

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 092**

51 Int. Cl.:

H04J 11/00 (2006.01)

H04W 72/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2013** **PCT/EP2013/061403**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2013** **WO13189728**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2013** **E 13726526 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018** **EP 2865117**

54 Título: **Un método para cancelar la interferencia de enlace descendente en una red de LTE avanzada**

30 Prioridad:

21.06.2012 ES 201230978

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

18.09.2018

73 Titular/es:

TELEFÓNICA S.A. (100.0%)

C/ Gran Vía 28

28013 Madrid, ES

72 Inventor/es:

LORCA HERNANDO, JAVIER

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 682 092 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).

Un método para cancelar la interferencia de enlace descendente en una red de LTE avanzada

DESCRIPCIÓN

5 Campo de técnica

La presente invención se refiere, en general, a comunicaciones inalámbricas, y más particularmente a un método para cancelar la interferencia de enlace descendente en una red heterogénea de LTE avanzada.

10 Estado de la técnica anterior

La evolución a largo plazo (LTE) es la siguiente etapa en sistemas 3G celulares, que representa básicamente una evolución de las normas de comunicaciones móviles actuales, tales como UMTS y GSM [1]. Es una norma de 3GPP que proporciona rendimientos globales de hasta 50 Mbps en enlace ascendente y de hasta 100 Mbps en enlace descendente. Usa un ancho de banda escalable a escala de desde 1,4 hasta 20 MHz con el fin de adaptarse a las necesidades de los operadores de red que tienen asignaciones de ancho de banda diferentes. También se espera que LTE mejore la eficiencia espectral en redes, permitiendo que las operadoras proporcionen más servicios de datos y voz sobre un ancho de banda dado.

La LTE avanzada (LTE-A), una evolución de LTE, está normalizándose en LTE *Release* 10 y posteriores. Se pretende que cumpla con los requisitos de IMT avanzadas, cuyas capacidades van más allá de las de IMT-2000 e incluyen tasas de transmisión de datos de pico mejoradas para soportar aplicaciones y servicios avanzados (100 Mbps para alta movilidad y 1 Gbps para baja movilidad).

A medida que la eficiencia espectral de un enlace punto a punto en redes celulares se aproxima a sus límites teóricos, existe la necesidad de aumentar la densidad de nodos para mejorar adicionalmente la capacidad de red. Sin embargo, en despliegues que ya son densos en las redes actuales, las ganancias de división de célula pueden limitarse considerablemente por la alta interferencia intercelular.

Un enfoque alternativo implica el despliegue de nodos de baja potencia superpuestos dentro de una macrorred, creando lo que se denomina una red heterogénea (comúnmente conocida como "HetNet"). Las HetNet consisten en una mezcla de macrocélulas, cabeceras de radio remotas, y nodos de baja potencia tales como picocélulas, femtocélulas y repetidores. El aumento de la proximidad entre los elementos de red de acceso y los usuarios finales tiene el potencial de aumentar drásticamente el rendimiento global y la eficiencia del espectro por km cuadrado. Sin embargo, aparecen importantes desafíos técnicos cuando se despliega una red heterogénea que funciona a una frecuencia individual.

Las técnicas de gestión de interferencias son críticas para despliegues heterogéneos de LTE y la expansión del alcance de célula, permitida a través de la polarización de la célula y la partición de recursos adaptativa, se considera como un método eficaz para equilibrar la carga entre los nodos en la red y mejorar la eficacia global de los enlaces [2]. Un receptor de cancelación de interferencias desempeña un papel crucial a la hora de garantizar la adquisición de células débiles en presencia de transmisiones de macro heredadas.

Varios mecanismos de rechazo de interferencias están recibiendo una atención considerable en los últimos años, tanto en 3GPP como en la comunidad científica. Un esquema se denomina cancelación de interferencias sucesiva (SIC), mediante el cual un receptor avanzado realiza un procedimiento iterativo para detectar y cancelar una o más fuentes interferentes [3]. Los esquemas de cancelación de interferencias paralela (PIC) son muy similares a los esquemas de SIC, realizando una cancelación de interferencias recursiva a lo largo de varias subbandas correlacionadas y varios elementos de antena de recepción, y siendo nuevamente muy caros desde el punto de vista computacional [4].

Otras soluciones describen de una forma general procedimientos que implican la estimación y cancelación de interferencias de canales de CRS, control y datos; de una forma iterativa (solicitud de patente US 2011/0267937). Estas soluciones no abordan el problema de colisión entre CRS interferente y canales de servicio de control/datos (y viceversa), considerando solo esquemas iterativos que eliminan parcialmente la interferencia mediante la estimación, reconstrucción y sustracción sucesiva de la señal original. Se derivan de ese modo a partir de arquitecturas de SIC, por tanto, presentan inconvenientes similares.

Las soluciones que implican un ajuste dinámico de la tasa de transmisión/potencia también se investigan en la solicitud de patente US 2010/0009634, en las que se requiere una realimentación entre los UE víctima y las estaciones base de servicio e interferente. Estas soluciones tienen el inconveniente de requerir enlaces de realimentación complejos hacia todos los nodos en consideración. Adicionalmente, siempre existe una potencia de canal de control mínima por debajo de la cual la demodulación es imposible, y esto restringe la eficacia de estas propuestas.

Una actividad de normalización considerable también se está llevando a cabo en el 3GPP, con respecto a la coordinación/cancelación de interferencias intercelular mejorada [5]. Están estudiándose varios mecanismos tanto para la mitigación de interferencias de canales de control (PSS, SSS, PDCCH, PCFICH, PHICH y PBCH) como para la protección del canal de datos (PDSCH). Aunque la protección de canal de control puede abordarse a través del desplazamiento de tiempo/frecuencia y del ajuste de potencia [7], las propuestas para la protección del canal de datos implican mecanismos de partición de frecuencia complejos, tales como reutilización de frecuencia fraccional (FFR) distribuida dinámica, e incluso cambios dinámicos del ID de CSG [5]. Estas técnicas, además de ser considerablemente complejas, requieren en algunos casos la existencia de nodos de coordinación centralizados, y están lejos de estudiarse a fondo.

Las técnicas de ICIC mejorada (conocidas como “eICIC” en el contexto de LTE avanzada) implican actualmente la partición de tiempo de las subtramas, introduciéndose las denominadas ABSF (subtramas casi en blanco). En las ABSF, no se transmiten señales de control o datos y solo están presentes las señales de referencia para la estimación de canal, tal como se muestra en la figura 1 en el contexto de un despliegue de co-canal de macrocélulas y femtocélulas.

En este esquema, un UE de macro en las proximidades de una femtocélula puede planificarse dentro de las subtramas que se solapan con las ABSF de la femtocélula, eliminando significativamente la interferencia intercelular [6]. La existencia de ABSF requiere implícitamente una sincronización de tiempo ajustado entre células, por encima de la sincronización de frecuencia habitual.

Problemas con las soluciones existentes:

El principal inconveniente con los receptores de SIC es la necesidad de una gran diferencia entre las potencias deseada e interferente, siendo de ese modo inadecuados cuando se tratan niveles de potencia recibidos similares (como se produce con frecuencia en condiciones de borde de célula con valores de geometría próximos a 0 dB) [12]. También exigen grandes capacidades computacionales del receptor del UE.

Las técnicas de ICIC mejorada basadas en ABSF disminuyen la interferencia a cambio de una capacidad reducida, debido a la existencia de subtramas sin datos de PDSCH. Además, la coordinación entre capas requiere la existencia de la interfaz X2 entre células de capas diferentes, con el propósito de intercambiar la información de coordinación dinámica. La interfaz X2 solo es opcional y en algunos casos muy difícil de implementar (tal como sucede, por ejemplo, en femtocélulas). Además, la eliminación de la interferencia de CRS exige adicionalmente capacidades de cancelación de interferencias en el UE, tal como se mencionó para los receptores de SIC/PIC.

La interferencia del canal de control también puede reducirse drásticamente a través del desplazamiento de tiempo/frecuencia y del PDCCH disperso, con el fin de evitar colisiones entre los canales de control de las macrocélulas y micro/pico/femtocélulas [7]. Un desplazamiento de tiempo de 16 símbolos de OFDM (equivalente a una subtrama más dos símbolos) es particularmente atractivo, tal como se representa en la figura 2 para el contexto de interferencia entre el eNB de macro y el eNB doméstico (femtocélula). Este desplazamiento de tiempo puede combinarse con la atenuación o desactivación de los RE de PDSCH que se solapan con los otros canales de control de la célula [5].

Sin embargo, todavía quedan asuntos fundamentales con respecto a la cancelación de interferencia de PDSCH, que no pueden conseguirse fácilmente sin una interacción compleja entre capas. La solicitud de patente “A method to minimize inter-cell interference in a LTE deployment” trató este problema, pero tuvo la limitación de considerar solo transmisiones de una única antena. Como no se considera una sincronización de tiempo entre células, la estimación coherente de la interferencia no es posible cuando se trata con más de una antena de TX, lo que es una situación común especialmente en femtocélulas. Además, se asume una coordinación de células para garantizar que no tenga lugar una transmisión de múltiples antenas, requiriendo de ese modo la existencia de la interfaz X2 y una estrategia de coordinación común que, en el caso de las femtocélulas, es muy difícil de asumir.

Sumario de la invención

Es necesario ofrecer una alternativa al estado de la técnica que cubra las lagunas encontradas en la misma, particularmente las relacionadas con la falta de propuestas que permitan la aplicación de esquemas de mitigación de interferencias más sencillos y eficaces, sin requerir recursos computacionales excesivos en el UE.

Para ello, la presente invención proporciona un método para cancelar la interferencia de enlace descendente en una red de LTE avanzada, que comprende al menos un dispositivo de usuario dotado de al menos cuatro antenas, conectado inalámbricamente a una estación base de servicio que tiene entre una y cuatro antenas de transmisión y que sufre interferencias desde al menos una estación base interferente que tiene entre una y cuatro antenas de transmisión, que establece un enlace de transmisión de datos entre una pluralidad de antenas.

A diferencia de las propuestas conocidas, el método de la invención comprende:

- aplicar un retardo de desplazamiento de tiempo entre dicha estación base de servicio y dicha al menos una estación base interferente con el fin de evitar la colisión entre señales de referencia de célula (CRS) de estaciones base interferentes y de servicio cuando se establece dicha transmisión de datos; e
- introducir cambios en la capa física para la transmisión y recepción de PDSCH que tienen como objetivo lograr la cancelación de interferencias entre capas, comprendiendo dichos cambios introducidos la introducción de un patrón de intervalos de transmisión en los símbolos (l) e índices de subportadora (k) de señales CRS de la célula interferente, lo que se aprovechará por dicho al menos un dispositivo de usuario para una cancelación de interferencias eficaz.

La estación base de servicio y al menos una estación base interferente están sincronizadas en el tiempo con un desplazamiento de tiempo relativo de una subtrama más dos símbolos de OFDM.

Además, la estación base de servicio conoce el número de las antenas de transmisión y la identidad de célula física de la estación base interferente ($N_{ID}^{int\ erf}$) con el fin de aplicar el patrón de intervalos apropiado en un subconjunto de los bloques de recursos reservados para un dispositivo de usuario particular (N_{RB}). El patrón de intervalos apropiado se aplica dependiendo del número de antenas de transmisión de la estación base interferente.

