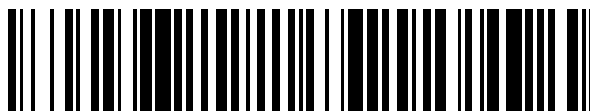


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 702 366**

51 Int. Cl.:

**H04L 25/02** (2006.01)

**H04L 1/06** (2006.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2006 E 10169718 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2237510**

54 Título: **Selección de secuencias de aprendizaje en un sistema de comunicación de Múltiples Entradas, Múltiples Salidas, (MIMO)**

30 Prioridad:

**17.02.2005 US 61958**

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

**28.02.2019**

73 Titular/es:

**SONY CORPORATION (100.0%)  
1-7-1 Konan, Minato-ku  
Tokyo 108-0075, JP**

72 Inventor/es:

**DARWOOD, PETER;  
PONNAMPALAM, VISHAKAN y  
JONES, ALAN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 702 366 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**

Selección de secuencias de aprendizaje en un sistema de comunicación de Múltiples Entradas, Múltiples Salidas, (MIMO)

5 CAMPO DE LA INVENCION

10 La invención se refiere a un sistema de comunicación celular, un transmisor de sistema de comunicación celular y un receptor de sistema de comunicación celular y, en particular, a una comunicación que utiliza transmisiones del tipo de Múltiples Entradas, Múltiples Salidas (MIMO).

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15 Actualmente, uno de los sistemas de comunicación celular más ubicuos es un sistema de comunicación de segunda generación conocido como el Sistema Global para Comunicación Móvil (GSM). GSM utiliza una tecnología conocida como acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) donde la separación del usuario se logra al dividir las portadoras de frecuencia en 8 intervalos de tiempo discretos, que individualmente pueden asignarse a un usuario. A una estación base se le puede asignar un único operador o un múltiplo de operadores. Una portadora única se usa para una señal piloto que además contiene información de difusión. Esta portadora es utilizada por las estaciones móviles para medir el nivel de señal de las transmisiones desde diferentes estaciones base, y la información obtenida se usa para determinar una célula de servicio adecuada durante el acceso inicial o las transferencias. Se puede encontrar una descripción más detallada del sistema de comunicación GSM TDMA en 'El sistema GSM para comunicaciones móviles' de Michel Mouly y Marie Bernadette Pautet, Bay Foreign Language Books, 1992, ISBN 2950719007.

25 Actualmente, los sistemas de 3ª generación se están desarrollando para mejorar aún más los servicios de comunicación que se proporcionan a los usuarios de dispositivos móviles. Los sistemas de comunicación de 3ª generación más ampliamente adoptados se basan en Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) y Dúplex por División de Frecuencia (FDD) o Dúplex por División de Tiempo (TDD). En los sistemas CDMA, la separación del usuario se obtiene asignando diferentes códigos de dispersión y aleatorización a diferentes usuarios en la misma frecuencia de portadora y en los mismos intervalos de tiempo. En TDD, la separación del usuario se consigue asignando diferentes intervalos de tiempo a diferentes usos de forma similar a TDMA. Sin embargo, a diferencia de TDMA, TDD proporciona la misma frecuencia de portadora para ser utilizada tanto para las transmisiones de enlace ascendente como de enlace descendente.

35 Un ejemplo de un sistema de comunicación que utiliza este principio es el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS). Se puede encontrar una descripción adicional de CDMA y específicamente del modo CDMA de banda ancha (WCDMA) en 'WCDMA para UMTS', Harri Holma (Editor), Antti Toskala (Editor), Wiley & Sons, 2001, ISBN 0471486876.

40 En estos sistemas de comunicación, es conocido incluir secuencias de datos conocidas en las transmisiones a través de la interfaz de aire para permitir que los receptores determinen características de la señal recibida y en particular para determinar estimaciones de canales para el canal de comunicación entre el transmisor y el receptor.

45 En sistemas de comunicación tales como UMTS, los datos de aprendizaje son seleccionados por el transmisor de manera predeterminada, lo que permite al receptor saber qué datos de aprendizaje se transmiten. Específicamente, las Especificaciones Técnicas de UMTS definen una serie de secuencias de aprendizaje en forma de elementos intermedios que pueden ser utilizados por un transmisor. El receptor puede, de conformidad con las especificaciones de UMTS, no saber exactamente qué datos de aprendizaje se han utilizado, pero sabrá que se ha seleccionado una secuencia intermedia a partir de un conjunto específico de elementos intermedios predefinidos.

50 En este caso, el receptor puede evaluar todos los elementos intermedios posibles y determinar los transmitidos de conformidad con un criterio adecuado.

55 Se utiliza un método particularmente eficiente de generación de elementos intermedios múltiples en el modo UTRA TDD definido por el Proyecto de Asociación de 3ª Generación (3GPP). En esta técnica, se usa un solo código base periódico para derivar múltiples elementos intermedios mediante desplazamientos cíclicos del código base periódico. La estimación del canal puede lograrse eficientemente en el receptor realizando una sola correlación cíclica en la parte de aprendizaje de la ráfaga y segmentando el resultado. En UTRA TDD, cada uno de estos elementos intermedios (derivado de un único código base) está asociado con uno o más códigos de dispersión. Por lo tanto, en UTRA TDD cada codificación de dispersión está vinculada a una secuencia de aprendizaje específica.

60 UTRA TDD actualmente utiliza un único código base por celda con uno o más elementos intermedios (cambios del código base) que se utilizan en un solo intervalo de tiempo. Se asocian una o más secuencias de dispersión con cada una de estas secuencias intermedias de manera que los diferentes códigos de dispersión pueden tener la misma secuencia intermedia mientras que las secuencias intermedias diferentes se unen a diferentes conjuntos de

secuencias de extensión. En algunos casos, se puede utilizar la misma secuencia intermedia para todas las transmisiones desde un transmisor dado y, en particular, se puede utilizar la misma secuencia intermedia para todas las transmisiones desde una estación base dada.

5 Con el fin de mejorar aún más el rendimiento de los sistemas de comunicación celular, se investigan, desarrollan e introducen continuamente nuevas técnicas en los comités de normalización.

Una de esas técnicas es la técnica de transmisión denominada Múltiples Entradas-Múltiples Salidas (MIMO). En esta técnica, la comunicación se basa en una pluralidad de antenas de transmisión y recepción. Específicamente, en lugar de simplemente proporcionar diversidad a partir de antenas transmisoras espacialmente separadas, las técnicas MIMO utilizan transmisores que tienen circuitos de transmisión al menos parcialmente separados para cada antena, permitiendo así que se transmitan diferentes subseñales desde cada una de las antenas. Los receptores pueden recibir señales de entre una pluralidad de antenas de recepción y pueden realizar una detección conjunta teniendo en cuenta el número y las características individuales de la pluralidad de antenas transmisoras y antenas receptoras. Esto puede mejorar sustancialmente la eficacia espectral del sistema de comunicación celular.

Sin embargo, los sistemas UTRA TDD actuales, tal como se definen en la Versión 5, 6 o versiones anteriores de las Especificaciones Técnicas 3GPP, no fueron diseñados para soportar transmisiones MIMO y, por lo tanto, los beneficios de las técnicas MIMO no pueden explotarse completamente. Por lo tanto, una serie de desventajas resulta de las restricciones de las Especificaciones Técnicas actuales.

En particular, la capacidad de los receptores para determinar la fuente de una señal de transmisión o la estimación del canal para una antena en particular se ve obstaculizada por los requisitos y especificaciones para seleccionar dispositivos intermedios. Por ejemplo, de conformidad con las Especificaciones Técnicas 3GPP actuales, a cada ráfaga transmitida desde una celda se le puede asignar un código de dispersión distinto que está asociado con una secuencia intermedia específica.

Por consiguiente, en sistemas MIMO donde pueden transmitirse múltiples ráfagas simultáneamente desde diferentes antenas de transmisión utilizando los mismos códigos de dispersión, los códigos intermedios de las diferentes transmisiones también serán los mismos dando como resultado una estimación de canal reducida y una identificación de fuente en el receptor. En particular, puede evitar o impedir la identificación de una fuente de antena específica de la pluralidad de antenas de transmisión. Además, el número máximo de diferentes secuencias intermedias que puede utilizar una célula se limita al número máximo de códigos de dispersión permitido, lo que limita significativamente la capacidad del sistema.

Por lo tanto, un sistema MIMO mejorado sería ventajoso y en particular sería ventajoso un sistema que permita una mayor flexibilidad, un rendimiento mejorado y/o una mejor selección de secuencia de aprendizaje.

El documento EP 1 473 862 describe un transmisor MIMO que tiene una pluralidad de antenas acopladas a un modulador correspondiente y dispuesto para transmitir una señal multiplexada por división de frecuencia ortogonal (OFDM) a un receptor que incluye una pluralidad de antenas de recepción. Cada uno de los moduladores genera una señal OFDM con un grupo diferente de símbolos de aprendizaje y circula a través de los otros grupos de símbolos de aprendizaje transmitidos desde cada una de las otras antenas.

El documento WO 2004/006477 da a conocer un sistema de comunicación en el que se generan secuencias de aprendizaje para tener buenas propiedades de autocorrelación y de correlación cruzada. En un ejemplo, un terminal de usuario recibe un indicador de desplazamiento desde una estación base para indicar un desplazamiento cíclico que debería aplicarse a una secuencia de aprendizaje de núcleo.

El documento WO 2004/073276 da a conocer un sistema MIMO basado en OFDM en el que cada antena transmite una señal OFDM desde una antena diferente de conformidad con un grupo diferente de símbolos de aprendizaje.

El documento US 2004/008760 da a conocer un sistema de comunicación en el que una secuencia de aprendizaje utilizada para transmitir datos desde una estación base a un terminal móvil se selecciona de un conjunto de secuencias de aprendizaje. La estación base posteriormente utiliza un indicador de cambio para indicar al terminal móvil una magnitud por la cual la secuencia de aprendizaje seleccionada debe ser desplazada.

#### SUMARIO DE LA INVENCION

60 Varios aspectos y características de la presente invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

Por consiguiente, la invención busca preferiblemente mitigar, aliviar o eliminar una o más de las desventajas mencionadas anteriormente individualmente o en cualquier combinación. De conformidad con un primer ejemplo, se proporciona un sistema transmisor de comunicación celular denominado Múltiples Entradas-Múltiples Salidas, MIMO, que comprende: una pluralidad de antenas; medios de selección para seleccionar secuencias de aprendizaje para mensajes; medios para generar mensajes que comprenden secuencias de aprendizaje seleccionadas; y

5 medios de transmisión para transmitir los mensajes en una pluralidad de antenas; en el que el medio de selección está dispuesto para seleccionar una secuencia de aprendizaje para un mensaje de un conjunto de secuencias de aprendizaje en respuesta a una antena asociada sobre la cual debe transmitirse el mensaje, estando el conjunto de secuencias de aprendizaje asociado con una célula del transmisor MIMO y que comprende subconjuntos disyuntos de secuencias de aprendizaje para cada una de la pluralidad de antenas.

10 La invención puede proporcionar un rendimiento mejorado de un sistema de comunicación celular utilizando técnicas de transmisión MIMO. La invención puede permitir, en particular, la selección de secuencia intermedia que permite una determinación mejorada de una fuente de mensaje y, en particular, puede proporcionar un transmisor que transmite mensajes para los que una antena de fuente de una pluralidad de antenas puede identificarse de manera única.

