

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 577 547**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00 (2009.01)

H04J 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2009 E 09823091 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2342927**

54 Título: **Mecanismo de sincronización para red de enlace descendente para femtocelda en sistemas OFDM celulares**

30 Prioridad:

31.10.2008 US 109999 P

30.10.2009 US 589974

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

15.07.2016

73 Titular/es:

MEDIATEK INC. (100.0%)

No. 1, Dusing Road 1, Science-based Industrial Park

Hsin-chu City, Taiwan 300, CN

72 Inventor/es:

FU, I KANG

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 577 547 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Mecanismo de sincronización para red de enlace descendente para femtocelda en sistemas OFDM celulares

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica prioridad bajo el 35 U.S.C. § 119 de la Solicitud Provisional U.S. Número 61/109, 999, titulada "Mecanismo de Sincronización de red para soportar Femtocelda en Sistemas OFDM Inalámbricos", presentado en Octubre 31, 2008, cuya materia objeto se incorpora aquí mediante referencia.

Campo técnico

La presente invención se relaciona de manera general con sistemas OFDM celulares y, más particularmente, con sincronización de red de enlace descendente para estaciones base Femto en sistemas OFDM celulares.

10 Antecedentes

En razón a que la demanda de banda ancha para usuarios inalámbricos bajo techo continua creciendo, los operadores celulares están tratando de explorar el ancho de banda suministrado bajo techo, además de suministrar ancho de banda en instalaciones al aire libre. Debido a la naturaleza física de las señales de radio, sin embargo, los operadores celulares han enfrentado dificultades para suministrar cubrimiento completo para los usuarios bajo techo. 15 El repetidor celular es una de las soluciones comunes para los sistemas actuales, pero este puede degradar la calidad de la señal recibida y no tiene inteligencia para el procesamiento de la señal. La estación de retransmisión es otra solución desarrollada para resolver este problema, pero no existe estación de retransmisión comercial disponible aún y está aún bajo desarrollo. La Femtocelda es otra solución que se desarrolló para mejorar el cubrimiento bajo techo al reutilizar el espectro licenciado como parte de la infraestructura de la red celular.

20 La Figura 1 (Técnica Anterior) ilustra una red 10 celular simplificada que comprende una estación base BS 11 macro y una estación base BS 112 femto. La red 10 celular también comprende una estación móvil MS 14 al aire libre y una estación móvil MS 15 bajo techo. Como se ilustró en la Figura 1, la BS11 macro suministra una fortaleza de señal sólida para la MS 14 al aire libre, aunque suministra una fortaleza de señal relativamente débil para el MS 15 bajo techo en razón de la obstrucción física y/o la reflexión originada por el edificio 13. De otro lado, la BS12 femto, una estación base de punto de acceso (por ejemplo una estación base bajo techo pequeña), puede suministrar 25 fortaleza de señal sólida y buena calidad de señal al MS15 bajo techo porque el BS12 femto está ubicado dentro del edificio 13.

La femtocelda se anticipa como una característica importante para soportar transmisión de alta velocidad extrema para sistemas 4G. Tanto el IEEE 802.16m como el 3GPP RAN1 & RAN2 están actualmente desarrollando la 30 tecnología de femtocelda como parte de los estándares para el WiMAX 2.0 y los sistemas avanzados LTE. La transmisión de alta velocidad extrema dará como resultado un consumo muy alto de potencia y se utiliza usualmente para soportar servicios multimedia, que son más posibles de ser solicitados por los usuarios en un ambiente bajo techo. Al utilizar estaciones base femto, más recursos de radio se pueden ahorrar al utilizar un rango más corto y una potencia de transmisión inferior. La Figura 2 (Técnica Anterior) ilustra una arquitectura del sistema de un 35 sistema 20 de femtocelda WiMAX.

La sincronización de la red de transmisión de enlace descendente temporizada en una red celular es usualmente efectuada mediante el sistema de posicionamiento global (GPS). El GPS es un Sistema Satelital de Navegación global que suministra una ubicación confiable, navegación, y servicio temporizado. Sin embargo, un BS femto puede no ser capaz de recibir señales GPS y obtener referencia temporizada. La Figura 3 (Técnica Anterior) ilustra una red 40 celular que comprende un GPS 31. La red 30 celular también comprende los BS 32 y BS 33 macros, así como también un BS 34 femto. Como se ilustró en la Figura 3, el BS 32 y el BS 33 pueden recibir las señales GPS del GPS 31, mientras que el BS 34 no puede recibir las señales GPS y obtener referencia temporizada por que este se ubica dentro del edificio 35.

Además del GPS, la señal de retorno también puede ayudar a lograr la sincronización de la red entre las diferentes 45 BS. Sin embargo, la conexión de retorno de una BS femto no es confiable para obtener referencia de tiempo. En la Figura 4 (Técnica Anterior) ilustra una conexión de retorno en una BS femto en un sistema 40 de femtocelda WiMAX. Como se ilustró en la Figura 4, el retorno de la BS Femto se espera que sea un enlace xDSL o DOCSIS de bajo coste. Este no es tan robusto y confiable como las conexiones dedicadas utilizadas en Macro-/Micro-/Pico-BS. Además, el retraso de ida y vuelta puede ser variante en el tiempo y da como resultado la dificultad en el refinamiento del tiempo preciso. Así, los sistemas de sincronización de la red de enlace descendente para una femtocelda en un sistema de multiplexación por división de frecuencia ortogonal celular (OFDM) y/o acceso múltiple 50 por división de frecuencia ortogonal (OFDMA) permanecen como un reto.

El documento DE 10032934 A describe un sistema de sincronización de estación base que sincroniza una estación base de microcelda con una estación base de celda macro localizada adyacente sobre un canal de corrección de frecuencia utilizando circuito integral de teléfono móvil sin necesidad de una línea PCM a un oscilador de rubidio. Sin embargo, el documento DE 10032934 A no describe la solución reivindicada por la presente solicitud.

- 5 La especificación técnica 3GPP TR R3.020 V090 describe que un receptor UMTS está integrado en el nodoB local para vigilar el canal radiodifusión de una red macro y sincronizar el oscilador interno a esta señal. Sin embargo, el 3GPP TR. Especificación Técnica R3.020 no describe la solución reivindicada por la presente solicitud.

Resumen

10 Se suministra un método de sincronización de enlace descendente para una estación base femto en un sistema de multiplexación por división de frecuencia ortogonal celular (OFDM). La estación base femto primero explora una o más de las señales de referencia recibidas transmitidas desde una pluralidad de estaciones base macro vecinas. Antes de la exploración, el tiempo de transmisión de enlace descendente entre las estaciones base macro vecinas está ya bien sincronizada. Desde la perspectiva de la estación móvil, la diferencia de tiempo de llegada entre las
15 señales de radio transmitidas por las estaciones base macro es más pequeña que la duración del intervalo de guarda (Tg) de un símbolo OFDM.

La estación base femto determina entonces una señal de referencia deseada desde la recibida o más señales de referencia con base en el resultado de la exploración. En un aspecto novedoso, la señal de referencia deseada es una señal de referencia primero recibida por la estación base femto durante una ventana de observación. En una
20 realización, la longitud de la ventana de observación es más pequeña que la mitad de la longitud marco pero sustancialmente mayor que la demora de propagación entre la pluralidad de estaciones base. El tiempo de llegada real de la señal de referencia deseada se puede detectar mediante la estación base femto utilizando procesamiento de señal digital más un detector de tiempo y un extractor de tiempo.

