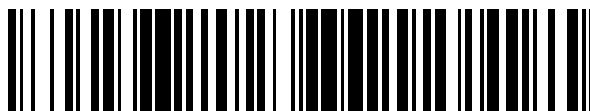


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 996**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00 (2009.01)

H04J 11/00 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.10.2013 PCT/EP2013/070721**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.04.2014 WO14060225**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2013 E 13771532 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 2909369**

54 Título: **Método para proporcionar sincronización de fase a estaciones base celulares no sincronizadas en fase**

30 Prioridad:

17.10.2012 ES 201231594

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

05.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

LORCA HERNANDO, JAVIER

74 Agente/Representante:

ARIZTI ACHA, Monica

ES 2 661 996 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).

Método para proporcionar sincronización de fase a estaciones base celulares no sincronizadas en fase

DESCRIPCIÓN

5 Campo de la técnica

La presente invención se refiere en general a un método para proporcionar sincronización de fase a estaciones base celulares no sincronizadas en fase, y, más particularmente, a un método para proporcionar una nueva señal física en LTE avanzada para su transmisión desde las estaciones base, destinada a ayudar a que las células pequeñas adquieran la sincronización de fase incluso en condiciones de baja cobertura.

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 actuales de comunicaciones móviles, tales como UMTS y GSM [1]. La norma del proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) es la que proporciona rendimientos globales de hasta 50 Mbps en enlace ascendente y de hasta 100 Mbps en enlace descendente. Usa un ancho de banda ajustable a escala de 1,4 a 20 MHz con el fin de satisfacer las necesidades de los operadores de red que tienen diferentes asignaciones de ancho de banda. También se espera que la LTE mejore la eficacia espectral en redes, permitiendo que las portadoras 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. Está destinada a cumplir los requisitos de IMT avanzada, cuyas capacidades superan a las de IMT-2000 e incluyen tasas de transmisión de datos de pico mejoradas para soportar servicios y aplicaciones avanzados (100 Mbps para alta movilidad, y 1 Gbps para baja movilidad).

Algunas de las funcionalidades más avanzadas concebidas para la LTE avanzada requieren una sincronización estricta entre las estaciones base relevantes (conocidas como eNodeB en la terminología de LTE), cubriendo las categorías de sincronización de frecuencia, sincronización de fase y sincronización de tiempo.

El propósito de la sincronización en el contexto de una red de comunicaciones es garantizar que los nodos relevantes poseen una referencia de frecuencia, tiempo y fase común para una transmisión de datos. La sincronización no siempre es necesaria en todos los niveles, por ejemplo, solo la sincronización de frecuencia es obligatoria para los eNodeB de *Release* 8, no habiendo ningún requisito para una sincronización de fase y tiempo. Sin embargo, algunas de las funcionalidades de LTE avanzada más relevantes se basan en la sincronización de fase y tiempo estricta y son especialmente aplicables cuando tratan con redes heterogéneas de LTE (HetNet), comprendiendo una mezcla de macrocélulas y células pequeñas en las mismas o a diferentes frecuencias. Los temas de interferencia entre macrocélulas y células pequeñas pueden aliviarse parcialmente a través de soluciones que implican la cooperación de los nodos relevantes, y la mayoría de estas soluciones suponen una referencia de tiempo y fase común.

La sincronización de frecuencia implica la distribución de una referencia de frecuencia común para los nodos relevantes para sintonizar los osciladores locales. La sincronización de fase (también conocida como sincronización de tiempo relativo) implica que todos los nodos tengan acceso a la misma señal de sincronismo, dando como resultado así bordes crecientes que se producen al mismo tiempo. La sincronización de tiempo implica la distribución de una base de tiempo universal común, tal como tiempo universal coordinado (UTC).

Hay un requisito de 3GPP en el error de frecuencia absoluto máximo para los eNodeB de diferentes características (área amplia, área local o eNB doméstico), aplicables desde el *Release* 8 [2] de LTE. Sin embargo, no se impone adicionalmente ningún requisito de sincronización de tiempo o fase y la coordinación entre los eNB se logra solo a través de un intercambio de mensajes con la ayuda de la interfaz X2. Con la llegada de la LTE avanzada y características tales como multipunto coordinado (CoMP) [3], subtramas casi en blanco (ABS) y otras técnicas de coordinación de interferencia intercelular (eICIC) [8] mejoradas, debe suponerse una sincronización de fase y tiempo adicional para un correcto funcionamiento.

Problemas con soluciones existentes:

La sincronización de tiempo y fase puede conseguirse con el uso de técnicas específicas, tales como sistema de posicionamiento global (GPS), multiplexación por división de tiempo (TDM) (jerarquía digital síncrona (SDH) o jerarquía digital plesiócrona (PDH)), Ethernet síncrona (SyncE), la norma IEEE 1588v2 y el protocolo de tiempo de red (NTP), entre otras. Algunas de estas tecnologías requieren mejoras de red significativas para soportar los protocolos relevantes, y su uso en algunos tipos de enlaces de retorno (tales como DSL o cable) puede no ser fiable debido a grandes retardos impredecibles [7]. El uso de los sistemas de posicionamiento globales (GPS) depende de

la disponibilidad de una visión por satélite, que no es una opción viable en situaciones en el interior.

Pueden abordarse implementaciones de células pequeñas de una manera planificada o no planificada. Las implementaciones de células pequeñas planificadas se realizan sobre ubicaciones específicas (lugares populares, aeropuertos, lugares públicos, etc.) seleccionadas cuidadosamente por el operador, y comprenden habitualmente un conjunto de micro/pico eNB con sus enlaces de retorno apropiados. Las implementaciones de células pequeñas no planificadas incluyen las denominadas femtocélulas (o eNodeB domésticos en la terminología de 3GPP), que representan las estaciones base pequeñas de bajo coste instaladas por los usuarios en ubicaciones desconocidas para el operador, y para las cuales se aprovechan los enlaces de fibra o xDSL de las instalaciones del cliente como retorno. Mientras que las micro/picocélulas pueden desplegarse e instalarse cuidadosamente junto con el retorno requerido, las femtocélulas residenciales interiores no pueden cumplir habitualmente con los requisitos de sincronización de tiempo y fase debido a las incertidumbres de latencia en las líneas de xDSL [7]. Para este caso, también se excluye el uso de GPS ya que no es posible ninguna visión por satélite.

También se han propuesto otras soluciones. Por ejemplo, la solución propuesta en la solicitud de patente US 2011/0275370 que implica un proceso de descubrimiento complejo mediante el cual los nodos no coordinados establecen un proceso de asociación con otros nodos coordinados, con el uso de señales de identificación específicas. Esto tiene el inconveniente de requerir una interacción compleja entre los nodos e introducir nuevas señales, que podrían no ser compatibles hacia atrás con los nodos y terminales de red de heredados existentes; además, el procedimiento de escucha previsto para los nodos no coordinados requiere un buen enlace de comunicación entre los mismos y los coordinados, excluyendo así su uso en malas condiciones de cobertura. Otras soluciones del documento US 2011/0170527 también se basan en una buena cobertura de señal entre nodos, con el fin de corregir desfases de frecuencia eventuales entre los mismos, y usar posiblemente las señales de sincronización primaria/secundaria del documento US 2011/0223903. El uso de estas señales solo es provechoso si la relación señal recibida a ruido (SNR) está por encima de un cierto límite, que no es siempre el caso para femtocélulas no planificadas.

Por tanto, se requieren técnicas adicionales para conseguir soluciones de sincronización de bajo coste para situaciones en las que elevar significativamente el nivel de prestaciones de la red principal y de retorno no son posibles y la recepción de las señales de sincronización primaria y secundaria de LTE están muy degradadas.

Sumario de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar una nueva señal física para LTE avanzada para su transmisión por los eNodeB, destinada a ayudar a que las células pequeñas adquieran una sincronización de fase incluso en condiciones de baja cobertura, y sin ningún impacto en terminales heredados ni en los eNodeB que no implementan la invención propuesta. La sincronización de interfaz aérea evita la necesidad de llevar protocolos y señales de sincronización específicos sobre múltiples nodos de red (de una referencia de reloj maestra a los eNodeB relevantes), así como implementar protocolos de sincronización adecuados en la red de transporte.