15 Por ejemplo, a diferencia de los sistemas de comunicación convencionales, a cada célula se le puede asignar un conjunto de secuencias de aprendizaje que comprende subconjuntos disyuntos para cada una de una pluralidad de antenas. Por consiguiente, se habilita un sistema en el que diferentes secuencias de aprendizaje siempre se asignan a diferentes antenas, mientras que proporcionan a los receptores información de las secuencias de aprendizaje posibles a partir del conocimiento de la célula del transmisor.

20 Los ejemplos pueden permitir específicamente que un receptor identifique de manera única un transmisor desde el que se ha transmitido la secuencia intermedia, permitiendo así que se determine una estimación de canal para el canal de comunicación para esta antena. Esto puede mejorar el rendimiento de detección del receptor y dar como resultado un consumo de energía reducido, tasas de errores reducidas y/o una mejor calidad de servicio.

25 Cada subconjunto de secuencias de aprendizaje puede comprender una secuencia de aprendizaje más. La secuencia de aprendizaje puede ser, por ejemplo, un preámbulo, un postámbulo o una secuencia intermedia de una ráfaga de TDMA. El transmisor puede ser un transmisor de enlace ascendente, tal como un equipo de usuario, o un transmisor de enlace descendente, tal como una estación base.

30 El conjunto de secuencias de aprendizaje está asociado con una identidad celular de una celda del transmisor. En particular, el conjunto de secuencias de aprendizaje es único para cada identidad celular del sistema de comunicación celular.

35 Esto puede facilitar la selección de la secuencia de aprendizaje, reducir la complejidad y/o facilitar la identificación de la fuente en un receptor. En particular, puede permitir que un receptor determine de manera única la fuente de una secuencia de aprendizaje y/o puede reducir la complejidad de una búsqueda de secuencia de aprendizaje.

40 Cada subconjunto de secuencias de aprendizaje comprende una secuencia de aprendizaje base y el transmisor comprende medios para determinar una secuencia de aprendizaje para el mensaje en respuesta a la secuencia de aprendizaje base del subconjunto de secuencias de aprendizaje para la antena asociada.

Esto puede facilitar la generación de secuencias intermedias y/o la detección de secuencias de aprendizaje o la búsqueda por un receptor.

45 La secuencia de aprendizaje base de cada subconjunto de secuencias de aprendizaje es única dentro del conjunto de secuencias de aprendizaje.

50 Esto puede facilitar la selección de la secuencia intermedia, reducir la complejidad y/o puede facilitar la identificación de la fuente en un receptor. En particular, puede permitir que un receptor determine de manera única la antena desde la cual se ha transmitido una secuencia de aprendizaje y/o puede reducir la complejidad de una búsqueda de secuencia de aprendizaje.

55 De conformidad con una característica opcional, cada subconjunto de secuencias de aprendizaje comprende una pluralidad de secuencias de aprendizaje correspondientes a las versiones cíclicamente desplazadas de la secuencia de aprendizaje base del subconjunto de secuencias de aprendizaje.

60 Esto puede, p.ejem., facilitar la generación y/o selección de secuencias de aprendizaje. Adicional o alternativamente, puede facilitar el funcionamiento del receptor. Por ejemplo, puede permitir que un receptor determine una estimación de canal sin conocimiento de qué secuencia de aprendizaje del subconjunto de secuencias de aprendizaje se ha transmitido correlacionando con la secuencia de aprendizaje base.

Uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje corresponde a un conjunto de secuencias de aprendizaje asignadas para un solo transmisor de antena del sistema de comunicación celular.

65 Por ejemplo, el mismo conjunto de secuencias de aprendizaje puede utilizarse para células que no son MIMO y para una primera antena de una célula MIMO. Esto puede permitir la uniformidad entre las diferentes celdas y/o la mejor compatibilidad inversa.

De conformidad con una característica opcional de la invención, el sistema de comunicación celular es un sistema de comunicación celular de acceso múltiple por división de código (CDMA).

5 La invención puede proporcionar un rendimiento mejorado en un sistema de comunicación celular CDMA. El sistema de comunicación celular CDMA puede ser, por ejemplo, un Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles.

De conformidad con una característica opcional de la invención, los mensajes comprenden al menos un segmento de datos que se extiende por un código de separación celular y un código de canalización.

10 La secuencia de aprendizaje no se puede propagar por el código de separación celular y/o el código de canalización. El código de separación celular difiere entre las células y permite que un receptor se separe entre transmisiones de diferentes celdas. El código de canalización difiere para transmisiones a diferentes receptores dentro de una celda y permite a un receptor separar transmisiones. El código de separación celular puede ser un código de aleatorización y el código de canalización puede ser un código de dispersión del sistema de comunicación celular 3GPP.

De conformidad con una característica opcional de la invención, el medio de transmisión está dispuesto para transmitir simultáneamente un segundo mensaje desde una antena diferente de la pluralidad de antenas utilizando un mismo código de canalización para el mensaje.

20 La invención puede, en algunas realizaciones, permitir la transmisión de diferentes mensajes desde diferentes antenas utilizando el mismo código de canalización, pero teniendo diferentes dispositivos intermedios seleccionados de diferentes subconjuntos disyuntos. Por lo tanto, se puede lograr un sistema en el que las secuencias de dispersión se reutilicen de manera efectiva permitiendo al mismo tiempo la identificación de fuente completa. Esto puede permitir una mayor eficiencia del sistema de comunicación. Además, la complejidad puede mantenerse baja y la compatibilidad inversa con sistemas de comunicación celular convencionales puede mejorarse.

De conformidad con una característica opcional de la invención, el conjunto de secuencias de aprendizaje está asociado con un código de separación celular de una célula del transmisor.

30 Esto puede facilitar la determinación de un código de separación por un receptor.

De conformidad con una característica opcional de la invención, el medio de selección es operable para seleccionar la secuencia de aprendizaje en respuesta a una serie de códigos de canalización utilizados.

35 La secuencia de aprendizaje transmitida para uno o más de los mensajes puede ser indicativa de cuántos códigos de canalización se utilizan para transmisiones en esa antena, por una estación base dada (por ejemplo, la estación base del cual el transmisor MIMO es parte) o por un conjunto seleccionado de antenas. Esto puede facilitar el funcionamiento del receptor y proporcionar un rendimiento mejorado del receptor, ya que permite a un receptor optimizar la detección conjunta para el entorno dado.

De conformidad con una característica opcional de la invención, el medio de selección está dispuesto para seleccionar la secuencia de aprendizaje en respuesta a un mapeo de correspondencia único entre una secuencia de aprendizaje y un código de canalización.

45 Esto puede proporcionar una determinación facilitada y/o mejorada de secuencias de aprendizaje y/o códigos de canalización. El mapeo de correspondencia único puede ser un mapeo de correspondencia único de cada secuencia de aprendizaje a un conjunto de códigos de canalización, un mapeo de correspondencia único de cada código de canalización a un conjunto de secuencias de aprendizaje o de cada secuencia de aprendizaje a una secuencia de aprendizaje.

De conformidad con una característica opcional de la invención, el medio de selección es operable para seleccionar la secuencia de aprendizaje en respuesta a un código de canalización del mensaje.

55 La secuencia de aprendizaje puede seleccionarse específicamente como indicativa del código de canalización utilizado para ese mensaje. Esto puede permitir una fácil determinación del código de canalización por un receptor al detectar la secuencia de aprendizaje utilizada. El código de canalización puede, por ejemplo, determinarse como parte del proceso de estimación de canal con un bajo aumento de complejidad. Tal proceso puede aplicarse independientemente para cada una de las antenas de transmisión.

60 De conformidad con una característica opcional de la invención, el sistema de comunicación celular es un sistema de comunicación celular TDMA de acceso múltiple por división de tiempo.

65 La invención puede proporcionar un rendimiento particularmente mejorado en un sistema de comunicación celular TDMA.

De conformidad con una característica opcional de la invención, el sistema de comunicación celular es un sistema de comunicación celular dúplex por división de tiempo, TDD.

5 La invención puede proporcionar un rendimiento particularmente mejorado en un sistema de comunicación celular TDD.

De conformidad con una característica opcional de la invención, el sistema de comunicación celular es un Proyecto de Asociación de 3ª Generación del Sistema de Telecomunicación Móvil Universal, 3GPP UMTS.

10 La invención puede proporcionar un rendimiento particularmente mejorado en un sistema de comunicación celular 3GPP UMTS. En particular, puede permitir un mejor rendimiento de las comunicaciones de la interfaz de aire, lo que da como resultado una mayor capacidad y una mejor calidad de servicio en el sistema de comunicación en su conjunto. La invención puede mejorar los sistemas de comunicación celular 3GPP UMTS anteriores permitiendo un rendimiento MIMO muy mejorado y en particular la selección de secuencias de aprendizaje puede mejorarse para  
15 los requisitos y preferencias específicos asociados con la comunicación MIMO. En particular, la invención puede permitir así un rendimiento mejorado mientras se adapta a las características y preferencias para un sistema de comunicación celular 3GPP UMTS.

20 De conformidad con una característica opcional de la invención, un subconjunto de secuencias de aprendizaje corresponde a un subconjunto de secuencias de aprendizaje definidas para un transmisor de sistema de comunicación celular no MIMO en la Versión 5 de las Especificaciones Técnicas 3GPP.

25 Esto puede permitir una mejor uniformidad con la Versión 5 u otras versiones de las Especificaciones Técnicas 3GPP que no admiten transmisiones MIMO y pueden proporcionar características comunes mejoradas con desarrollos de equipos de conformidad con estas versiones de las Especificaciones Técnicas.

30 Según una característica opcional de la invención, al menos un subconjunto de secuencias de aprendizaje comprende una secuencia de aprendizaje base derivada mediante una construcción algebraica a partir de una secuencia de aprendizaje base definida para un transmisor de sistema de comunicación celular no MIMO en la Versión 5 de las Especificaciones Técnicas 3GPP.

35 Esto puede permitir una mejor uniformidad con la Versión 5 u otras versiones de las Especificaciones Técnicas 3GPP que no admiten transmisiones MIMO y pueden proporcionar características comunes mejoradas con desarrollos de equipos de conformidad con estas versiones de las Especificaciones Técnicas. En particular, puede permitir una mejor reutilización de algoritmos y técnicas existentes. Las secuencias de aprendizaje pueden, en particular, no propagarse mediante el código de separación celular y/o el código de canalización.

40 Según una característica opcional de la invención, al menos un subconjunto de secuencias de aprendizaje comprende una secuencia de aprendizaje base que no puede derivarse mediante una construcción algebraica simple de una secuencia de aprendizaje base como se define para un transmisor de sistema de comunicación celular no MIMO en la Versión 5 de las Especificaciones Técnicas 3GPP.

45 Esto puede proporcionar un mejor rendimiento ya que las secuencias de aprendizaje base se pueden optimizar para las características de transmisión MIMO.

De conformidad con una característica opcional de la invención, al menos un subconjunto de secuencias de aprendizaje comprende una pluralidad de secuencias de aprendizaje derivadas de una secuencia de aprendizaje base de conformidad con las Especificaciones Técnicas 3GPP TS 25.221.

50 Esto puede permitir una mejor uniformidad con la Versión 5 u otras versiones de las Especificaciones Técnicas 3GPP que no admiten transmisiones MIMO y pueden proporcionar características comunes mejoradas con desarrollos de equipos de conformidad con estas versiones de las Especificaciones Técnicas. En particular, puede permitir una mejor reutilización de algoritmos y técnicas existentes.

55 De conformidad con una característica opcional de la invención, el medio de selección es operable para seleccionar la secuencia de aprendizaje en respuesta a la identidad de un receptor para el mensaje.

