilidad de la señalización propuesta por la CRS. Por ejemplo, en la LTE, la densidad convencional de cuatro señales CRS en 1 ms permite una velocidad de usuario máxima de aproximadamente 500 km/h a 2 GHz; por consiguiente, con el fin de conseguir una invariancia de canal en un intervalo de tiempo de 0,5 ms, la velocidad de usuario máxima debería ser menor que aproximadamente 250 km/h a 2 GHz. Los dispositivos que pretenden detectar los valores de MCS, RV y RNTI señalizados deben observar un límite máximo en la velocidad de usuario. Dado que la frecuencia de Doppler se ajusta a escala linealmente con la frecuencia de portadora f_c , la velocidad de usuario máxima se reducirá linealmente con la frecuencia de portadora según la siguiente expresión:

$$v_{m\acute{a}x} (km/h) = 250 \cdot \frac{2}{f_c (GHz)}$$

40 Sin embargo, este límite es lo suficientemente alto para no limitar significativamente la aplicación de la invención propuesta en la mayoría de los casos prácticos. No es necesario que las estaciones base sean conscientes de si la velocidad de usuario es menor que los límites para la aplicación de la invención propuesta.

45 • Otras ventajas principales de la invención propuesta proceden de la recepción de enlace descendente mejorada en escenarios de LTE que emplean al menos dos antenas de transmisión, en los que el rendimiento global está limitado, en última instancia, por interferencia intercelular. Aunque hay varias propuestas que tratan de la coordinación de interferencias en la LTE, muchas de ellas se basan en el soporte de capacidades de cancelación de interferencias avanzada en los dispositivos. Estas técnicas de IC requieren habitualmente un conocimiento previo de las características físicas de la interferencia que, para canales de datos, comprenden el esquema de modulación y codificación (MCS), el identificador temporal de red de radio (RNTI) y la versión de redundancia (RV). Aunque la interferencia desde los canales de control es habitualmente fácil de cancelar debido a un conocimiento previo de su estructura, los canales de datos requieren alguna señalización adicional desde la red. Esta invención propone incluir tales indicaciones de MCS, RV y RNTI de una manera muy sencilla dentro de las señales de referencia de la célula de la LTE, para el caso más común de usar una modalidad de transmisión 2, una correlación de recursos localizados y un mínimo de 2 bloques de recursos. Si se cumplen estas condiciones, la invención propuesta permite una decodificación muy eficaz de parámetros de MCS, RV y RNTI que caracterizan los canales interferentes, permitiendo por tanto la aplicación de técnicas de IC avanzada por dispositivos que experimentan una interferencia intercelular significativa. La mayoría de los despliegues de LTE prácticos cumplen tales condiciones para la mayoría del tráfico de enlace descendente destinado a usuarios de macro-células.

- Los cambios propuestos son beneficiosos para los esquemas de IC, puesto que la interferencia desde señales de mayor ancho de banda es, en general, mucho más dañina que desde señales de banda estrecha. De hecho, la repetición de las palabras codificadas de MCS, RV y RNTI resultantes puede aplicarse sobre el número de bloques de recursos reservados en realidad para la transmisión. Un total de $8 \cdot N_{RB}$ bits están disponibles dentro de los N_{RB} bloques de recursos reservados para la transmisión. Resulta evidente que cuanto mayor sea el número de bloques de recursos, mayor será la protección de los valores codificados resultantes.
 - Los cambios propuestos pueden ser anulados por dispositivos de usuario en la propia célula, ya que la señalización adicional se decodifica normalmente a través del canal físico de control de enlace descendente (PDCCH) con el apoyo de las señales de referencia no cambiadas en la primera ranura, y su efecto puede eliminarse adecuadamente de las señales de referencia de la célula modificadas en la segunda ranura.
 - La invención propuesta también puede aplicarse para la cancelación de la interferencia a partir de información de control de enlace descendente, tal como bloques de información de sistema, información de radio-mensajería o señalización dedicada. En este caso, el valor de RNTI adecuado debe considerarse en cada caso para decodificar la información de control.
- Estas y otras ventajas resultarán evidentes en vista de la descripción detallada de la invención.

Descripción de los dibujos

- Con el fin de ayudar a entender las características de la invención, según una realización práctica preferida de la misma y con el fin de complementar esta descripción, se adjuntan las siguientes figuras como parte integral de la misma, que tienen un carácter ilustrativo y no limitativo:
- la figura 1 muestra un diagrama de bloques de un sistema de asistencia a dispositivos de usuario de una red celular de LTE en la realización de una cancelación de interferencias avanzada, según una realización preferida de la invención.
- La figura 2 muestra un diagrama esquemático de un escenario de red para un procedimiento de asistencia a dispositivos de usuario en la realización de una cancelación de interferencias intercelular avanzada, según un posible caso de aplicación de la invención.
- La figura 3 muestra un diagrama esquemático de un escenario de red para un procedimiento de asistencia a dispositivos de usuario en la realización de una cancelación de interferencias intercelular avanzada que se centra en las etapas llevadas a cabo por los dispositivos de usuario, según un posible caso de aplicación de la invención.
- La figura 4 muestra un diagrama esquemático de una operación de correlación entre señales de referencia de la célula, con y sin modificaciones, y bloques de recursos, según una posible realización de la invención.
- La figura 5 muestra un diagrama de bloques de una operación de codificación de canal para introducir valores modificados de parámetros de MCS, RV y RNTI que caracterizan un canal físico, según una posible realización de la invención, tomando la LTE como referencia para las longitudes de parámetros.
- La figura 6 muestra un diagrama esquemático de patrones de RNTI codificados que ayudan a determinar el número de bloques de recursos ocupados por cada señal interferente, según una posible realización de la invención.
- La figura 7 muestra un diagrama de bloques de las etapas llevadas a cabo por una estación base para asistir a dispositivos de usuario de una red de LTE en la realización de una cancelación de interferencias avanzada, según una posible realización de la invención.
- La figura 8 muestra un diagrama de bloques de las etapas llevadas a cabo por un dispositivo de usuario de LTE al que se da servicio, asistido en la realización de una cancelación de interferencias avanzada, según una posible realización de la invención.
- La figura 9 muestra un diagrama de bloques de las etapas llevadas a cabo por un dispositivo de usuario de LTE asistido en la realización de una cancelación de interferencias avanzada, según una posible realización de la invención.

Realización preferida de la invención

- Los asuntos definidos en esta descripción detallada se proporcionan para ayudar a entender mejor la invención. Por consiguiente, los medianamente expertos en la técnica reconocerán que pueden realizarse variaciones, cambios y modificaciones de las realizaciones descritas en el presente documento sin apartarse del alcance y espíritu de la invención. Además, se omite la descripción de funciones y elementos bien conocidos por motivos de claridad y concisión.

Naturalmente, las realizaciones de la invención pueden implementarse en diversas plataformas arquitectónicas,

sistemas operativos y servidores, dispositivos, sistemas o aplicaciones. Cualquier implementación o diseño arquitectónico particular, presentado en el presente documento, se proporciona sólo para fines de ilustración y comprensión, y no está concebido para limitar los aspectos de la invención.

Dentro de este contexto ahora se presentan diversas realizaciones de la invención con referencia a las figuras 1 a 9.

5 La figura 1 presenta un esquema general de los bloques funcionales principales para asistir a dispositivos de usuario móviles según el procedimiento propuesto en una red móvil de OFDMA que comprende una estación base **100** que, en particular, es una estación base de la LTE, denominada NodoB mejorado (eNodoB), que tiene un transmisor **110** con al menos dos antenas transmisoras, **110A**, **110B**. Según una realización preferida de la invención, la estación base de LTE **100** evalúa **101**:

- 10 o si un canal físico de enlace descendente dado para un usuario dado emplea la modalidad de transmisión 2 (TM2),
- o si emplea una correlación de recursos localizados, y
- o si ocupa al menos dos bloques de recursos (RB).

15 Si no se cumple alguna de estas tres condiciones **101A**, se genera el canal físico según los procedimientos convencionales de la LTE, junto con las señales de referencia de la célula **102** y, posteriormente, se correlaciona **104** con los recursos de la LTE. Sin embargo, si se cumplen las tres condiciones **101B**, la estación base genera la señal de banda base de LTE que corresponde al canal de enlace descendente sin las señales de referencia de la célula **103** convencionales. Al mismo tiempo, se codifican **105** el esquema de modulación y codificación (MCS), el identificador temporal de red de radio (RNTI) y la versión de redundancia (RV) que caracterizan la transmisión, para

20 una protección aumentada, según cualquier operación de codificación adecuada. Esta información codificada se incluye entonces como coeficientes adicionales de una nueva señal de referencia de la célula (CRS) modificada, que se genera **106** basándose en una CRS convencional, pero también transporta información adicional sobre los valores de MCS, RNTI y RV que caracterizan cada transmisión física en el enlace descendente.

25 Después de una correlación de recursos **104** adecuada, el transmisor **110** genera una señal de LTE que va a transmitirse **107** con la estructura de CRS modificada, que entonces puede ser recibida por los UE a los que se da servicio **108**, que residen en la propia célula, así como por los UE con interferencias **109** que residen en células vecinas. Los UE a los que se da servicio **108** detectan la CRS modificada y eliminan **111** tal información redundante sobre MCS, RNTI y RV, ya que estos parámetros pueden obtenerse normalmente a partir del canal físico de control de enlace descendente (PDCCH) mediante un procedimiento convencional de detección de LTE **112**. Al mismo

30 tiempo, los UE con interferencias **109** desde una célula vecina detectan la señal interferente **113** y extraen los valores de MCS, RNTI y RV señalizados para cada canal físico, para aprovechar esta información adicional, siempre que el usuario no esté en condiciones de movilidad muy alta, con el fin de realizar técnicas de cancelación de interferencias avanzada (IC) **114**. Por tanto, la red puede asistir a dispositivos en la operación satisfactoria de técnicas de IC avanzada que requieren una detección y reconstrucción adecuadas de la interferencia observada desde otras células.