Con ese fin, la presente invención se refiere a un método para proporcionar una sincronización de fase a estaciones base celulares no sincronizadas en fase, que comprende al menos una estación base celular sincronizada en fase que tiene al menos una antena de transmisión para transmitir una señal a al menos una estación base celular no sincronizada en fase.

Al contrario de las propuestas conocidas, el método comprende de una manera característica transmitir mediante dicha estación base celular sincronizada en fase una señal de baliza a dicha al menos una estación base celular no sincronizada en fase, incluida como parte de dicha señal transmitida, comprendiendo dicha señal de baliza dos secuencias de Walsh-Hadamard de longitud 8 ortogonales que van a difundirse por dicha al menos una estación base celular sincronizada en fase con el fin de proporcionar dicha sincronización de fase.

La señal de baliza de sincronización propuesta en esta invención está destinada a adquirir una referencia de subtrama, ranura y símbolo en el aire por las células no sincronizadas. La estructura de la señal de baliza propuesta no tiene un impacto en el mapeo de elemento de recurso de LTE heredado, ya que usa los RE no usados ubicados encima y debajo de la PSS y SSS. Estos RE están caracterizados por no tener prácticamente ninguna interferencia de otras células si se supone que la red está sincronizada completamente en tiempo, experimentando así solo ruido térmico y atmosférico, lo que da como resultado un incremento de la cobertura. Las macrocélulas con una referencia de tiempo/fase estable pueden difundir la señal de baliza de modo que las células pequeñas con receptores de enlace descendente adecuados puedan detectarla y obtener referencias de símbolo, ranura y subtrama precisas.

En una realización, el método mapea las dos secuencias de Walsh-Hadamard de longitud 8 ortogonales de la señal de baliza de manera periódica cada 10 milisegundos (ms) en la estructura de trama de LTE de elementos de recurso no usados de tipo 1 o de tipo 2, dentro de las ranuras y los símbolos en los que se transmiten señales de

sincronización primaria y secundaria.

Para el caso de la estructura de trama de tipo 1 de LTE, el mapeo de las secuencias de Walsh-Hadamard de longitud 8 ortogonales en dichos elementos de recurso no usados se realiza usando las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{l}
 \text{secuencia 1} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 2, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \\
 \text{secuencia 2} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 2, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right.
 \end{array}$$

5 donde l es el número de símbolo y m el número de elemento de recurso, N_{sim}^{DL} indica el número de símbolos en cada ranura, N_{RB}^{DL} es el ancho de banda de sistema expresado como número de bloques de recurso, N_{sc}^{RB} es el número de subportadoras en cada bloque de recurso, y n puede tomar los valores 2, 3, 4 y 5.

10 Por otro lado, para el caso de la estructura de trama de LTE de tipo 2, el mapeo se realiza usando las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{l}
 \text{secuencia 1} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 1, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 2, l = 2, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \\
 \text{secuencia 2} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 1, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 2, l = 2, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right.
 \end{array}$$

15 La señal de baliza se modula mediante una modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK) con el fin de mejorar la detección.

20 En caso de que la estación base celular sincronizada en fase tenga una pluralidad de antenas de transmisión, puede aplicarse opcionalmente una modelación del haz de baliza sincronizada sobre dichos elementos de recurso no usados. En este caso, se aplican los desplazamientos de fase y las amplitudes en las señales que alimentan dicha pluralidad de antenas de transmisión.

25 La señal de baliza se transmite en los mismos puertos de antena de dicha pluralidad de antenas de transmisión usadas para dichas señales de sincronización primaria y secundaria.

Finalmente, la estación base celular no sincronizada en fase es una estación base de célula pequeña, y la estación base celular sincronizada en fase puede ser o bien una estación base de macrocélula o bien una estación base de célula pequeña.

30 **Breve descripción de los dibujos**

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

La figura 1 es una ilustración del escenario propuesto para la invención propuesta, que comprende una o más macrocélulas sincronizadas y una o más células pequeñas no sincronizadas.

La figura 2 es una ilustración del mapeo de recurso para la baliza de sincronización propuesta en el caso

particular de una red de FDD con un prefijo cíclico normal.

La figura 3 es una ilustración de los elementos de recurso (RE) propuestos para el caso particular de la estructura de trama de tipo 1 y el prefijo cíclico normal.

5 La figura 4 es una constelación que representa el tipo de modulación para la baliza con el fin de mejorar la detección.

La figura 5 es una ilustración que muestra el concepto de la modelación de haz de la baliza sincronizada en eNodoB de múltiples antenas.

La figura 6 es una ilustración que muestra las dos fases de detección del detector de baliza no coherente propuesto.

10 La figura 7 es una ilustración que representa el concepto para la detección no coherente de la baliza de sincronización para el caso de estructura de trama de tipo 1.

La figura 8 es una realización a modo de ejemplo de la invención propuesta en la que se supone que una o varias macrocélulas se sincronizan en tiempo y fase usando cualquier técnica de sincronización adecuada, tal como GPS o la norma IEEE 1588v2, y transmiten la baliza de sincronización propuesta con el fin de proporcionar una referencia de fase adecuada a células pequeñas no sincronizadas.

Descripción detallada de varias realizaciones

20 La invención propuesta aborda el problema de proporcionar una referencia de fase común entre varios eNodoB en una red heterogénea de LTE avanzada (HetNet), comprendiendo tal red una mezcla de macrocélulas y células pequeñas en la que se requiere una sincronización estricta de tiempo, fase y frecuencia. En particular, las realizaciones de esta invención proponen un mecanismo mediante el cual una célula pequeña puede adquirir la referencia de fase requerida desde una célula ya sincronizada en fase (habitualmente una macrocélula) en escenarios limitados de interferencia, tales como los encontrados en los puntos de cobertura débil en HetNets, sin mejorar ningún enlace de retorno o nodo de red para el soporte de protocolos de sincronización adicionales.

25 Las células pequeñas con buena cobertura de la macrocélula podrían emplear las señales de sincronización primaria/secundaria (PSS/SSS) para propósitos de sincronización en el aire. Sin embargo, en los puntos de cobertura débil estas señales ya no pueden ser útiles debido a la fuerte interferencia de otras células, tal como puede suceder en los límites de células entre dos o más células.

30 La invención propuesta introduce un método de sincronización de interfaz aérea que evita realizar cualquier mejora en el enlace de retorno y que puede hacerse funcionar en escenarios de interferencia limitada y/o situaciones en el interior, en el que una señal de satélite no está disponible para receptores de GPS. A continuación, la expresión "sincronizada" se considerará equivalente a "fase sincronizada" para el propósito de obtener referencias de subtrama, ranura y símbolo adecuadas.

35 El escenario para la invención propuesta se muestra en la figura 1, que comprende una o más macrocélulas sincronizadas y una o más células pequeñas no sincronizadas.

40 La invención propuesta introduce una nueva señal que se indicará como "baliza de sincronización", que va a difundirse por aquellas células que tienen una referencia de fase precisa (independientemente de sus tamaños de célula, aunque en la figura se representa el caso de una macrocélula). La baliza de sincronización propuesta tiene la propiedad de no poner en peligro el funcionamiento de LTE normal, y no se interferirán los UE y eNB de herencia por la misma. En la figura 1, la macrocélula transmite la baliza de sincronización propuesta de modo que las diferentes células pequeñas no sincronizadas puedan adquirir una referencia de fase precisa de la misma incluso en presencia de una interferencia severa.

45 Las células pequeñas de la duplexación por división de tiempo (TDD) podrán detectar la baliza de sincronización sin ninguna modificación en sus interfaces de radiofrecuencia, pero las células pequeñas de duplexación por división de frecuencia (FDD) deben incorporar un receptor adicional (que funciona en la frecuencia de enlace descendente) para una recepción adecuada de la baliza propuesta. Este receptor también puede incluirse para otras tareas de funcionamiento y mantenimiento (OAM), tales como exploración de la interfaz aérea en características de encendido o autoconfiguración, y, por tanto, podría usarse de nuevo para los propósitos de la presente invención.