Finalmente, la estación base femto configura su tiempo de transmisión de la señal de radio de enlace descendente con base en la señal de referencia deseada de tal manera que la estación base femto se sincroniza con la pluralidad
25 de estaciones base macro vecinas. En una realización, la señal de referencia se transmite en el límite de partida del marco de enlace descendente por la BS vecina. La BS femto establece su límite de marco de partida de enlace descendente para que sea el mismo tiempo cuando la señal de referencia es recibida primero por la BS femto. En otra realización, la señal de referencia es transmitida en el límite de partida más un desfase en el marco de enlace descendente por una BS vecina. La BS femto establece su límite marco de partida de enlace descendente para que
30 sea el mismo que el tiempo cuando la señal de referencia es recibida primero por el BS femto más el mismo desfase.

Otras realizaciones y ventajas se describen en la descripción detallada de adelante. Este resumen no significa definición de la invención. La invención se define por las reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

- 35 Los dibujos que acompañan, en donde numerales de referencia indican componentes similares, ilustra realizaciones de la invención.

Figura 1 (Técnica Anterior) La Figura ilustra una red celular simplificada que comprende una estación base macro y una estación base femto.

Figura 2 (Técnica Anterior) ilustra la arquitectura del sistema de un sistema de femtocelda WiMAX.

- 40 Figura 3 (Técnica Anterior) ilustra una red celular que comprende un sistema de posicionamiento global.

Figura 4 (Técnica Anterior) ilustra una conexión de retorno de una BS femto en un sistema de femtocelda WiMAX.

Figura 5 ilustra una red 50 OFDM celular con una estación base femto de acuerdo con un aspecto novedoso.

Figura 6 es un diagrama de bloque simplificado de una estación base femto de acuerdo con un aspecto novedoso.

Figura 7 es un diagrama de flujo de un método para activar una estación base femto en una red OFDM celular.

- 45 Figura 8 ilustra una red OFDM celular tanto con una femtocelda aislada como con una femtocelda traslapada.

Figura 9 ilustra una red OFDM celular con una femtocelda que se traslapa con tres macro celdas.

Figura 10 ilustra señales de referencia múltiples recibidas por una femtocelda en una red OFDM celular.

Figura 11 es una topología de red generalizada de una red OFDM celular que ilustra una aproximación de sincronización de una red novedosa.

5 Figura 12 es una topología de red especial de una red OFDM celular que ilustra una aproximación de sincronización de red novedosa

Figura 13 ilustra un método general para detectar el tiempo de llegada de la señal de referencia deseada desde las señales múltiples de referencia recibidas

Figura 14 ilustra una primera realización para detectar el tiempo de llegada de una señal de referencia.

10 Figura 15 ilustra una segunda realización para detectar el tiempo de llegada de una señal de referencia con un efecto multisenda.

Figura 16 ilustra una tercera realización para detectar el tiempo de llegada de las señales de referencia múltiples con un efecto multisenda.

Figura 17 ilustra una primera realización para configurar un tiempo de transmisión de enlace descendente mediante una estación base femto.

15 Figura 18 ilustra una segunda realización para configurar el tiempo de transmisión de enlace descendente mediante una estación base femto.

Descripción detallada

Se hará ahora referencia en detalle a algunas realizaciones desde la invención, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos que acompañan.

20 La femtocelda se desarrolló para mejorar el cubrimiento bajo techo al reutilizar el espectro licenciado como parte de la infraestructura de la red celular. En un sistema de femtocelda tal como un sistema de femtocelda WiMAX, los servicios bajo techo son principalmente servidos mediante un punto de acceso de femtocelda WiMAX (WFAP). Las femtoceldas típicamente suministran un cubrimiento de celda muy pequeño (por ejemplo < 35 metros) con una transmisión de alta velocidad extrema para aplicaciones bajo techo tales como servicios multimedia. Al reutilizar la
 25 misma interfaz aérea y operar el mismo espectro licenciado como macroceldas, los operadores de red se benefician del coste de desarrollo reducido sobre las macro celdas para un cubrimiento bajo techo y unos ingresos incrementados proveniente de la comunicación inalámbrica bajo techo. Sin embargo, la sincronización de la red enlace descendente entre las femtoceldas y las macroceldas es crítico para mantener la ortogonalidad entre las subportadoras y evitar la interferencia interportadora (ICI) en las redes de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal Celular (OFDM) y/o de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA).
 30

El OFDMA se ha adoptado como el esquema de transmisión de enlace descendente para las tecnologías 4G candidatas. El OFDMA se ha considerado tanto para la transmisión de enlace descendente avanzado WiMAX 2.0 como LTE. La interferencia interportadora (ICI), sin embargo, es un problema especial y significativo en las redes
 35 OFDM, que es originado principalmente por el desfase de frecuencia y la variación de tiempo. Para evitar el ICI, la red OFDM requiere la transmisión sincronizada por cada estación base para mantener la ortogonalidad entre las subportadoras. Así, el cronometraje del símbolo OFDM transmitido por cada estación base debe estar bien alineado. En general, la diferencia entre los tiempos de llegada de una señal de radio proveniente de estaciones base diferentes debe ser más pequeño que el intervalo de guarda de un símbolo OFDM para evitar el ICI no deseado.

La Figura 5 ilustra una red 50 OFDM celular con una estación base femto de acuerdo con un aspecto novedoso. La
 40 red 50 OFDM celular comprende una pluralidad de estaciones base BS 51-BS 57 macro, una estación base BS58 femto y un sistema de posicionamiento global GPS59. Las estaciones base BS51- BS57 macro, reciben las señales GPS provenientes del GPS 59 y de esta manera obtienen una referencia de tiempo confiable y precisa. Como resultado, el tiempo de transmisión de enlace descendente para el BS51 – BS57 está bien sincronizado. Desde la perspectiva de la estación móvil, esto significa que la diferencia del tiempo de llegada entre las señales de radio transmitidas por el BS51 – BS57 es más pequeño que la duración del intervalo de guarda (T_g) de un símbolo OFDM.
 45 De otro lado, la BS 58 femto no puede recibir las señales de GPS para obtener la referencia de tiempo. En un aspecto novedoso, la BS58 femto recibe y explora una pluralidad de señales de referencia transmitidas desde la pluralidad de las estaciones base BS51 – BS57 macro, y determina una señal de referencia deseada. Con base en la señal de referencia deseada, la BS58 puede obtener la referencia de tiempo de tal manera que el tiempo de
 50 transmisión de enlace descendente para el BS58 femto y otras estaciones base BS51 – BS57 macro también esté bien sincronizado.

La Figura 6 es un diagrama de bloque simplificado de una estación base BS58 femto en una red 50 OFDM celular de acuerdo con un aspecto novedoso. El BS58 comprende un dispositivo 61 de almacenamiento, una CPU 62, un módulo 64 de radiofrecuencia (RF) acoplado con una antena 63, un módulo 65 de procesamiento de señal, un detector y extractor 66 de tiempo, y un módulo 67 de configuración de tiempo. En la realización de la Figura 6, el módulo 64 RF recibe una señal 68 de referencia (señal análoga) por vía de la antena 63. El módulo 65 de procesamiento de señal convierte la señal análoga a una señal digital y extrae el código de secuencia correspondiente de la señal 68 de referencia. El detector y extractor 66 de tiempo detectan el tiempo de llegada de la señal 68 de referencia con base en el código de secuencia y entonces determina una referencia de tiempo deseada con base en el tiempo de llegada detectado de la señal 68 de referencia. Con base en la referencia de tiempo deseada, el módulo 67 de configuración de tiempo configura el tiempo de transmisión de enlace descendente para el BS58 femto para lograr la sincronización de red.