60 Por ejemplo, si el transmisor MIMO es una estación base, la secuencia de aprendizaje para un mensaje puede seleccionarse en respuesta al equipo de usuario al que se transmite el mensaje. Específicamente, las secuencias de aprendizaje pueden seleccionarse de manera que a cada UE se le asigne una secuencia de aprendizaje separada. Esto puede ser particularmente ventajoso en formas de realización en donde se utilizan transmisiones de antena direccional para separar espacialmente los equipos UEs.

65 De conformidad con una característica opcional de la invención, los medios de selección están dispuestos para seleccionar la misma secuencia de aprendizaje para una pluralidad de mensajes transmitidos en la misma antena de la pluralidad de antenas.

Por ejemplo, si el transmisor MIMO es una estación base, se puede utilizar una secuencia de aprendizaje común para todos los mensajes de una antena específica. Esto puede reducir la complejidad y puede reducir la interferencia entre secuencias de aprendizaje para diferentes equipos UE.

5 De conformidad con un aspecto diferente de la invención, se proporciona un sistema de comunicación celular de receptor del tipo denominado Múltiples Entradas-Múltiples Salidas, MIMO, que comprende: medios de recepción para recibir un mensaje transmitido desde un transmisor MIMO, comprendiendo el mensaje una secuencia de aprendizaje de un conjunto de secuencias de aprendizaje asociadas con una célula del transmisor MIMO y que comprenden subconjuntos disyuntos de secuencias de aprendizaje para cada una de una pluralidad de antenas del transmisor MIMO; medios para determinar una antena del transmisor MIMO desde el que se transmite el mensaje en respuesta a la secuencia de aprendizaje.

15 El receptor puede comprender medios para determinar una estimación de canal para un canal de comunicación y/o para determinar la antena del transmisor MIMO en respuesta a la determinación de la antena y la secuencia de aprendizaje. El receptor también puede comprender medios para realizar la detección conjunta de mensajes correspondientes relacionados con los mismos datos de usuario en respuesta a una estimación de canal.

20 La invención puede permitir una detección mejorada de la fuente en un sistema de comunicación celular y puede proporcionar un rendimiento mejorado y, en particular, puede aumentar la capacidad global del sistema de comunicación celular.

25 De conformidad con otro ejemplo, se proporciona un sistema de comunicación celular que comprende un transmisor MIMO de múltiples entradas-múltiples salidas que comprende: una pluralidad de antenas; medios de selección para seleccionar secuencias de aprendizaje para mensajes; medios para generar mensajes que comprenden secuencias de aprendizaje seleccionadas; y medios de transmisión para transmitir los mensajes en la pluralidad de antenas; en el que los medios de selección están dispuestos para seleccionar una secuencia de aprendizaje para un mensaje de un conjunto de secuencias de aprendizaje en respuesta a una antena asociada sobre la cual debe transmitirse el mensaje, el conjunto de secuencias de aprendizaje está asociado con una célula del transmisor MIMO y que comprende subconjuntos disyuntos de secuencias de aprendizaje para cada una de la pluralidad de antenas.

35 El sistema de comunicación celular puede asignar conjuntos disyuntos de secuencias de aprendizaje dentro del patrón de reutilización. En particular, el conjunto de secuencias de aprendizaje puede estar asociado con una identidad celular y/o un código de separación celular.

40 De conformidad con otro ejemplo, se proporciona un método de transmisión en un sistema de comunicación celular que incluye un transmisor MIMO de múltiples entradas-múltiples salidas que tiene una pluralidad de antenas, comprendiendo el método: seleccionar secuencias de aprendizaje para mensajes; generar mensajes que comprenden secuencias de aprendizaje seleccionadas; y transmitir los mensajes en la pluralidad de antenas; donde seleccionar secuencias de aprendizaje comprende seleccionar una secuencia de aprendizaje para un mensaje de un conjunto de secuencias de aprendizaje en respuesta a una antena asociada sobre la cual se va a transmitir el mensaje, el conjunto de secuencias de aprendizaje está asociado con una célula del transmisor MIMO y que comprende subconjuntos disyuntos de secuencias de aprendizaje para cada una de la pluralidad de antenas.

45 De conformidad con otro ejemplo, se proporciona un método de recepción en un sistema de comunicación celular que incluye un receptor de Múltiples Entradas-Múltiples Salidas, MIMO, comprendiendo el método: recibir un mensaje transmitido desde un transmisor MIMO, comprendiendo el mensaje una secuencia de aprendizaje de un conjunto de secuencias de aprendizaje asociadas con una célula del transmisor MIMO y que comprende subconjuntos disyuntos de secuencias de aprendizaje para cada una de una pluralidad de antenas del transmisor MIMO; y determinar una antena del transmisor MIMO desde la cual se transmite el mensaje en respuesta a la secuencia de aprendizaje.

55 Estos y otros aspectos, características y ventajas de la invención serán evidentes y se aclararán con referencia a las formas de realización descritas a continuación.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

60 Las formas de realización de la invención se describirán, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos, en los que:

La Figura 1 ilustra un sistema de comunicación celular UMTS TDD que utiliza técnicas del tipo denominado Múltiples Entradas-Múltiples Salidas (MIMO) para la comunicación a través de la interfaz de aire;

65 La Figura 2 ilustra la secuencia de aprendizaje de conformidad con algunas realizaciones de la invención;

La Figura 3 ilustra un transmisor MIMO del sistema de comunicación celular de conformidad con algunas

realizaciones de la invención;

La Figura 4 ilustra un receptor MIMO del sistema de comunicación celular de conformidad con algunas realizaciones de la invención; y

La Figura 5 ilustra un ejemplo de derivación de secuencia intermedia de conformidad con algunas realizaciones de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La siguiente descripción se centra en las realizaciones de la invención aplicables a un sistema de comunicación celular del tipo de Acceso Múltiple por División de Código, CDMA, y en particular a un sistema de comunicación que funciona de conformidad con el modo Dúplex por División de Tiempo (TDD) de un proyecto de asociación de la 3ª generación, del Sistema de Telecomunicación Móvil Universal (3GPP UMTS). Sin embargo, se apreciará que la invención no se limita a esta aplicación, sino que se puede aplicar a muchos otros sistemas de comunicación celular.

La Figura 1 ilustra un sistema de comunicación celular UMTS TDD 100 que usa técnicas de Múltiples Entradas-Múltiples Salidas (MIMO) para la comunicación a través de la interfaz de aire.

El sistema de comunicación celular 100 comprende una estación base 101 que se comunica con una pluralidad de Equipos de Usuario (UE) 103, 105, 107 a través de la interfaz de aire. El equipo UE puede ser típicamente una unidad de comunicación, un equipo de usuario de tercera generación, una unidad de abonado, una estación móvil, un terminal de comunicación, un asistente digital personal, un ordenador portátil, un procesador de comunicación integrado o cualquier elemento de comunicación físico, funcional o lógico que es capaz de comunicarse a través de la interfaz de aire del sistema de comunicación celular.

La estación base 101 está acoplada a un Controlador de Red de Radio (RNC) 109 que está acoplado a una red central 111 como será conocido por personas expertas en la técnica.

En el sistema de comunicación celular 100 de la Figura 1, la estación base 101 y los equipos UE 103-107 se comunican a través de la interfaz de aire utilizando técnicas MIMO. Por consiguiente, la estación base 101 y los equipos UE 103-107 comprenden una pluralidad de antenas y en el ejemplo tanto la estación base 101 como los equipos UE 103-107 tienen tres antenas (en otras realizaciones, el número de antenas puede ser diferente para la estación base 101 y los equipos UEs 103-107).

En un sistema MIMO, se proporcionan múltiples antenas en el lado de transmisión y recepción para explotar las variaciones en los canales entre las antenas individuales de transmisión y recepción para mejorar la eficiencia espectral. En dichos sistemas, diferentes flujos de datos pueden transmitirse simultáneamente en las diferentes antenas de transmisión, pero a la misma frecuencia. Por lo tanto, las señales transmitidas de las diferentes antenas se interferirán entre sí. En particular, una antena de recepción no solo recibirá una de las señales, sino que recibirá todas las señales en paralelo transmitidas por el transmisor. La señal recibida por la antena de recepción  $q$  puede estar representada por:

$$x_q(t) = \sum_{p=1}^N h_{qp}(t) s_p(t)$$

donde  $h_{qp}(t)$  es la función de transferencia de canal del canal de comunicación entre la antena de transmisión  $p$  y la antena de recepción  $q$ ,  $s_p(t)$  es la señal transmitida en la antena  $p$  y  $N$  es el número de antenas de transmisión.

Por lo tanto, la señal recibida total por el receptor puede estar representada por

$$X(t) = H(t)S(t)$$

en donde  $X(t)$  indica el vector que tiene  $x_q(t)$  como el  $q$ -ésimo elemento,  $H(t)$  indica la matriz que tiene  $h_{qp}(t)$  como el  $(q, p)$ -ésimo elemento y  $S(t)$  indica el vector que tiene  $s_p(t)$  como el  $p$ -ésimo elemento.

Por lo tanto, la señal transmitida puede estimarse a partir de la señal recibida y las estimaciones de canal de los canales de cada una de las antenas de transmisión a cada una de las antenas de recepción. Por ejemplo, se conocen receptores MIMO que determinan las señales transmitidas utilizando un método de mínimos cuadrados o una técnica de forzamiento del cero. De esta forma, el receptor realiza una detección conjunta de las señales transmitidas desde la pluralidad de antenas de transmisión y recibidas en la pluralidad de antenas de recepción. Los estudios teóricos y prácticos han demostrado que las técnicas MIMO pueden proporcionar una eficacia espectral sustancialmente mejorada y pueden dar lugar a una capacidad significativamente mayor del sistema de comunicación.



Sin embargo, la introducción de técnicas MIMO a los sistemas de comunicación celular introduce una serie de problemas y desventajas técnicas. Específicamente, la eficiencia de la comunicación MIMO se basa en la capacidad del receptor para determinar las estimaciones de canal para los canales de comunicación individuales que depende de la capacidad del receptor para identificar una fuente de las señales transmitidas usadas para determinar las estimaciones del canal.

En los sistemas de comunicación celular TDMA, tales como los sistemas UMTS TDD, los datos se transmiten en mensajes separados. En particular, un mensaje puede corresponder a una ráfaga que es la unidad de señal de capa física más pequeña en sistemas TDMA.

Una ráfaga típicamente consta de tres componentes, a saber: la carga útil de datos, la secuencia de aprendizaje y el período de guardia. La sección de carga útil de datos de la ráfaga transporta los mensajes de información y control que se transferirán del transmisor al receptor. No se realizan transmisiones en el período de guardia para evitar colisiones entre ráfagas en el receptor. Una señal conocida a priori del receptor se transmite como la secuencia de aprendizaje de modo que el receptor pueda estimar las características del canal por el que ha pasado la ráfaga. En general, se supone que las características del canal no cambian o cambian de manera insignificante durante el período de ráfaga. Por lo tanto, es ventajoso colocar la secuencia de aprendizaje aproximadamente en el medio de la ráfaga, separando así la carga útil de datos en dos secciones. Una secuencia de aprendizaje transmitida como tal se conoce como secuencia intermedia. En otros ejemplos, las ráfagas pueden comprender secuencias de preámbulo y/o postámbulo, que son secuencias de aprendizaje colocadas respectivamente al comienzo y al final de las ráfagas.