35

La figura 2 muestra un posible escenario de red para la aplicación de la invención propuesta. Un dispositivo de usuario **200**, o equipo de usuario (UE), de una red de LTE está conectado a una estación base de servicio **201**, es decir, un eNodoB (eNB) en redes de LTE, y experimenta una interferencia significativa en el borde de la célula, en donde las señales desde una o más estaciones base interferentes **202**, en una o más células vecinas, colisionan con las de la estación base de servicio **201** en dimensiones tanto de tiempo como de frecuencia. El dispositivo de usuario **200**, que recibe datos desde su célula de servicio **203** y datos desde una o más células interferentes **204**, experimentará una degradación significativa del rendimiento, a menos que se aplique alguna técnica de planificación centralizada, lo que no es el caso habitual en los despliegues convencionales de red de la LTE, o se apliquen técnicas de IC avanzada en el dispositivo de usuario **200**.

45 A continuación se supone que cada estación base **201**, **202** tiene un mínimo de dos antenas transmisoras. Esta invención propone cambios en las señales de referencia de la célula transmitidas por las estaciones base de LTE **201**, **202**, a lo largo de los bloques de recursos reservados para una señal física particular, para la detección de los valores de MCS, RNTI y RV por los dispositivos de usuario con interferencias **200** en células vecinas, en caso de que se cumplan las tres condiciones siguientes para un canal físico de enlace descendente dado:

- 50 • la modalidad de transmisión 2 (TM2, también denominada diversidad de transmisión) es el esquema de transmisión de múltiples antenas empleado para el canal físico;
- se usa la correlación de recursos localizados para la correlación de datos con los RB físicos; y
- están ocupados al menos dos bloques de recursos (RB).

Si se cumplen estas condiciones, se proponen los siguientes cambios para las señales CRS incluidas dentro de los RB reservados para ese canal:

55

1. Las señales CRS correlacionadas en una primera antena, puerto de antena 0, se cambian en la segunda ranura de cada sub-trama con el fin de llevar una indicación codificada, tanto del formato de MCS en uso como del valor de RV.

5 2. Las señales CRS correlacionadas en una segunda antena, puerto de antena 1, se cambian en la segunda ranura de cada sub-trama con el fin de llevar una indicación codificada del valor de RNTI asociado.

10 Las tres condiciones mencionadas previamente son fácilmente cumplidas por la mayoría de los canales físicos en entornos macrocelulares normales, incluyendo información de control como radio-mensajería y bloques de información de sistema, en los que se usa la diversidad de transmisión para una detección mejorada. La correlación de recursos localizados es la opción preferida en la mayoría de los escenarios para una planificación dinámica dependiente del canal, a menos que las transmisiones físicas abarquen un pequeño número de los RB y los beneficios de la planificación localizada estén limitados. En este último caso, la correlación distribuida es la mejor opción para una diversidad de frecuencia aumentada, como, por ejemplo, en el tráfico de VoIP. Sin embargo, los beneficios de una cancelación de interferencias se vuelven menos eficaces cuando la señal interferente ocupa un pequeño número de los RB, y la penalización por no usar la IC en este caso sería pequeña.

15 Finalmente, se encuentra habitualmente un mínimo de dos RB ocupados, excepto para las aplicaciones de ancho de banda muy bajo, en las que las técnicas de IC son menos eficaces.

20 Si no se cumple alguna de las tres condiciones previas, las señales de referencia de la célula permanecen sin cambios con respecto al funcionamiento convencional de la LTE y los dispositivos de usuario con interferencias **200** deben bien realizar una detección ciega para la cancelación de interferencias o bien no realizar la IC en absoluto. Por tanto, la estación base **100, 201, 202** puede incorporar la señalización adicional propuesta sólo para los casos en los que sería sumamente eficaz, representando en realidad la mayoría del tráfico de enlace descendente en situaciones prácticas.

Las señales CRS correlacionadas dentro de la primera ranura de cada sub-trama permanecen sin cambios con respecto al funcionamiento convencional de la LTE. El motivo para esto es doble:

25 • Puesto que la primera ranura contiene el canal físico de control dedicado (PDCCH), el canal físico indicador de formato de control (PCFICH) y el canal físico indicador de HARQ (PHICH), es importante no cambiar la definición de la CRS para una detección adecuada de tal información de control, que contiene, entre otros, los valores de MCS, RNTI y RV que corresponden a cada usuario.

30 • Comparando las señales CRS de las ranuras tanto primera como segunda, es posible obtener los cambios de fase reales que finalmente transportan la información codificada que corresponde a los parámetros de MCS, RNTI y RV.

35 La figura 3 ilustra un procedimiento básico a seguir por parte de los dispositivos de usuario de una red celular según una posible realización de la invención propuesta. En la red celular (por ejemplo, una red de LTE), se distingue una célula de servicio **301**, indicada como célula "A", y una célula interferente que es una célula vecina **302**, indicada como célula "B", cubiertas por estaciones base respectivas (en este ejemplo, los eNodeB), el eNB en la célula "A" y el eNB en la célula "B". Una célula "A" **301** dada, que da a servicio a dispositivos de usuario **304**, crea una interferencia significativa para otros usuarios que residen en una célula "B" **302** adyacente, y estos dispositivos de usuario con interferencias **303** requieren una señalización adicional para un funcionamiento adecuado de las técnicas de IC avanzada, concretamente, los valores de MCS, RNTI y RV de la señal interferente. Con ese fin, sólo se cambian las señales de referencia de la célula correlacionadas en la segunda ranura **306** en cada sub-trama **300** a lo largo de los bloques de recursos reservados para un canal y usuario particulares, dejando los de la primera ranura **305** sin cambios. Siempre que los dispositivos de usuario con interferencias **303** en la célula "B" **302** no estén en condiciones de movilidad muy alta, pueden comparar las fases de las señales de referencia de la célula en ambas ranuras y luego obtener los valores codificados **308** de MCS, RNTI y RV. Después de la decodificación de canal de estos parámetros, los dispositivos de usuario con interferencias **303** pueden realizar cualquier técnica de IC avanzada que requiera una reconstrucción adecuada de las señales interferentes. Por tanto, las etapas seguidas por los dispositivos de usuario con interferencias **303** son **312**: comparar la CRS no cambiada **310** con la CRS cambiada **309**, en la primera ranura **305** y en la segunda ranura **306**, respectivamente, y obtener los valores codificados **308** de MCS, RV y RNTI a partir de los cambios de fase detectados en la sub-trama **300**.

50 Al mismo tiempo, los dispositivos de usuario a los que se da servicio **304**, que residen en la célula "A" **301**, decodifican normalmente el canal PDCCH **307** con la ayuda de las señales de referencia de la célula no cambiadas en la primera ranura **305**. El PDCCH contiene, entre otra información de control, los valores de interés de MCS, RNTI y RV y, por tanto, los dispositivos de usuario a los que se da servicio **304** pueden compensar el efecto de los cambios introducidos en las señales de referencia de la célula de la segunda ranura **306** para una detección normal. Por tanto, las etapas seguidas por los dispositivos de usuario a los que se da servicio **304** son **311**: obtener los valores de interés de MCS, RNTI y RV del canal PDCCH **307**, incluidos en la primera ranura **305**, y eliminar los valores codificados **308** de MCS, RNTI y RV, incluidos en la segunda ranura, para decodificar la sub-trama **300** normalmente.

En caso de que la estación base en la célula "A" **301** no aplique los cambios propuestos en las señales de referencia de la célula, debido a que no cumplen los tres requisitos dados anteriormente, los dispositivos de usuario a los que se da servicio **304**, que residen en la célula "A" **301**, detectan esta condición obteniendo normalmente los valores de dicha modalidad de transmisión, correlación de recursos y número de bloques de recursos, desde el PDCCH. En ese caso, los dispositivos de usuario a los que se da servicio **304** detectan que debería tener lugar el funcionamiento normal y no tienen que compensar los cambios de fase en las señales de referencia de la célula.

Al mismo tiempo, los dispositivos de usuario con interferencias **303** en la célula "B" **302** bien detectan valores codificados **308** de MCS, RV y RNTI, que consisten en un patrón repetido de valores "+1" que no representa ningún valor físico, indicando por tanto que no se proporciona en realidad ninguna señalización adicional, o bien detectan variaciones aleatorias en las fases de las señales de referencia de la célula, como provocadas por una velocidad alta de dichos dispositivos de usuario con interferencias. En ambos casos, los dispositivos de usuario con interferencias **303** en la célula "B" **302** detectan que debería tener lugar un funcionamiento normal.

El procedimiento básico propuesto de la figura 3 puede extenderse fácilmente a un escenario de red con una cancelación de interferencias de múltiples células mediante un UE con interferencias, sólo decodificando múltiples indicaciones de MCS, RNTI y RV desde varias células interferentes.

A continuación se explican los cambios requeridos para la inclusión de parámetros de MCS, RNTI y RV en las señales de referencia de la célula.

Las señales CRS en la norma de la LTE se definen por las siguientes secuencias, tal como se especifica en el artículo 3GPP TS 36.211 v10.4.0 "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Channels and Modulation (Release 10)" ["Acceso universal terrestre por radio evolucionado (E-UTRA); Canales físicos y modulación (Versión 10)"]:

$$r_{l,n_s}(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m + 1)), \quad m = 0, 1, \dots, 2N_{RB}^{máx,DL} - 1$$

donde n_s es el número de ranura dentro de una trama de radio, l es el número de símbolo de OFDM dentro de la ranura, $N_{RB}^{máx,DL}$ es el número máximo de los RB en un enlace descendente y $c(i)$ es una secuencia pseudo-aleatoria que comprende una secuencia Gold de longitud 31 con un valor de inicialización. Estas señales se extienden por todo el ancho de banda de sistema para la estimación de canal. Se inicializa la secuencia pseudo-aleatoria al inicio de cada símbolo de OFDM con la expresión:

$$c_{inic} = 2^{10} \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1) \cdot (2 \cdot N_{ID}^{célula} + 1) + 2 \cdot N_{ID}^{célula} + N_{CP}$$

donde $N_{ID}^{célula}$ es el identificador de célula física y N_{CP} adopta los valores 1 ó 0 según que se use un prefijo cíclico normal o un prefijo cíclico extendido, respectivamente.