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un método para activar una estación base femto en una red OFDM celular. En la etapa 71, el BS femto primero se comunica con su servidor de retorno y se registra en la red celular después de ser prendido. El BS femto no puede transmitir ninguna señal de radio antes de ser autorizado por el servidor de retorno. En la etapa 72, el BS femto se comunica con el servidor de retorno para intercambiar su capacidad de servicio tal como el ancho de banda del canal soportable, la versión del protocolo, la clase de potencia, y el soporte de la multiportadora. Además, el servidor de retorno puede informar un conjunto de parámetros para la operación de femtocelda tal como la frecuencia central y el ancho de banda de él o los canales de frecuencia asignados, la potencia de transmisión, el esquema de permutación, y el rendimiento soportable. En la etapa 73, el BS femto explora una pluralidad de señales de referencia sobre un canal de frecuencia asignado. La pluralidad de señales de referencia se transmiten desde una pluralidad de estaciones base macro vecinas. Con base en el resultado de la exploración, el BS femto detecta el tiempo de llegada de cada una de la pluralidad de señales de referencia y determina de esta manera una señal de referencia deseada (etapa 74). Finalmente, la BS femto configura su límite de marco de enlace descendente con base en el tiempo de la señal de referencia deseada de tal manera que se logra la sincronización de la red de enlace descendente entre el BS femto y otras BS macro vecinas (etapa 75). Después de la adecuada configuración del tiempo, la BS femto está lista para activar la transmisión de enlace descendente, (etapa 76).

Un problema desafiante para activar una femtocelda en una red OFDM celular es como lograr la sincronización de red de enlace descendente. Existen varios temas a ser considerados para manejar este problema. Primero, el alcance de la sincronización de la red de enlace descendente requiere ser identificado. Esto es, la femtocelda requiere determinar que estaciones base macro sincronizar a la red OFDM. Segundo, se requiere determinar la señal de referencia deseada de una pluralidad de señales de referencia transmitidas de una pluralidad de estaciones base macro en la red OFDM. Al configurar el tiempo de transmisión de enlace descendente con base en la señal de referencia deseada, se puede lograr la sincronización de red entre la femtocelda y otras estaciones base macro. Tercero, se requiere detectar el tiempo de llegada real de la señal de referencia deseada. La femtocelda puede utilizar el tiempo de llegada exacto de la señal de referencia deseada para su transmisión de enlace descendente para lograr la sincronización de red. Cada tema se describe ahora adelante con más detalles.

La Figura 8 ilustra una red 80 OFDM celular tanto con una femtocelda aislada como con una femtocelda traslapada. La red 80 OFDM celular comprende una estación base BS81 macro, una primera estación base BS82 femto, una segunda estación base BS83 femto, y una estación móvil MS84. La BS 81 macro suministra un cubrimiento de señal para la celda 85 y la estación base de servicio para MS84, la BS82 femto suministra cubrimiento de señal para la celda 86, y la BS 83 femto suministra cubrimiento de señal para la celda 87. El cubrimiento de la celda de una estación base es la mayor distancia dentro de la cual una estación móvil puede establecer conexión. Como se ilustró en la Figura 8, la celda 86 está aislada de la celda 85, mientras que la celda 87 está traslapada con la celda 85. Por ejemplo, ya que el MS84 está ubicado por fuera del límite de celda de la celda 86, ésta recibe una interferencia relativamente débil de la BS82 femto. De otro lado, ya que el MS84 está ubicado dentro del límite de la celda de la celda 87, esta recibe una interferencia relativamente fuerte de la BS83 femto. Como resultado, el problema de interferencia de una estación móvil servida por una macrocelda originada de una femtocelda será significativo solamente cuando el cubrimiento de la femtocelda este traslapado con el cubrimiento de la macrocelda, y la interferencia debido a una transmisión no sincronizada se pueda ignorar si la femtocelda es una celda aislada. Por lo tanto, en una red OFDM celular la femtocelda requiere sincronizarse a solamente las macroceldas próximas con un cubrimiento de celda traslapante. Esto es, la femtocelda requiere explorar solo las señales de referencia transmitidas desde las macroceldas traslapantes.

Después de determinar el alcance de la sincronización de la red de enlace descendente, la femtocelda requiere determinar una señal de referencia deseada desde una o más señales de referencia transmitidas por las estaciones base macro próximas. La Figura 9 ilustra una red 90 OFDM celular con una femtocelda que se traslapa con tres macroceldas. La red 90 OFDM celular comprende una primera estación base BS91 macro que suministra cubrimiento para la celda 96, una segunda estación base BS92 macro que suministra cubrimiento de celda para la celda 97, una tercera estación base BS93 macro que suministra cubrimiento de celda para la celda 98, y una estación base BS94 femto que suministra cubrimiento de celda para la celda 99. En el ejemplo de la Figura 9, la celda 99 se traslapa con todas las tres macroceldas 96- 97, y no se puede ignorar la interferencia debida a la

transmisión no sincronizada entre La BS94 femto y las otras BS91- 93 macro. Con el fin de sincronizar todas las tres BS91- BS93 macro, la BS94 femto explora múltiples señales de referencia transmitidas por todas las tres BS91- BS93 macro y luego determina cual señal de referencia es una señal de referencia deseada para ser utilizada de tal manera que la sincronización de enlace descendente se puede lograr entre la BS94 femto y todas las tres BS91- BS 93 macro.

La Figura 10 ilustra múltiples señales de referencia recibidas por el BS94 femto en una red 90 OFDM celular. Ya que las BS91- BS93 macro están traslapando las macroceldas con la BS94 femto, la BS94 femto explora las señales de referencia (por ejemplo el preámbulo o la señal de sincronización transmitida por la BS91- BS93). Un preámbulo es una secuencia predefinida que se modula sobre las subportadoras en dominio de frecuencia y transmitidas como el primer símbolo OFDM en el dominio de tiempo. En el ejemplo de la Figura 10, los tiempos de llegada de cada señal de preámbulo transmitida de la BS91- BS93 son diferentes, originadas tanto por efecto multisenda como por demora de propagación. Entre los diferentes tiempos de llegada, la diferencia de tiempo de llegada interBS es originada por la demora de propagación, mientras que la diferencia de tiempo de llegada intraBS es originada por el efecto multisenda. La BS94 femto requiere determinar que señal de referencias se debe utilizar como la señal de referencia deseada para su transmisión de enlace descendente para lograr la sincronización de red de enlace descendente. En un aspecto novedoso, la BS94 femto siempre selecciona una señal de referencia con el tiempo de llegada más temprano como la señal de referencia deseada, sin importar de cual de ese macro transmite (normalmente una BS macro que está más cercana a la BS femto) la señal de referencia. El análisis matemático para seleccionar la señal de referencia deseada se describe ahora adelante con más detalles.