50 La baliza de sincronización está diseñada de una manera que no se porte ninguna identificación de célula por la misma, al contrario de la señal de sincronización primaria (PSS) y la señal de sincronización secundaria (SSS) en las que la identidad de célula física (PCI) de la célula está incluida implícitamente. La baliza propuesta comprende dos secuencias ortogonales moduladas en cuatro elementos de recurso, los ubicados en la parte superior y la parte inferior del bloque de recursos reservados habitualmente para PSS/SSS, y está destinada a proporcionar una referencia de subtrama y ranura adecuada a una célula no sincronizada. Esta baliza se transmitirá con una periodicidad de 10 ms dentro de los símbolos 5 y 6 de la subtrama 0. La figura 2 ilustra el mapeo de recurso para la baliza de sincronización propuesta en el caso particular de una red de FDD con prefijo cíclico normal.

Los seis bloques de recurso (RB) centrales comprenden 72 elementos de recurso (RE), de los que 62 contienen la secuencia de PSS/SSS. Los equipos de usuario (UE) pueden realizar una DFT de 64 puntos con el fin de decodificar la región central, y los 10 RE restantes (cinco encima y debajo) se reservan y no se usan en la LTE [5]. Esta invención propone reservar solo un único RE encima y debajo de PSS/SSS, ayudando así en la operación de DFT de 64, y aprovechar los cuatro RE restantes para llevar una secuencia de longitud 8 ortogonal. Tales dos secuencias se definen así encima y debajo de los canales de PSS y SSS.

Aunque las señales de sincronización primaria y secundaria podrían usarse como referencia de tiempo y frecuencia adecuada, las células pequeñas pueden desplegarse en puntos de cobertura débil en los que la relación señal recibida a interferencia y ruido (SINR) puede ser demasiado baja para que los procedimientos de sincronización habituales sean eficaces. Además, las transmisiones de PSS/SSS a partir de múltiples macrocélulas colisionarán de manera natural en los 62 elementos de recurso centrales reservados para las mismas [4], y el receptor de las células pequeñas podría no discriminarlas en escenarios de interferencia pesada, especialmente para la SSS (en la que debe decodificarse un total de 168 secuencias posibles). Esto es incluso más problemático en una red sincronizada en tiempo, en la que las transmisiones de PSS/SSS a partir de múltiples células colisionarán ciertamente en los mismos instantes y RE.

La ventaja principal de la baliza de sincronización propuesta es que, suponiendo las transmisiones de macrocélulas sincronizadas en tiempo, no estaría presente ninguna interferencia de otras células en los RE propuestos, mejorando así la detección mediante células pequeñas no sincronizadas. Además, la naturaleza estática del canal tal como se observa por la célula pequeña hace posible conseguir una sincronización incluso en condiciones de cobertura muy bajas.

Si las células sincronizadas usan de múltiples antenas, podría ser posible mejorar la cobertura aplicando la "modelación de haz de baliza sincronizada" sobre los RE reservados para la baliza de sincronización. La modelación de haz de baliza sincronizada implica el direccionamiento de haz de solo los RE reservados para la baliza, con el uso de múltiples antenas de transmisión. Esta característica no afectaría a los terminales heredados ya que solo debe aplicarse en los RE reservados. La baliza del haz de sincronización cambiaría cada 10 ms (la periodicidad de la baliza propuesta) para maximizar la probabilidad de detección mediante células pequeñas ubicadas en puntos de cobertura débil o bordes de células.

Estructura de la baliza de sincronización:

La baliza de sincronización propuesta comprende dos secuencias de longitud 8 de Walsh-Hadamard bipolares diferentes. Estas secuencias presentan la propiedad de ser ortogonales (es decir su correlación cruzada es cero) cuando se alinean perfectamente, mientras que al mismo tiempo son muy sencillas de decodificar. Ya que no se transmitirá más de una secuencia ortogonal a la vez en los RE reservados para ello, no habrá ninguna interferencia de intersecuencia que ayude así en el proceso de detección.

Puede construirse un total de ocho secuencias de Walsh-Hadamard ortogonales de longitud 8, de las que se requieren solo dos para la presente invención y pueden escogerse de la lista de la tabla 1.

Secuencias de Walsh-Hadamard de longitud 8	
	1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1
	1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1
	1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1
	1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1
	1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, -1
	1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, -1
	1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1
	1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, -1

Tabla 1: Posibles secuencias bipolares de Walsh-Hadamard de longitud 8

Cualquiera de las dos secuencias tomadas de la tabla es válida por igual ya que todas son ortogonales. Una posible elección se muestra en la tabla 2, pero cualquier otra combinación es válida por igual para el propósito de la presente invención.

Número de secuencia	Definición de secuencia
1	1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1
2	1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1

Tabla 2: Definición de secuencia bipolar de la baliza de sincronización

El mapeo de estas secuencias en ranuras y elementos de recurso RE(l, m), donde l es el número de símbolo y m el número de elemento de recurso, será tal como sigue.

Para una estructura de trama de tipo 1 (FDD):

$$\begin{cases} \text{secuencia 1} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 2, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \\ \text{secuencia 2} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 2, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \end{cases}$$

10 donde N_{sim}^{DL} indica el número de símbolos en cada ranura, N_{RB}^{DL} es el ancho de banda de sistema expresado como número de bloques de recurso, N_{sc}^{RB} es el número de subportadoras en cada bloque de recurso, y n puede tomar los valores 2, 3, 4 y 5.

15 Para una estructura de trama de tipo 2 (TDD):

$$\begin{cases} \text{secuencia 1} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 1, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 2, l = 2, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \\ \text{secuencia 2} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 1, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 2, l = 2, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \end{cases}$$

20 Cada secuencia se divide en dos mitades de secuencia de longitud 4 que están mapeadas en los símbolos correspondientes a la PSS y SSS, en el RE encima y debajo de aquéllos que portan las señales de sincronización, después de dejar un RE adicional para la detección. El mapeo debe realizarse en orden creciente de m , es decir, los elementos de secuencia en la tabla 2 se mapearán de izquierda a derecha para los RE con índices de frecuencia de subportadora crecientes.

25 Con propósito ilustrativo, la figura 3 representa los RE propuestos para el caso particular de una estructura de trama de tipo 1 y un prefijo cíclico normal. En la figura, se muestra la combinación de secuencias de la tabla 2, pero cualquier otra combinación sería válida por igual para el propósito de la invención. El mapeo para los casos de un prefijo cíclico extendido o una estructura de trama de tipo 2 (TDD) es muy similar y seguirá las reglas expresadas en las ecuaciones anteriores.

30 La baliza se modulará en la BPSK para una detección mejorada gracias a una distancia mayor de intersímbolo, tal como se muestra en la constelación representada en la figura 4. El valor de "A" corresponde a la magnitud real de los símbolos modulados y debe derivarse por el eNodeB según la potencia de transmisión total.

35 En el caso de múltiples antenas de transmisión que se usan en el eNodeB, la baliza de sincronización propuesta se transmitirá en el mismo puerto de antena que el usado para la PSS y SSS. Si se usa la diversidad de antenas de conmutación de tiempo para PSS/SSS, también se usará para la baliza propuesta [4].

Los dos RE ubicados justo encima y debajo de la PSS/SSS deben reservarse y no usarse, con el fin de ayudar en la

detección normal de PSS y SSS por los UE. Los terminales y las células pequeñas que no implementan la invención propuesta no tendrían conocimiento de esto ya que solo se usan los RE reservados para la baliza propuesta; por tanto, no se provocaría ningún impacto sobre el resto de la red.

5 Modelación de haz de la baliza sincronizada en eNodeB de múltiples antenas:

Si las macrocélulas tienen múltiples antenas de transmisión, pueden aumentar las probabilidades para corregir la detección mediante las células pequeñas. La cobertura de la baliza de sincronización puede mejorarse mediante las denominadas técnicas de modelación de haz “clásicas”, mediante las cuales el haz de transmisión se dirige electrónicamente hacia diferentes direcciones en el espacio aplicando desplazamientos de fase y amplitudes adecuados en las señales que alimentan las antenas de transmisión disponibles. Éstas se aplicarán solo en los RE reservados para la baliza de sincronización, sin afectar al funcionamiento normal en los otros RE. Una realización de este concepto está ilustrada en la figura 5.