Esta invención propone cambiar las señales CRS incluidas dentro de los bloques de recursos (RB) reservados para un canal y usuario particulares, siempre que se usen la TM2 y la correlación de recursos localizados y se planifiquen al menos dos bloques de recursos, mediante las siguientes expresiones:

$$r_{l,n_s}^{TX0}(m) = a_{l,n_s}(2m) \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + ja_{l,n_s}(2m + 1) \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m + 1))$$

$$r_{l,n_s}^{TX1}(m) = b_{l,n_s}(2m) \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + jb_{l,n_s}(2m + 1) \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m + 1))$$

En la expresión anterior, a_{l,n_s}, b_{l,n_s} son coeficientes que adoptan los valores +1 o -1 en función de los valores codificados de MCS, RNTI y RV, r_{l,n_s}^{TX0} indica las señales de referencia que van a correlacionarse con la primera antena de la estación base, es decir, el puerto de antena 0, y r_{l,n_s}^{TX1} indica las señales de referencia que van a correlacionarse con su segunda antena, es decir, el puerto de antena 1.

El valor de MCS puede representarse con una palabra digital de 5 bits que indica uno de 32 posibles formatos de MCS. El parámetro de RV también puede representarse por una palabra digital de dos bits. Por tanto, la concatenación de MCS y RV tiene una longitud de 7 bits y puede codificarse para una fiabilidad aumentada, dando como resultado N_{MCSRV} bits codificados tal como lo representado por la expresión $(M_0, M_1, \dots, M_{N_{MCSRV}-1})$. Se

supondrá que la longitud $N_{MCSR\text{V}}$ puede rellenarse hasta un número entero múltiplo de 4 bits, para facilitar la correlación con elementos de recursos.

De manera similar, el valor de RNTI puede representarse por una palabra digital de 16 bits, que puede codificarse para una fiabilidad aumentada, dando así como resultado N_{RNTI} bits codificados tal como lo representado por la expresión $(R_0, R_1, \dots, R_{N_{RNTI}-1})$. También se supondrá que la longitud N_{RNTI} puede rellenarse hasta un número entero múltiplo de 4 bits.

Estos bits codificados se convierten en valores bipolares "+1" y "-1" antes de correlacionar con señales de referencia de la célula. El valor "+1" puede corresponder a un dígito binario codificado "0" y el valor "-1" a un dígito binario codificado "1", pero la regla inversa también puede ser aplicable según las necesidades específicas de implementación.

Los primeros coeficientes introducidos anteriormente a_{l,n_s} dependen de las MCS y RV codificadas, según las siguientes ecuaciones:

$$a_{l,n_s}(4k) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ M_{4k \bmod N_{MCSR\text{V}}}, n_s \text{ impar y } l = 0 \end{cases}$$

$$a_{l,n_s}(4k+1) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ M_{(4k+1) \bmod N_{MCSR\text{V}}}, n_s \text{ impar y } l = 0 \end{cases}$$

$$a_{l,n_s}(4k+2) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ M_{(4k+2) \bmod N_{MCSR\text{V}}}, n_s \text{ impar y } l = 4 \end{cases}$$

$$a_{l,n_s}(4k+3) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ M_{(4k+3) \bmod N_{MCSR\text{V}}}, n_s \text{ impar y } l = 4 \end{cases}$$

En estas ecuaciones, $k = 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{RB} - 1$ es un índice que recorre las sub-portadoras dedicadas a señales de referencia en los RB reservados para un canal físico, y el número de los RB planificados se indica con N_{RB} . Resulta evidente que cada elemento de recurso que contiene una señal de referencia de la célula transportará dos bits codificados. Puesto que cuatro elementos de recursos se dedican a señales de referencia de la célula por cada RB en la segunda ranura de cada sub-trama, puede incluirse un total de 8 bits codificados por RB.

La operación de módulo en las ecuaciones anteriores implica una repetición de los bits codificados hasta el número de bloques de recursos reservados, aumentando por tanto la protección.

Las ecuaciones correspondientes para los segundos coeficientes b_{l,n_s} son tal como sigue:

$$b_{l,n_s}(4k) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ R_{4k \bmod N_{RNTI}}, n_s \text{ impar y } l = 0 \end{cases}$$

$$b_{l,n_s}(4k+1) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ R_{(4k+1) \bmod N_{RNTI}}, n_s \text{ impar y } l = 0 \end{cases}$$

$$b_{l,n_s}(4k+2) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ R_{(4k+2) \bmod N_{RNTI}}, n_s \text{ impar y } l = 4 \end{cases}$$

$$b_{l,n_s}(4k+3) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ R_{(4k+3) \bmod N_{RNTI}}, n_s \text{ impar y } l = 4 \end{cases}$$

La figura 4 ilustra la correlación propuesta de señales de referencia de la célula con los bloques de recursos **400** que se reservan para un canal físico dado, en el caso particular de $N_{MCSRV} = 8$ y $N_{RNTI} = 16$. Sólo la segunda ranura **306** en cada sub-trama, **300A**, **300B**, respectivamente transmitida mediante la primera antena, **110A**, o el puerto de antena 0, y la segunda antena, **110B**, o el puerto de antena 1, contiene las indicaciones relevantes para MCS, RV y RNTI, dejando las señales de referencia de la célula desde la primera ranura **305** sin cambios. Con referencia a la figura 3, los dispositivos de usuario a los que se da servicio **304**, que residen en la célula "A" **301**, pueden decodificar normalmente el PDCCH con la ayuda de las señales de referencia de la célula sin cambios en la primera ranura **305**, obteniendo por tanto la información de control relevante que incluye la MCS, la RV y el RNTI. Con esta información

pueden compensar los coeficientes a_{l,n_s}, b_{l,n_s} incluidos intencionalmente como parte de las señales de referencia de la célula en la segunda ranura **306** antes de estimar la respuesta de frecuencia de canal.

Al mismo tiempo, con referencia a la figura 3, los dispositivos de usuario con interferencias **303**, que residen en la célula vecina "B" **302**, y que experimentan una interferencia significativa desde la célula "A" **301**, pueden comparar las fases de las señales de referencia de la célula en la primera ranura **305** y la segunda ranura **306**. Específicamente, los dispositivos de usuario con interferencias **303** pueden comparar las fases de las señales de referencia de la célula en la segunda ranura **306**, ranura 1, con las del símbolo 4 en la primera ranura **305**, es decir, ranura 0. Suponiendo que la respuesta de frecuencia de canal no cambie significativamente durante un intervalo de

tiempo de media ranura (0,5 ms), resultará fácil para ellos obtener los coeficientes a_{l,n_s}, b_{l,n_s} que contienen la MCS, la RV y el RNTI a partir de los cambios de fase observados. La repetición de los bits codificados hasta el número de bloques de recursos disponibles admite una protección aumentada, especialmente cuando el número N_{RB} de bloques de recursos reservados para un canal físico dado es alto, donde es sumamente importante que los esquemas de IC sean eficaces.

La figura 5 ilustra la operación propuesta de codificación de canal para MCS, RV y RNTI antes de la inclusión como parte de las señales de referencia de la célula modificadas, tomando la LTE como referencia para las longitudes de parámetro. En primer lugar, los valores de MCS, RV y RNTI se codifican **501** como protección adicional. Los valores de MCS y RV se concatenan antes de la primera operación de codificación. Se propone aplicar cualquier operación de codificación que transforme tanto el valor binario concatenado (MCS+RV) **510** como el valor de RNTI **511** en palabras codificadas adecuadas, con una longitud que sea un múltiplo de 4 bits para facilitar la correlación con elementos de recursos. Puesto que el valor codificado de RNTI **512** tiene una longitud mínima de 16 bits (que corresponde al caso no codificado) y la concatenación codificada de MCS y RV **513** tiene una longitud mínima de 7 bits, se requieren al menos dos bloques de recursos para correlacionar los valores codificados con las señales de referencia de la célula. Puede usarse cualquier código de bloque que transforme las palabras no codificadas en palabras codificadas adecuadas, con una longitud que sea un múltiplo de 4 bits, para los fines de la presente invención. Adicionalmente, no debería dar como resultado palabras codificadas que consisten en valores de "todos +1", puesto que esto se reservaría para el caso de no aplicar ningún cambio en las señales de referencia de la célula. Opativamente, puede aplicarse una operación de aleatorización **502** después de la operación de codificación con el fin de evitar tener valores similares para los coeficientes constituyentes de las señales de referencia de la célula en múltiples células. Sin embargo, esta operación de aleatorización, usando un identificador de célula **520**, no se considera esencial puesto que las señales de referencia de la célula convencionales sí proporcionan cierta aleatorización de interferencia intercelular. Finalmente, la repetición **503** de las palabras codificadas de MCS, RV y RNTI resultantes puede aplicarse sobre el número de bloques de recursos reservados en realidad para su transmisión. Un total de bits $8 \cdot N_{RB}$ están disponibles dentro de los N_{RB} bloques de recursos reservados para la transmisión a través del puerto de antena 0 que corresponde a la primera antena, **110A**, y a través del puerto de antena 1 que corresponde a la segunda antena **110B** de la estación base **100**. Resulta evidente que cuanto mayor sea el número de bloques de recursos, mayor será la protección de los valores codificados resultantes. Esto es beneficioso para esquemas de IC, puesto que la interferencia desde señales de mayor ancho de banda es, en general, mucho más dañina que desde señales de banda estrecha. Los límites entre las indicaciones de RNTI determinan el ancho de banda reservado para cada usuario, que también es esencial para la aplicación de técnicas de IC. Estos límites pueden obtenerse fácilmente observando el patrón de repetición del RNTI después de detectar las señales de referencia de la célula modificadas.

La figura 6 ilustra un ejemplo de patrones de RNTI codificados **601**, **602**, **603** que ayudan a determinar el número de bloques de recursos para cada canal ocupado por cada señal interferente. La figura 6 muestra bloques de recursos para un primer canal, **RB1**, bloques de recursos para un segundo canal, **RB2**, y bloques de recursos para un tercer canal, **RB3**, con límites entre canales definidos detectando la repetición de patrones de RNTI **601**, **602**, **603** diferentes.