Algunos sistemas de comunicación celular TDMA utilizan además técnicas CDMA. Por ejemplo, en UMTS TDD, los segmentos de datos de una ráfaga se propagan mediante un código de separación celular, conocido como código de aleatorización, y un código de canalización, conocido como código de dispersión. Esto permite que se transmitan múltiples ráfagas simultáneamente a diferentes equipos UE con el código de separación celular utilizado para proporcionar una división de código entre transmisiones de diferentes celdas y el código de canalización para proporcionar división de código entre diferentes canales dentro de la misma celda.

Las ráfagas transmitidas simultáneamente por diferentes fuentes utilizando diferentes códigos de aleatorización pueden compartir un código de dispersión común. Se debe aplicar un código de dispersión distinto a cada ráfaga transmitida simultáneamente desde una sola fuente. Esto asegura que las ráfagas transmitidas desde una fuente común utilizando solo un código de aleatorización son separables. Sin embargo, en sistemas MIMO se pueden transmitir diferentes ráfagas simultáneamente desde diferentes antenas en la misma frecuencia y utilizando el mismo código de dispersión.

Las ráfagas transmitidas desde una única fuente de antena siempre pasarán por el mismo canal a cualquier antena de recepción y, por lo tanto, las ráfagas transmitidas simultáneamente por una fuente común pueden utilizar una secuencia intermedia común. Específicamente, desde la perspectiva de la estimación del canal, no hay necesidad de asignar distintos elementos intermedios a las ráfagas transmitidas desde la misma fuente. Sin embargo, las ráfagas transmitidas simultáneamente por diferentes fuentes deben utilizar distintas secuencias intermedias con el fin de garantizar que los canales individuales se puedan estimar de manera no ambigua.

Por lo tanto, en los sistemas MIMO, donde cada transmisor proporciona una pluralidad de fuentes, el sistema debe estar diseñado para permitir que los receptores determinen la fuente desde la cual se ha transmitido una secuencia de aprendizaje determinada. Sin embargo, sistemas de comunicación convencionales se han diseñado sin considerar las transmisiones MIMO. Por ejemplo, la Versión 5 o versiones anteriores de los sistemas 3GPP UMTS TDD no se han diseñado para admitir transmisiones MIMO y, en particular, las Especificaciones Técnicas prescriben un proceso de selección de secuencia intermedia que no proporciona una identificación única de una fuente de señal transmitida que por lo tanto da lugar a un rendimiento MIMO sub-óptimo.

Específicamente, la Versión 5 o versiones anteriores de los sistemas 3GPP UMTS TDD prescriben el uso de secuencias de aprendizaje que están vinculadas a códigos de dispersión específicos de modo que cada código de dispersión está vinculado a una secuencia de aprendizaje específica. De conformidad con lo que antecede, la transmisión simultánea de diferentes ráfagas desde diferentes antenas que utilizan el mismo código de dispersión también utilizará el mismo código de aprendizaje que resulta en la interferencia cruzada entre estos y la dificultad para un receptor en la separación entre las transmisiones. Esto impide la capacidad del receptor para identificar la antena de origen y realizar la estimación del canal de los canales MIMO individuales.

En las realizaciones de la Figura 1, se pone en práctica una selección de secuencia de aprendizaje que permite a los receptores determinar de forma única desde qué antena se transmitió la secuencia intermedia. Esto permite que se generen estimaciones de canales eficientes para los canales MIMO individuales, lo que da como resultado un rendimiento mejorado. La siguiente descripción se centrará en las transmisiones de enlace descendente, pero se apreciará que los conceptos también se pueden aplicar a las transmisiones de enlace ascendente.

De conformidad con las realizaciones de la Figura 1, la secuencia intermedia para una ráfaga dada transmitida por la estación de base se selecciona de un conjunto de dispositivos intermedios en respuesta a la antena desde la que se

transmite el mensaje. Además, el conjunto completo de elementos intermedios comprende subconjuntos disyuntos de elementos intermedios para cada una de la pluralidad de antenas.

5 Más concretamente, en los sistemas celulares, los patrones de reutilización se emplean para optimizar la capacidad del sistema. En sistemas celulares CDMA, tales como UMTS TDD, cada celda recibe un identificador,  $n_k$ , y normalmente existentes  $K$  identificadores, donde  $n = (n_1, n_2, \dots, n_K)$ . En los sistemas celulares CDMA, el patrón de reutilización se define utilizando el conjunto completo de elementos o un subconjunto de elementos en el vector  $n$ .

10 En sistemas convencionales, cada identificador,  $n_k$ ; siendo  $k = 1, 2, 3, \dots, K$ , tiene un código de separación celular asociado (código de aleatorización),  $v_k$  que se usa para separar usuarios en diferentes celdas. Los usuarios en la misma celda están separados por códigos de canalización (códigos de dispersión).

15 En sistemas CDMA convencionales, cada código de aleatorización tiene un conjunto único de elementos intermedios a partir de los cuales se selecciona una secuencia intermedia adecuada. Cualquier secuencia intermedia del conjunto puede seleccionarse para un código de aleatorización dado y no existe otra asociación de fuente que una correlación entre el modo de secuencia intermedia y el código de aleatorización. Sin embargo, cada código de dispersión está asociado con una secuencia intermedia impidiendo así la separación entre las secuencias de aprendizaje de ráfagas que utilizan el mismo código de dispersión pero que se transmiten desde diferentes antenas. Por lo tanto, en un sistema convencional, un receptor puede determinar qué código de aleatorización y, por lo tanto, qué célula fue recibida de una secuencia intermedia dada, pero no puede determinar de manera única, a partir de qué antena se transmitió una ráfaga determinada.

25 En el ejemplo de la Figura 1, las ráfagas tienen asignadas secuencias intermedias de manera que el receptor puede determinar inequívocamente la fuente de antena específica a partir de la cual se transmitió la ráfaga. Esto se consigue seleccionando secuencias intermedias a partir de un conjunto de secuencias intermedias que está asociado con la célula y que comprende subconjuntos disyuntos de secuencias intermedias, en el que cada subconjunto está asociado con una antena específica. Por lo tanto, el transmisor selecciona una secuencia intermedia para una ráfaga dada solo a partir del subconjunto que se define para la antena específica sobre la que se transmite la ráfaga. Además, incluso si se usa el mismo código de dispersión para diferentes ráfagas, los elementos intermedios se seleccionan de los diferentes subconjuntos disyuntos, lo que da como resultado una asociación de entorno único a antena de identificación única.

35 La selección de secuencia intermedia se ilustra en la Figura 2 donde el conjunto de secuencias intermedias utilizadas a través de la red se muestra como subconjuntos disyuntos. En el ejemplo, los conjuntos de secuencias intermedias utilizados por las células son disyuntos y los subconjuntos de dispositivos intermedios asignados a las ráfagas transmitidas desde diferentes antenas también son disyuntos. Por lo tanto, el receptor puede asociar inequívocamente una secuencia intermedia de semioscilación con una fuente.

40 La Figura 3 ilustra un transmisor MIMO del sistema de comunicación celular de conformidad con algunas realizaciones de la invención. El transmisor MIMO puede ser en particular la estación base 101 de la Figura 1 y se describirá con referencia a esta última. La siguiente descripción se centrará en una aplicación de enlace descendente, pero se apreciará que los principios descritos también son aplicables a las transmisiones de enlace ascendente.

45 La estación base 101 comprende un receptor de datos 301 que recibe datos para ser transmitidos a los equipos UE 103-107 a través de la interfaz de aire. El receptor de datos 301 se puede acoplar al RNC 109 y puede recibir datos a transmitirse desde el RNC 109.

50 El receptor de datos 301 está acoplado a un generador de mensajes 303 que genera mensajes para la transmisión a través de la interfaz de aire. El generador de mensajes 303 está acoplado a tres transceptores 305, 307, 309, cada uno de los cuales está acoplado a una antena de transmisión 311, 313, 315.

55 El generador de mensajes 303 genera los mensajes MIMO que, en el ejemplo específico, son ráfagas TDMA transmitidas en paralelo desde las tres antenas de transmisión 311, 313, 315. El generador de mensajes 303 genera los mensajes dividiendo los datos en ráfagas individuales y para cada ráfaga produce la dispersión de los datos a transmitir a través del canal aplicando un código de aleatorización y un código de dispersión. Los datos de dispersión se insertan en los segmentos de datos de la ráfaga y se inserta una secuencia intermedia adecuada en la sección de secuencia intermedia de la ráfaga. Además, la ráfaga comprende secciones de protección para evitar la superposición de transmisión en el receptor.

60 Cada ráfaga de MIMO se alimenta luego desde el generador de mensajes 303 a uno de los tres transceptores 305, 307, 309. Los tres transceptores 305, 307, 309 operan de forma síncrona utilizando la misma estructura de intervalos de tiempo y también transmiten en la misma frecuencia. Por lo tanto, en cualquier intervalo de tiempo, se transmiten tres ráfagas que comprenden diferentes datos desde el transmisor MIMO.

65 El generador de mensajes 303 está acoplado adicionalmente a un selector de secuencia intermedia 317 que está

dispuesto para seleccionar una secuencia intermedia adecuada para cada ráfaga. En particular, el selector de secuencia intermedia 317 está provisto de un código de dispersión y una identificación de antena para cada ráfaga por el generador de mensajes 303. En respuesta, el selector de secuencia intermedia 317 identifica el subconjunto en el conjunto de selecciones intermedias disponibles para la estación base que está asignado a la antena transmisora específica desde la cual se transmitirá la ráfaga. Luego procede a seleccionar una selección intermedia específica para cada ráfaga a partir del subconjunto dependiendo del código de dispersión que se utiliza para la ráfaga específica. Diferentes secuencias intermedias se pueden seleccionar del subconjunto para diferentes ráfagas y, por lo tanto, se puede utilizar una pluralidad de secuencias intermedias de un subconjunto dado simultáneamente en una sola antena. El selector de secuencia intermedia 317 proporciona las secuencias intermedias seleccionadas al generador de mensajes 303 que lo incorpora en la ráfaga de MIMO. Este proceso se repite para todas las ráfagas.

Puesto que los subconjuntos de elementos intermedios son disyuntos, no hay elementos intermedios incluidos en dos subconjuntos diferentes de la misma celda y, en consecuencia, la selección de secuencia intermedia permite una identificación de cuál de las tres antenas de transmisión 311, 313, 315 transmitió la ráfaga.

Además, los subconjuntos individuales pueden comprender secuencias de aprendizaje que están asociadas con secuencias de dispersión y la secuencia de aprendizaje específica del subconjunto puede seleccionarse dependiendo del código de dispersión. Por lo tanto, la secuencia de aprendizaje puede utilizarse para proporcionar información de la secuencia de dispersión usada, pero todavía está asociada de forma única con la antena individual.

En algunas realizaciones, el conjunto de secuencias intermedias está unido de forma única con una identidad celular de la célula servida por la estación base 101 y, en particular, el conjunto de secuencias intermedias está asociado de forma única, con una identidad celular de una célula del transmisor, con los conjuntos para diferentes identidades celulares que son conjuntos disyuntos sin ningún solapamiento. Por lo tanto, en sistemas de comunicación tales como UMTS, los elementos intermedios seleccionados están directamente asociados con una identidad celular específica. La identidad de la célula también está ligada normalmente a un código de aleatorización y los elementos intermedios seleccionados pueden asociarse además directamente con el código de aleatorización específico usado por la estación base 101. Por lo tanto, una detección de una secuencia intermedia no solo permite la determinación de la antena a partir de la cual la ráfaga ha sido transmitida, sino también desde qué celda se transmite la ráfaga y con qué código de aleatorización se ha transmitido. Si la secuencia intermedia se selecciona del subconjunto en respuesta al código de dispersión, la detección de secuencia intermedia puede proporcionar además información del código de extensión utilizado.