La estación base de servicio recibe un informe de medición de calidad de interferente y de servicio tal como una RSRP y una RSRQ desde dicho al menos un dispositivo de usuario, y conoce el número de antenas de transmisión y la identidad de célula física de la estación base interferente con el fin de aplicar el patrón de intervalos apropiado.

El retardo de desplazamiento de tiempo aplicado en el método es un desplazamiento de tiempo relativo de una subtrama más dos símbolos de OFDM, y en una realización, se aplica sobre todas las antenas de la estación base de servicio y las estaciones base interferentes.

En otra realización, el UE envía el número de antenas de transmisión y la identidad de célula física de la estación base interferente, y tras haberse planificado el UE aprovecha el patrón de intervalos aplicado por la célula de servicio para la cancelación de interferencias.

Finalmente, la estación base de servicio y la al menos una estación base interferente pueden ser o bien una macrocélula o bien una célula pequeña. A continuación, el término "femtocélula" se considerará completamente equivalente a "célula pequeña".

Otras realizaciones del método de la presente invención se describen según las reivindicaciones adjuntas y en una sección posterior relacionada con la descripción detallada de varias realizaciones.

Breve descripción de los dibujos

Las anteriores y otras ventajas y características se entenderán de manera más completa a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones, con referencia a lo que se adjunta, que debe considerarse de manera ilustrativa y no limitativa, en las que:

La figura 1 muestra un ejemplo de un despliegue de co-canal de macrocélulas y femtocélulas que introduce el concepto de subtramas casi en blanco (ABSF).

La figura 2 muestra un ejemplo de un desplazamiento de tiempo de 16 símbolos de OFDM usado entre macrocélulas y femtocélulas.

La figura 3 muestra el escenario que se estudia en la presente invención, que comprende una o varias células pequeñas desplegadas aleatoriamente bajo la cobertura de una macrocélula común, según una realización.

La figura 4 representa un ejemplo del diagrama de bloques de la invención propuesta para los dos escenarios que se estudian.

La figura 5 muestra el escenario de un UE conectado a una macrocélula y que se ve interferido por una femtocélula agresora que funciona en modo de CSG, según una realización de la presente invención.

Las figuras 6 y 7 muestran el patrón de DTX propuesto para el escenario 1 para los casos de una femtocélula con una antena de TX para un prefijo (CP) normal y extendido respectivamente, según una realización de la presente invención.

Las figuras 8 y 9 muestran los casos de una femtocélula con dos antenas de TX para un prefijo normal y extendido respectivamente, según una realización de la presente invención.

La figura 10 representa un ejemplo de un posible patrón de DTX para el caso de un CP normal con cuatro antenas de TX.

La figura 11 representa un ejemplo de un posible patrón de DTX para el caso de un CP extendido con cuatro antenas de TX.

La figura 12 muestra el escenario de un UE conectado a una femtocélula y que se ve interferido por una

macrocélula agresora, según una realización de la presente invención.

Las figuras 13 y 14 muestran el patrón de DTX propuesto para el escenario 2 para los casos de una macrocélula con una antena de TX para los casos de un CP normal y extendido respectivamente, según una realización de la presente invención.

5 Las figuras 15 y 16 muestran los casos de una macrocélula con dos antenas de TX para un prefijo normal y extendido respectivamente, según una realización de la presente invención.

La figura 17 representa un ejemplo de un posible patrón para el caso de un CP normal con cuatro antenas de TX, y la figura 18 representa un ejemplo de un posible patrón para el caso de un CP extendido con cuatro antenas de TX.

10 La figura 19 muestra una realización preferida de la invención propuesta para el eNodeB/eNB doméstico.

La figura 20 muestra una realización preferida de la invención propuesta para el UE.

Descripción detallada de varias realizaciones

15 La presente invención proporciona un método que trata el problema de mitigación de interferencias de enlace descendente de LTE-A para canales de datos en despliegues heterogéneos que comprenden una mezcla de macrocélulas y micro/pico/femtocélulas (comúnmente conocidas como "células pequeñas"). La interferencia entre femtocélulas no se aborda en esta propuesta.

20 Considerando el caso de un UE de LTE-A con al menos cuatro antenas (que es la capacidad básica para terminales de LTE-A), la presente invención introduce cambios en las transmisiones físicas tanto de macrocélulas como de células pequeñas, de modo que los UE de múltiples antenas pueden mitigar la interferencia de PDSCH. La invención propuesta supone que el número máximo de antenas de transmisión es de cuatro en todos los eNodeB. Aunque en LTE-A el eNodeB puede transmitir con hasta ocho antenas de TX, la aplicación de la invención propuesta requerirá un número excesivo de antenas de RX en el UE. Por lo tanto, se requiere un máximo de cuatro antenas de TX en el eNodeB. A continuación, por motivos de claridad las células pequeñas se indicarán comúnmente como "femtocélulas" (o eNB doméstico), aunque la invención propuesta puede aplicarse a cualquier tipo de célula pequeña.

30 El escenario que se estudia está representado en la figura 3. Una o varias micro/pico/femtocélulas están desplegadas aleatoriamente bajo la cobertura de una macrocélula común. Los UE conectados a la macrocélula sufren de una gran interferencia cerca de la femtocélula. Estos usuarios pueden experimentar un fallo de enlace de radio, apareciendo de ese modo un "área sin cobertura" alrededor de la femtocélula. De manera similar, como habitualmente se aplica expansión de alcance de célula (CRE) a las femtocélulas [2], los femtousuarios en condiciones de borde de célula pueden experimentar una gran interferencia desde la macrocélula.

35 Con el fin de mitigar la interferencia del canal de control entre macrocélulas y femtocélulas, se asume un desplazamiento de tiempo de 16 símbolos de OFDM, como en la figura 2. Este desplazamiento de tiempo será beneficioso para la presente invención, tal como se mostrará a continuación. Una gran interferencia entre los RE de PDSCH de la macrocélula y la femtocélula está presente cuando el UE está en condiciones de borde de célula. Para superar esto, la presente invención introduce cambios en la transmisión y recepción de PDSCH para la cancelación de interferencias entre capas en dos escenarios complementarios:

Escenario 1: UE conectado a una macrocélula y que sufre de interferencia de femtocélula.

45 Un UE de macro cerca de una femtocélula que está funcionando en modo de CSG experimenta una gran interferencia. Se proponen los siguientes cambios:

50 1. Suponiendo que la macrocélula conoce la identidad de célula física (PCI) y el número de antenas de la femtocélula, aplica una DTX (no hay transmisión) por un subconjunto de los RE reservados para el UE que se solapa con la CRS de femtocélula, cuando se establece una conexión de datos desde/hasta tal UE. Las diferentes femtocélulas pueden coexistir dentro de la misma región de cobertura de la macrocélula, ya que pueden aplicarse diferentes patrones de DTX que tienen como objetivo femtocélulas con PCI diferentes.

55 2. Un UE conectado a la macro y que sufre de interferencia de femto puede aprovecharse de los RE de DTX aplicados y estimar la(s) función/funciones de transferencia de canal de femtocélula. Junto con la(s) función/funciones de transferencia de canal de macro deseada, y con la ayuda de múltiples antenas de recepción, se establece de ese modo un escenario de MIMO combinado formado por la macro, femto y UE y las técnicas de detección de MIMO habituales pueden aplicarse para la correcta demodulación de las transmisiones de macro.

60 Escenario 2: UE conectado a una femtocélula y que sufre de interferencia de macrocélula

En este caso un UE conectado a una femtocélula sufre de gran interferencia de macrocélula. Este escenario es típico de la expansión de alcance de célula, cuando se aplica desviación de los parámetros de traspaso con el fin de

expandir el alcance de la femtocélula [2]. Por tanto, se proponen los siguientes cambios:

3. Suponiendo que la femtocélula conoce la PCI y el número de antenas de transmisión de la macrocélula, aplica un patrón de DTX por un subconjunto de los RE reservados para el UE que colisionan con la CRS de macrocélula, cuando se establece una conexión de datos. Los parámetros de macrocélula pueden obtenerse mediante la femtocélula, por ejemplo, a través de procedimientos de tipo SON tales como la exploración de interfaz aérea o configuración semiestática a través de la interfaz X2 (si está disponible).

4. Un UE conectado a la femtocélula puede aprovechar los RE de DTX y estimar la(s) función/funciones de transferencia de canal interferente de macro, constituyendo por lo tanto un escenario de MIMO combinado en el que el UE puede aplicar técnicas de detección de MIMO y demodular correctamente las señales desde la femtocélula.

Considerando el caso general de N_T^{macro} antenas de macro y N_T^{femto} antenas de femto, un UE con un mínimo de $N_T^{macro} + N_T^{femto}$ antenas de recepción podrá demodular correctamente las señales deseadas en presencia de interferencia. Como ejemplo, un UE de macro con cuatro antenas de recepción puede cancelar la interferencia de una femtocélula cuando tanto la macro como la femto están transmitiendo con hasta dos antenas (en los RE reservados para ese UE). De manera similar, un UE de femto con solo dos antenas de recepción podrá cancelar la interferencia de una macrocélula cuando tanto la macro como la femto funcionan en modo de SISO.

Tanto la macrocélula como la femtocélula necesitan conocer el número de antenas de transmisión de la otra célula y la identidad de célula física (PCI) con el fin de aplicar el patrón de DTX apropiado. Los parámetros relevantes pueden obtenerse a partir de informes de medición, exploración aérea o configuración semiestática, tal como se explica en detalle en las siguientes secciones. Si no se conoce el número de antenas de TX de la otra célula por la célula de servicio (o es difícil de obtener), todavía es posible aplicar un patrón de DTX correspondiente al peor caso de cuatro antenas de transmisión. Esto tiene la ventaja de no requerir que el UE notifique el número de antenas; sin embargo, todavía tiene que determinarlo con el fin de aplicar el mecanismo de cancelación de interferencias propuesto.

La ventaja del escenario descrito es que la detección de MIMO es más eficaz en situaciones en las que los niveles de potencia tanto interferentes como deseados son similares. Por lo tanto, la invención propuesta es adecuada en situaciones en las que los valores de geometría del UE son de aproximadamente 0 dB. Además, la aplicación de técnicas de SIC para la detección de MIMO permitirá la cancelación de interferencias incluso en casos extremos de grandes valores de CRE [12].

A continuación, se supone un receptor de LTE-A con M antenas de recepción en el UE. Se considera una red heterogénea, que comprende una macrocélula y una o varias femtocélulas.

Se supone que las células implicadas tienen un máximo de cuatro antenas de transmisión. En caso de que estas células empleen más de cuatro antenas de transmisión, las señales CRS no serán útiles para la estimación de canal y el UE debe emplear señales CSI-RS en su lugar. También se supone que la macrocélula y las femtocélulas están sincronizadas en el tiempo, y que se aplica un desplazamiento de tiempo relativo de una subtrama más dos símbolos de OFDM (16 símbolos de OFDM) entre las transmisiones de macro y femto, con el fin de disminuir la interferencia del canal de control [5]. El desfase de dos símbolos adicional evita el solapamiento de la CRS de macro y femto, lo que permitirá una estimación apropiada de las matrices de canal relevantes tal como se explica a continuación.