15 En la figura 5, diferentes macrocélulas aplican una modelación de haz horizontal solo en los RE reservados para la baliza de sincronización propuesta. La modelación de haz se aplica de una manera sincronizada, de modo que la orientación del haz se cambie cada diez subtramas (10 ms) con la ayuda de las múltiples antenas de TX, aplicando desplazamientos de fase y/o amplitudes adecuados sobre las señales mapeadas en los 16 RE reservados para la baliza de sincronización. El direccionamiento de haz debe realizarse de una manera cíclica, ayudando así a mejorar la detección mediante células pequeñas ubicadas en los bordes de célula. Cuando el haz de la baliza se dirige de manera cíclica, existe una probabilidad mayor para una detección incluso en los bordes de célula.

Las células pequeñas y terminales heredados que no implementan la invención propuesta no se verían afectados ya que deben descartar los RE reservados encima y debajo de la PSS/SSS.

25 Detección no coherente de la baliza de sincronización:

Se pretende que la baliza de sincronización propuesta se detecte por las células pequeñas que van a sincronizarse, con la ayuda de un receptor de enlace descendente adecuado, en situaciones en las que la SINR recibida es tan mala que los métodos de sincronización basados en PSS/SSS no son útiles.

La baliza puede detectarse mediante una técnica de detección no coherente, ya que la función de transferencia de canal no es conocida antes de la sincronización, pero cualquier otro método de detección puede considerarse válido para el propósito de la presente invención.

Con la suposición de que el canal es selectivo en no frecuencia, la detección no coherente de probabilidad máxima (ML) implica encontrar el desfase de sincronismo para el que se maximiza la siguiente expresión [4]:

$$\hat{k} = \arg \max \left\{ \left| \sum_{i=0}^7 S[i]q[i] \right| \right\}$$

En esta expresión, S[i] representa la señal contenida en los RE que van a analizarse, q[i] es el patrón esperado, y \hat{k} es el desfase de tiempo estimado para el que se cumple la sincronización. La suma cubre los ocho términos que contienen toda la secuencia de longitud 8, que se divide en dos mitades de secuencias según el mapeo de RE propuesto: una mitad para el símbolo de OFDM que contiene la PSS y la otra para el símbolo que contiene la SSS. Debe observarse que la baliza de sincronización esperada es una señal real pura, de ahí la ausencia de cualquier operación de conjugación en la suma anterior.

La correlación anterior debe aplicarse por separado para los RE ubicados encima y debajo de la frecuencia central

$$\frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2}$$

Esto es porque no puede suponerse que la función de transferencia de canal sea constante en las partes positivas y negativas del espectro; por tanto, la suma debe realizarse por separado sobre ambas partes del espectro. Sin embargo, debe ser posible mejorar la correlación añadiendo términos cada 10 ms, ya que el canal no cambiará en promedio entre balizas de sincronización sucesivas.

Dado el pequeño ancho de banda ocupado por cada mitad de secuencia (cuatro RE en cada símbolo de OFDM, equivalentes a 60 kHz), es razonable suponer que será mucho menor que el ancho de banda de coherencia del canal. Los anchos de banda de coherencia del 90% y del 50% se proporcionan por [4]

$$B_{c,90\%} = \frac{1}{50\sigma_\tau}$$

$$B_{c,50\%} = \frac{1}{5\sigma_\tau}$$

5 donde σ_τ es la dispersión de retardo de r.m.s. del canal. En [9], la dispersión de retardo de r.m.s. máxima considerada es 991 ns, correspondiente a un ancho de banda de coherencia del 90% de 20 kHz y un ancho de banda de coherencia del 50% de 200 kHz. La función de transferencia de canal puede considerarse así razonablemente constante sobre el ancho de banda de 60 kHz que contiene la baliza, y las técnicas de detección no coherentes son adecuadas.

10 Además de esto, ya que la célula pequeña estará, por definición, en una ubicación estática, las características de canal serán constantes en tiempo (aparte de fluctuaciones aleatorias provocadas por los objetos en el entorno). Estas características pueden aprovecharse mediante los receptores de las células pequeñas con el fin de mejorar la detección.

15 El detector de baliza no coherente propuesto comprende dos fases tal como se muestra en la figura 6, en donde por motivos de simplicidad se supone una longitud de símbolo de 2048 muestras (correspondientes a un ancho de banda de sistema de 20 MHz). Será evidente para los expertos en la técnica que el esquema propuesto puede adaptarse fácilmente a otros anchos de banda de sistema, cambiando simplemente la longitud de los símbolos y el factor de decimación.

20 La primera fase realiza las FFT de 128 puntos sobre versiones desplazadas de los símbolos recibidos, después de la decimación mediante un factor 16 de modo que solo se analizan las 128 subportadoras centrales (en las que va a ubicarse la baliza de sincronización). Las FFT con una longitud que es una potencia de dos pueden implementarse fácilmente en hardware. La segunda fase realiza correlaciones de las señales en los RE reservados para la secuencia de baliza con las secuencias de BPSK esperadas, y el coeficiente de correlación máximo indicará el desplazamiento de tiempo para los símbolos que contienen la baliza de sincronización.

25 La señal $r[n]$ debe filtrarse apropiadamente antes de la primera fase, con el fin de eliminar cualquier contenido de frecuencia fuera de la región central en la que opera la FFT de 128 puntos (1,92 MHz). Esto se realizaría con el fin de impedir un solapamiento provocado por un contenido de frecuencia superior cuando se realiza la operación de decimación.

30 En la primera fase, después de almacenar varias muestras digitales de banda base de la señal recibida en una memoria intermedia, un proceso de ensayo y error intenta hallar el desplazamiento de tiempo apropiado para el comienzo de los símbolos de OFDM. Para realizar esto, después de descartar el prefijo cíclico, una decimación posterior mediante un factor 16 reduce la longitud de símbolo a 128 muestras. Esto es equivalente a prestar atención solo a las 128 subportadoras centrales (1,92 MHz) en las que están presentes las señales de sincronización de PSS/SSS, así como la baliza de sincronización. Puede aplicarse una FFT de 128 puntos adecuada con el fin de extraer la información contenida en los RE reservados para la baliza de sincronización.

35 La segunda fase realiza correlaciones con las secuencias de Walsh-Hadamard de BPSK esperadas $q_i[n]$. Después de calcular el coeficiente de correlación y mirar el desplazamiento de tiempo para el que está en un máximo, es posible detectar el comienzo de los símbolos 5 y 6 en la ranura 0 en la que está ubicada la secuencia de baliza. El coeficiente de correlación se define como la correlación normalizada por la raíz cuadrada del producto de las energías asociadas a la señal recibida y esperada:

$$\rho = \frac{\left| \sum_i S_i q_i \right|}{\sqrt{\sum_i |S_i|^2} \cdot \sqrt{\sum_i q_i^2}}$$

40 La normalización mediante las energías correspondientes evita tener diferentes valores de correlación absolutos dependiendo de las características de canal (número de componentes de multitrayectoria, ganancia de canal, etc.); adicionalmente, en presencia de una alta interferencia, las correlaciones podrían dar como resultado altos valores

espurios haciendo el proceso de decisión menos fiable. Sin embargo, el coeficiente de correlación debe ser un máximo cuando se consigue una sincronización, independientemente de las magnitudes absolutas de las señales recibidas.

- 5 Las correlaciones deben realizarse por separado para los 8 RE ubicados encima y debajo de la PSS/SSS, porque se supone que se verían afectadas por diferentes funciones de transferencia de canal. La figura 7 representa en una realización el concepto para el caso de estructura de trama de tipo 1. Indicando $S_1[i], S_2[i]$ como símbolos recibidos en los RE ubicados encima y debajo de la PSS/SSS, respectivamente, y q_1, q_2 las secuencias bipolares correspondientes según se define en la tabla 2, las correlaciones se realizan por separado para las partes positivas y negativas del espectro, así como el cálculo de energía.

Esto supone valores de canal constantes en los ocho RE que implican cada secuencia de baliza, pero valores de canal posiblemente diferentes en las partes inferior y superior del espectro involucrado.