La Figura 11 es una topología de red generalizada de la red 100 OFDM celular que ilustra la aproximación de sincronización de red novedosa. En la red 100 OFDM celular, el BS1 es una estación base macro que tiene la demora de propagación más corta cuando transmite señales a una BS3 femto. La BS2 es una estación base macro arbitrariamente ubicada con un retraso de propagación mayor que la BS1 cuando transmite las señales a la BS3 femto. El tiempo para que la BS1 transmita una señal de referencia a la BS3 femto es t_1 , y el tiempo para que la BS2 transmita una señal de referencia a una estación móvil MS4 es t_2 . La distancia entre MS4 y la BS3 femto se asume que es menor de 150m, donde el cubrimiento de la femtocelda es generalmente menor de 35m. Otras variables τ de tiempo, τ_1 y τ_2 se describen en la Figura 11, donde $|\tau| \geq |\tau_1|$ y $\tau \geq |\tau_2|$. Ya que las estaciones base BS1 y BS2 macro ya están sincronizadas (por ejemplo mediante GPS o mediante una red de retorno), otra presunción importante es que $T_{DIF}(BS1, BS2) = |t_1 + \tau_1 - t_2| \leq T_{SINC}$, donde $T_{DIF}(A, B)$ es la diferencia del tiempo de llegada entre la señal transmitida por A y B desde la perspectiva MS4, y donde T_{SINC} es la diferencia del tiempo de llegada máximo del símbolo OFDM entre dos estaciones base de diferencia para satisfacer la condición de sincronización de la red. Con base en la definición de la sincronización de la red, T_{SINC} es siempre más pequeño que la duración del intervalo de guarda TG (por ejemplo 11 μ s para el sistema 802.16m IEEE o 8 μ s para el sistema 3GPP LTE), pero se puede asumir que sea mayor de 1 μ s (por ejemplo, 3 μ s en un sistema 3GPP LTE). Se observa que si el BS3 femto establece su tiempo de transmisión para que sea t_1 (por ejemplo, al mismo tiempo en que la BS3 femto recibe una señal de referencia desde el BS1 macro más cercano), entonces se pueden cumplir las condiciones de sincronización de la red de enlace descendente. Esto es, la BS3 femto se sincroniza con una BS1 macro más cercana, entonces la BS3 femto también se sincroniza con cualquier BS2 macro arbitrariamente ubicada (por ejemplo, $T_{DIF}(BS1, BS3) \leq T_{SINC}$ y $T_{DIF}(BS2, BS3) \leq T_{SINC}$).

La Figura 12 es una topología de red especial de una red 100 OFDM celular que ilustra la aproximación de sincronización de la red observada anterior. En el ejemplo de la Figura 12, el BS1 y BS2 macro, el BS3 femto, y la MS4 están todas físicamente ubicadas en la misma línea. Supóngase que la BS3 femto establece su tiempo de transmisión de enlace descendente para que sea t_1 . Como resultado, $T_{DIF}(BS1, BS3) = |(t_1 + \tau_1) - (t_1 + \tau_1)| = 0$, y $T_{DIF}(BS2, BS3) = |(t_2 - (t_1 + \tau_1))| = T_{DIF}(BS2, BS1) \leq T_{SINC}$. Por lo tanto, la BS3 femto se sincroniza tanto como a la BS1 macro y BS2 si ésta se sincroniza a la BS1.

Ahora refiriéndose de nuevo a la topología de red generalizada de la red 100 en la Figura 11, donde el BS3 femto también establece su tiempo de transmisión de enlace descendente para que sea t_1 . Esta puede mostrar que las condiciones de sincronización de red $T_{DIF}(BS1, BS3) \leq T_{SINC}$ y $T_{DIF}(BS2, BS3) \leq T_{SINC}$ se satisfacen si la BS3 femto esta sincronizada a la BS1 macro. Primero, se puede mostrar que la $T_{DIF}(BS1, BS3) = |(t_1 + \tau) - (t_1 + \tau_1)| = |\tau - \tau_1| \leq 2\tau$ (porque $\tau \geq \tau_1$) = 2^* (cubrimiento de Femtocel/velocidad de propagación) $\leq 2 \times 150 / (3 \times 10^8) = 10 - 6$ seg = 1μ s $\leq T_{SINC}$. Así, la condición de sincronización de red entre la BS1 macro y BS3 femto se satisface.

Segundo, se puede mostrar que la $T_{DIF}(BS2, BS3) = |(t_1 + \tau) - t_2|$. Esta ecuación se puede expandir adicionalmente bajo dos escenarios diferentes. En un primer escenario, si $(t_1 + \tau) \leq t_2$, entonces $T_{DIF}(BS2, BS3) = t_1 + \tau - t_2 \leq (t_2 + \tau_2) + \tau - t_2$ (porque $0 < t_1 < t_2 + \tau_2$) = $\tau + \tau_2 \leq 2\tau$ porque $\tau \geq \tau_2$) = 2^* (cubrimiento de femtocelda/ velocidad de propagación) $\leq 2 \times 150 / (3 \times 10^8) = 10^{-6}$ seg = 1μ s $\leq T_{SINC}$. En un segundo escenario, si $(t_1 + \tau) > t_2$, entonces $T_{DIF}(BS2, BS3) = t_2 - t_1 - \tau = (t_2 - t_1 - \tau_1) + (\tau_1 - \tau) = T_{DIF}(BS1, BS2) + (\tau_1 - \tau) \leq T_{SINC} + (\tau_1 - \tau) \leq T_{SINC}$ (porque $T_{DIF}(BS1, BS2) \leq T_{SINC}$, y $\tau \geq \tau_1$). Así, la condición de sincronización de red entre las BS2 macro y la BS2 femto también se satisface bajo ambos escenarios. Por lo tanto, las condiciones de sincronización de la red se satisfacen si la BS 3 femto está sincronizada con la señal de referencia transmitida desde su macro BS1 más cercano.

Habiendo determinado el alcance de la sincronización de la red de enlace descendente y también determinado la primera señal de referencia recibida transmitida desde su estación base macro más cercana como la señal de referencia deseada, la femtocelda aún requiere poder detectar el tiempo de llegada real de la señal de referencia deseada y luego configurar el tiempo de transmisión de enlace descendente con base en el tiempo de llegada de la señal de referencia deseada.

La Figura 13 ilustra un método general para detectar el tiempo de llegada de la señal de referencia deseada desde las múltiples señales de referencia recibidas. Las señales de referencia son usualmente transmitidas por un macro BS vecino periódicamente (por ejemplo cada 5 ms para cada marco), y la primera señal de referencia recibida se puede así identificar al utilizar una ventana de observación predefinida. Por ejemplo, la ventana de observación puede ser de longitud más pequeña que la mitad de la longitud de periodicidad de la señal de referencia (por ejemplo la mitad de una duración marco). Como se ilustró en la Figura 13, ya que el retraso de propagación y el efecto multisenda son típicamente mucho más pequeños que la mitad de la duración marco, la BS femto puede capturar los tiempos de llegada de todas las señales de referencia transmitidas por los BS diferentes dentro de una ventana de observación. Así, el BS femto puede identificar y detectar la primera señal de referencia de llegada como la señal de referencia deseada dentro de una ventana de observación.

La Figura 14 ilustra una primera realización para detectar el tiempo de llegada de una señal de referencia mediante una BS femto. La BS femto comprende un módulo RF, un convertidor A/D, un módulo FFT, un módulo de correlación acoplado a una antena, un detector de tiempo, un extractor de tiempo, y un módulo de configuración de tiempo. En el ejemplo de la Figura 14, solo una señal de referencia es transmitida por la estación base macro sin un efecto multisenda. El módulo RF primero recibe la señal de referencia análoga por vía de la antena en el dominio de tiempo. La señal de referencia análoga es luego digitalizada por el convertidor A/D a una señal digital, la cual es transferida por el módulo FFT a una secuencia recibida a la instancia t_0 de tiempo en el dominio de frecuencia. La secuencia recibida es luego correlacionada con la entrada de secuencia diferente por el módulo de correlación. Finalmente, el detector de tiempo detecta la señal de referencia con un código de secuencia correlacionado en la instancia t_0 de tiempo. El extractor de tiempo selecciona entonces t_0 como el tiempo de llegada de la señal de referencia.

La Figura 15 ilustra una segunda realización para detectar el tiempo de llegada de la señal de referencia con un efecto multisenda. En el ejemplo de la Figura 15, solo la señal de referencia es transmitida por una estación base macro con efecto multisenda. Así, la BS femto puede detectar la misma señal de referencia recibida a diferente instancia de tiempo por el detector de tiempo. Con base en las entradas del detector de tiempo, el extractor de tiempo determina entonces la mejor referencia de tiempo al seleccionar la primera. El modo de configuración de tiempo utiliza entonces la referencia de tiempo para configurar el tiempo de transmisión de enlace descendente para la BS femto para lograr la sincronización de red.