Pueden considerarse dos escenarios diferentes: uno en el que un UE se conecta a una macrocélula y sufre de interferencia de femtocélula (que funciona en modo de CSG), y otro en el que un UE se conecta a una femtocélula y sufre de interferencia de macrocélula. El UE que sufre de interferencia se indica como "UE víctima". Se supone que una o más femtocélulas pueden desplegarse en el área de cobertura de la macrocélula, y que las femtocélulas funcionan en modo de CSG creando de ese modo una interferencia por los UE que no son miembros de CSG.

La figura 4 representa gráficamente el diagrama de bloques de la invención propuesta para los dos escenarios que se estudian. En el diagrama, el UE se conecta a un eNodeB que se indica como "eNB de servicio", y sufre de interferencia desde un "eNB interferente".

El bloque (41) en el eNB de servicio recibe informes de medición de calidad de célula desde los UE, tales como RSRP y RSRQ, con respecto a células interferentes y de servicio. Basándose en estas mediciones, la célula de servicio evalúa la necesidad de aplicar el esquema de cancelación de interferencias propuesto basándose por UE (bloque 42). La evaluación no se cubre mediante la presente invención, y cualquier solución propietaria se considera aceptable; como ejemplo, puede basarse en la comparación de RSRP/RSRQ tanto de la célula de servicio como de la célula interferente con umbrales predefinidos. Si la evaluación es negativa, se realiza un mapeo de PDSCH normal y la invención no se aplica (bloque 43). Por el contrario, el eNB de servicio necesita la PCI y el número de

antenas de TX de la célula interferente (bloque 44); si aún no se ha obtenido, el eNB de servicio pide al UE que notifique ambos parámetros, a través de cualquier mecanismo adecuado (bloque 45). Tras conocer esos parámetros el eNB espera a que el UE entre en el modo conectado de RRC (bloque 46). Cuando se inicia una conexión de datos, el eNB de servicio aplica un patrón de DTX en los RE reservados para el UE que se solapan con la CRS de célula interferente (bloque 47). El UE aprovecha los intervalos con el fin de estimar el canal interferente y cancelarlo a través de una demodulación de MIMO apropiada (bloque 48).

Como alternativa al procedimiento descrito, puede ser que en el bloque 45 la célula de servicio solo solicite la PCI de la célula interferente, y se aplica un patrón de DTX en el peor caso (correspondiente al caso de cuatro antenas de TX). La PCI está incluida en los informes de medición habituales enviados por el UE para traspaso o re-selección de célula [8]. Esta alternativa requiere de ese modo de un funcionamiento más sencillo porque no se necesita ningún informe adicional.

Escenario 1: UE víctima conectado a una macrocélula y que sufre interferencia desde una femtocélula de CSG

En este caso, un UE conectado a una macrocélula se ve interferido por una femtocélula agresora que funciona en modo de CSG, que le impide realizar un traspaso. La figura 5 representa esta situación.

Después del encendido, el UE busca los canales de sincronización de PSS/SSS de macrocélula y experimenta una interferencia aumentada desde la femtocélula. Se supone que el UE consigue conectarse a la macrocélula por la recepción apropiada de canales de control, con la ayuda de desplazamiento de tiempo, atenuación de potencia o desactivación de los RE de PDSCH, o cualquier otra técnica adecuada [5]. Sin embargo, cuando se inicia una conexión de datos, el solapamiento de los RE de PDSCH de macro y femto introduce una gran interferencia desde la femtocélula que puede provocar un fallo de enlace de radio. La presente invención propone de ese modo las siguientes modificaciones en transmisión y recepción de capa física:

1. El eNB de macro evalúa si se aplica o no el esquema de cancelación de interferencias propuesto para un UE particular. Esta decisión puede basarse en mediciones de RSRP/RSRQ de la macrocélula, la femtocélula, o cualquier otro mecanismo propietario que detecte un alto nivel de interferencia desde la femtocélula.

2. Con la activación del mecanismo propuesto, el eNB de macro informa al UE que notifique tanto la PCI como el número de antenas de transmisión de la femtocélula. Esto puede conseguirse a través de una modificación adecuada de informes de medición, pero para la presente invención cualquier procedimiento puede considerarse aceptable siempre que notifique ambos parámetros al eNB de macro. Como alternativa, puede solicitarse solo la PCI y la macrocélula considerará el peor caso de una femtocélula de cuatro antenas; esto disminuye la señalización a costa de un patrón muy denso de intervalos incluso en situaciones de una única antena.

3. Con esta información, la macrocélula conoce las ubicaciones exactas de la CRS de femtocélula en tiempo y frecuencia. Por lo tanto, con el establecimiento de una conexión, la macro aplica un patrón de DTX por un subconjunto de los RE reservados para el usuario que se solapan con la CRS de femtocélula. Las posiciones de frecuencia exactas dependen de la PCI y el número de antenas de transmisión de la femtocélula, y también se conocen las posiciones de tiempo debido al desplazamiento de tiempo fijo entre la macro y la femto.

4. Entonces el UE aprovecha las posiciones de DTX con el fin de estimar la(s) función/funciones de transferencia del/de los canal/canales entre la(s) antena(s) de recepción de UE y la(s) antena(s) de transmisión de femto. Esta estimación puede conseguirse a través de una interpolación apropiada sobre la banda de frecuencia relevante [8]. La matriz de canal correspondiente puede indicarse como "matriz de canal interferente". La estimación de la matriz de canal de macro también puede lograrse con la ayuda de la CRS de macro habitual; esta matriz de canal puede indicarse como "matriz de canal de servicio".

5. Con la ayuda de las matrices de canal de servicio e interferente, es posible considerar un escenario de multiplexación espacial (SM) de MIMO entre las antenas de TX de macro, las antenas de TX de femto y las antenas de RX de UE. El número de antenas de RX de UE será al menos igual a la suma de las antenas de TX de macro y femto. El procesamiento de banda base para la detección de las señales de macro y el rechazo de las señales interferentes se explica en la siguiente sección.

Cuando solo se requiere la PCI de femtocélula (etapa 2), la macro puede obtenerla de informes de medición habituales realizados por el UE con interferencia de femtocélula. En este caso, se evitaría el bloque 45 (figura 4), y la macro supone una femtocélula de cuatro antenas. Sin embargo, el UE debe conocerla con el fin de aplicar el mecanismo de cancelación de interferencias propuesto.

Pueden obtenerse tanto la PCI de femtocélula como su número de antenas por el UE a través de mediciones. Como la calidad de la célula de servicio es mala en presencia de la femtocélula, el UE comenzará a evaluar la RSRP/RSRQ de femtocélula [8]. Esto requiere que el UE sincronice brevemente con el canal de PSS/SSS de femtocélula, obteniendo por lo tanto la PCI. El UE puede obtener adicionalmente el número de antenas de transmisión de femtocélula a través de decodificación ciega del MIB de femtocélula, que se difunde por PBCH [8]. Son necesarios tanto la PCI como el número de antenas para el UE con el fin de conocer las ubicaciones de frecuencia exactas de la CRS de femto, en las que se aplicarán intervalos de DTX.

Después de obtener la matriz de canal interferente, el UE víctima puede cancelar la interferencia de femtocélula independientemente del/de los canal(es) de femto que se solapa(n) con los datos de macro (ya sea PDSCH u otros canales de control). Por tanto, es posible cancelar la interferencia siempre que el UE esté equipado con un número suficiente de antenas.

La detección de MIMO es en general más satisfactoria cuando el número de condición de canal $K(H)$, medido como la proporción de los valores singulares máximo y mínimo de la matriz de canal, se aproxima a 0 dB [9]. Una matriz de canal bien conocida tendrá valores singulares de magnitudes similares, y en este caso el sistema se comporta como dos canales de SISO independientes. Los números de condición superiores a 10 dB son característicos de matrices de canal mal condicionadas, y deben evitarse porque el sistema será más sensible a errores de estimación. Por tanto, el esquema propuesto será más eficaz cuando las SNR de los canales de servicio e interferente no sean muy diferentes, o el valor de geometría se aproxime a 0 dB, aunque una aplicación adicional de las técnicas de SIC también permitiría un funcionamiento con diferentes niveles de potencia de servicio e interferentes.

Patrón de DTX propuesto para el escenario 1:

Aunque es posible cualquier configuración para el patrón de DTX, se proponen varios patrones en esta invención dependiendo del número de antenas de TX de femtocélula. Los siguientes casos suponen que la transmisión de femtocélula se retarda 16 símbolos de OFDM con respecto a la transmisión de macrocélula. También es posible el caso opuesto, es decir que la transmisión de macrocélula se retarde con respecto a la femtocélula; en este caso los patrones propuestos en los escenarios 1 y 2 deben intercambiarse.

Caso de femtocélula con una antena de TX:

Las figuras 6 y 7 representan el patrón de intervalos propuesto. Solo se considera la mitad de densidad en dimensión de tiempo en comparación con la densidad de CRS correspondiente, porque se suponen condiciones de baja movilidad y debe evitarse una sobrecarga excesiva. También se observa que el desplazamiento de tiempo de dos símbolos de OFDM en relación con los límites de subtrama evita un solapamiento entre la DTX y la CRS de macrocélula. Como consecuencia, este desfase de tiempo es beneficioso para la invención propuesta además de ayudar a tratar la interferencia de canal de control entre la macro y la femto.

El patrón de DTX propuesto se aplicará en elementos de recurso (k,l) donde k es el índice de subportadora y l el número de símbolo dentro de la franja, con los siguientes valores para el CP normal y extendido:

$$l = 2$$

$$k = 6m + N_{ID}^{femtocélula} \bmod 6, m = 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{RB} - 1$$

El parámetro N_{RB} representa el número de RB asignados al UE; por tanto los intervalos solo se aplicarán por los RB reservados. El parámetro $N_{ID}^{femtocélula}$ representa la PCI de femtocélula, por lo tanto se aplica un desplazamiento de frecuencia dependiente de la célula que es análogo al desplazamiento de frecuencia correspondiente de la CRS de femtocélula. Por tanto, es posible la coexistencia de diferentes femtocélulas en la misma región de cobertura de la macrocélula. Cada femtocélula estará caracterizada por diferentes patrones de DTX a través de diferentes desplazamientos de frecuencia de célula específica (las figuras suponen el caso particular de $N_{ID}^{femtocélula} \bmod 6 = 0$). Puesto que el patrón de DTX solo se aplica por los RB reservados para un usuario particular, es posible tener diferentes patrones para cada una de las femtocélulas bajo la región de cobertura de la macrocélula.

Tal como puede observarse en las figuras 6 y 7, el patrón propuesto de intervalos no es tan denso como la CRS de femtocélula en la dimensión de tiempo, con el fin de evitar una sobrecarga excesiva. Por lo tanto, el UE debe estar en condiciones de baja movilidad. En la dimensión de frecuencia se mantiene la misma densidad, para tener en cuenta anchos de banda de coherencia del orden de 45 kHz que a menudo se encuentran en canales altamente dispersivos [8].

Cualquier otro patrón de DTX también es posible dependiendo de las necesidades de implementación particulares.

El patrón de intervalos descrito se aplicará por todas las antenas de TX en el eNB de macro, con el fin de permitir una estimación apropiada de CRS de femtocélula.

Caso de femtocélula con dos antenas de TX:

Las figuras 8 y 9 representan los casos para un prefijo normal y uno extendido, respectivamente. Los cuatro intervalos en el símbolo 2 de cada franja representan las dos transmisiones de antena de femtocélula.