- 15 Los términos de correlación y energía resultantes serán la suma de las partes positivas y negativas (concretamente $Corr^+, Corr^-$ para las correlaciones, y En^+, En^- para las energías, respectivamente), según las siguientes relaciones:

$$Corr^+ = \sum_{i=0}^3 S_1[i] q_1^{1^a - mitad}[i] + \sum_{i=4}^7 S_1[i] q_1^{2^a - mitad}[i]$$

$$Corr^- = \sum_{i=0}^3 S_2[i] q_2^{1^a - mitad}[i] + \sum_{i=4}^7 S_2[i] q_2^{2^a - mitad}[i]$$

$$En^+ = \sum_{i=0}^7 |S_1[i]|^2$$

$$En^- = \sum_{i=0}^7 |S_2[i]|^2$$

Por tanto, se proporcionará el coeficiente de correlación mediante la expresión:

20

$$\rho = \frac{|Corr^+| + |Corr^-|}{\sqrt{8}(\sqrt{En^+} + \sqrt{En^-})}$$

En las expresiones anteriores, la energía de las secuencias esperadas es un valor constante igual a $\sqrt{8}$.

- 25 Cuando el canal es esencialmente constante en el tiempo en la ubicación de las células pequeñas, las correlaciones y las energías pueden mejorarse promediando sucesivamente el tiempo de los términos con una periodicidad de 10 ms. Si se usa la modelación de haz de baliza sincronizada, esto también mejoraría la detección en los instantes en los que el haz de baliza se orienta hacia la ubicación de receptor. Incluso si la diversidad de antena conmutada en el tiempo se emplea para una transmisión de PSS/SSS en el eNodeB, las correlaciones mejorarán sucesivamente con el promediado de tiempo, aunque el canal pueda cambiar eventualmente como resultado de la conmutación de antena.

Caso de recibir múltiples copias de la baliza de sincronización:

- 35 La baliza recibida puede contener múltiples copias procedentes de diferentes macrocélulas, y, eventualmente, podría dar como resultado una dispersión de retardo más grande que la longitud del prefijo cíclico. Esto provocaría una interferencia de intersímbolo (ISI) así como una interferencia de interportadora (ICI), afectando así a una detección normal de OFDM [6] [6].
- 40 El impacto de esta "contaminación de baliza" sobre toda la señal de OFDM debe ser muy bajo debido a la pequeña energía contenida en la baliza de sincronización, ya que comprende solo los 16 RE sobre dos símbolos de OFDM. Sin embargo, cuando los RE que contienen la baliza sufren solo ruido térmico o atmosférico, es posible que una interferencia significativa de balizas distantes pueda distorsionar la señal de baliza.
- 45 El concepto de la modelación de haz de baliza sincronizada puede aliviar este problema. Se minimiza la probabilidad de que más de una baliza se reciba al mismo tiempo si las orientaciones de las balizas se cambian de manera cíclica, en comparación con el caso de una transmisión de baliza estática. Otras técnicas incluyen aplicar una

inclinación hacia abajo más agresiva para reducir la interferencia en células adyacentes, o activar la baliza de sincronización solo en macrocélulas particulares para minimizar los efectos de contaminación de baliza. Esta invención no considera ninguno de estos aspectos de implementación.

5 La figura 8 representa otra realización de la invención propuesta. Se supone que una o varias macrocélulas (bloque 131) se sincronizan en tiempo y fase usando cualquier técnica de sincronización adecuada, tal como GPS o la norma IEEE 1588v2 (bloque 132). En el contexto de implementaciones de red heterogénea, una o más células pequeñas no sincronizadas están ubicadas en los orificios de cobertura de la macrocélula (bloque 135). La meta para las mismas es realizar una sincronización de fase en el aire para que puedan aplicarse adecuadamente las características avanzadas tales como eICIC o CoMP.

10 La macrocélula sincronizada (bloque 131) genera la baliza de sincronización en los RE encima y debajo de las señales de sincronización PSS/SSS (bloque 133), y la incluye como parte de la señal transmitida de LTE (bloque 134). Eventualmente, la macrocélula puede realizar opcionalmente la modelación de haz sincronizada de la baliza de sincronización, con el fin de mejorar la cobertura tal como se describe en la sección 0. La pequeña célula en el bloque 135 detecta la baliza de sincronización y, con la ayuda de la misma, adquiere referencias de símbolo, ranura y subtrama apropiadas (bloque 136). La célula pequeña puede conseguir, por tanto, la sincronización de fase y generar una señal de transmisión que se coordina con la señal de la macrocélula (bloque 137). Esto permite la aplicación de las características de LTE avanzada tales como las técnicas de eICIC, ABS o CoMP.

15 La invención propuesta puede implementarse como conjunto de elementos de software, elementos de hardware, elementos de *firmware* o cualquier combinación de los mismos.

Ventajas de la invención:

25 La invención propuesta introduce un método para conseguir una sincronización de fase en el aire para células pequeñas ubicadas en escenarios de interferencia limitada con malas condiciones de radio. La sincronización de tiempo y fase, además de la sincronización de frecuencia, es una parte esencial de muchas técnicas concebidas para la LTE avanzada. Los enfoques basados en el uso de protocolos de sincronización de retorno (tales como NTP o la norma IEEE 1588v2) son habitualmente complejos ya que implican modificaciones de todos los nodos en la trayectoria desde un servidor de reloj de referencia dado hasta el eNodoB, así como mejorar el retorno para soportar tales protocolos. Además de eso, las implementaciones basadas en los eNodoB domésticos no pueden habitualmente usar tales protocolos de sincronización, ya que las líneas de retorno pueden no cumplir con la latencia y retardo requeridos.

30 El método propuesto está destinado a situaciones en las que una célula pequeña, que experimenta posiblemente malas condiciones de señal de la macrocélula, necesita una referencia de fase precisa para sincronizar sus transmisiones con la macrocélula. Esto es un escenario típico como aquél en el que los eNodoB domésticos ubicados en los puntos de cobertura débil se instalan por el usuario de una manera no coordinada. Las técnicas de sincronización habituales que emplean las señales de sincronización primaria y secundaria de LTE pueden no ser viables en este caso. Esta invención introduce una señal de baliza física que va a enviarse cada 10 ms sobre, elementos de recurso reservados de otro modo ubicados cerca de la PSS/SSS, con una estructura muy sencilla diseñada para mejorar la probabilidad de detección mediante células pequeñas estáticas. La baliza de sincronización propuesta no afectará a los usuarios de herencia ni a otras células que no implementan la invención propuesta, ya que se envían en RE no usados previamente.

35 El uso de múltiples antenas de la macrocélula también permitiría la aplicación de una modelación de haz sincronizada destinada a dirigir el haz asociado a la baliza de sincronización propuesta. La dirección debe aplicarse de una manera coordinada por las macrocélulas, cambiando la dirección del haz cada 10 ms. Esto aumentaría la probabilidad de una detección correcta por las células pequeñas ubicadas en los bordes de célula y puntos de cobertura débil, que también mejora por el hecho de que no se experimentaría ninguna interferencia de otras células en los elementos de recurso propuestos.

40 La invención también propone un procedimiento de sincronización de dos fases sencillo que aprovecha las propiedades de diseño de la baliza propuesta. Cualquier otro esquema de detección adecuado también sería válido para el propósito de esta invención.

45 Un experto en la técnica puede introducir cambios y modificaciones en las realizaciones descritas sin apartarse del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