La figura 7 representa una realización ejemplar para la invención propuesta, a implementar en un eNodoB de la LTE con al menos dos antenas de transmisión, en donde los bloques propuestos tienen líneas continuas mientras que los elementos de la técnica anterior, relevantes para la realización propuesta, se representan con líneas discontinuas. El bloque **701** representa esquemáticamente un eNodoB de la LTE, en donde varios canales físicos han de correlacionarse con la señal de enlace descendente en una sub-trama dada. El bloque **702** evalúa si se cumplen las condiciones para la aplicación de la invención propuesta, concretamente, el uso de la modalidad de transmisión 2 (TM2), la correlación de recursos localizados y un mínimo de dos bloques de recursos. Si no se cumplen estas condiciones, se genera un canal de banda base de LTE con señales de referencia de la célula convencionales, mediante el bloque **704**, y el conmutador representado por el bloque **708** estará en la posición "NO" antes de la correlación de recursos (bloque **709**). Si se cumplen las condiciones, el bloque **703** genera en primer lugar la señal de banda base para el canal correspondiente, pero excluyendo las señales de referencia de la célula. El bloque **706** transforma los valores digitales de MCS, RV y RNTI en palabras codificadas adecuadas, a incluir dentro de las señales de referencia de la célula, y el bloque **705** genera las señales de referencia de la célula modificadas. El bloque **707** combina los datos de canal de banda base y las señales de referencia de la célula modificadas, y el conmutador **708** en la posición "SÍ" selecciona la señal de banda base modificada antes de la operación de correlación. El bloque **709** realiza una correlación de recursos convencional con los recursos de LTE y el bloque **710** transmite las señales de LTE de enlace descendente **711**, tal como se conocen en los sistemas de LTE.

La figura 8 ilustra una realización ejemplar para la invención propuesta en un UE al que se da servicio **81**, que reside en la propia célula. El UE al que se da servicio **81** detecta una señal de enlace descendente de LTE **80** a partir de su propia célula, según los cambios propuestos en esta invención. Los parámetros de MCS, RV y RNTI se obtienen de una señalización de control dedicada llevada por el PDCCH, mediante un detector de canal de enlace descendente **82**. Un bloque eliminador **83** elimina las indicaciones codificadas correspondientes de las señales de referencia de la célula recibidas, antes de la estimación de canal, siempre que se cumplan las condiciones para la aplicación de las indicaciones codificadas, según lo indicado por la señalización de control dedicada llevada por el PDCCH. Finalmente, un estimador de canal y detector de LTE **84** realiza una estimación de canal por medio de un filtrado de Wiener, una interpolación de mínimos cuadrados o cualquier otra técnica adecuada, seguida por una técnica de ecualización de canal, tal como el Forzado a Cero, el MMSE o la Máxima Probabilidad, entre otras. De nuevo, el bloque propuesto en la presente invención, el bloque eliminador **83**, está representado con líneas continuas, mientras que los bloques de la técnica anterior están representados con líneas discontinuas.

La figura 9 ilustra otra realización más para la aplicación de la invención propuesta en un dispositivo de usuario con interferencias **91** que reside en una célula vecina. El UE con interferencias **91** detecta una interferencia significativa desde una señal de enlace descendente **90** de una célula vecina, y un evaluador de velocidad **92** evalúa la velocidad del UE con interferencias **91** usando cualquier medio adecuado. Si está por encima del límite de velocidad que corresponde a la frecuencia de portadora, el UE con interferencias **91** no se basa en la CRS interferente para la cancelación de interferencias y, en cambio, aplica un bloque estimador de parámetros de canal **93** usando alguna detección ciega de parámetros de MCS, RV y RNTI, o no realizando ninguna cancelación de interferencias en absoluto. Si la velocidad del UE es menor que el límite, el UE con interferencias **91** usa un comparador de fases **94** para comparar las fases relativas de las señales de referencia de la célula detectadas en las ranuras 0 y 1, y obtener por tanto en el bloque **95** las indicaciones codificadas de MCS, RV y RNTI. Después de una decodificación de canal adecuada por parte del decodificador **96**, el receptor puede activar cualquier bloque de cancelación de interferencias **97** adecuado aplicando una técnica de IC que requiera una reconstrucción adecuada de la señal interferente.

Las realizaciones propuestas pueden implementarse como un conjunto de elementos de software, elementos de hardware, elementos de firmware o cualquier combinación adecuada de los mismos.

Obsérvese que en este texto, el término "comprende" y sus derivaciones (tal como "que comprende", etc.) no deberían entenderse en un sentido excluyente, es decir, estos términos no deberían interpretarse como excluyentes de la posibilidad de que lo que se describe y define pueda incluir elementos, etapas, etc., adicionales.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de asistencia a dispositivos de usuario (81, 91, 108, 109, 200, 303, 304) en la realización de una cancelación de interferencias de enlace descendente en redes inalámbricas de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal, OFDMA, en el que un dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303) experimenta una interferencia desde una estación base interferente (100, 202, 701) a la que está conectado un dispositivo de usuario al que se da servicio (81, 108, 304), en una célula de servicio (301), y estando el dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303) en una célula vecina (302) que es vecina de la célula de servicio (301), comprendiendo el procedimiento:
- transmitir mediante la estación base interferente (100, 202, 701) una señal de enlace descendente en una primera ranura (305) y una segunda ranura (306) de una sub-trama de radio (300), incluyendo la primera ranura (305) y la segunda ranura (306) señales de referencia de la célula (309, 310) para la estimación de canal físico;
- y estando el procedimiento **caracterizado por** comprender además:
- modificar las fases de la señal de referencia de la célula (309) incluida en la segunda ranura (306), indicando las modificaciones de fase valores codificados (308) de parámetros que caracterizan el canal físico según un procedimiento de codificación (501),
 - recibir la primera ranura (305) y la segunda ranura (306) de la sub-trama de radio (300) por medio del dispositivo de usuario al que se da servicio (81, 108, 304), en el que el dispositivo de usuario al que se da servicio (81, 108, 304):
 - detecta los parámetros que caracterizan el canal físico, según lo transportado por la señalización de control dedicada aplicada a dicho canal físico,
 - codifica los parámetros detectados según el procedimiento de codificación (501),
 - reconstruye una señal de referencia de la célula no cambiada (310) para transportar los parámetros detectados codificados,
 - antes de la estimación de canal físico, elimina las fases modificadas comparando la señal de referencia de la célula modificada (309), recibida en la segunda ranura (306), con la señal de referencia de la célula no cambiada reconstruida (310);
 - recibir la primera ranura (305) y la segunda ranura (306) de la sub-trama de radio (300) por medio del dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303), en el que el dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303):
 - obtiene los valores codificados (308) comparando las fases de las señales de referencia de la célula (309, 310) incluidas en la segunda ranura (306) y en la primera ranura (305),
 - asiste en la cancelación de interferencias de la señal de enlace descendente desde la estación base interferente (100, 202, 701), compara los valores codificados (308) con patrones de parámetros que indican la ausencia de modificaciones en las señales de referencia de la célula (309, 310), y
 - si los valores codificados (308) son diferentes a los patrones de parámetros que indican la ausencia de modificaciones en las señales de referencia de la célula (309, 310), decodifica los valores codificados (308) y usa los valores decodificados para realizar una cancelación de interferencias de la señal de enlace descendente desde la estación base interferente (100, 202, 701).
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que los parámetros que caracterizan el canal físico según el procedimiento de codificación (501) son:
- esquema de modulación y codificación,
 - versión de redundancia, e
 - identificador temporal de red de radio.
3. El procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la red inalámbrica de OFDMA es una red inalámbrica de la evolución a largo plazo, LTE.
4. El procedimiento según la reivindicación 3, que comprende además determinar si el dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303) es o no asistido en la realización de una cancelación de interferencias,

comprobando si se cumplen las tres condiciones siguientes para el canal físico en enlace descendente:

- se usa la modalidad de transmisión 2 de la LTE,
- se usa una correlación de recursos localizados, y
- se reservan al menos dos bloques de recursos para el canal físico en enlace descendente.

5 5. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que, cuando se cumplen las tres condiciones, la señal de referencia de la célula modificada (309) para el canal físico se correlaciona con un primer puerto de antena TX0 de la estación base interferente (100, 202, 701) y se correlaciona con un segundo puerto de antena TX1 de la estación base interferente (100, 202, 701), y siendo r_{l,n_s}^{TX0} la componente correlacionada con el primer puerto de antena TX0, y siendo r_{l,n_s}^{TX1} la componente correlacionada con el puerto de antena TX1, están dadas por las siguientes expresiones:

$$r_{l,n_s}^{TX0}(m) = a_{l,n_s}(2m) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + ja_{l,n_s}(2m+1) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m+1))$$

$$r_{l,n_s}^{TX1}(m) = b_{l,n_s}(2m) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + jb_{l,n_s}(2m+1) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m+1))$$

donde

n_s es el número de ranuras dentro de la sub-trama de radio (300),

l es el número de símbolo de OFDM dentro de una ranura,

15 $c(i)$ es una secuencia pseudo-aleatoria que comprende una secuencia Gold de longitud 31 con un valor de inicialización, y

a_{l,n_s}, b_{l,n_s} son coeficientes según las siguientes expresiones:

$$a_{l,n_s}(4k) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ M_{4k \bmod N_{MCSRV}}, n_s \text{ impar y } l = 0 \end{cases}$$

$$a_{l,n_s}(4k+1) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ M_{(4k+1) \bmod N_{MCSRV}}, n_s \text{ impar y } l = 0 \end{cases}$$

20 $a_{l,n_s}(4k+2) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ M_{(4k+2) \bmod N_{MCSRV}}, n_s \text{ impar y } l = 4 \end{cases}$

$$a_{l,n_s}(4k+3) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ M_{(4k+3) \bmod N_{MCSRV}}, n_s \text{ impar y } l = 4 \end{cases}$$

$$b_{l,n_s}(4k) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ R_{4k \bmod N_{RNTI}}, n_s \text{ impar y } l = 0 \end{cases}$$

$$b_{l,n_s}(4k+1) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ R_{(4k+1) \bmod N_{RNTI}}, n_s \text{ impar y } l = 0 \end{cases}$$

$$b_{l,n_s}(4k+2) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ R_{(4k+2) \bmod N_{RNTI}}, n_s \text{ impar y } l = 4 \end{cases}$$

$$b_{l,n_s}(4k+3) = \begin{cases} +1, n_s \text{ par} \\ R_{(4k+3) \bmod N_{RNTI}}, n_s \text{ impar y } l = 4 \end{cases}$$

donde

k es un índice $k = 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{RB} - 1$ que recorre el número de sub-portadoras de señales de referencia de la célula (309, 310) en los bloques de recursos reservados para el canal físico,