El patrón de DTX propuesto se aplicará en los elementos de recurso (k,l) descritos por los siguientes parámetros:

$$l = 2$$

$$k = 3m + N_{ID}^{femtocélula} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

Esto es análogo al caso de una antena de TX, pero con una densidad doble de los intervalos en el dominio de frecuencia.

Caso de femtocélula con cuatro antenas de TX:

La figura 10 representa un posible patrón de DTX para el caso de un CP normal, y la figura 11 representa el patrón análogo para el caso de CP extendido.

El patrón de DTX propuesto se aplicará en los RE (k,l) caracterizados por los siguientes parámetros:

$$l = 2, 3$$

$$k = 3m + N_{ID}^{femtocélula} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

Se observa que en este caso los intervalos adicionales están reservados para la estimación de CRS correspondiente a las antenas de femtocélula de TX tercera y cuarta.

Procesamiento de banda base de UE para cancelación de interferencias:

Los intervalos de DTX pueden aprovecharse por el UE con el fin de estimar las funciones de transferencia de canal entre el UE y la femtocélula.

Como ejemplo, se considera un UE con cuatro antenas de recepción en los que tanto la macrocélula como la femtocélula están transmitiendo con dos antenas, en cualquiera de los modos de transmisión disponibles. Dado que las señales de macrocélula deseadas se indican como s_1, s_2 y las señales interferentes de femtocélula como i_1, i_2 , las matrices de canal de servicio e interferente son:

$$H^S = \begin{pmatrix} h_{11}^S & h_{12}^S \\ h_{21}^S & h_{22}^S \\ h_{31}^S & h_{32}^S \\ h_{41}^S & h_{42}^S \end{pmatrix},$$

$$H^I = \begin{pmatrix} h_{11}^I & h_{12}^I \\ h_{21}^I & h_{22}^I \\ h_{31}^I & h_{32}^I \\ h_{41}^I & h_{42}^I \end{pmatrix}.$$

Los coeficientes en H^S pueden obtenerse directamente de la estimación e interpolación de CRS de macrocélula. Con la ayuda de los RE de DTX descritos anteriormente, también pueden obtenerse los coeficientes en H^I .

Las señales recibidas de cada una de las antenas se expresan como:

$$\begin{aligned} r_1 &= h_{11}^S s_1 + h_{12}^S s_2 + h_{11}^I i_1 + h_{12}^I i_2, \\ r_2 &= h_{21}^S s_1 + h_{22}^S s_2 + h_{21}^I i_1 + h_{22}^I i_2, \end{aligned}$$

$$r_3 = h_{31}^S s_1 + h_{32}^S s_2 + h_{31}^I i_1 + h_{32}^I i_2,$$

$$r_4 = h_{41}^S s_1 + h_{42}^S s_2 + h_{41}^I i_1 + h_{42}^I i_2$$

En notación de matriz:

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11}^S & h_{12}^S & h_{11}^I & h_{12}^I \\ h_{21}^S & h_{22}^S & h_{21}^I & h_{22}^I \\ h_{31}^S & h_{32}^S & h_{31}^I & h_{32}^I \\ h_{41}^S & h_{42}^S & h_{41}^I & h_{42}^I \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \\ i_1 \\ i_2 \end{pmatrix}$$

Esto forma una ecuación matricial para la que pueden aplicarse técnicas de detección de MMSE o ML habituales. Además, puesto que solo se desean las señales de macrocélulas s_1 , s_2 , pueden aplicarse procedimientos (de tipo SIC) iterativos con el fin de eliminar las señales interferentes i_1 , i_2 .

Por lo tanto, un receptor de LTE-A básico con cuatro antenas de recepción podrá eliminar las señales de interferencia de dos antenas de una señal compuesta por la deseada más la de interferencia, empleando técnicas de detección de MIMO habituales. En un caso general, dadas N_T^{macro} antenas de macro de transmisión y N_T^{femto} antenas de femto de transmisión, un UE con un mínimo de $M = N_T^{macro} + N_T^{femto}$ antenas de recepción podrá cancelar apropiadamente la interferencia con el procedimiento general descrito anteriormente. Dado que el sistema está bien condicionado y el número de antenas de recepción es mayor que (o igual a) la clasificación del sistema, es posible una demodulación apropiada. Un número mayor de antenas de recepción ayudará en el proceso de demodulación aportando así diversidad de recepción adicional a la detección.

Escenario 2: UE víctima conectado a una femtocélula y que sufre interferencia desde una macrocélula

En este escenario, un UE conectado a una femtocélula (también conocida como eNB doméstica) sufre de interferencia de macrocélula agresora. Esta situación aparece especialmente bajo la expansión de alcance de célula de femtocélula. La figura 12 representa el escenario en este caso.

El agresor en este caso es la macrocélula. Como en el escenario 1, es necesario que la femtocélula conozca tanto la identidad de macro como el número de antenas. En este caso hay dos alternativas para obtenerlos:

o Como en el escenario 1, los UE con gran interferencia de macro medirán la RSRP/RSRQ de macrocélula. Esto requiere una breve sincronización con la macrocélula, obteniendo por lo tanto su PCI de PSS/SSS. Adicionalmente, es posible aplicar una decodificación ciega a MIB desde el PBCH de macro y obtener el número de antenas. Tanto PCI como el número de antenas pueden enviarse a un eNB doméstico a través de una modificación apropiada de un informe de medición, o por cualquier otro mecanismo adecuado. Esta alternativa es subóptima puesto que todos los UE en general verán la misma información de macrocélula, incurriendo por tanto en una sobrecarga de señalización excesiva hacia la femtocélula.

o Otra posibilidad de tipo SON es que, después del encendido, la femtocélula explore las señales interferentes de enlace descendente y decodifique los parámetros de macro relevantes. Esto tiene la ventaja de no requerir mediciones en el UE. Otras alternativas incluyen una configuración semiestática a través de una interfaz X2 (si está disponible), pero son más costosas.

Es posible que el UE evite notificar el número de antenas de la macrocélula, como en el escenario 1. En este caso la femtocélula asumirá transmisiones de macro de cuatro antenas.

Suponiendo que la femtocélula conoce los parámetros de macro, aplica el patrón de DTX apropiado por los RE reservados para los UE que sufren de gran interferencia de macrocélula. Estos UE aprovechan la DTX y construyen las matrices de canal de servicio e interferente como se explicó anteriormente. Con esta información es posible rechazar la interferencia siempre que estén disponibles suficientes antenas de recepción en el UE.

Patrón de DTX propuesto para el escenario 2:

Similar al escenario 1, aparecen varios casos dependiendo del número de antenas de TX en la macrocélula. De nuevo, se supone que la transmisión de femtocélulas está retardada 16 símbolos de OFDM con respecto a la macrocélula.

Caso de macrocélula con una antena de TX:

Las figuras 13 y 14 representan el patrón propuesto para los casos de CP normal y extendido, respectivamente. Son similares a las figuras 6 y 7, pero con un desplazamiento de frecuencia relativo de 3 RE debido al solapamiento con la CRS de macro del cuarto símbolo en cada franja. Las figuras suponen el caso particular de $N_{ID}^{macrocélula} \bmod 6 = 0$, donde el parámetro $N_{ID}^{macrocélula}$ representa la PCI de macrocélula.

La expresión para el patrón de DTX propuesto en los elementos de recurso (k,l) para el CP normal y extendido es:

$$l = 2$$

$$k = 6m + (N_{ID}^{macrocélula} + 3) \bmod 6, m = 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{RB} - 1$$

Caso de macrocélula con dos antenas de TX:

Este caso es análogo al del escenario 1 y presenta el mismo patrón de DTX, como se representa en las figuras 15 y 16.

El patrón de DTX propuesto se aplicará en los elementos de recurso (k,l) con los siguientes parámetros para el CP normal y extendido:

$$l = 2$$

$$k = 3m + N_{ID}^{macrocélula} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

Caso de macrocélula con cuatro antenas de TX

La figura 17 representa un posible patrón de DTX para el caso de CP normal, y la figura 18 representa un patrón análogo para el caso de CP extendido. Éstos son similares a las figuras 10 y 11 del escenario 1, pero con un desplazamiento de tiempo de tres y dos símbolos de OFDM, respectivamente.

El patrón de DTX propuesto se aplicará en los elementos de recurso (k,l) descritos por los siguientes parámetros:

CP normal:

$$l = 5, 6$$

$$k = 3m + N_{ID}^{macrocélula} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

CP extendido:

$$l = 4, 5$$

$$k = 3m + N_{ID}^{macrocélula} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

Procesamiento de banda base de UE para cancelación de interferencias:

El UE estima las matrices de canal tanto de servicio (femtocélula) como interferente (macrocélula), y aplica cualquiera de las técnicas de detección de MIMO habituales para extraer los componentes deseados.

Procesamiento de banda base de eNodeB / eNodeB doméstico

En ambos escenarios el eNodeB y los eNodeB domésticos deben cambiar el procesamiento de PDSCH de banda base con el fin de introducir los patrones de DTX. Deben tener lugar tres cambios fundamentales:

- La función de mapeador de elemento de recurso debe cambiar para incorporar los intervalos de DTX descritos en los RE relevantes [10].
- La función de adaptación de tasa de transmisión debe tener en cuenta la reducción en RE disponibles para DL-SCH debido al patrón de DTX, aumentando de ese modo la tasa de codificación eficaz [11].
- Debe introducirse un nuevo formato de PDCCH que informe al UE de la aplicación del patrón de DTX propuesto

a los RE relevantes [11].

Estos cambios no se tratan por la presente invención, y cualquier medio para realizarlos se considerará adecuado siempre que logre los objetivos descritos en la invención.

La figura 19 muestra una realización preferida de la invención propuesta por el eNodeB / eNodeB doméstico.

El bloque (191) es responsable de obtener la PCI de la célula interferente y el número de antenas de transmisión. Estos pueden obtenerse a través de los informes de medición de UE apropiados, así como la exploración de interfaz aérea o configuración semiestática a través de la interfaz X2; como alternativa, solo se necesita la PCI y se supone una transmisión de cuatro antenas. Con estos parámetros, el bloque (192) espera a que el UE entre en el modo conectado de RRC, y cuando entra, el bloque (193) evalúa la presencia de una alta interferencia entre capas. Si no se detecta ninguna interferencia excesiva el sistema aplica un mapeo de PDSCH normal (bloque 194). Por otro lado, si se detecta una alta interferencia se aplica el patrón de DTX propuesto con el fin de permitir la cancelación de interferencias por el UE (bloque 195). Finalmente el eNB/eNodeB doméstico señala apropiadamente al UE el patrón de DTX aplicado (bloque 196), por ejemplo a través de cualquier modificación adecuada de la información de planificación de DL en PDCCH [11].

La figura 20 muestra una realización preferida de la invención propuesta para el UE.

El bloque (201) (mostrado en líneas discontinuas) envía opcionalmente la PCI de la célula interferente y el número de antenas de transmisión al eNB/eNB doméstico. Esta información puede incluirse como parte de los informes de medición existentes, o por medio de cualquier otro mensaje de señalización. Si esta información no se envía por el UE, el eNB la obtendrá con la ayuda de la exploración de la interfaz aérea o la configuración semiestática a través de la interfaz X2. Cuando el eNB/ENB doméstico envía información de planificación de DL apropiada al UE, el bloque (202) detecta la indicación del patrón de DTX (por ejemplo usando un formato de DCI diferente [11]). El bloque (203) estima la matriz de transferencia de la célula interferente aprovechando los intervalos de DTX. El bloque (204) finalmente realiza una detección de MIMO adecuada (tal como MMSE-SIC) con el fin de separar las señales interferente y deseada.