Por lo tanto, dentro del patrón de reutilización, la fuente de la transmisión puede identificarse de manera única permitiendo que el receptor realice una estimación de canal para cada canal MIMO (es decir, entre cada antena transmisora y cada antena receptora). (En los sistemas de comunicación celular, el mismo identificador celular/código de aleatorización puede ser reutilizado con un determinado patrón de reutilización asegurando que la interferencia entre las celdas que utilizan el mismo código de identidad/aleatorización es suficientemente baja. Esto también asegurará que cualquier interferencia entre secuencias de aprendizaje idénticas de diferentes células es suficientemente baja para ser aceptable).

La Figura 4 ilustra un receptor MIMO del sistema de comunicación celular de conformidad con algunas realizaciones de la invención. El receptor puede ser, en particular, un receptor del equipo UE 103 de la Figura 1 y se describirá con referencia a esta última.

El equipo UE 103 comprende tres extremos frontales de recepción 401, 403, 405, cada uno de los cuales está acoplado a una antena de recepción 407, 409, 411. Los extremos frontales de recepción 401, 403, 405 filtran, amplifican y reducen las señales recibidas de cada una de las antenas receptoras 407, 409, 411. Los extremos frontales de recepción 401, 403, 405 están todos ellos acoplados a un procesador de detección conjunta 413 que determina la señal recibida realizando una detección conjunta de todas las ráfagas recibidas desde la estación base 101 en un intervalo temporal dado. El procesador de detección conjunta 413 puede, por ejemplo, estimar las señales transmitidas aplicando un algoritmo de forzamiento cero como será bien conocido por los expertos en esta técnica.

El procesador de detección conjunta 413 estima, de este modo, las señales transmitidas y posteriormente determina los datos transmitidos como es bien conocido en la técnica. El procesador de detección conjunta 413 está acoplado a una interfaz de datos 415 que proporciona los datos a un receptor de datos adecuado, tal como una aplicación del equipo UE 103.

Con el fin de realizar la detección conjunta, el procesador de detección conjunta 413 debe tener conocimiento de las características del canal de todos los canales entre las antenas de transmisión y las antenas de recepción. En consecuencia, el equipo UE 103 comprende un estimador de canal 417 que realiza una estimación de canal. Para mayor claridad y brevedad, la Figura 4 ilustra solamente un estimador de canal 417 para el tercer extremo frontal del receptor 405 pero se apreciará que el equipo UE comprende además una funcionalidad de estimación de canal similar para los otros extremos frontales del receptor 401, 403. Esta funcionalidad puede proporcionarse mediante estimadores de canal paralelos o puede, por ejemplo, proporcionarse mediante evaluación secuencial por el mismo

estimador de canal 417.

El estimador de canal 417 está acoplado al tercer extremo frontal del receptor 405 y está alimentado a partir de él a partir de las secuencias intermedias de las ráfagas recibidas. Como ejemplo específico, el estimador de canal 417 puede correlacionar la secuencia intermedia con todas las secuencias intermedias posibles del conjunto asignado a la estación base específica 101 que sirve al equipo UE 101. El estimador de canal 417 está acoplado a un detector de antena de transmisión 419 que determina desde qué antena de transmisión de la estación base 101 se transmitió la secuencia intermedia.

Específicamente, el detector de antena de transmisión 419 puede evaluar la energía de correlación de las diferentes correlaciones de secuencia intermedia y seleccionar las secuencias más probables como la que da como resultado la energía de correlación más alta. A continuación, puede identificar el subconjunto de secuencias intermedias al que pertenecen estas secuencias intermedias y puesto que los subconjuntos son disyuntos, el detector de antena de transmisión 419 puede determinar directamente a partir de qué antena transmisora se transmitió la ráfaga.

La correlación puede proporcionar, además, una estimación de canal como es bien conocido en esta técnica y de este modo, el estimador de canal 417 y el detector de antena de transmisión 419 pueden proporcionar juntos una estimación de canal y una identificación del canal específico de entre la pluralidad de canales entre cada antena de transmisión individual y la antena de recepción 411 del tercer extremo frontal del receptor 405. Por consiguiente, el procesador de detección conjunta 413 puede realizar la detección conjunta basada en estimaciones precisas del canal para los canales apropiados que da como resultado un rendimiento del receptor mejorado.

Las Figuras 3 y 4 ilustran varios bloques funcionales de un transmisor y de un receptor de algunas realizaciones de la invención. Los bloques funcionales individuales pueden ponerse en práctica, por ejemplo, en un procesador adecuado tal como un microprocesador, un microcontrolador o un procesador de señal digital. Las funciones de los bloques ilustrados pueden ponerse en práctica, por ejemplo, al menos parcialmente, como rutinas de firmware o software que se ejecutan en procesadores adecuados o plataformas de procesamiento. Sin embargo, algunos o todos los bloques funcionales pueden ponerse en práctica total o parcialmente en hardware. Por ejemplo, los bloques funcionales pueden ponerse en práctica total o parcialmente como circuitos o lógica analógica o digital.

Los bloques funcionales pueden ponerse en práctica adicionalmente por separado o pueden combinarse de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, el mismo procesador o plataforma de procesamiento puede realizar la funcionalidad de más de uno de los bloques funcionales. En particular, un programa de firmware o software de un procesador puede realizar la funcionalidad de dos o más de los bloques funcionales ilustrados. Por ejemplo, el receptor de datos 301, el generador de mensajes 303 y el selector de secuencia intermedia 317 pueden ponerse en práctica como diferentes rutinas de firmware que se ejecutan en un único procesador. De forma similar, el estimador de canal 417, el detector de antena de transmisión 419, el procesador de detección conjunta 413 y/o la interfaz de datos 415 pueden ponerse en práctica como diferentes rutinas de firmware que se ejecutan en un único procesador. La funcionalidad de diferentes módulos funcionales puede ponerse en práctica, por ejemplo, como diferentes secciones de un único programa de firmware de software, como diferentes rutinas (por ejemplo, subrutinas) de un programa de firmware o software o como diferentes programas de firmware o software.

La funcionalidad de los diferentes módulos funcionales se puede realizar secuencialmente o se puede realizar total o parcialmente en paralelo. La operación en paralelo puede incluir una superposición de tiempo parcial o completo entre las funciones realizadas.

Los elementos funcionales pueden ponerse en práctica en el mismo elemento físico o lógico y pueden, por ejemplo, ponerse en práctica en el mismo elemento de red tal como en una estación base o en un terminal móvil. En otras realizaciones, la funcionalidad puede distribuirse entre diferentes unidades funcionales o lógicas. La funcionalidad de las unidades funcionales individuales también se puede distribuir entre diferentes elementos lógicos o físicos.

En algunas realizaciones, cada subconjunto de secuencias de aprendizaje comprende una secuencia de aprendizaje base de la que pueden derivarse otras secuencias de aprendizaje del subconjunto. Esta secuencia de aprendizaje base puede ser específicamente única dentro del conjunto de secuencias de aprendizaje.

En algunas realizaciones, algunas o todas las secuencias de aprendizaje de un subconjunto pueden derivarse específicamente desplazando cíclicamente la secuencia de aprendizaje base del subconjunto. La secuencia de aprendizaje base puede ser un único código base periódico a partir del cual se generan múltiples secuencias de aprendizaje mediante desplazamientos cíclicos de los códigos base periódicos. En tal caso, la estimación del canal puede lograrse eficientemente en el receptor realizando una sola correlación cíclica en la parte de aprendizaje (secuencia intermedia) de la ráfaga y segmentando el resultado. Por ejemplo, el estimador de canal 417 puede realizar una correlación cíclica y determinar el desplazamiento cíclico desde el desplazamiento temporal que da como resultado la energía de correlación más alta.

La Figura 5 ilustra un ejemplo de derivación de secuencia intermedia de conformidad con este ejemplo. En el ejemplo, se muestra que una estación base 501 tiene dos elementos de antena de transmisión, a saber, el elemento

de antena A 503 y el elemento de antena B 505. Las ráfagas 507 transmitidas a partir del elemento de antena A 503 son asignadas como secuencias intermedias MA1 y MA2. Las ráfagas 509 transmitidas a partir del elemento de antena B 505 son asignadas como secuencias intermedias MB1 y MB2. Como se ilustra, los primeros n elementos de las secuencias intermedias MB1 y MB2 están relacionados cíclicamente, es decir, los primeros n elementos de MB1 son idénticos a los primeros n elementos de MB2 cíclicamente desplazados hacia la derecha por i elementos.

El uso de un único código base de secuencia intermedia para cada uno de los elementos de antena transmisora permite una estrategia de asignación de secuencia intermedia que es una versión extendida de los esquemas de asignación de secuencia intermedia existentes y como tal proporciona una ruta adecuada para lograr una compatibilidad inversa. Además, esto permite el uso de los sistemas de asignación de secuencia intermedia comunes, por defecto y específicos del equipo UE que se extenderán para las células que están habilitadas para el sistema MIMO.

En algunas realizaciones, las secuencias de aprendizaje de los subconjuntos disyuntos pueden determinarse para proporcionar una compatibilidad inversa. Específicamente, la Versión 5 de las Especificaciones Técnicas 3GPP especifica un conjunto de 128 secuencias de aprendizaje base que pueden ser utilizadas por una célula. La secuencia de aprendizaje base para los diferentes subconjuntos puede derivarse mediante una construcción algebraica a partir de una secuencia de aprendizaje base definida para un transmisor de sistema de comunicación celular no MIMO. Por ejemplo, a cada elemento de antena del transmisor se le puede asignar un único código base de secuencia intermedia único, que es un elemento del conjunto definido existente de 128 códigos base.

De manera más general, los códigos base de secuencia intermedia pueden ser elementos directos del conjunto de códigos base de secuencia intermedia existentes o pueden ser, por ejemplo, versiones invertidas en el tiempo de los códigos base existentes, concatenaciones de los códigos base de secuencias intermedias existentes o alguna otra construcción algebraica utilizando el conjunto de códigos base existentes.

En otras realizaciones, las secuencias de aprendizaje base pueden seleccionarse como secuencias de aprendizaje base que no pueden derivarse mediante una construcción algebraica a partir de las secuencias de aprendizaje base definidas en la Versión 5 de las Especificaciones Técnicas de 3GPP. Por el contrario, los códigos de aprendizaje base se pueden encontrar a partir de un conjunto de nuevas secuencias de la longitud deseada que presentan las propiedades deseadas, es decir, bajas correlaciones cruzadas, etc.

Las secuencias de aprendizaje pueden derivarse de las secuencias de aprendizaje base de cualquier manera adecuada. En particular, la compatibilidad inversa y la reutilización del algoritmo pueden conseguirse derivando secuencias de aprendizaje de uno o más subconjuntos de conformidad con la Versión 5 de las Especificaciones Técnicas 3GPP TS 25.221.

En este ejemplo, todas las secuencias intermedias asignadas a ráfagas transmitidas desde el mismo elemento de antena de transmisión son réplicas cíclicamente desplazadas del mismo código base de secuencia intermedia. El receptor puede entonces realizar la correlación cíclica de la señal recibida con códigos de secuencia intermedia base asociados con su propia célula (uno para cada elemento de antena de transmisión) y, si es necesario, las células próximas.