60 SIGLAS

3G *Third Generation*; tercera generación

	3GPP	<i>Third Generation Partnership Project</i> ; proyecto de asociación de tercera generación
	ABS	<i>Almost Blank Subframe</i> ; subtrama casi en blanco
	BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i> ; modulación por desplazamiento de fase binaria
	CoMP	<i>Cooperative Multi-Point</i> ; multipunto cooperativo
5	DFT	<i>Discrete Fourier Transform</i> ; transformada de Fourier discreta
	DSL	<i>Digital Subscriber Line</i> ; línea de abonado digital
	eICIC	<i>Enhanced Inter Cell Interference Coordination</i> ; coordinación de interferencia intercelular mejorada
	eNB	<i>Enhanced Node B</i> ; nodo B mejorado
	FDD	<i>Frequency Division Duplex</i> ; duplexación por división de frecuencia
10	FFT	<i>Fast Fourier Transform</i> ; transformada de Fourier rápida
	GPS	<i>Global Positioning System</i> ; sistema de posicionamiento global
	GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> ; sistema global para las comunicaciones móviles
	HetNet	<i>Heterogeneous Network</i> ; red heterogénea
	ICI	<i>Inter Carrier Interference</i> ; interferencia de interportadora
15	IEEE	<i>Institute for Electrical and Electronics Engineering</i> ; instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos
	IMT	<i>International Mobile Telecommunications</i> ; telecomunicaciones móviles internacionales
	ISI	<i>Inter Symbol Interference</i> ; interferencia de intersímbolo
	LTE	<i>Long term evolution</i> ; evolución a largo plazo
	LTE-A	<i>Long term evolution – Advanced</i> ; evolución a largo plazo – Avanzada
20	ML	<i>Maximum Likelihood</i> ; probabilidad máxima
	NTP	<i>Network Time Protocol</i> ; protocolo de tiempo de red
	OAM	<i>Operation And Maintenance</i> ; funcionamiento y mantenimiento
	OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i> ; multiplexación por división de frecuencias ortogonales
	PDH	<i>Plesiochronous Digital Hierarchy</i> ; jerarquía digital plesiócrona
25	PSS	<i>Primary Synchronization Signal</i> ; señal de sincronización primaria
	RB	<i>Resource Block</i> ; bloque de recurso
	RE	<i>Resource Element</i> ; elemento de recurso
	RX	<i>Reception</i> ; recepción
	SDH	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i> ; jerarquía digital síncrona
30	SFN	<i>Single Frequency Network</i> ; red de frecuencia única
	SINR	<i>Signal to Interference and Noise Ratio</i> ; relación señal a interferencia y ruido
	SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i> ; relación señal a ruido
	SSS	<i>Secondary Synchronization Signal</i> ; señal de sincronización secundaria
	SyncE	<i>Synchronous Ethernet</i> ; Ethernet síncrona
35	TDM	<i>Time Division Multiplexing</i> ; multiplexación por división de tiempo
	TX	<i>Transmission</i> ; transmisión
	UE	<i>User Equipment</i> ; equipo de usuario
	UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunication System</i> ; sistema universal de telecomunicación móvil
	UTC	<i>Coordinated Universal Time</i> ; tiempo universal coordinado

40 REFERENCIAS

- 45 [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] 3GPP TS 36.104, Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception (*Release 9*)
- 50 [3] 3GPP TR 36.819, Coordinated multi-point operation for LTE physical layer aspects (*Release 11*)
- [4] S. Sesia, I. Toufik, M. Baker (editores), "LTE, the UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice – second edition", John Wiley & Sons, 2011
- 55 [5] 3GPP TS 36.211, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), Physical channels and modulation (*Release 10*)
- [6] W. Henkel, G. Taubök, P. Ödling, P. O. Börjesson, N. Petersson, "The Cyclic Prefix of OFDM/DMT – An Analysis", Ericsson Telecom AB. Aparecido en 2002 International Zurich Seminar on Broadband Communications, Zurich, Suiza.
- 60 [7] A. Magee, "Synchronization in Next-Generation Mobile Backhaul Networks", IEEE Communications Magazine, octubre de 2010

[8] "LTE-Advanced: Heterogeneous Networks", Qualcomm Incorporated, enero de 2011

[9] 3GPP TS 36.101, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA), User Equipment (UE) Radio Transmission and Reception (*Release 10*).

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para proporcionar una sincronización de fase a estaciones base celulares no sincronizadas en fase, que comprende al menos una estación base celular sincronizada en fase que tiene al menos una antena de transmisión para transmitir una señal a una al menos una estación base celular no sincronizada en fase, comprendiendo dicho método la etapa de transmitir mediante dicha al menos una antena de transmisión de dicha estación base celular sincronizada en fase una señal de baliza a dicha al menos una estación base celular no sincronizada en fase, incluida como parte de dicha señal transmitida, comprendiendo dicha señal de baliza dos secuencias de Walsh-Hadamard de longitud 8 ortogonales, mapeadas en elementos de recurso no usados en los símbolos de ranuras en los que se transmiten señales de sincronización primaria y secundaria, que van a difundirse por dicha al menos una estación base celular sincronizada en fase con el fin de proporcionar dicha sincronización de fase.

2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende transmitir dicha señal de baliza de manera periódica cada 10 milisegundos (ms).

3. Un método según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende mapear dichas secuencias de Walsh-Hadamard de longitud 8 ortogonales en dichos elementos de recurso no usados para una estructura de trama de tipo 1 usando las siguientes expresiones:

$$\begin{cases} \text{secuencia 1} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 2, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \\ \text{secuencia 2} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 2, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 0, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \end{cases}$$

donde l es el número de símbolo y m el número de elemento de recurso, N_{sim}^{DL} indica el número de símbolos en cada ranura, N_{RB}^{DL} es el ancho de banda de sistema expresado como número de bloques de recurso, N_{sc}^{RB} es el número de subportadoras en cada bloque de recurso, y n puede tomar los valores 2, 3, 4 y 5.

4. Un método según la reivindicación 2, caracterizado porque comprende mapear dichas secuencias de Walsh-Hadamard de longitud 8 ortogonales en dichos elementos de recurso no usados para una estructura de trama de tipo 2 usando las siguientes expresiones:

$$\begin{cases} \text{secuencia 1} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 1, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 2, l = 2, m = -n - 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \\ \text{secuencia 2} \left\{ \begin{array}{l} 1^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 1, l = N_{sim}^{DL} - 1, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \\ 2^{\text{a}} \text{ mitad en la ranura } 2, l = 2, m = n + 31 + \frac{N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}}{2} \end{array} \right. \end{cases}$$

donde l es el número de símbolo y m el número de elemento de recurso, N_{sim}^{DL} indica el número de símbolos en cada ranura, N_{RB}^{DL} es el ancho de banda de sistema expresado como número de bloques de recurso, N_{sc}^{RB} es el número de subportadoras en cada bloque de recurso, y n puede tomar los valores 2, 3, 4 y 5.

5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende modular dicha

señal de baliza mediante una modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK).

5 6. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque comprende tener dicha al menos una estación base celular sincronizada en fase una pluralidad de dichas antenas de transmisión, y aplicar una modelación de haz de baliza sincronizada sobre dichos elementos de recurso no usados.

7. Un método según la reivindicación 6, caracterizado porque comprende aplicar desplazamientos de fase y amplitudes en las señales que alimentan dicha pluralidad de antenas de transmisión.

10 8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende transmitir dicha señal de baliza en los mismos puertos de antena de dicha pluralidad de antenas de transmisión usadas para dichas señales de sincronización primaria y secundaria.

15 9. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cada una de dicha al menos una estación base celular sincronizada en fase es una de una estación base de macrocélula o una estación base de célula pequeña.

20 10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cada una de dicha al menos una estación base celular no sincronizada en fase es una estación base de célula pequeña.