Los bloques representados en las figuras 19 y 20 pueden implementarse como un conjunto de elementos de software, elementos de hardware, elementos de firmware, o cualquier combinación de los mismos.

Ventajas de la invención:

La invención propuesta trata interferencias entre capas en el contexto de redes heterogéneas. Dado que los receptores terminales incorporan varias antenas para la detección de MIMO, la aplicación de los patrones de DTX propuestos en las transmisiones de PDSCH permite la cancelación de interferencia de enlace descendente con una mínima complejidad de computación añadida para los UE.

El esquema propuesto es menos complejo que otras alternativas comentadas, que habitualmente implican interacciones entre capas y mecanismos de coordinación complejos para partición de tiempo o frecuencia entre capas. Adicionalmente, los receptores de cancelación de interferencia sucesiva (SIC) solo funcionan en condiciones de SINR muy baja (o muy alta), excluyendo su uso cuando los valores de geometrías se aproximan a 0 dB, además de ser exigentes desde el punto de vista computacional. En cambio, la presente invención puede ser más satisfactoria para eliminar interferencias cuando la geometría se aproxima a 0 dB, lo que sucede habitualmente en condiciones de borde de célula, y exige menos recursos de computación de los UE.

En la actualidad, la cancelación de interferencias es el obstáculo principal para el despliegue masivo de redes heterogéneas, que en general se consideran la mejor forma de aumentar la capacidad y afrontar la creciente demanda en las tasas de transmisión de bits creadas por las aplicaciones modernas que requieren gran cantidad de datos.

El comportamiento del borde de célula principalmente determina la cobertura y capacidad global, por tanto una gestión de interferencia mejorada da como resultado una reducción directa en CAPEX y OPEX a través de despliegues de red más eficaces.

Un experto en la materia podrá introducir cambios y modificaciones en las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.

Siglas

3G Third Generation; tercera generación

3GPP Third Generation Partnership Project; proyecto común de tecnologías inalámbricas de la tercera

	generación
ABSF	Almost Blank Subframe; subtrama casi en blanco
CAPEX	Capital Expenditure; gasto de capital
CP	Cyclic Prefix; prefijo cíclico
5 CRE	Cell Range Expansion; expansión de alcance de célula
CRS	Cell Reference Signal; señal de referencia de célula
CSG	Closed Subscriber Group; grupo cerrado de abonados
DTX	Discontinuous Transmission; transmisión discontinua
eICIC	Enhanced Inter-Cell Interference Coordination; coordinación de interferencia intercelular mejorada
10 FFR	Fractional Frequency Reuse; reutilización de frecuencia fraccional
GSM	Global System for Mobile Communications; sistema global para comunicaciones móviles
HeNB	Home eNode B; eNodo B doméstico
HetNet	Heterogeneous Network; red heterogénea
ICIC	Inter-Cell Interference Coordination; coordinación de interferencia intercelular
15 IMT	International Mobile Telecommunications; telecomunicaciones móviles internacionales
LTE	Long Term Evolution; evolución a largo plazo
LTE-A	Long Term Evolution - Advanced; evolución a largo plazo avanzada
MIB	Master Information Block; bloque de información maestro
MIMO	Multiple Input Multiple Output; múltiples entradas múltiples salidas
20 ML	Maximum Likelihood; probabilidad máxima
MMSE	Minimum Mean Squared Error; mínimo error cuadrático medio
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing; multiplexación por división de frecuencia ortogonal
OPEX	Operational Expenditure; gastos operativos
PBCH	Physical Broadcast Channel; canal de difusión físico
25 PCFICH	Physical Control Format Indicator Channel; canal indicador de formato de control físico
PCI	Physical Cell Identity; identidad de célula física
PDCCH	Physical Downlink Control Channel; canal de control de enlace descendente físico
PDSCH	Physical Downlink Shared Channel; canal compartido de enlace descendente físico
PHICH	Physical HARQ Indicator Channel; canal indicador de HARQ físico
30 PIC	Parallel Interference Cancellation; cancelación de interferencias paralela
PRB	Physical Resource Block; bloque de recurso físico
PSS	Primary Synchronization Channel; canal de sincronización primario
RAT	Radio Access Technology; tecnología de acceso de radio
RB	Resource Block; bloque de recurso
35 RE	Resource Element; elemento de recurso
RSRP	Reference Signal Received Power; potencia recibida de señal de referencia
RSRQ	Reference Signal Received Quality; calidad recibida de señal de referencia
SIC	Successive Interference Cancellation; cancelación de interferencias sucesiva
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio; relación de señal a interferencia más ruido
40 SISO	Single Input Single Output; única entrada única salida
SM	Spatial Multiplexing; multiplexación espacial
SNR	Signal to Noise Ratio; relación de señal a ruido
SON	Self-Optimising Network; red de auto-optimización
SSS	Secondary Synchronization Channel; canal de sincronización secundario
45 UE	User Equipment; equipo de usuario
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System; sistema universal de telecomunicaciones móviles

Bibliografía

- 50 [1] 3GPP TS 36.300, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall Description, Stage 2 (Release 8).
 [2] A. Damnjanovic et. al., "A Survey on 3GPP Heterogeneous Networks", IEEE Wireless Communications, junio de 2011.
 [3] J. Ketonen y M. Juntti, "SIC and K-BEST LSD receiver implementation for a MIMO-OFDM System", Proc. European Signal Processing Conference, 2008.
- 55 [4] USPTO Solicitud de Patente US2010/0208854 A1, "Iterative Interference Cancellation for MIMO-OFDM Receivers".
 [5] 3GPP TR 36.921 v10.0.0, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); FDD Home eNode B (HeNB) Radio Frequency (RF) requirement analysis (Release 10).
- 60 [6] D. López-Pérez et. al., "Enhanced Intercell Interference Coordination Challenges in Heterogeneous Networks", IEEE Wireless Communications, junio de 2011.
 [7] 3GPP TSG RAN R1-106186, "Control Channel ICIC for macro-femto deployments", NTT Docomo, noviembre de 2010.
 [8] S. Sesia, I. Toufik, M. Baker (editores), "LTE, the UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice", John

Wiley & Sons, 2009.

[9] "MIMO Performance and Condition Number in LTE Test", Agilent Technologies, Application Note.

[10] 3GPP TS 36.211, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); "Physical Channels and Modulation (Release 10)".

5 [11] 3GPP TS 36.212, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); "Multiplexing and Channel Coding (Release 10)".

[12] A. Ruegg, A. Tarable, "Iterative SIC receiver scheme for non-orthogonally superimposed signals on top of OFDMA", IEEE 21st International Symposium on Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), septiembre de 2010.

10

REIVINDICACIONES

1. Un método para cancelar la interferencia de enlace descendente en una red de LTE avanzada, que comprende al menos un dispositivo de usuario dotado de al menos cuatro antenas, conectado inalámbricamente a una estación base de servicio que tiene entre una y cuatro antenas de transmisión y que sufre interferencias desde al menos una estación base interferente que tiene entre una y cuatro antenas de transmisión, que establece un enlace de transmisión de datos entre una pluralidad de antenas, **caracterizado porque** comprende:

- aplicar un retardo de desplazamiento de tiempo entre dicha estación base de servicio y dicha al menos una estación base interferente con el fin de evitar la colisión entre señales de referencia de célula (CRS) de estaciones base interferentes y de servicio cuando se establece dicha transmisión de datos; e
- introducir cambios en la capa física para la transmisión y recepción de PDSCH que tienen como objetivo lograr la cancelación de interferencias entre capas, comprendiendo dichos cambios introducidos la introducción de un patrón de intervalos de transmisión en los símbolos (l) e índices de subportadora (k) de señales CRS de la célula interferente, lo que se aprovechará por dicho al menos un dispositivo de usuario para estimar el canal interferente y cancelar el canal interferente a través de una demodulación de MIMO.

2. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha estación base de servicio y dicha al menos una estación base interferente están sincronizadas en el tiempo con un desplazamiento de tiempo relativo de una subtrama más dos símbolos de OFDM.

3. Un método según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dicha estación base de servicio conoce el número de dichas antenas de transmisión y una identidad de célula física de la estación base interferente ($N_{ID}^{int\,erf}$) con el fin de aplicar el patrón de intervalos apropiado en un subconjunto de los bloques de recursos reservados para un dispositivo de usuario particular (N_{RB}).

4. Un método según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha al menos una estación base interferente tiene una de dicha antena de transmisión, y la célula de servicio aplica un patrón de DTX a elementos de recurso $RE(k, l)$ dados por las siguientes ecuaciones:

$$l = 2$$

$$k = 6m + N_{ID}^{int\,erf} \bmod 6, m = 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{RB} - 1$$

5. Un método según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha al menos una estación base interferente tiene dos de dichas antenas de transmisión, y la célula de servicio aplica un patrón de DTX a elementos de recurso $RE(k, l)$ dados por las siguientes ecuaciones:

$$l = 2$$

$$k = 3m + N_{ID}^{int\,erf} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

6. Un método según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha al menos una estación base interferente tiene cuatro de dichas antenas de transmisión, y la célula de servicio aplica un patrón de DTX a elementos de recurso $RE(k, l)$ dados por las siguientes ecuaciones:

$$l = 2, 3$$

$$k = 3m + N_{ID}^{int\,erf} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

7. Un método según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha al menos una estación base interferente tiene una de dicha antena de transmisión, y la célula de servicio aplica un patrón de DTX a elementos de recurso $RE(k, l)$ dados por las siguientes ecuaciones:

$$l = 2$$

$$k = 6m + (N_{ID}^{int\,erf} + 3) \bmod 6, m = 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{RB} - 1$$

8. Un método según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha al menos una estación base interferente tiene dos de dichas antenas de transmisión, y la célula de servicio aplica un patrón de DTX a elementos de recurso $RE(k, l)$ dados por las siguientes ecuaciones:

$$l = 2$$

$$k = 3m + N_{ID}^{interf} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

- 5 9. Un método según la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha al menos una estación base interferente tiene cuatro de dichas antenas de transmisión, y la célula de servicio aplica un patrón de DTX a elementos de recurso $RE(k, l)$ dados por las siguientes ecuaciones:

En el caso de CP normal:

$$l = 5, 6$$

$$k = 3m + N_{ID}^{interf} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

10

En el caso de CP extendido:

$$l = 4, 5$$

$$k = 3m + N_{ID}^{interf} \bmod 3, m = 0, 1, \dots, 4 \cdot N_{RB} - 1$$

- 15 10. Un método según la reivindicación 1, que comprende además recibir, dicha estación base de servicio, un informe de medición de calidad de interferente y de servicio tal como una RSRP y una RSRQ desde dicho al menos un dispositivo de usuario.

- 20 11. Un método según la reivindicación 2, **caracterizado porque** dicho retardo de desplazamiento de tiempo se aplica por todas las antenas de transmisión de dicha estación base de servicio y dicha al menos una estación base interferente.

12. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha estación base de servicio es una macrocélula y dicha al menos una estación base interferente es una célula pequeña.