En algunas realizaciones, los códigos base de secuencia intermedia para elementos de antena de transmisión adicionales se derivan de una manera determinística conocida en el equipo UE y esto puede ser utilizado por un UE habilitado para MIMO para deducir, a partir de la estimación de canal con cada uno de estos códigos base, cuántos y qué elementos de la antena del transmisor están activos dentro de la célula sin la necesidad de una señalización explícita adicional.

En algunas realizaciones, la selección de la secuencia de aprendizaje se usa además para proporcionar información adicional a los receptores.

Por ejemplo, la secuencia de aprendizaje puede seleccionarse en respuesta a una serie de códigos de canalización utilizados y/o el código de canalización utilizado para la ráfaga. Más concretamente, los desplazamientos de secuencias intermedias usadas para cada una de las ráfagas pueden proporcionar información sobre el número de códigos de dispersión activos en un elemento de antena de transmisor particular o información sobre qué códigos de dispersión están activos en un elemento de antena particular.

De forma específica, cada subconjunto puede comprender un código base para la secuencia de aprendizaje y el código base apropiado puede seleccionarse dependiendo de qué antena deba transmitir la señal. La secuencia de aprendizaje puede entonces determinarse a partir del código base aplicando un desplazamiento cíclico, dependiendo de la magnitud del desplazamiento cíclico del código de dispersión específico utilizado para la ráfaga.

Se apreciará que la estación base 101 puede utilizar diferentes métodos y algoritmos de selección de secuencia intermedia y que, en particular, puede seleccionar diferentes métodos para compartir secuencias intermedias entre ráfagas y equipos UEs.

Por ejemplo, el selector de secuencia intermedia 317 puede seleccionar la secuencia de aprendizaje en respuesta a una identidad de un receptor para el mensaje o puede seleccionar la misma secuencia de aprendizaje para una pluralidad de mensajes transmitidos en la misma antena de entre la pluralidad de antenas. En particular, el selector de secuencia intermedia 317 puede seleccionar una secuencia intermedia única para cada una de las antenas de transmisión 311-315 y utilizarla para todas las ráfagas transmitidas desde esta antena.

Por ejemplo, el selector de secuencia intermedia 317 puede seleccionar secuencias intermedias a partir de los conjuntos disyuntos utilizando técnicas que permiten la reutilización de algoritmos de sistemas que no son MIMO. Dichas técnicas incluyen la asignación de secuencia intermedia común, la asignación de secuencia intermedia por defecto y la asignación de secuencia intermedia específica del UE, según se describe a continuación.

Asignación de secuencia intermedia común:

En la asignación de secuencia intermedia común, solo se usa un desplazamiento de secuencia intermedia único en el enlace descendente para todas las ráfagas independientemente de a qué equipo UE están destinadas las ráfagas. El desplazamiento de secuencia intermedia particular que se usa para todas las ráfagas puede, por ejemplo, ser indicativo del número de códigos de difusión/canalización que se utilizan durante un intervalo temporal. En una célula habilitada para MIMO, cada antena de transmisión puede simplemente utilizar simplemente un desplazamiento de secuencia intermedia único del respectivo código base de secuencia intermedia, con el desplazamiento indicando el número de códigos de difusión/canalización que estaban activos en esa antena de transmisión durante el intervalo temporal.

Asignación de secuencia intermedia por defecto:

En la asignación de secuencia intermedia por defecto, existe una asociación fija entre el desplazamiento de secuencia intermedia y los códigos de dispersión, donde cada desplazamiento de secuencia intermedia está asociado con uno o más códigos de dispersión. Por lo tanto, en el receptor, la estimación del canal del UE revela qué desplazamientos de secuencia intermedia están activos y, por lo tanto, qué códigos de dispersión se transmitieron. Esto permite que al equipo UE establecer su detector multiusuario (MUD) para detectar los símbolos transmitidos a partir de los códigos de dispersión pertinentes. En una celda habilitada para MIMO, cada antena de transmisión puede utilizar el mismo desplazamiento de secuencia intermedia/código de dispersión, en condición de mapeo de correspondencia, pero con un código base de secuencia intermedia diferente utilizado por la antena de transmisión. De este modo, el UE, una vez que se ha realizado la estimación de canal para cada uno de los códigos base de secuencia intermedia, es capaz de determinar qué códigos de dispersión se han transmitido desde qué antena de transmisión.

Asignación de secuencia intermedia específica del UE:

En la asignación de secuencia intermedia específica de UE, a cada UE se le asigna un desplazamiento por separado del código base de secuencia intermedia. En este caso, la conformación del haz de la antena se usa para separar los UE de manera que la separación espacial reduce la interferencia entre diferentes secuencias intermedias a un nivel aceptable. En el caso de una célula habilitada para MIMO, se puede utilizar la asignación de secuencia intermedia específica del UE introduciendo la técnica de formación del haz, por ejemplo, haciendo que cada antena de transmisión MIMO comprenda una pluralidad de elementos de antena. En este caso, se pueden utilizar códigos base de secuencia intermedia separados para cada uno de estos conjuntos de elementos de formación del haz.

Con el fin de proporcionar compatibilidad inversa mejorada, el subconjunto de secuencias intermedias utilizados en una de las antenas de transmisión de una celda MIMO puede ser el mismo que el utilizado por una estación base no MIMO. De forma específica, para un sistema de comunicación celular UMTS, se selecciona un solo subconjunto de secuencias de aprendizaje como las secuencias intermedias definidas para un transmisor del sistema de comunicación celular no MIMO en la Versión 5 de las Especificaciones Técnicas 3GPP.

Por lo tanto, uno de los subconjuntos del conjunto de secuencias intermedias para una célula MIMO consiste en el conjunto de secuencias intermedias definidos para el número de identificación de celda dado y específicamente la secuencia de aprendizaje básica del subconjunto se selecciona como la secuencia de aprendizaje básica especificada en la Versión 5 de las Especificaciones Técnicas 3GPP para ese número de identificación de celda.

Se apreciará que, aunque la descripción anterior se ha centrado en transmisores y receptores que utilizan tres antenas, los conceptos descritos son igualmente aplicables a sistemas MIMO que utilizan otros números de antenas de recepción y/o transmisión.

Se apreciará que la descripción anterior para mayor claridad ha descrito realizaciones de la invención con referencia a diferentes unidades funcionales y procesadores. Sin embargo, será evidente que se puede utilizar cualquier distribución adecuada de funcionalidad entre diferentes unidades funcionales o procesadores sin desviarse por ello de la idea inventiva. Por ejemplo, la funcionalidad ilustrada para ser realizada por procesadores o controladores

separados puede ser realizada por el mismo procesador o controlador. Por lo tanto, las referencias a unidades funcionales específicas solo se pueden considerar como referencias a medios adecuados para proporcionar la funcionalidad descrita en lugar de indicar una estructura u organización lógica o física estricta.

5 La invención se puede poner en práctica de cualquier forma adecuada, incluyendo hardware, software, firmware o cualquiera de sus combinaciones. La invención puede ponerse en práctica opcionalmente en parte como software informático que se ejecuta en uno o más procesadores de datos y/o procesadores de señal digital. Los elementos y componentes de una realización de la invención se pueden poner en práctica de forma física, funcional y lógicamente de cualquier manera adecuada. De hecho, la funcionalidad puede ponerse en práctica en una sola  
10 unidad, en una pluralidad de unidades o como parte de otras unidades funcionales. Como tal, la invención se puede realizar en una sola unidad o se puede distribuir física y funcionalmente entre diferentes unidades y procesadores.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con algunas realizaciones, no se pretende que esté limitada a la forma específica establecida en este documento. Por el contrario, el alcance de la presente invención está  
15 limitado solamente por las reivindicaciones adjuntas.

Además, aunque puede parecer que una característica se describe en relación con realizaciones particulares, un experto en esta técnica reconocería que varias características de las realizaciones descritas se pueden combinar de conformidad con la invención. En las reivindicaciones, el término que comprende no excluye la presencia de otros  
20 elementos o etapas.

Además, aunque se enumera de forma individual, puede ponerse en práctica una pluralidad de medios, elementos o etapas del método, por ejemplo, una sola unidad o procesador. De forma adicional, aunque las características individuales pueden incluirse en diferentes reivindicaciones, éstas pueden posiblemente combinarse de forma  
25 ventajosa, y la inclusión en diferentes reivindicaciones no implica que una combinación de características no sea factible y/o conveniente. Además, la inclusión de una característica en una sola categoría de reivindicaciones no implica una limitación a esta categoría, sino más bien indica que la característica es igualmente aplicable a otras categorías de reivindicaciones, cuando sea adecuado. Además, el orden de las características en las reivindicaciones no implica ningún orden específico en el que se deben aplicar las características y, en particular, el  
30 orden de las etapas individuales en una reivindicación del método no implica que las etapas deban realizarse en este orden. Por el contrario, las etapas se pueden realizar en cualquier orden adecuado. Además, las referencias singulares no excluyen una pluralidad. Por lo tanto, las referencias a "uno", "una", "primera", "segunda", etc. no excluyen una pluralidad.

**REIVINDICACIONES**

- 5 **1.** Un sistema de comunicaciones celular que comprende un equipo de usuario móvil que se comunica con una estación base (101), efectuándose la comunicación utilizando un sistema de Múltiples Entradas, Múltiples Salidas, MIMO, comprendiendo el equipo de usuario móvil:
- 10 medios (301) para recibir datos desde la estación base utilizando una o más transmisiones de enlace descendente, una secuencia de aprendizaje seleccionada de entre un conjunto de secuencias de aprendizaje que se han insertado en las transmisiones de enlace descendente; y
- 15 una pluralidad de transceptores, cada uno de los cuales está acoplado a una de entre una pluralidad de antenas de recepción, estando dispuesta la pluralidad de transceptores para detectar ráfagas de señales que representan las transmisiones de enlace descendente, habiendo sido las ráfagas de señales transmitidas simultáneamente por una pluralidad de antenas transmisoras (311, 313, 315) de la estación base; y
- 20 en donde la estación base comprende estar dispuesta para seleccionar una secuencia de aprendizaje para cada una de las transmisiones de enlace descendente transmitidas desde una de las antenas desde un subconjunto del conjunto de secuencias de aprendizaje de conformidad con una asociación entre el subconjunto de secuencias de aprendizaje y la antena en la que ha de transmitirse la transmisión de enlace descendente, y cada uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje forma subconjuntos separados (MA1, MA2; MB1, MB2) de secuencias de aprendizaje para cada una de la pluralidad de antenas, estando cada uno de los subconjuntos dispuestos de forma disyunta con respecto a los otros subconjuntos, y los subconjuntos disyuntos de secuencias de aprendizaje están vinculados de forma única con una identidad de una célula servida por la estación base.
- 25 **2.** El sistema según la reivindicación 1, en el que cada uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje se deriva desplazando cíclicamente una secuencia de aprendizaje base.
- 30 **3.** El sistema según la reivindicación 1, en el que la secuencia de aprendizaje base se utiliza para formar uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje y uno o más otros subconjuntos de secuencias de aprendizaje se derivan de una o más secuencias de aprendizaje base diferentes, cada una de las secuencias de aprendizaje base es única dentro del conjunto de secuencias de aprendizaje, y los subconjuntos de secuencias de aprendizaje se derivan cada uno desplazando cíclicamente la respectiva secuencia de aprendizaje base.
- 35 **4.** El sistema según la reivindicación 1, en el que cada uno de los transceptores está dispuesto para difundir los datos de la transmisión de enlace ascendente para su transmisión utilizando un código de separación celular y un código de canalización y los medios para seleccionar están dispuestos en funcionamiento para seleccionar la secuencia de aprendizaje de conformidad con un mapeo de correspondencia único entre la secuencia de aprendizaje seleccionada y el código de canalización.
- 40 **5.** El sistema según la reivindicación 4, en el que el mapeo de correspondencia único proporciona una relación entre una magnitud del desplazamiento cíclico de la secuencia de aprendizaje base y el código de canalización.
- 45 **6.** El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje corresponde a un conjunto de secuencias de aprendizaje asignadas para una sola antena del equipo de usuario móvil si opera en un sistema no MIMO.
- 50 **7.** El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de secuencias de aprendizaje está asociado con un código de separación celular de una célula en la que está funcionando el equipo de usuario móvil.
- 55 **8.** El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el medio para seleccionar es operable para seleccionar la secuencia de aprendizaje en respuesta a una serie de códigos de canalización utilizados.
- 9.** Un método de comunicación entre un equipo de usuario móvil y una estación base (101) en un sistema de comunicación celular, efectuándose la comunicación utilizando el método de Múltiples Entradas, Múltiples Salidas, MIMO, que comprende:
- 60 recibir datos de la estación base utilizando, mediante una o más transmisiones de enlace descendente, una secuencia de aprendizaje seleccionada de un conjunto de secuencias de aprendizaje que se han insertado en las transmisiones de enlace descendente; y
- 65 para cada uno de una pluralidad de transceptores, estando cada uno acoplado a una pluralidad de antenas de recepción, detectando una ráfaga de señales que representan las transmisiones de enlace descendente, las ráfagas de señales han sido transmitidas simultáneamente por una pluralidad de antenas transmisoras (311, 313, 315) de la estación base;