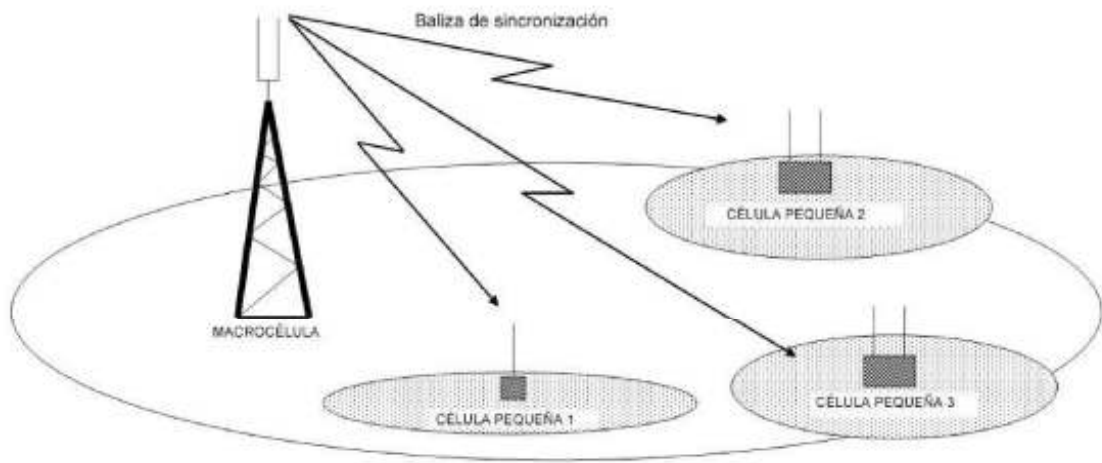


Figura 1

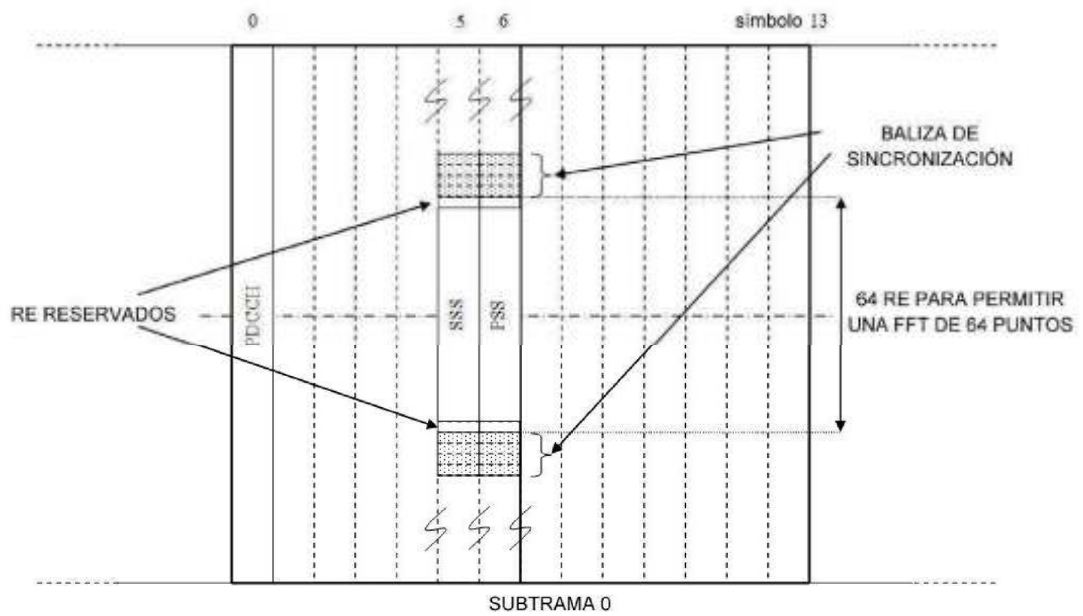


Figura 2

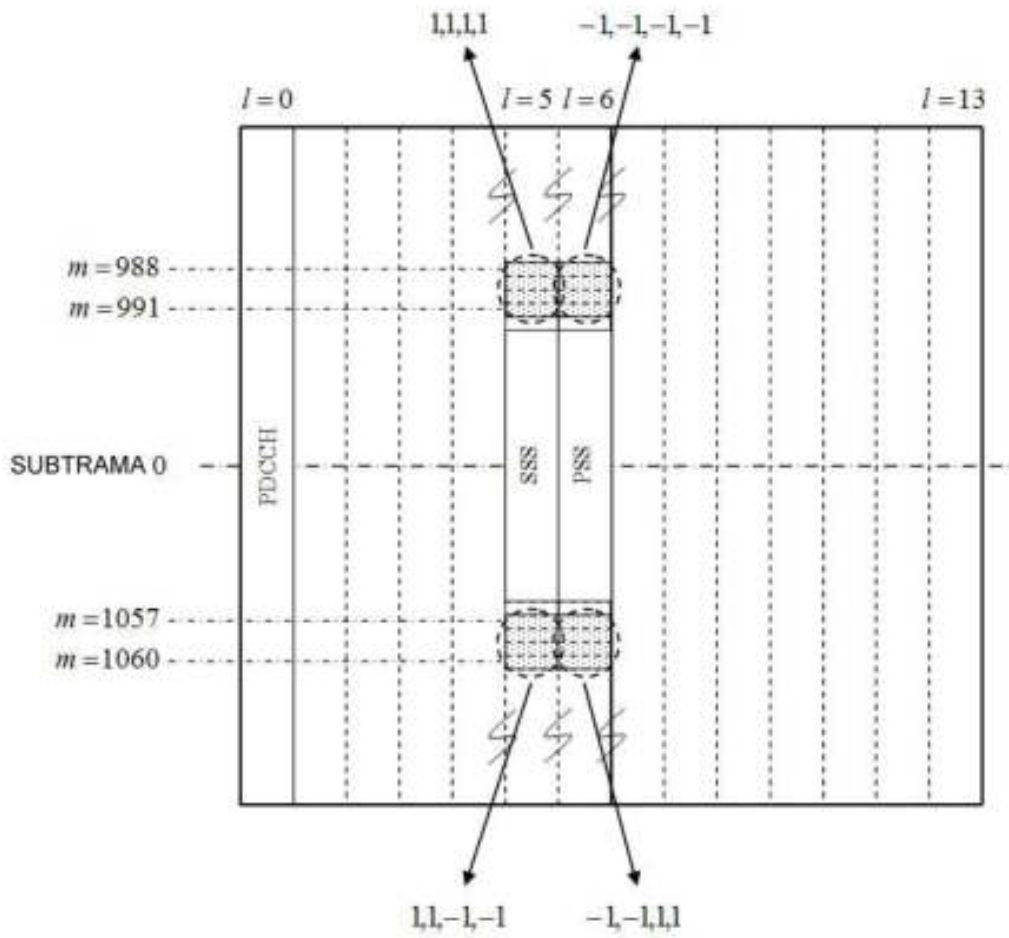


Figura 3

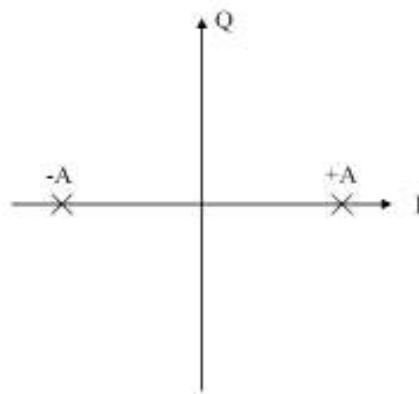


Figura 4