- 25 13. Un método según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha estación base de servicio es una célula pequeña y dicha al menos una estación base interferente es una macrocélula.

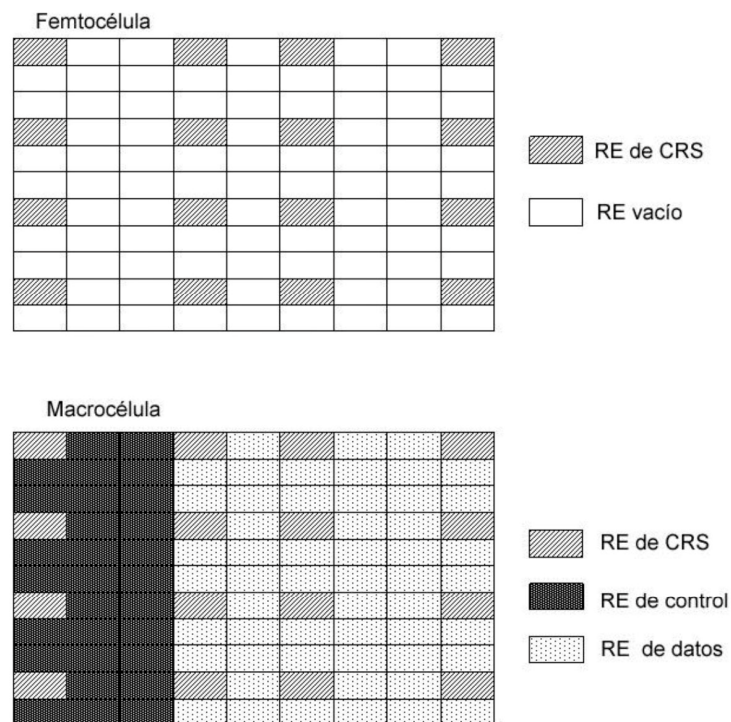


Figura 1

Figura 2

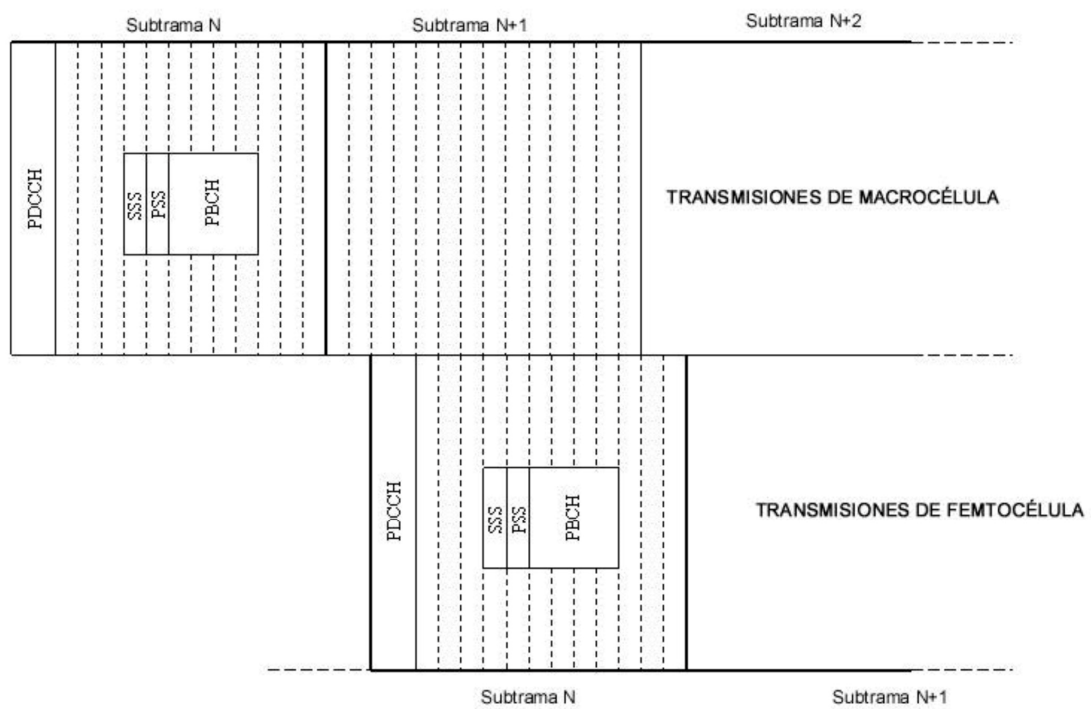
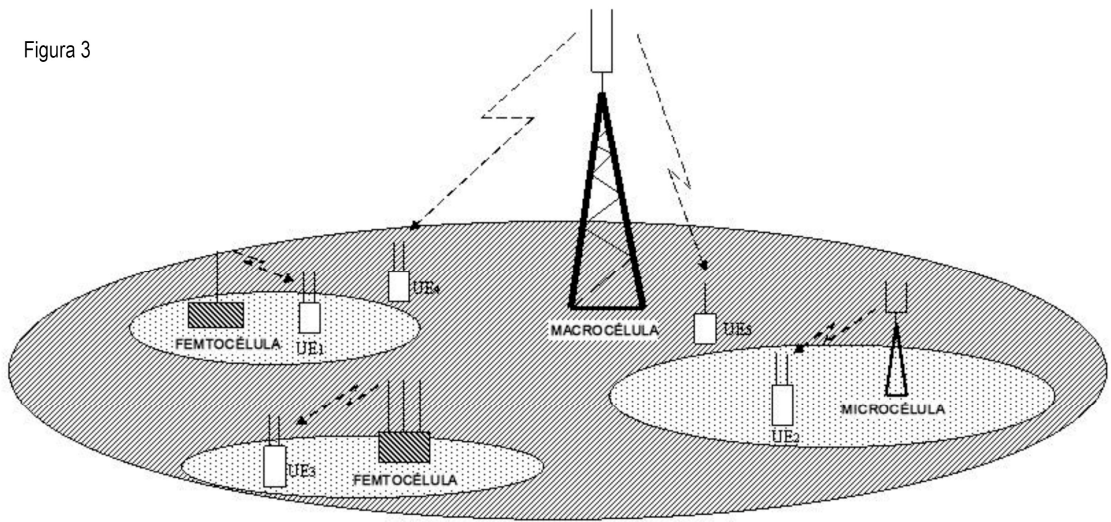


Figura 3



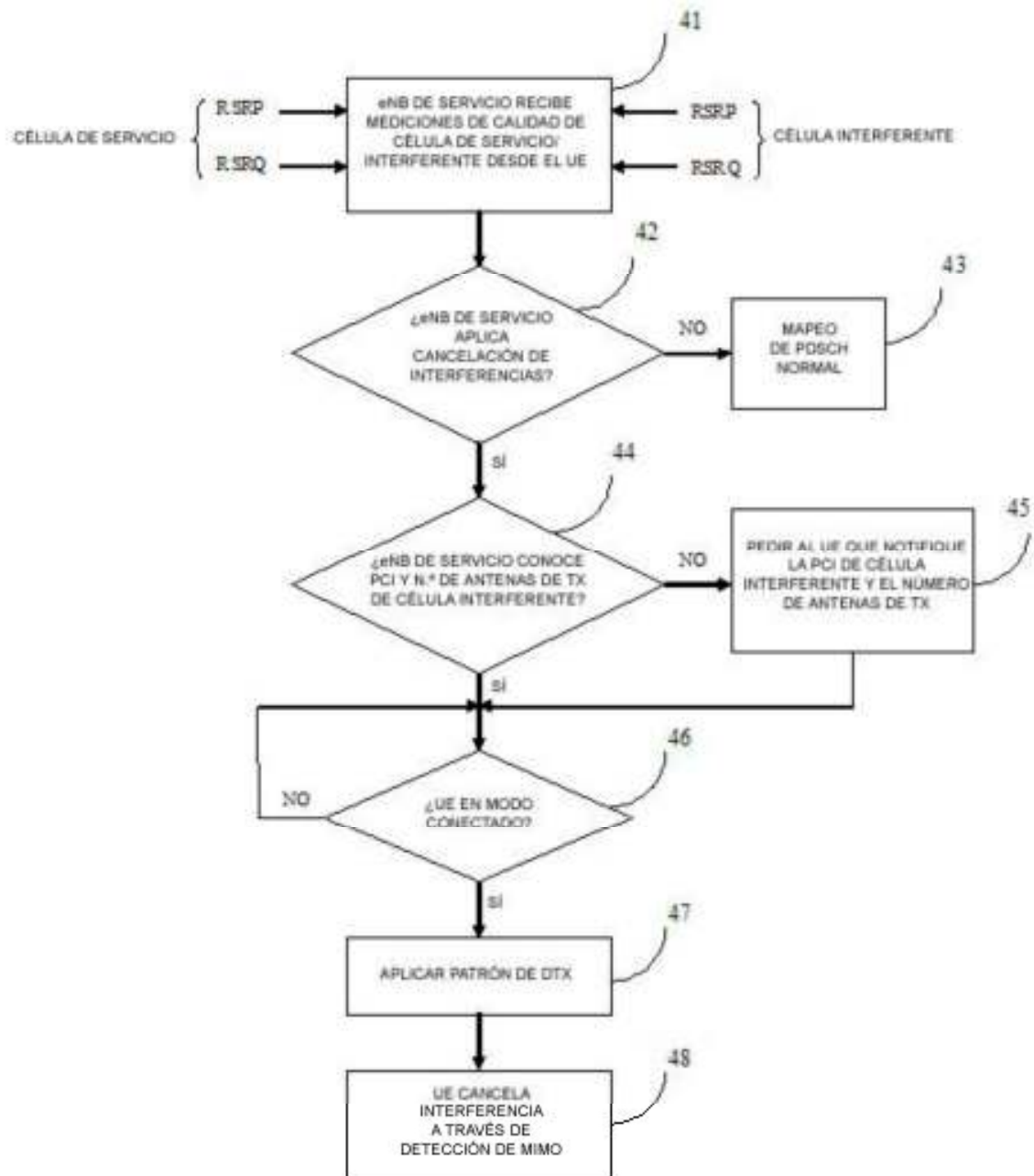
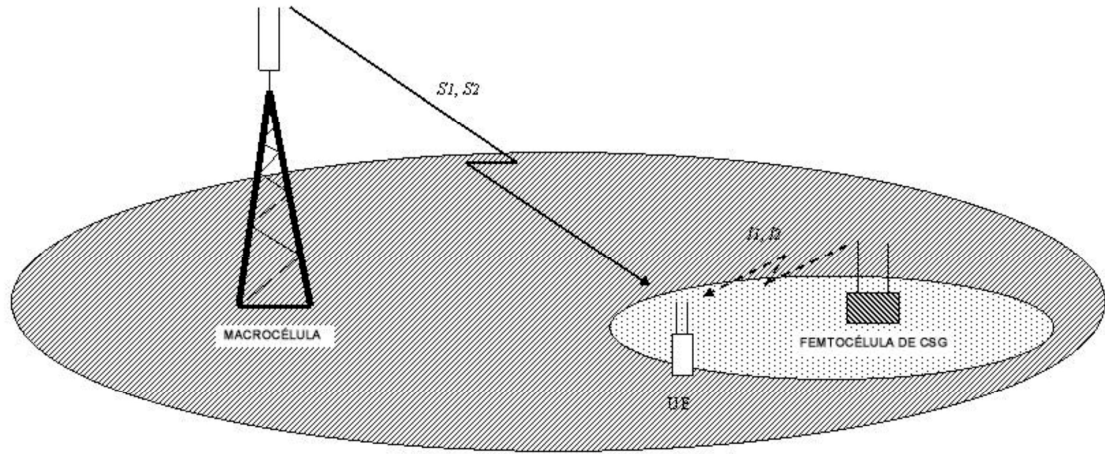