5 N_{RB} es el número de bloques de recursos reservados para el canal físico,

N_{MCSR} es el número de bits después de una codificación de canal por el procedimiento de codificación (501) del esquema de modulación y codificación y los parámetros de versión de redundancia, habiéndose concatenado ambos parámetros, y

10 N_{RNTI} es el número de bits después de una codificación de canal del identificador temporal de red de radio.

6. Un sistema de asistencia a dispositivos de usuario (81, 91, 108, 109, 200, 303, 304) en la realización de una cancelación de interferencias de enlace descendente en redes inalámbricas de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal, OFDMA, que comprende:

- un dispositivo de usuario al que se da servicio (81, 108, 304) en una célula de servicio (301),

15 - una estación base interferente (100, 202, 701) a la que está conectado el dispositivo de usuario al que se da servicio (81, 108, 304),

20 - un dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303) en una célula vecina (302) que es vecina de la célula de servicio (301) y el dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303) que experimenta una interferencia desde la estación base interferente (100, 202, 701); y estando el sistema **caracterizado porque:**

25 - la estación base interferente (100, 202, 701) transmite una señal de enlace descendente en una primera ranura (305) y una segunda ranura (306) de una sub-trama de radio (300), incluyendo la primera ranura (305) y la segunda ranura (306) señales de referencia de la célula (309, 310) para la estimación de canal físico, y un bloque generador (705) para generar una señal de referencia de la célula modificada (309) en la segunda ranura (306), que incluye modificaciones de fase que indican valores codificados (308) de parámetros que caracterizan el canal físico según un procedimiento de codificación (501);

- el dispositivo de usuario al que se da servicio (81, 108, 304) comprende un receptor para recibir la primera ranura (305) y la segunda ranura (306) de la sub-trama de radio (300), y comprende además:

30 - un detector de canal de enlace descendente (82) para detectar los parámetros que caracterizan el canal físico, según lo transportado por una señalización de control dedicada, aplicada a dicho canal físico, codificar los parámetros detectados según el procedimiento de codificación (501) y reconstruir una señal de referencia de la célula no cambiada (310) para transportar los parámetros detectados codificados;

35 - un bloque eliminador (83) para eliminar las modificaciones de fase comparando la señal de referencia de la célula modificada (309), recibida en la segunda ranura (306), con la señal de referencia de la célula no cambiada reconstruida (310);

- un estimador de canal (84) que opera después del bloque eliminador (83);

- el dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303) comprende un receptor para recibir la primera ranura (305) y la segunda ranura (306) de la sub-trama de radio (300), y comprende además:

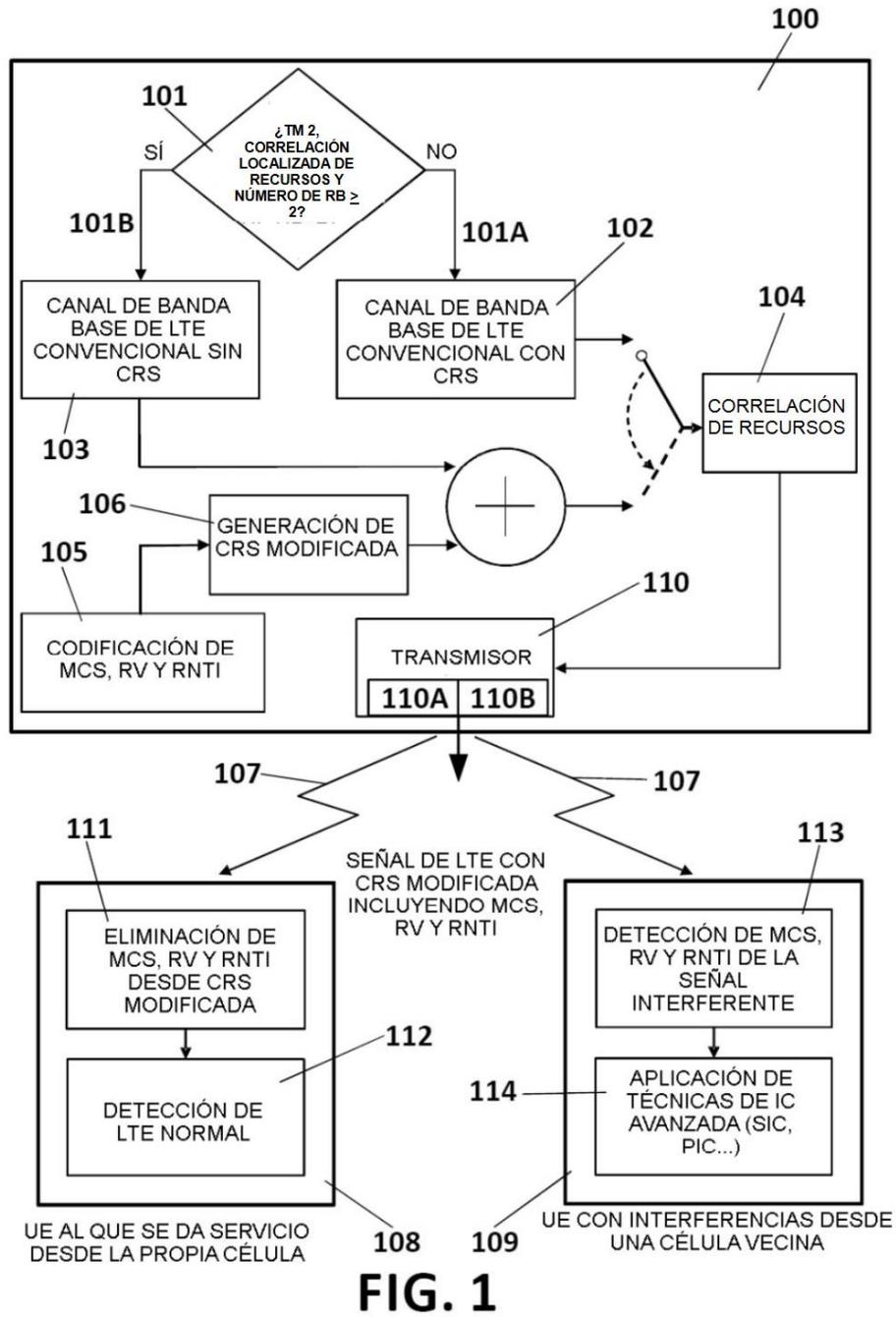
40 - un comparador de fases (94) para comparar las fases de las señales de referencia de la célula (309, 310) incluidas en la segunda ranura (306) y en la primera ranura (305),

- un bloque (95) para obtener los valores codificados (308) del comparador de fases (94),

45 - un bloque de cancelación de interferencias (97) para aplicar la cancelación de interferencias de la señal de enlace descendente desde la estación base interferente (100, 202, 701), en base a una comparación de los valores codificados (308) con patrones de parámetros que indican la ausencia

de modificaciones en las señales de referencia de la célula (309, 310).

7. El sistema según la reivindicación 6, en el que el dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303) comprende además un decodificador (96) para decodificar los valores codificados (308) cuando los valores codificados (308) son diferentes a los patrones de parámetros que indican la ausencia de modificaciones en las señales de referencia de la célula (309, 310), y para introducir los valores decodificados en el bloque de cancelación de interferencias (97).
8. Una estación base (100, 701) de asistencia a dispositivos de usuario (81, 91, 108, 109, 200, 303, 304) en la realización de una cancelación de interferencias de enlace descendente en redes inalámbricas de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal, **caracterizada por** comprender además:
- un transmisor (710) para transmitir una señal de enlace descendente en una primera ranura (305) y una segunda ranura (306) de una sub-trama de radio (300), incluyendo la primera ranura (305) y la segunda ranura (306) señales de referencia de la célula (309, 310) para una estimación de canal físico,
 - un bloque generador (705) para generar una señal de referencia de la célula modificada (309) en la segunda ranura (306) que incluye modificaciones de fase que indican valores codificados (308) de parámetros que caracterizan el canal físico según un procedimiento de codificación (501), usándose los valores codificados (308) para asistir en la realización de una cancelación de interferencias de enlace descendente por parte de un dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303), que experimenta interferencia desde la estación base interferente (100, 202, 701).
9. La estación base (100, 701) según la reivindicación 8, que es un NodeB mejorado, , de la LTE.
10. La estación base (100, 701) según la reivindicación 9, que comprende además un bloque evaluador (702) para determinar si el dispositivo de usuario con interferencias (91, 109, 200, 303) es o no asistido en la realización de una cancelación de interferencias, comprobando si se cumplen las tres condiciones siguientes para el canal físico en enlace descendente:
- se usa la modalidad de transmisión 2 de la LTE,
 - se usa una correlación de recursos localizados, y
 - se reservan al menos dos bloques de recursos para el canal físico en enlace descendente.
11. Un dispositivo de usuario (91, 109, 200, 303) para realizar una cancelación de interferencias de enlace descendente en redes inalámbricas de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal, que comprende un receptor para recibir una señal de enlace descendente en una primera ranura (305) y una segunda ranura (306) de una sub-trama de radio (300) desde una estación base interferente (100, 202, 701), desde la cual el dispositivo de usuario (91, 109, 200, 303) experimenta interferencia, incluyendo la señal de enlace descendente señales de referencia de la célula (309, 310) para la estimación de canal físico, estando el dispositivo de usuario (91, 109, 200, 303) **caracterizado por** comprender además:
- un comparador de fases (94) para comparar las fases de las señales de referencia de la célula (309, 310) incluidas en la segunda ranura (306) y en la primera ranura (305),
 - un bloque (95) para obtener modificaciones de fase desde el comparador de fases (94), que están incluidas en una señal de referencia de la célula modificada (309), generada en la segunda ranura (306) por la estación base interferente (100, 202, 701), y que indican valores codificados (308) de parámetros que caracterizan el canal físico según un procedimiento de codificación (501);
 - un bloque de cancelación de interferencias (97) para aplicar la cancelación de interferencias de la señal de enlace descendente desde la estación base interferente (100, 202, 701), en base a una comparación de los valores codificados (308) con patrones de parámetros que indican la ausencia de modificaciones en las señales de referencia de la célula (309, 310).
12. El dispositivo de usuario (91, 109, 200, 303) según la reivindicación 11, que comprende además un decodificador (96) para decodificar los valores codificados (308) cuando los valores codificados (308) son diferentes de los patrones de parámetros que indican la ausencia de modificaciones en las señales de referencia de la célula (309, 310), y para introducir los valores decodificados en el bloque de cancelación de interferencias (97).
13. El dispositivo de usuario (91, 109, 200, 303) según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12, que es un terminal de usuario de la LTE.
14. Un producto de programa informático que comprende medios de código de programa que, cuando se cargan en medios de procesamiento de una entidad de red en una red de OFDMA, hacen que dichos medios de código de programa ejecuten el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.