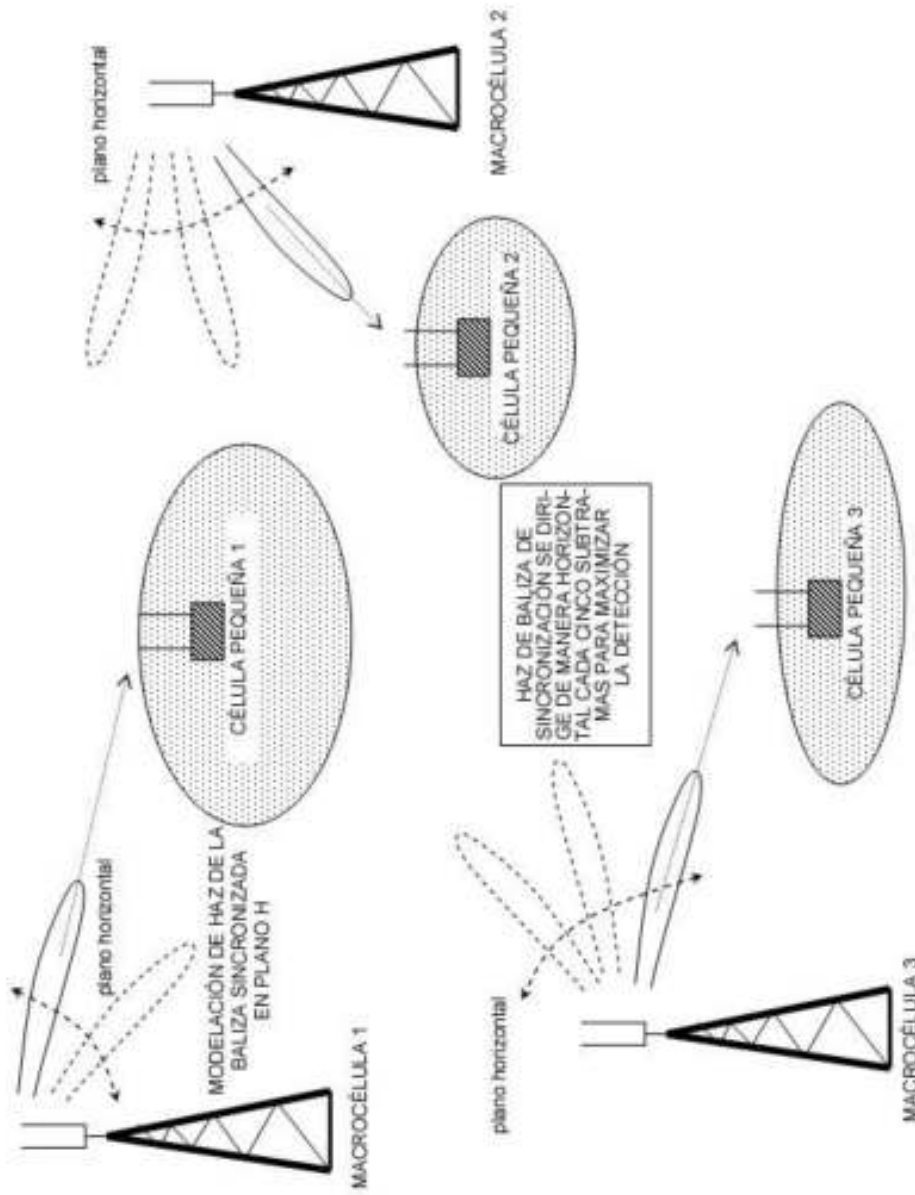


Figura 5

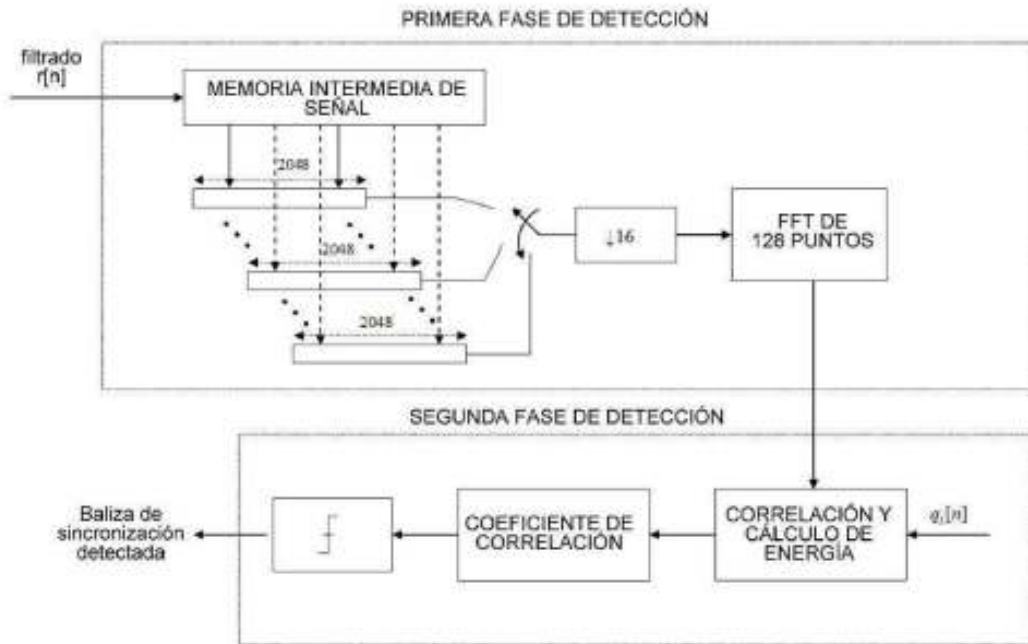


Figura 6

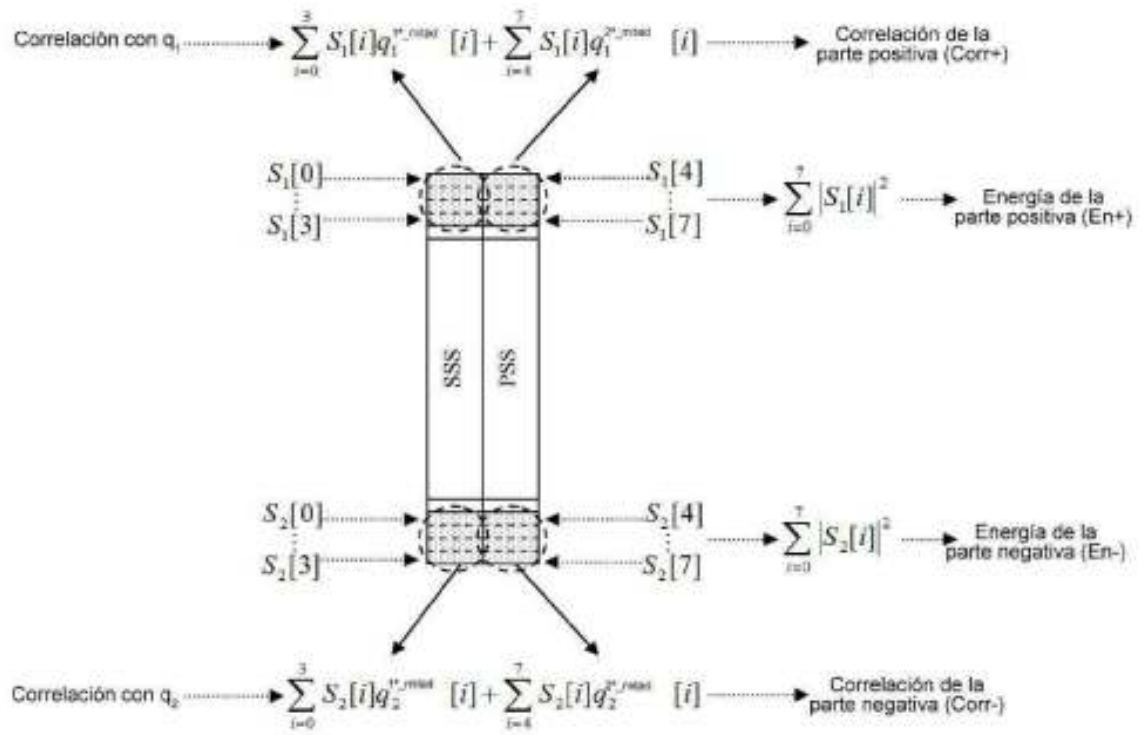


Figura 7

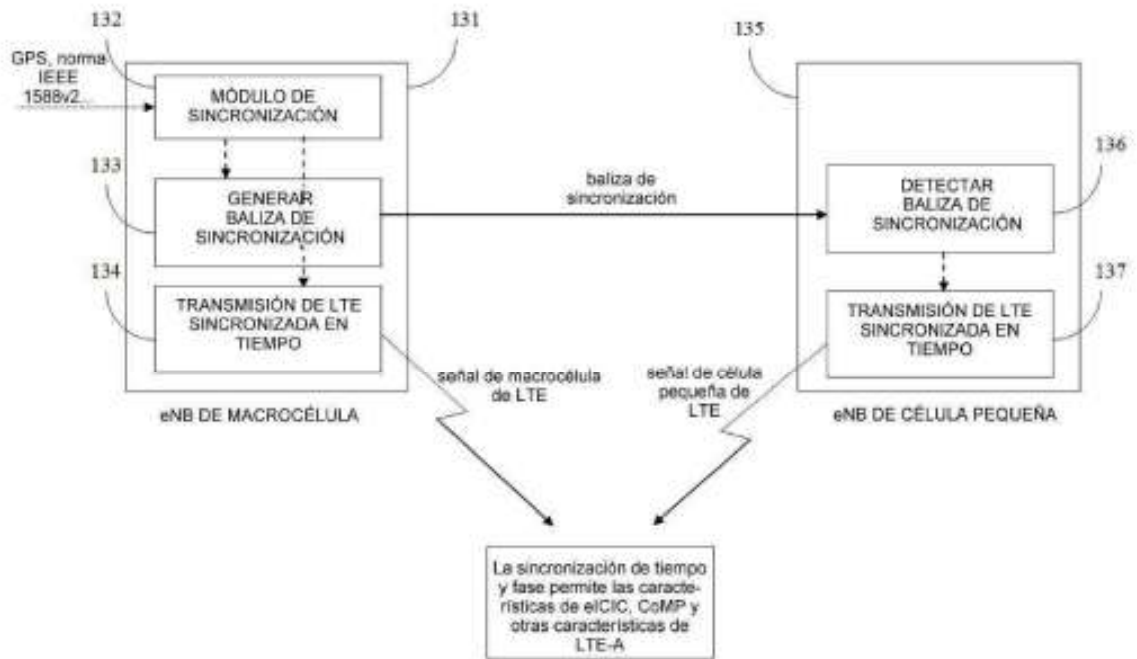


Figura 8