Figura 4

Figura 5



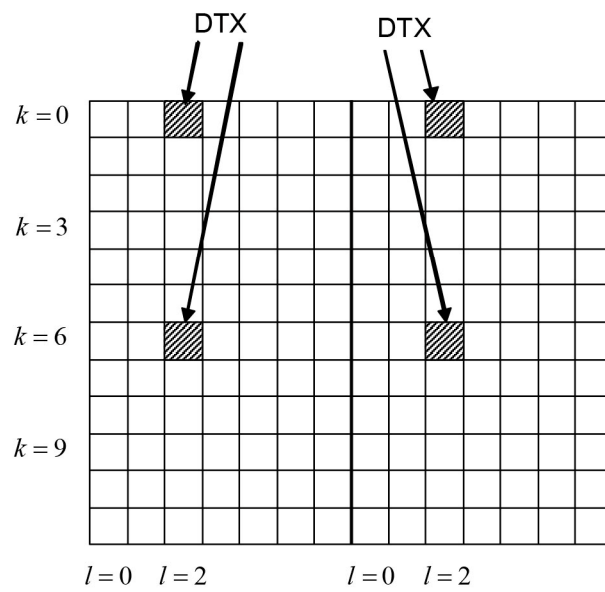


Figura 6

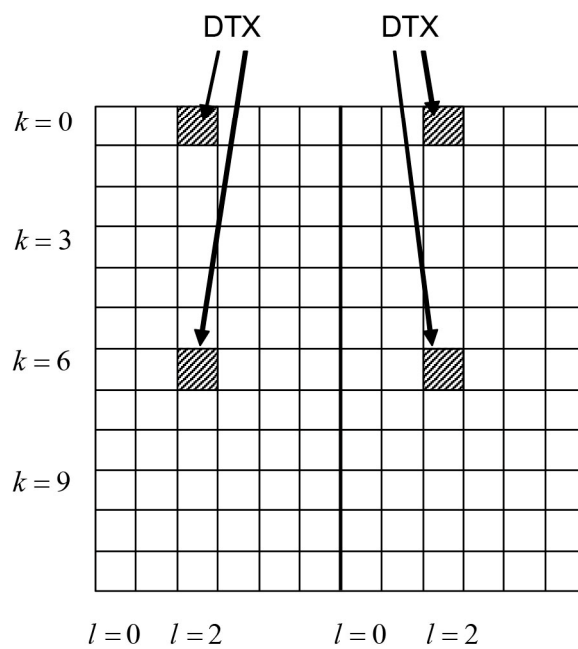


Figura 7

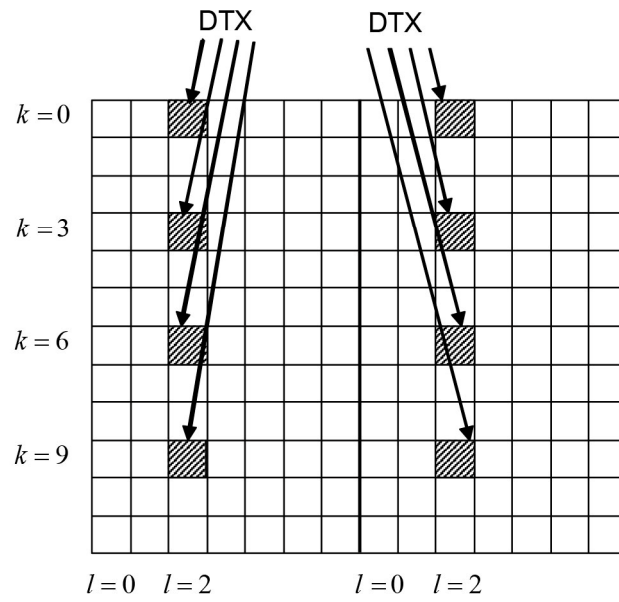


Figura 8

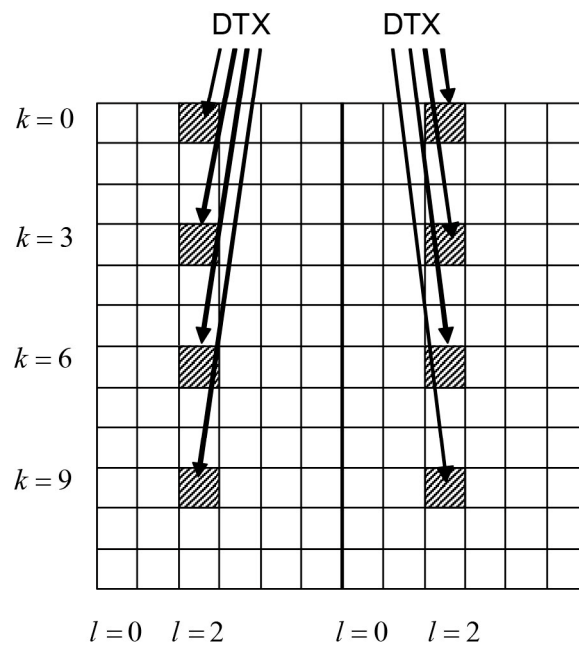


Figura 9

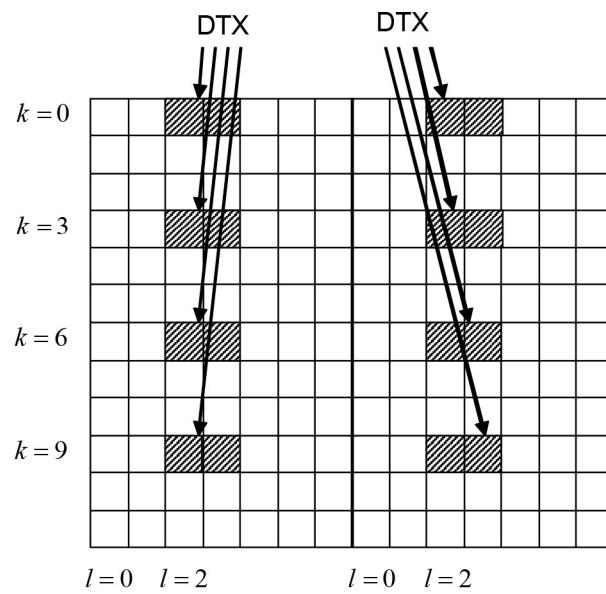


Figura 10

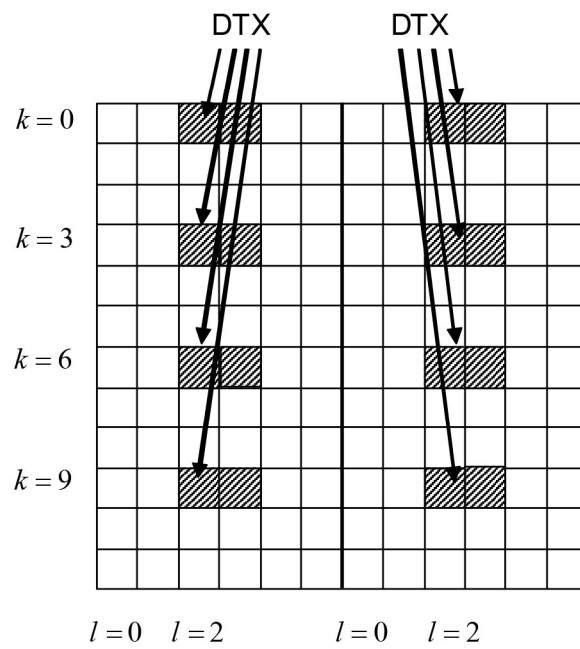
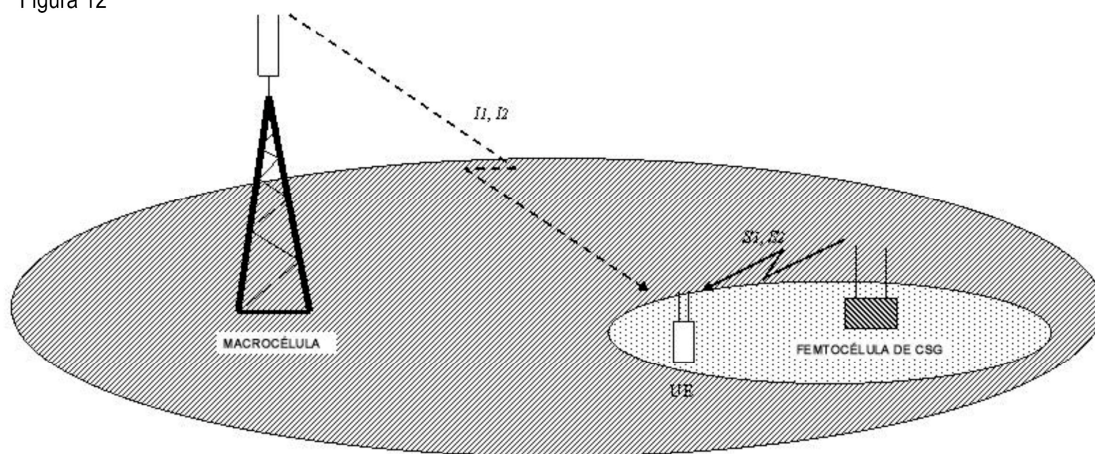