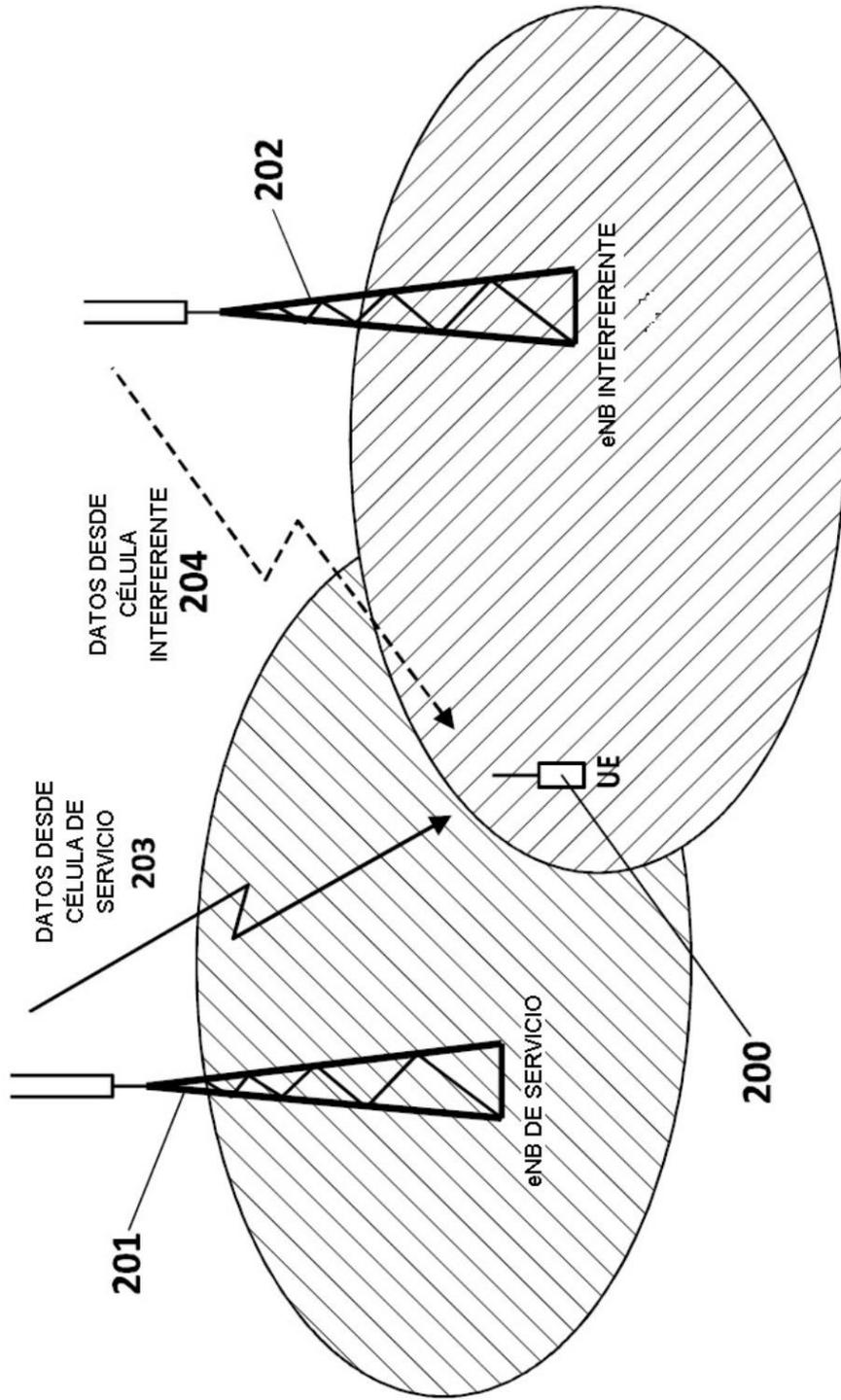
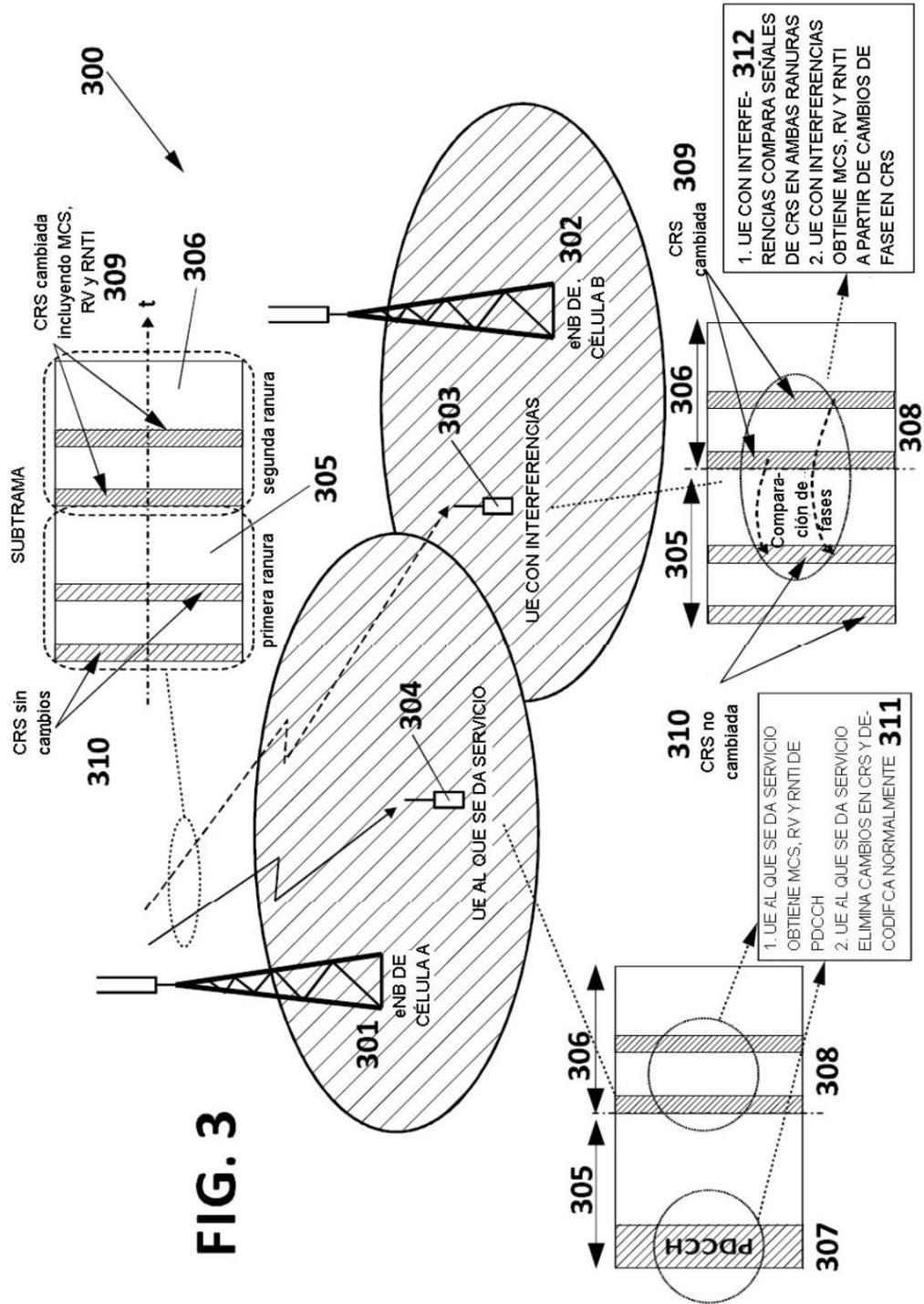