La Figura 16 ilustra una tercera realización para detectar el tiempo de llegada de las señales de referencia múltiples con efecto multisenda. En el ejemplo de la Figura 16, las señales de referencia múltiples son transmitidas por estaciones base macro múltiples y cada una de las señales de referencia experimentan un canal de desvanecimiento multisenda. Así, el BS femto puede detectar las diferentes señales de referencia recibidas en diferentes instancias de tiempo por el detector de tiempo. Con base en las entradas del detector de tiempo, el extractor de tiempo determina entonces la mejor referencia de tiempo al seleccionar la primera, sin importar cual BS transmite la señal de referencia seleccionada. El módulo de configuración de tiempo utiliza entonces la referencia de tiempo para configurar el tiempo de transmisión de enlace descendente para la BS femto para lograr la sincronización de red.

La Figura 17 ilustra una primera realización para configurar el tiempo de transmisión de enlace descendente por una BS femto. En el ejemplo en la Figura 17, la señal de referencia (por ejemplo el preámbulo o la señal de sincronización) se transmiten en el límite de inicio del marco de enlace descendente por una BS vecina. La BS femto simplemente establece su límite marco de inicio de enlace descendente para que sea igual que el tiempo cuando es primero recibida la señal de referencia por la BS femto.

La Figura 18 ilustra una segunda realización para configurar el tiempo de transmisión de enlace descendente mediante una BS femto. En el ejemplo en la Figura 18, la señal de referencia (por ejemplo midámbulo o postámbulo) no se transmiten en el límite de inicio del marco descendente por un BS vecino. En tal caso, el BS femto primero estima el desfase entre la señal de referencia y el preámbulo. El BS femto establece entonces su límite marco de partida de enlace descendente para que sea igual que el tiempo cuando se recibe primero la señal de referencia por el BS femto mas el mismo desfase.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con ciertas realizaciones específicas con propósitos de instrucción, la presente invención no se limita a esta. Por ejemplo, existen diferentes vías para detectar el tiempo de una señal de referencia recibida, utilizando un módulo de correlación para que la coincidencia de la secuencia recibida en el dominio de frecuencia sea solo un ejemplo. De acuerdo con esto, diversas modificaciones,

adaptaciones y combinaciones de diversas características de las realizaciones descritas se pueden practicar sin apartarse del alcance de la invención como se establece en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para sincronización de transmisión de enlace descendente en un sistema OFDM de multiplexación por división de frecuencia ortogonal celular, el método comprende:
- 5 (a) Explorar y recibir (74) una o más señales de referencia transmitidas desde una pluralidad de estaciones (51-57) base macro vecinas por una estación (58) base femto;
- (b) Determinar (74) una señal de referencia deseada desde una o más señales de referencia recibidas y
- (c) Configurar (75) la transmisión de señal de radio de enlace descendente de la estación (58) base femto con base en la señal de referencia deseada de tal manera que la estación (58) base femto se sincronice con la pluralidad de estaciones (51-57) base macro vecinas,
- 10 Caracterizadas por que dicha señal de referencia deseada es una señal de referencia recibida primero por la estación (58) base femto durante una ventana de observación, y
- la longitud de la ventana de observación es más pequeña que la mitad de la longitud marco pero sustancialmente mayor que el retraso de propagación entre la pluralidad de estaciones (51-57) base macro vecinas.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en donde las radioseñales de enlace descendente transmitidas por la pluralidad de estaciones (51-57) base macro vecinas se sincronizan antes de explorar la una o más señales de referencia por la estación (58) base femto.
3. El método de la reivindicación 1, en donde dos estaciones base se sincronizan cuando la diferencia del tiempo de llegada para las señales de radio transmitidas provenientes de las dos estaciones base es más pequeño que el intervalo de guarda de un símbolo OFDM.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en donde la señal de referencia deseada es un preámbulo de enlace descendente transmitido a un límite de partida de un marco de enlace descendente, en donde el preámbulo es recibido por la estación (58) base femto en un cierto tiempo, y en donde la estación (58) base femto transmite un marco de enlace descendente al mismo cierto tiempo.
- 25 5. El método de la reivindicación 1, en donde la señal de referencia deseada es transmitida durante el marco de enlace descendente con un desfase, en donde la señal de referencia deseada es recibida por la estación (58) base femto en un cierto tiempo, y en donde la estación (58) base femto transmite el marco de enlace descendente al mismo cierto tiempo con el mismo desfase.
6. El método de la reivindicación 1, en donde la una o más señales de referencia comprenden una señal de referencia transmitida por una estación base con efecto multisenal.
- 30 7. El método de la reivindicación 1, en donde la estación (58) base femto es una estación base de punto de acceso utilizado para cubrimiento bajo techo en el sistema OFDM celular, y en donde la estación (58) base femto está conectada a un servidor de retorno a través de un enlace físico de banda ancha normal.
8. El método de la reivindicación 1, en donde la estación (58) base femto y cada una de la pluralidad de estaciones (51-57) base macro vecinas tienen un cubrimiento de celda traslapante.
- 35 9. Una estación base femto en un sistema OFDM de multiplexación por división de frecuencias ortogonal celular, la estación (58) base femto comprende:
- Un módulo (64) RF de radiofrecuencia que recibe una o más señales de referencia transmitidas por una pluralidad de estaciones base macro vecinas;
- 40 Un detector (66) de tiempo que detecta un tiempo de llegada correspondiente de cada una de las señales de referencia;
- Un extractor (66) de tiempo que determina una referencia de tiempo deseada con base en el tiempo de llegada detectado de una señal de referencia deseada; y
- un módulo (67) de configuración de tiempo que configura el tiempo de transmisión de enlace descendente de la estación (58) base femto con base en la referencia de tiempo deseada de tal manera que la estación (58) base femto se sintoniza con la pluralidad de estaciones base macro vecinas,
- 45

Caracterizada por que dicha señal de referencia deseada es una señal de referencia primero recibida por la estación (58) base femto durante una ventana de observación, y en donde la longitud de la ventana de observación es más pequeña que la longitud marco OFDM pero sustancialmente mayor que el retraso de propagación entre la pluralidad de estaciones base macro vecinas.

- 5 10. La estación base femto de la reivindicación 9, en donde las dos estaciones base se sincronizan cuando la diferencia del tiempo de llegada para las señales de radio transmitidas de las dos estaciones base es más pequeño que el intervalo de guarda de un símbolo OFDM.
- 10 11. La estación base femto de la reivindicación 9, en donde la señal de referencia deseada es un preámbulo de enlace descendente transmitido a un límite de partida de un marco de enlace descendente, en donde el preámbulo es recibido por la estación (58) base femto en el tiempo de referencia, y en donde la estación (58) base femto transmite un marco de enlace descendente en el mismo tiempo de referencia.
- 15 12. La estación base femto de la reivindicación 9, en donde la señal de referencia deseada es transmitida durante el marco de enlace descendente con un desfase, en donde la señal de referencia deseada es recibida por la estación (58) base femto en el tiempo de referencia, y en donde la estación (58) base femto transmite un marco de enlace descendente en el mismo tiempo de referencia con el mismo desfase.
13. La estación base femto de la reivindicación 9, en donde la una o más señales de referencia comprenden una señal de referencia transmitida por una estación base con un efecto multisenda.
14. La estación base femto de la reivindicación 9, que comprende además:
- 20 un módulo de correlación que correlaciona una o más secuencias recibidas en el dominio de frecuencia de tal manera que el detector de tiempo detecta los tiempos de llegada correspondientes de las una o más señales de referencia recibidas en el dominio de tiempo.
15. La estación base femto de la reivindicación 9, en donde la estación (58) base femto es una estación base de punto de acceso utilizada para el cubrimiento bajo techo en el sistema OFDM celular y en donde la estación (58) base femto se conecta a un servidor de retorno a través de un enlace físico de banda ancha normal.