en el que una etapa de selección de las secuencias de aprendizaje por la estación base incluye seleccionar las secuencias de aprendizaje para cada una de las transmisiones de enlace descendente transmitidas desde una de las antenas a partir de un subconjunto del conjunto de secuencias de aprendizaje de conformidad con una asociación entre el subconjunto de secuencias de aprendizaje y la antena sobre la cual se transmitirá la transmisión de enlace descendente, y cada uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje forma subconjuntos separados (MA1, MA2; MB1, MB2) de secuencias de aprendizaje para cada uno de la pluralidad de antenas, estando cada uno de los subconjuntos disyunto con respecto a los otros subconjuntos, y los subconjuntos disyuntos de secuencias de aprendizaje están vinculados de manera única con una identidad de una celda servida por la estación base.

**10.** El método según la reivindicación 9, en el que cada uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje se deriva desplazando cíclicamente una secuencia de aprendizaje base.

**11.** El método según la reivindicación 9, en el que la secuencia de aprendizaje base se usa para formar uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje y uno o más de otros subconjuntos de secuencias de aprendizaje se derivan de una o más secuencias de aprendizaje base diferentes, siendo cada una de las secuencias de aprendizaje base única dentro del conjunto de secuencias de aprendizaje, y los subconjuntos de secuencias de aprendizaje se derivan cada uno desplazando cíclicamente la respectiva secuencia de aprendizaje base.

**12.** El método según la reivindicación 9, en el que la transmisión, para cada una de la pluralidad de antenas, incluye la difusión de los datos de la transmisión de enlace ascendente para su transmisión utilizando un código de separación celular y un código de canalización, y la selección de la secuencia de aprendizaje incluye seleccionar la secuencia de aprendizaje de conformidad con un mapeo de correspondencia único entre la secuencia de aprendizaje seleccionada y el código de canalización.

**13.** El método según la reivindicación 12, en el que el mapeo de correspondencia único proporciona una relación entre una magnitud del desplazamiento cíclico de la secuencia de aprendizaje base y el código de canalización.

**14.** El método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que uno de los subconjuntos de secuencias de aprendizaje corresponde a un conjunto de secuencias de aprendizaje asignadas para una sola antena del equipo de usuario móvil si opera en un sistema no MIMO.

**15.** El método según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que el conjunto de secuencias de aprendizaje está asociado con un código de separación celular de una célula en la que está funcionando el equipo de usuario móvil.