FIG. 2



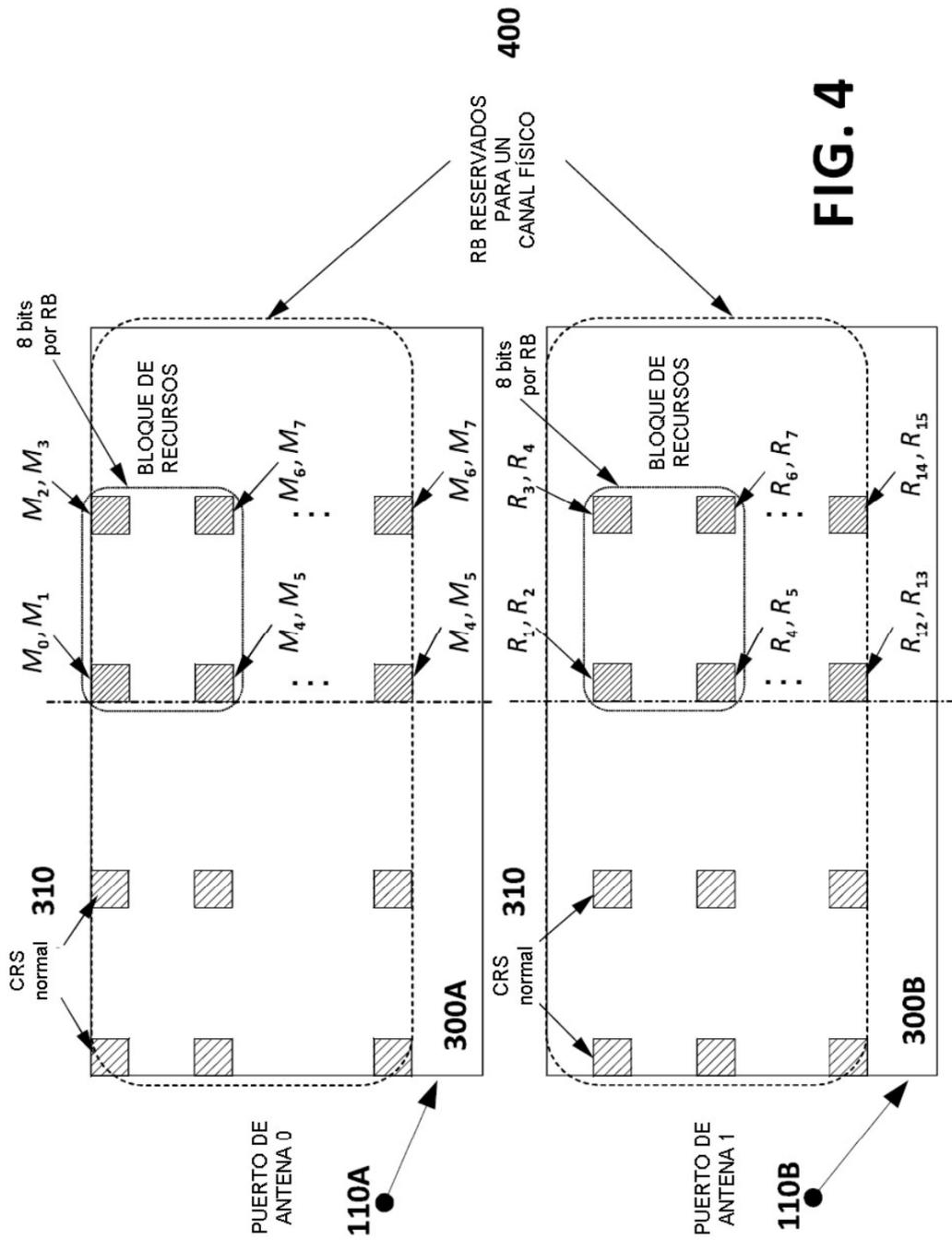


FIG. 4

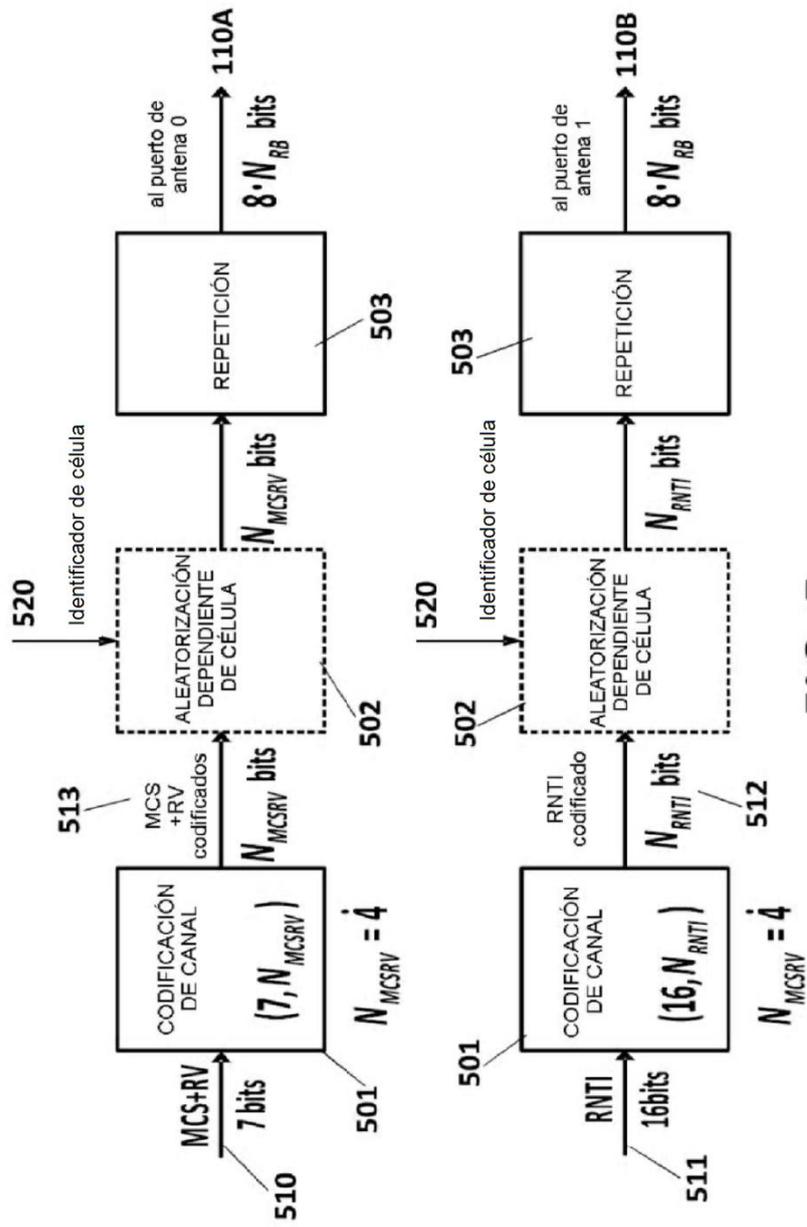


FIG. 5

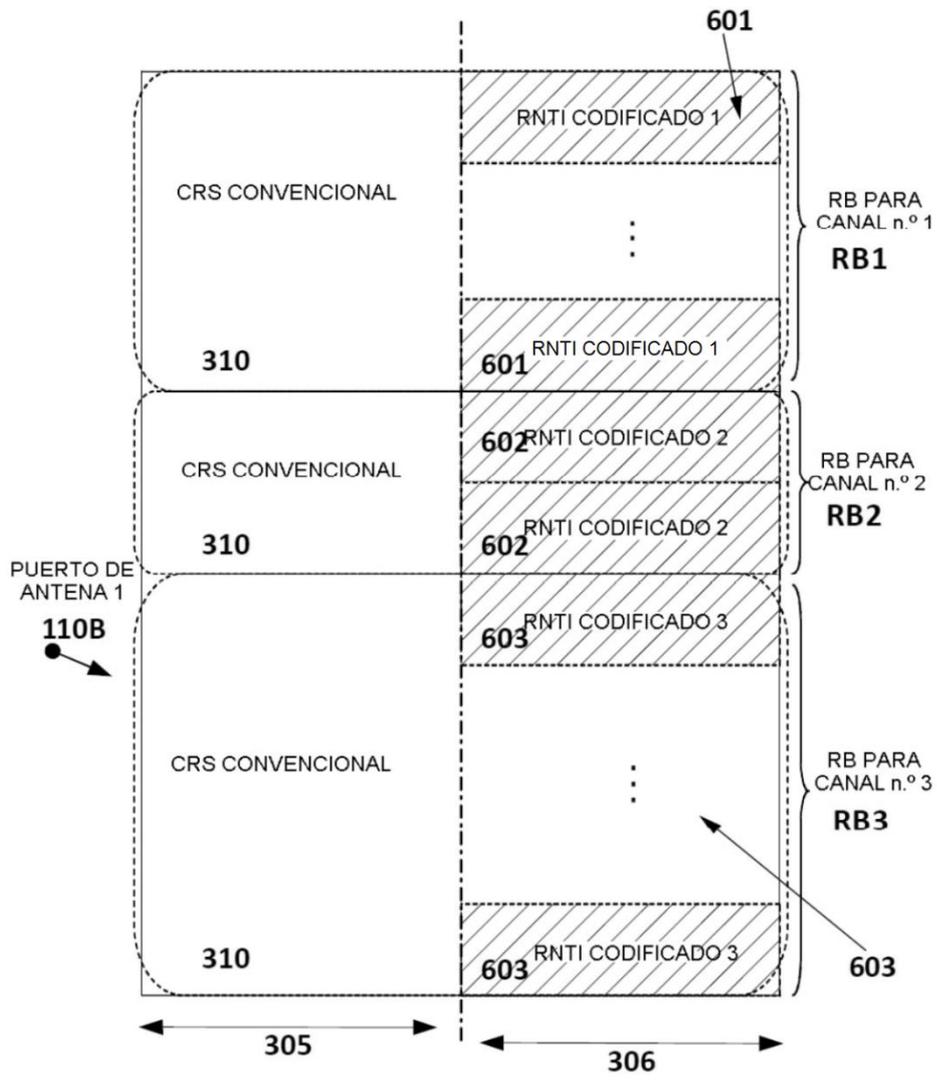