Figura 11

Figura 12



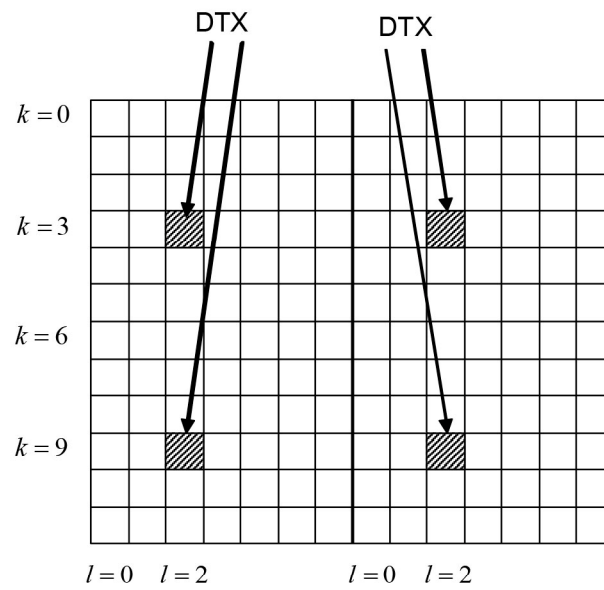


Figura 13

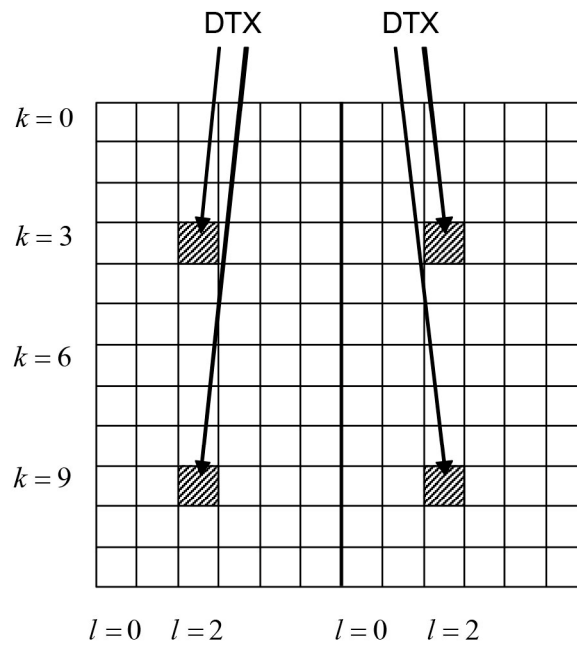


Figura 14

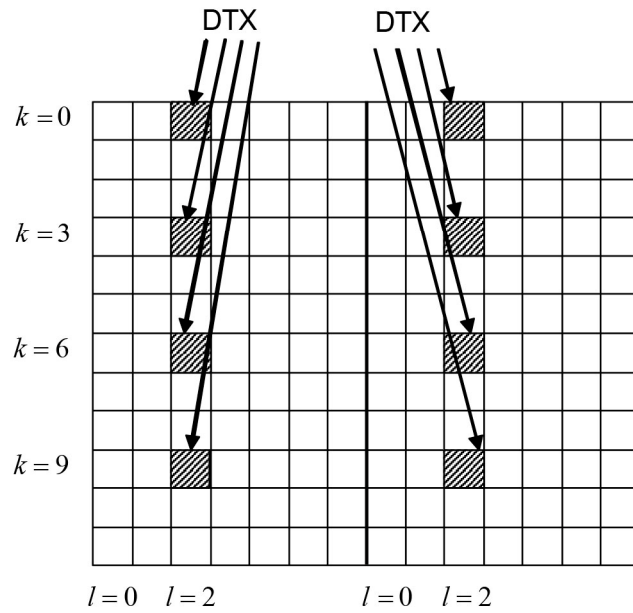


Figura 15

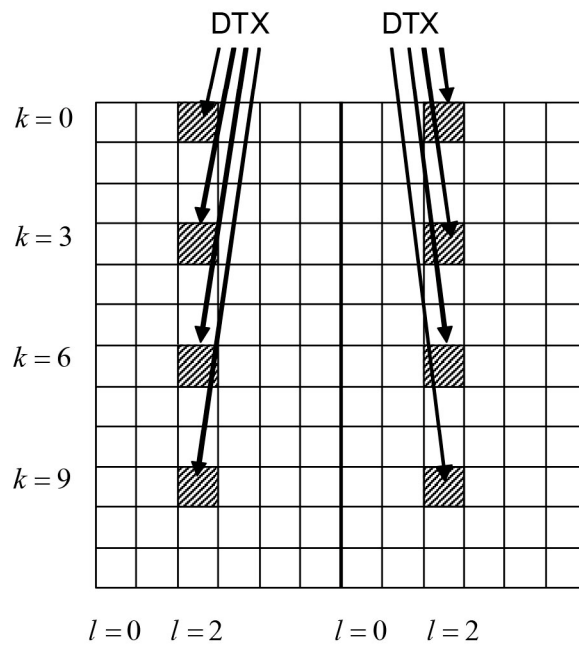


Figura 16

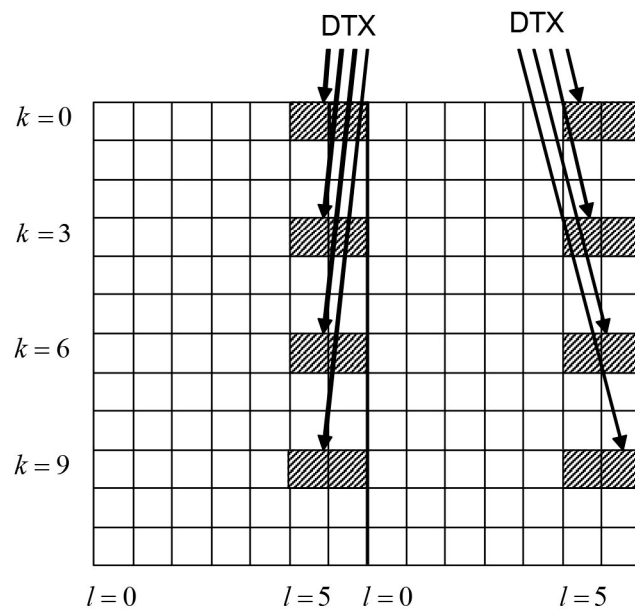


Figura 17

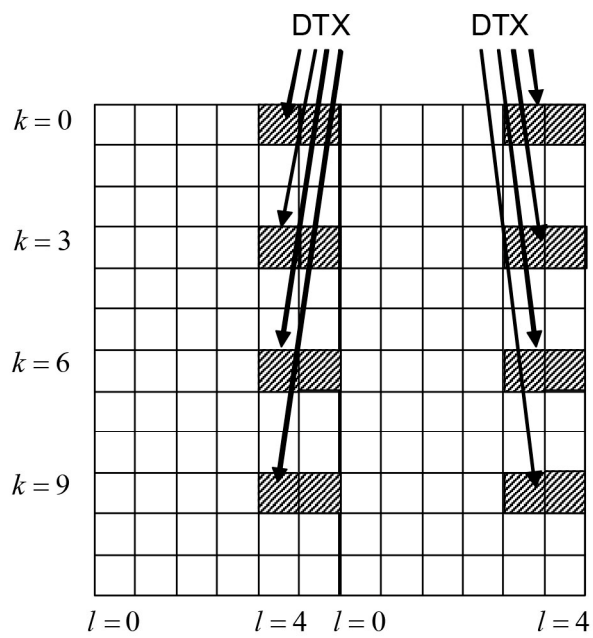


Figura 18

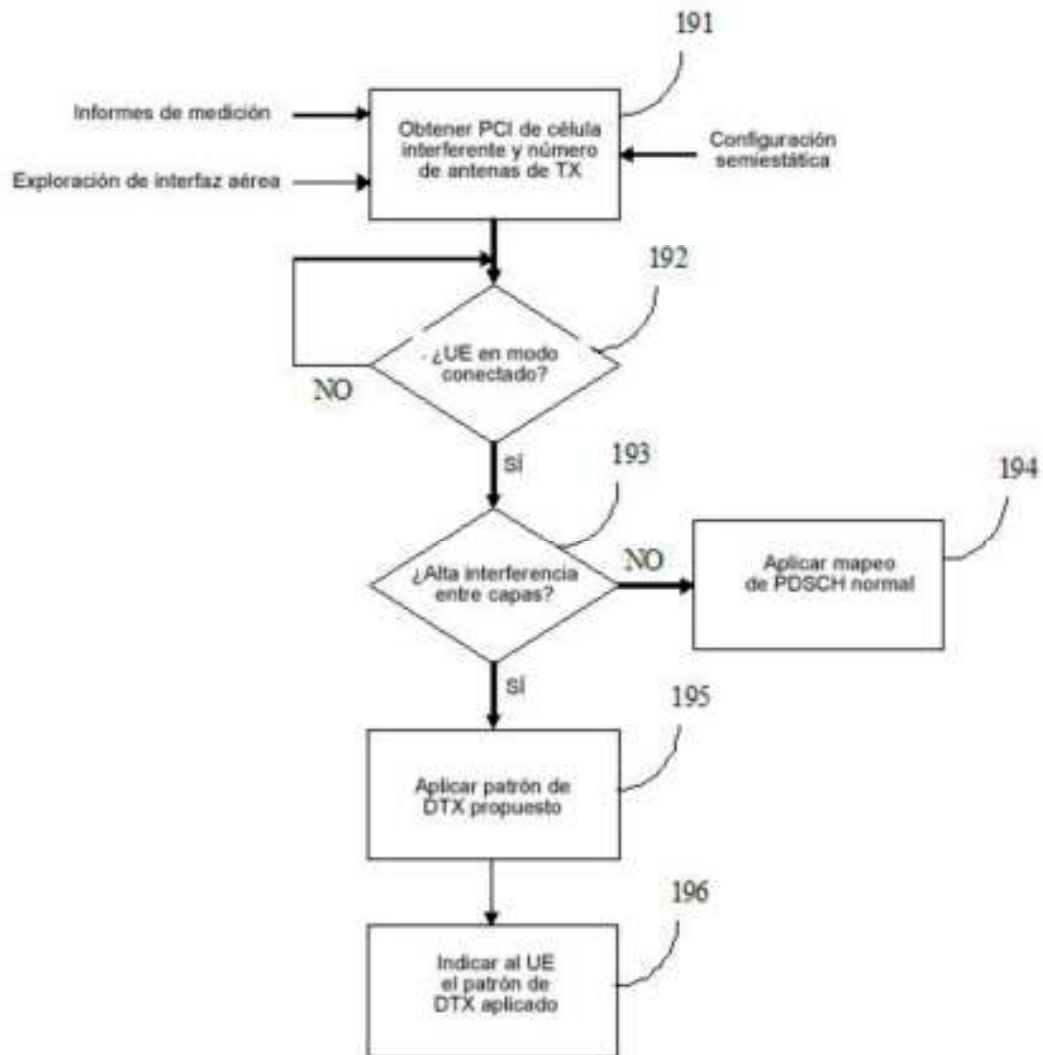


Figura 19

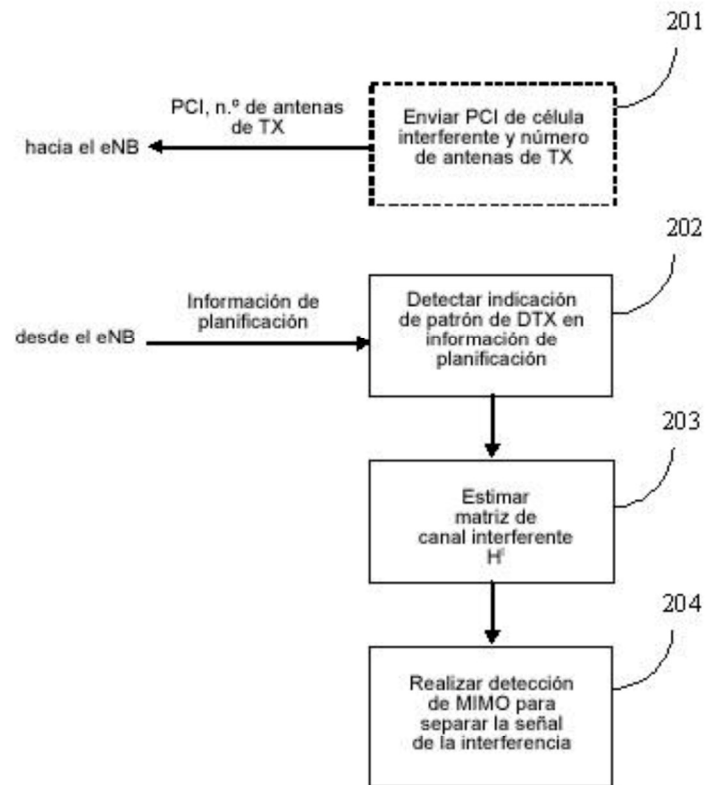


Figura 20