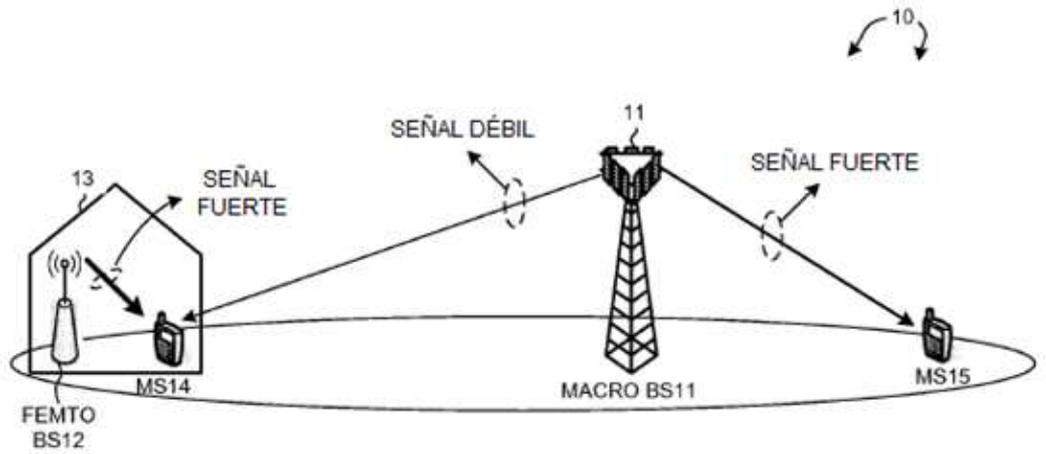


FIG. 1

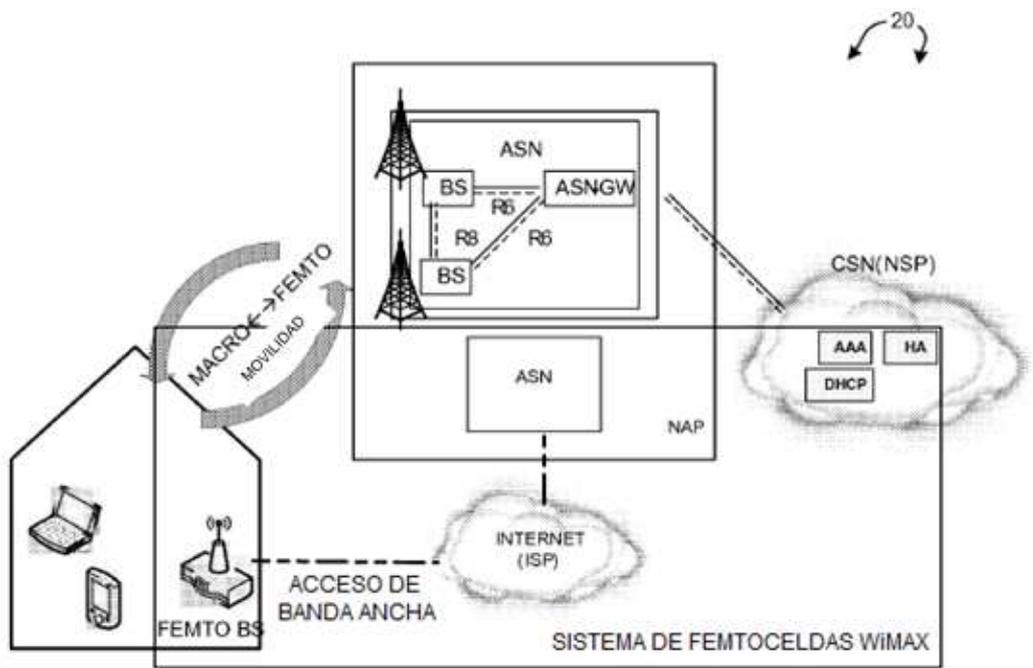


FIG. 2

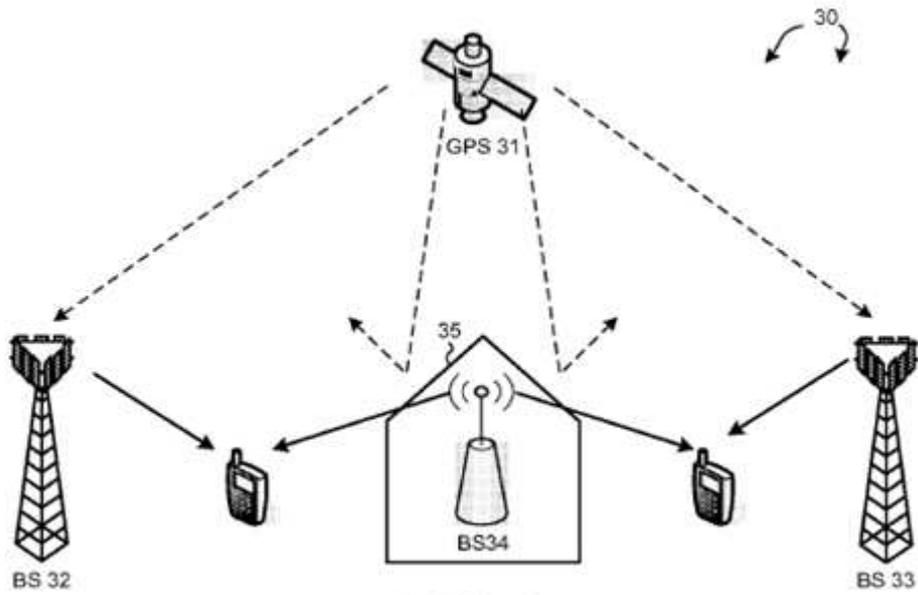


FIG. 3

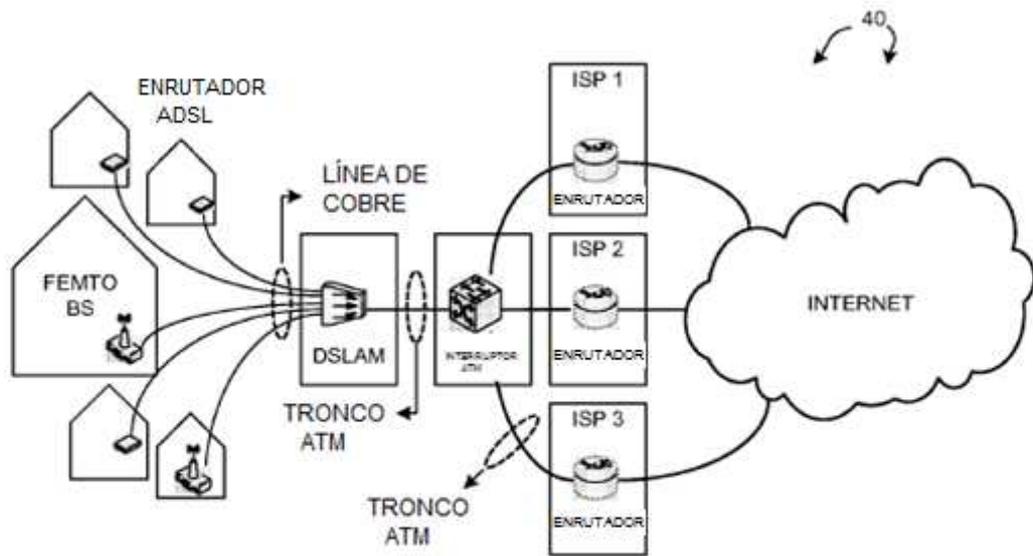


FIG. 4