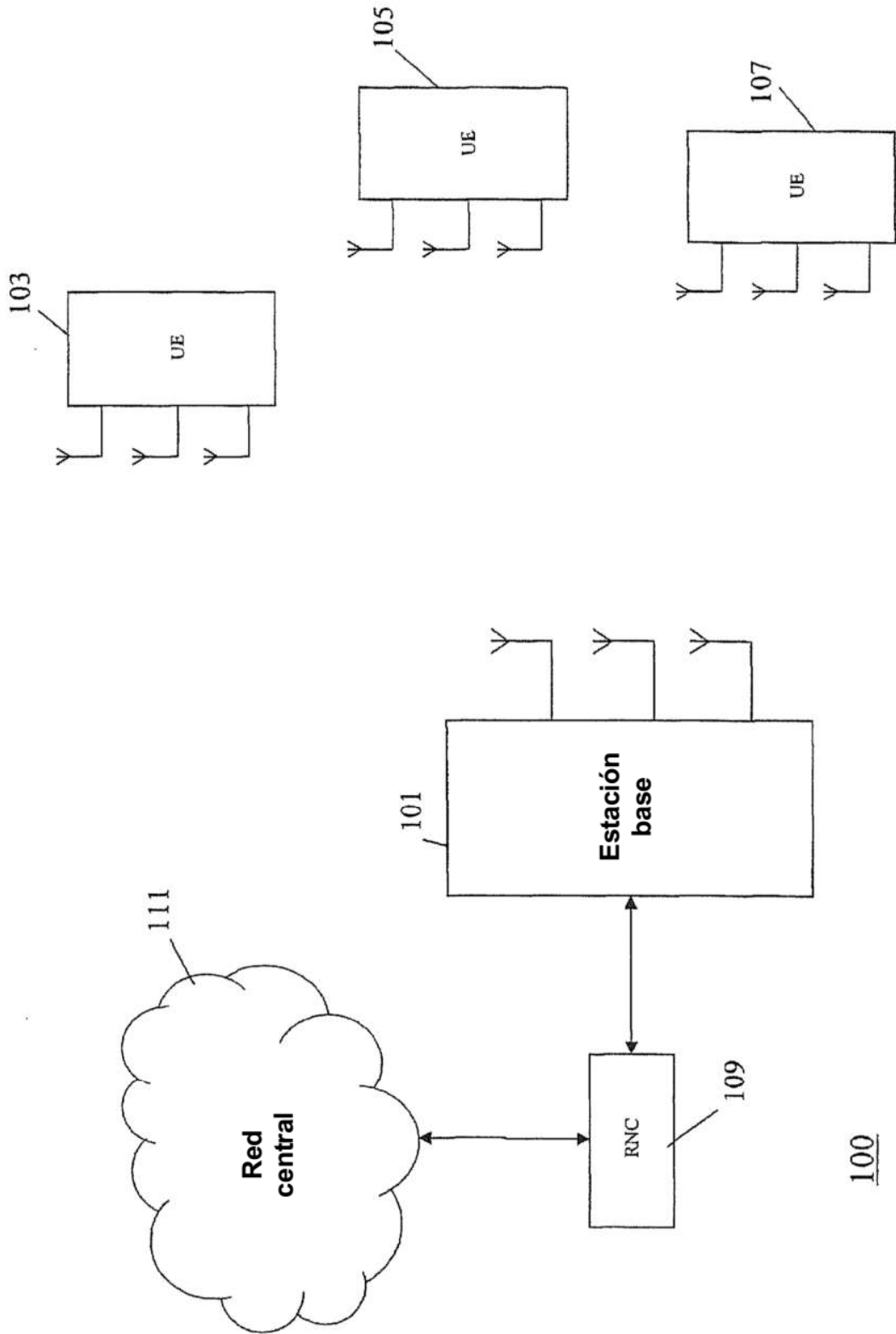


FIG. 1

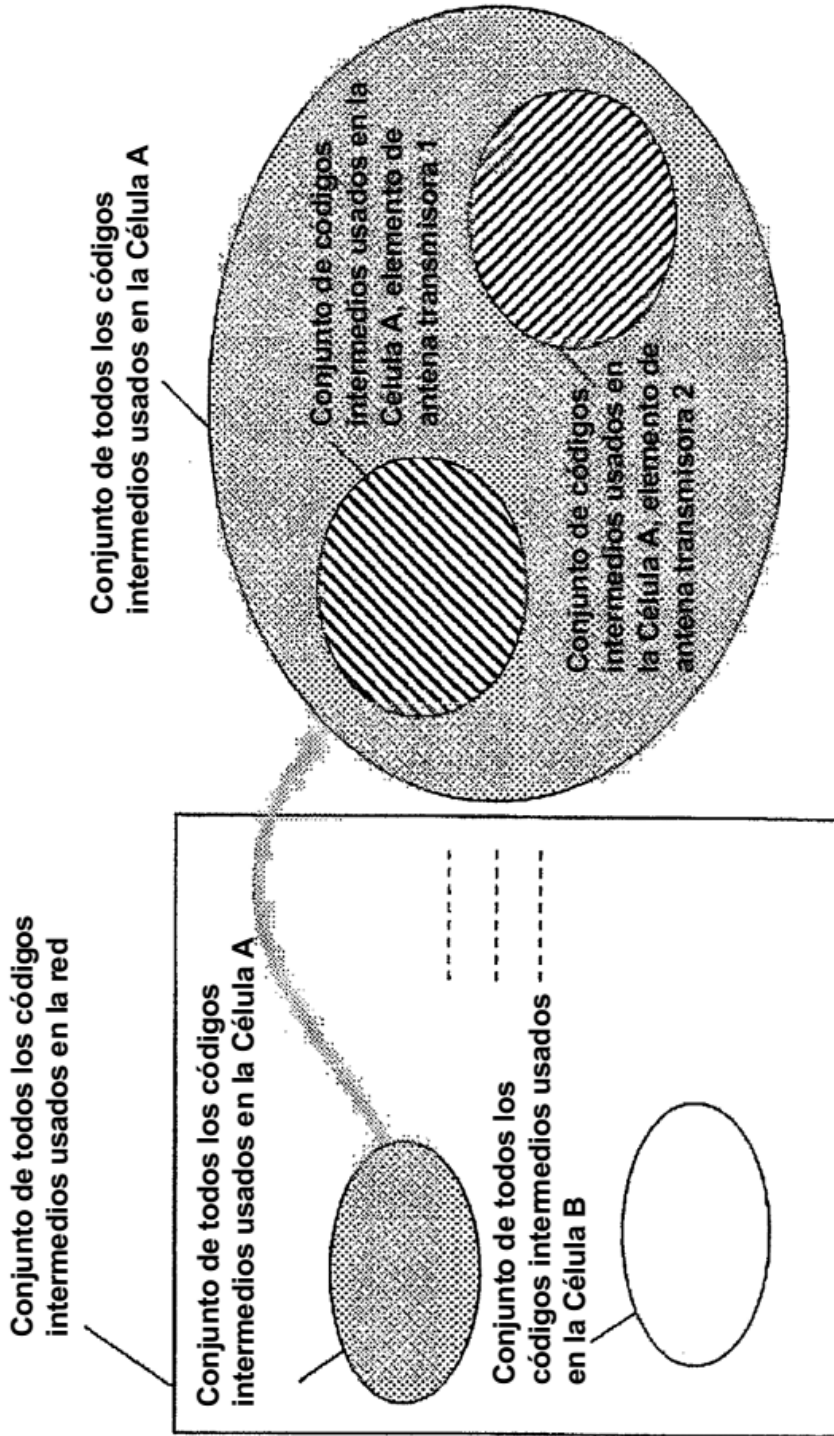
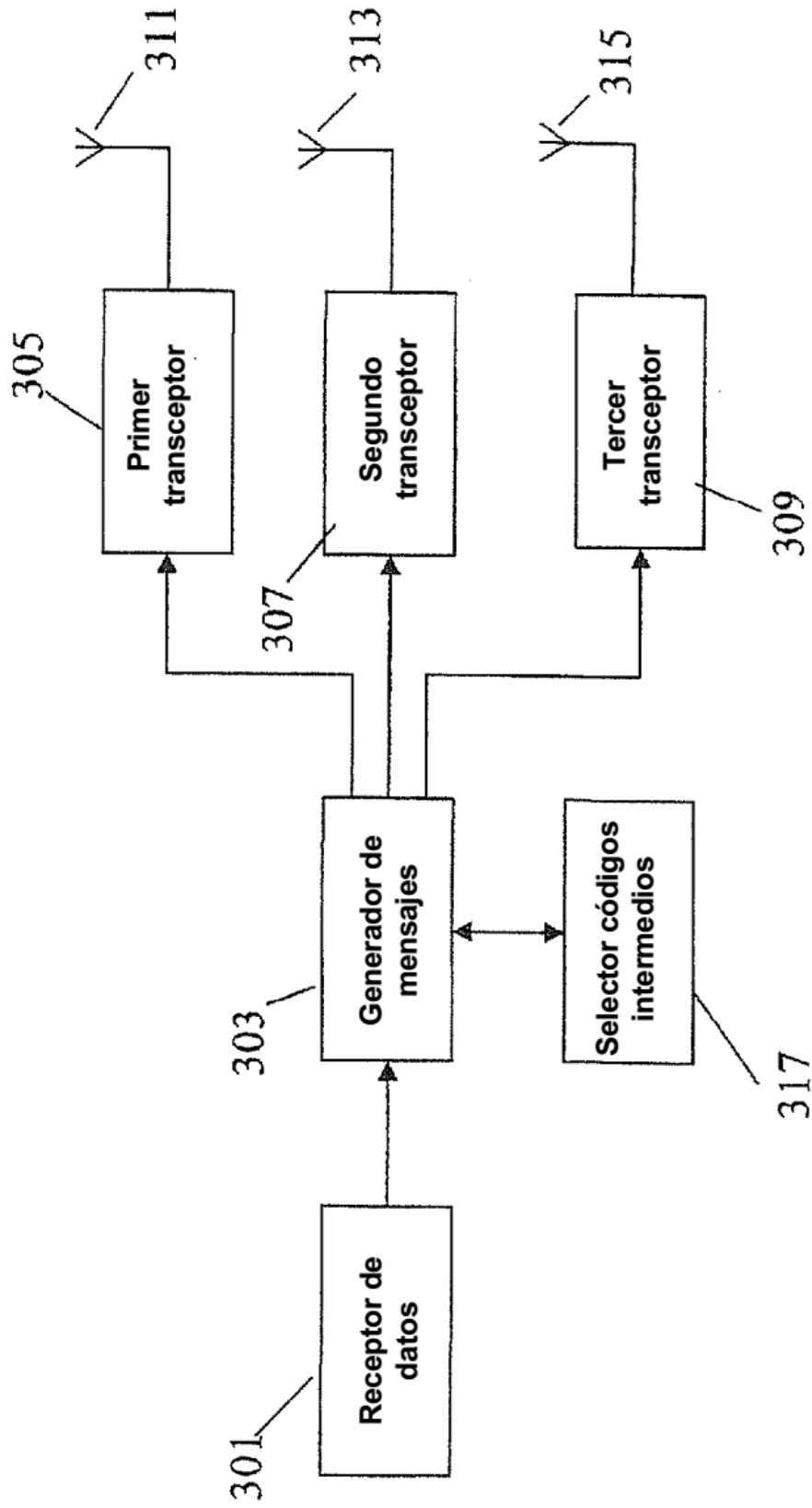


FIG. 2



101

FIG. 3

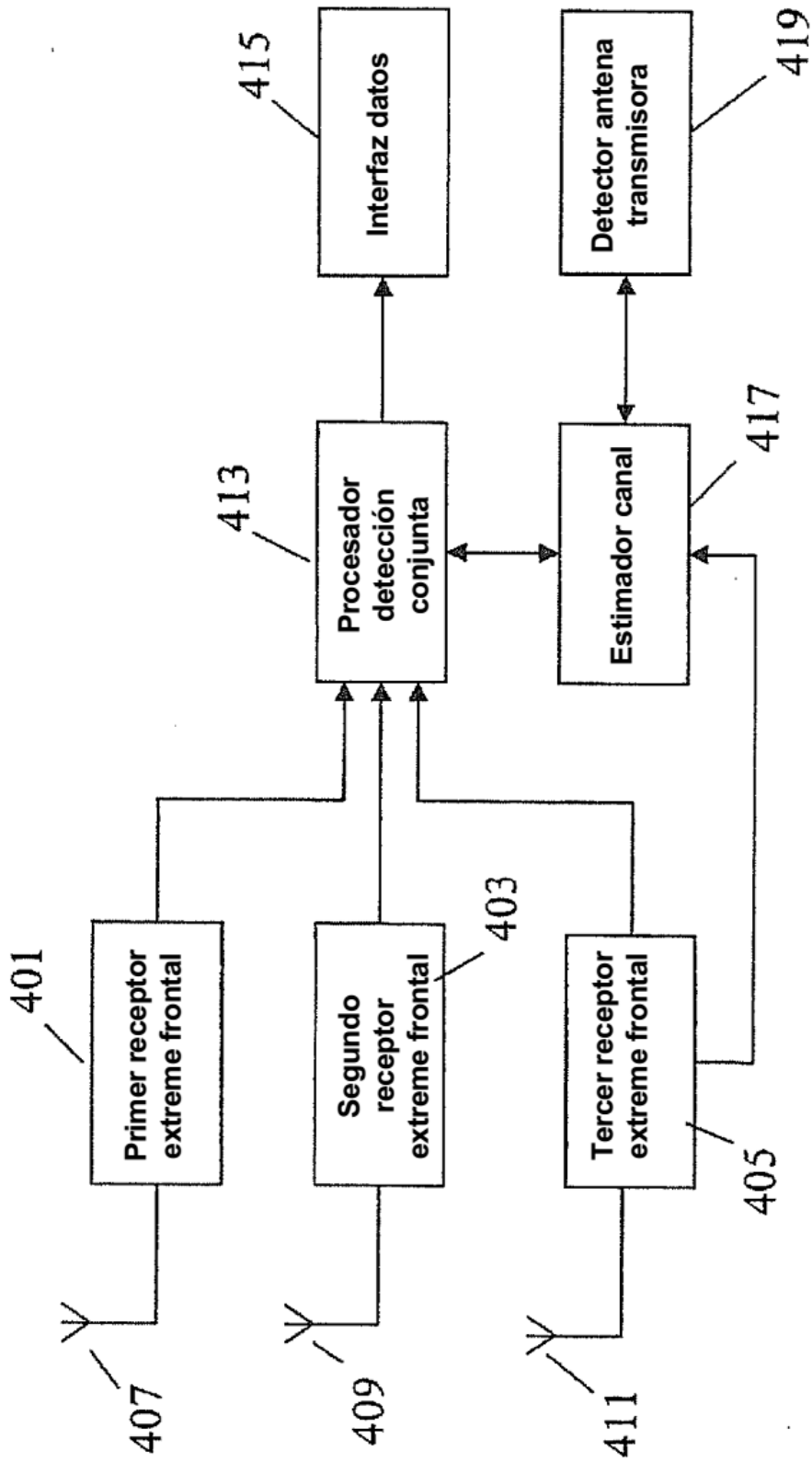


FIG. 4

103

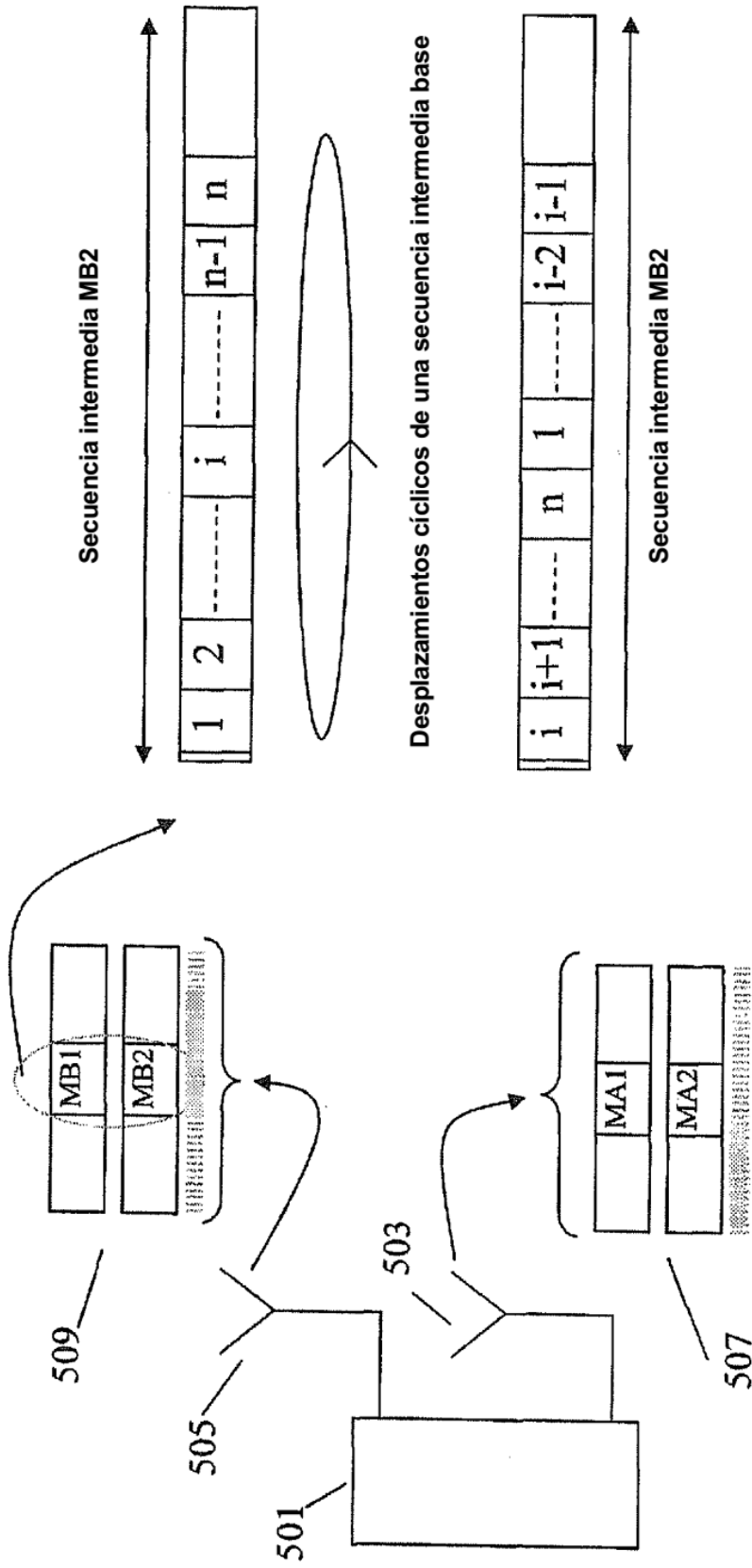


FIG. 5