FIG. 6

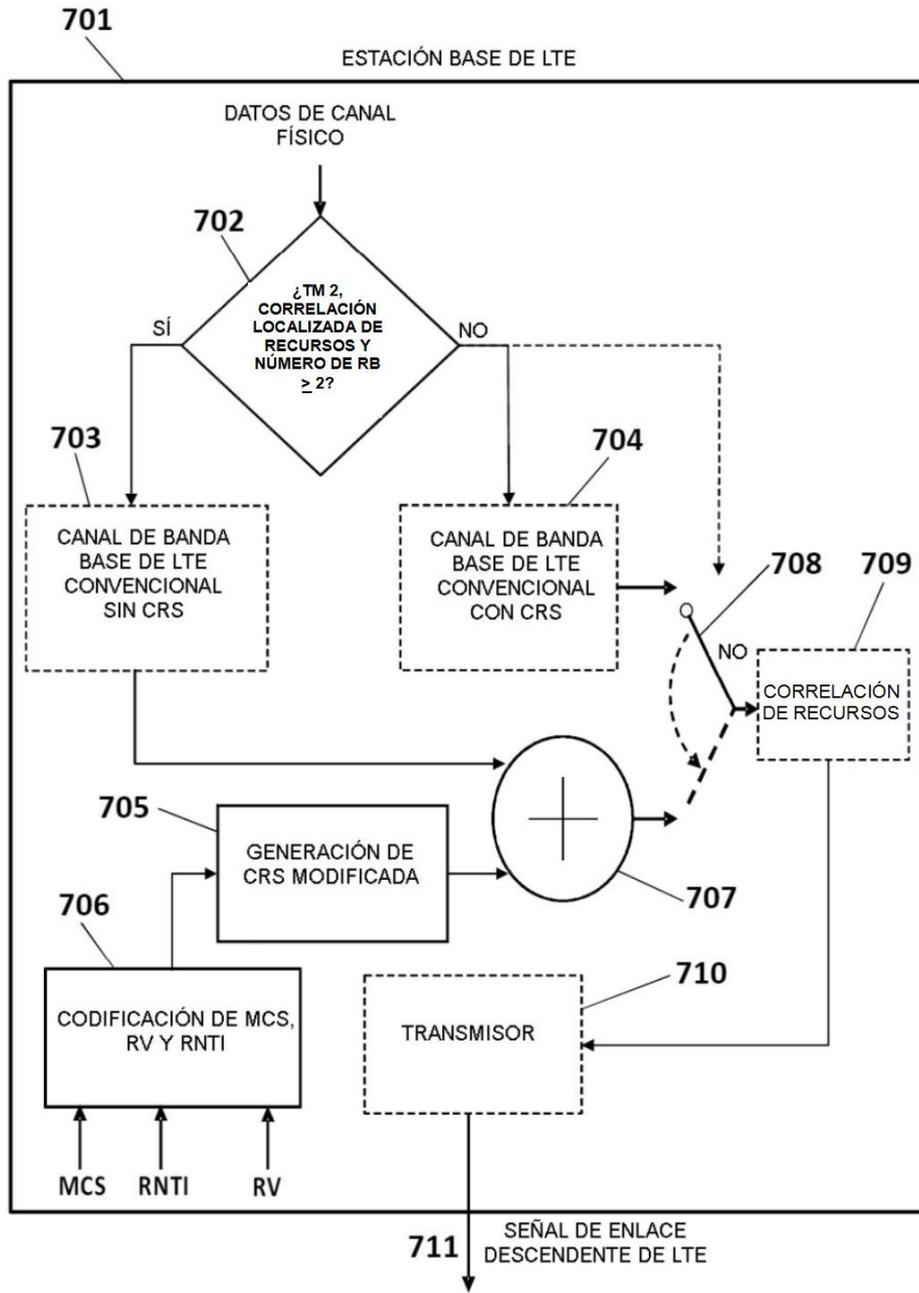


FIG. 7

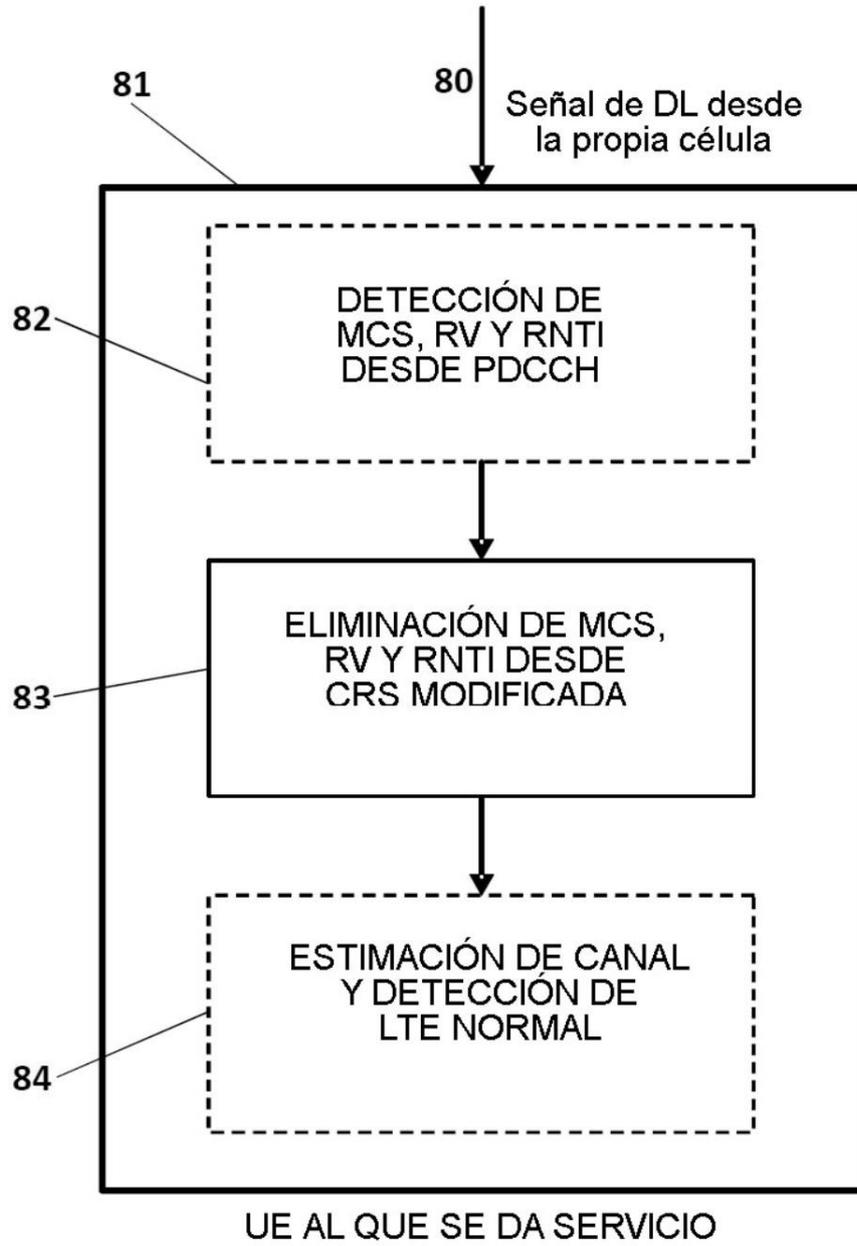


FIG. 8

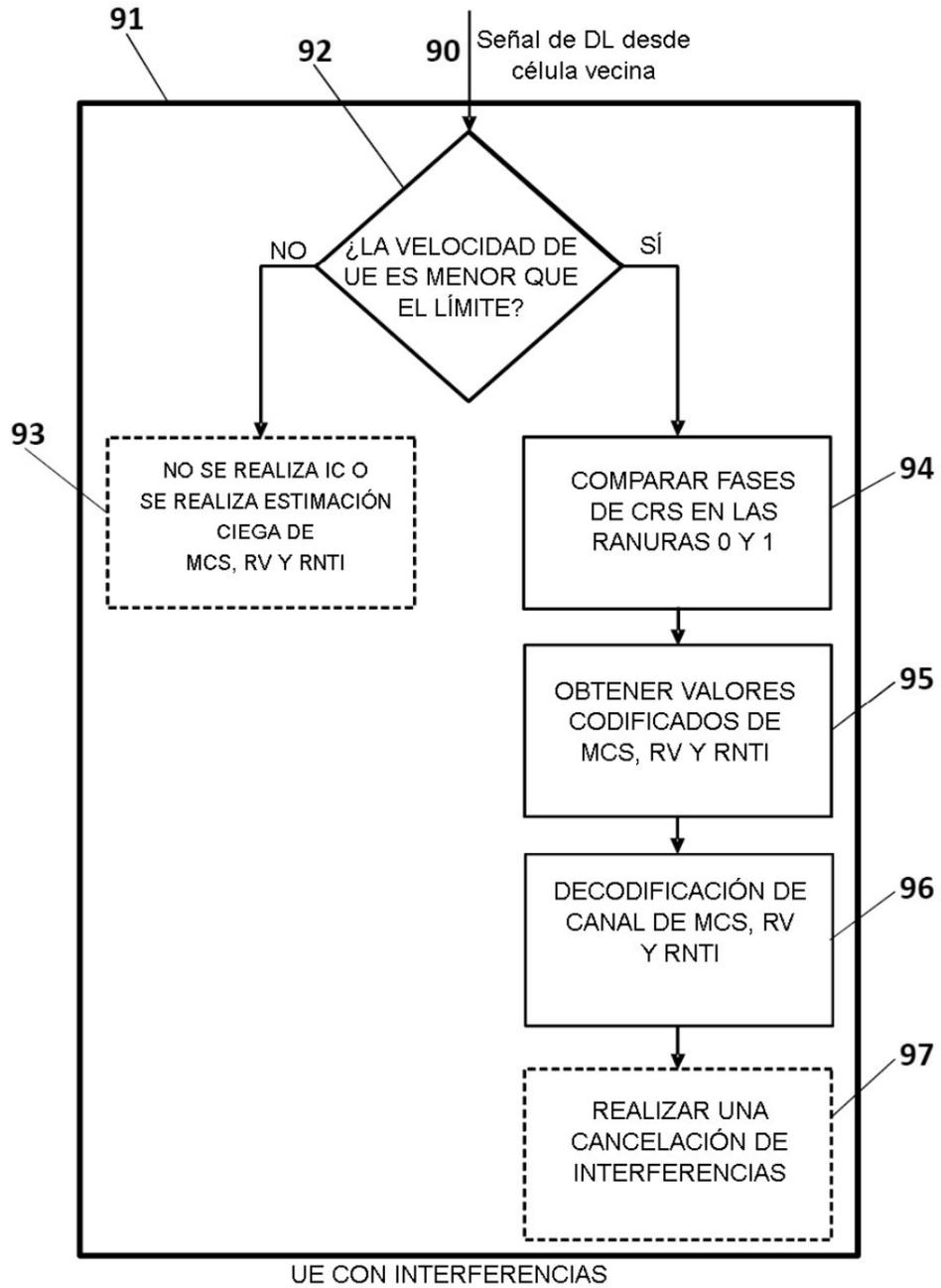


FIG. 9