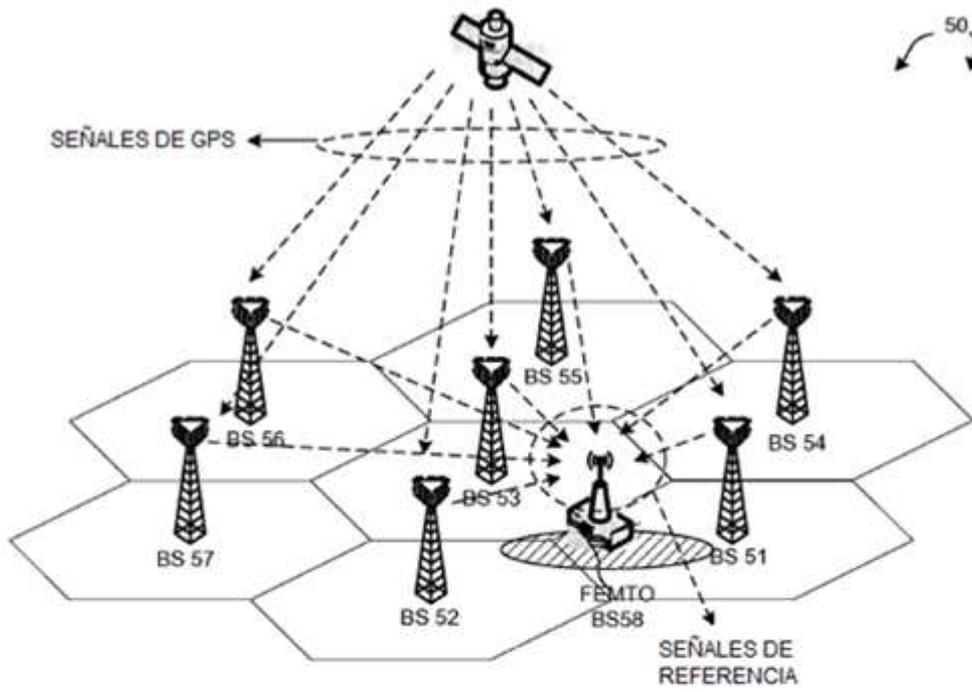


FIG. 5

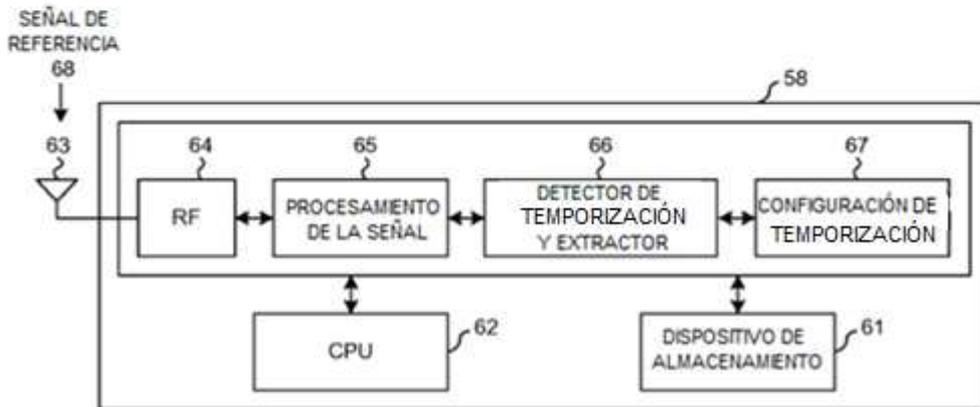


FIG. 6

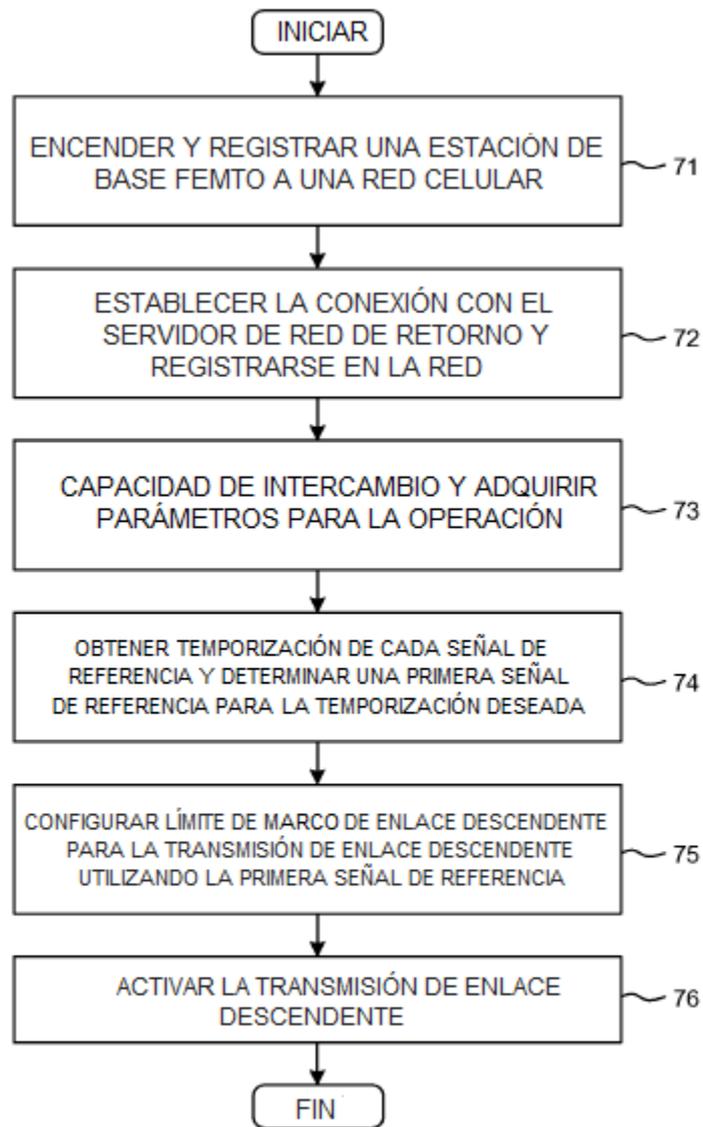


FIG. 7

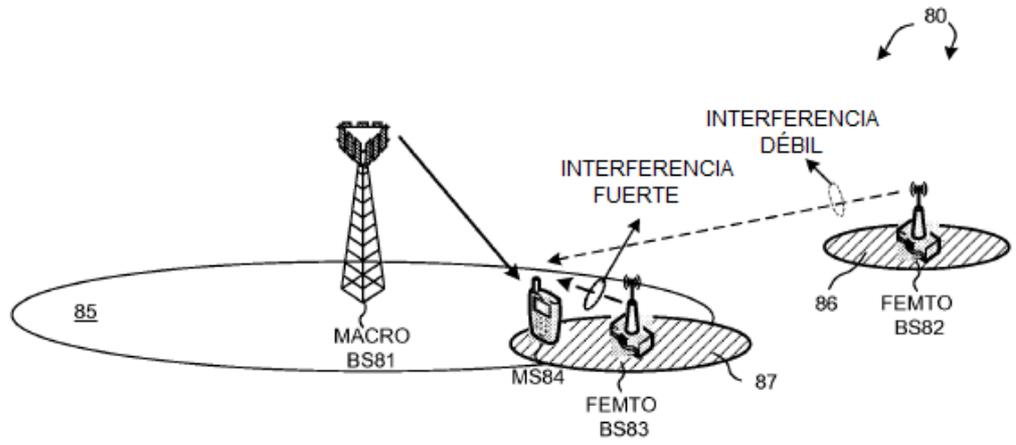


FIG. 8

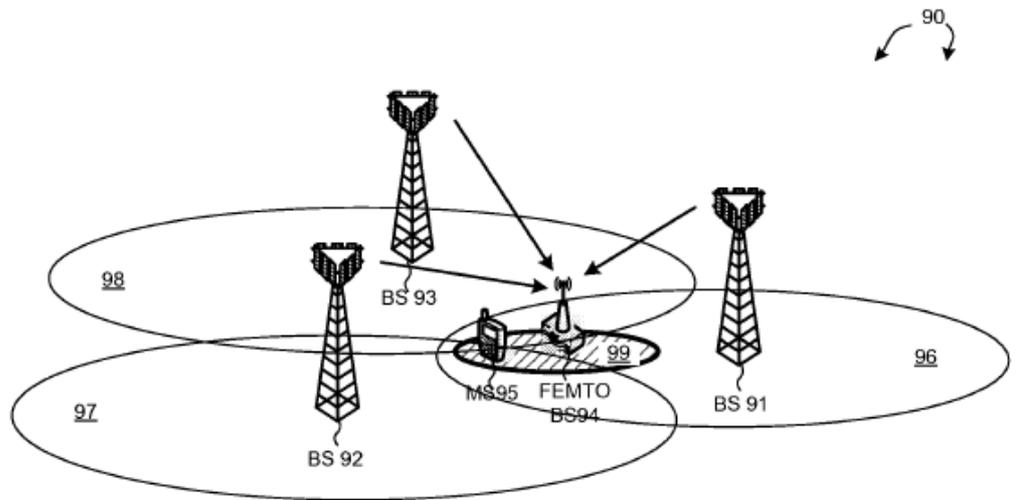


FIG. 9

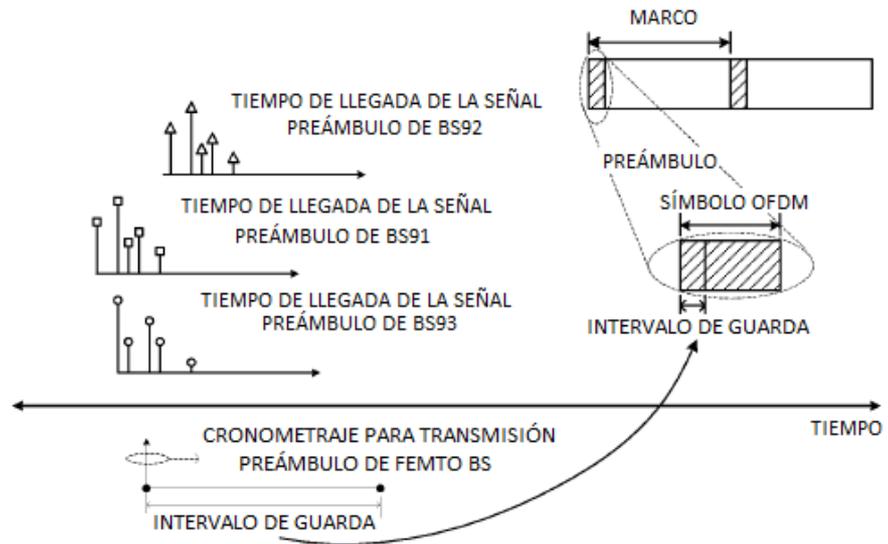


FIG. 10

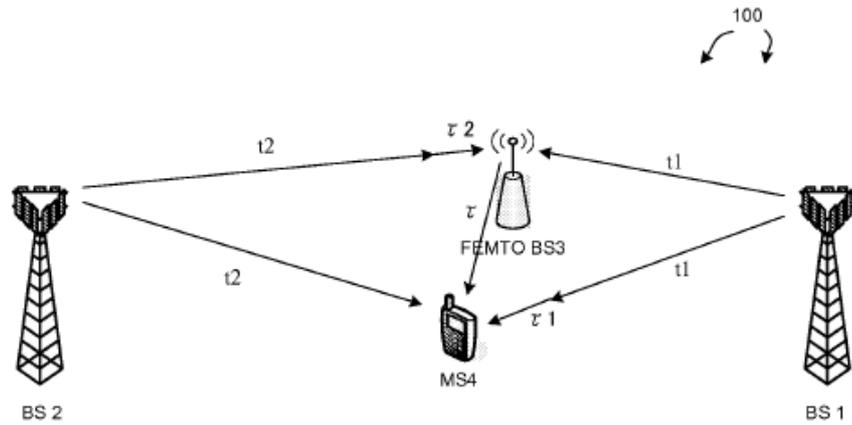


FIG. 11

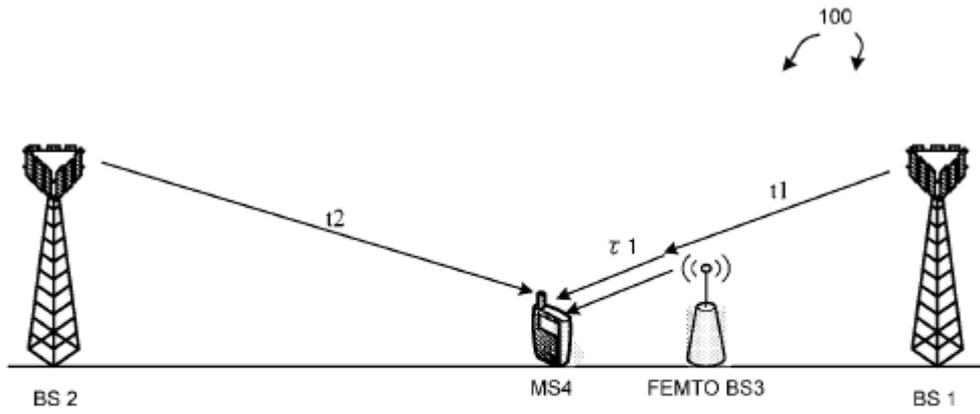


FIG. 12

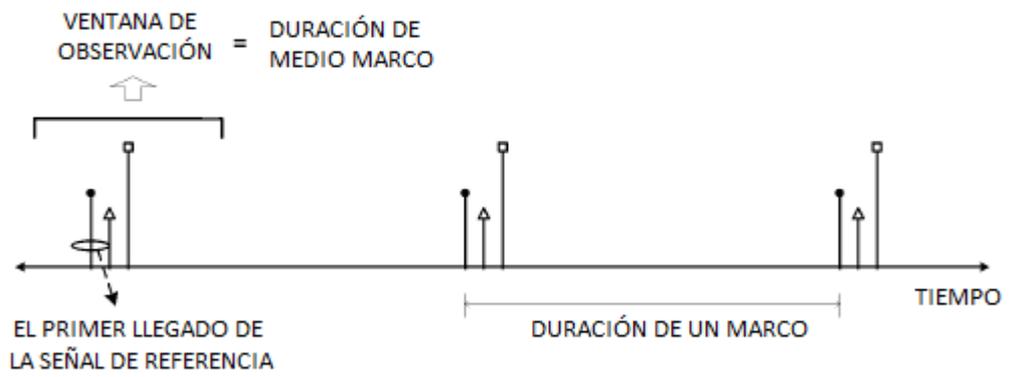


FIG. 13

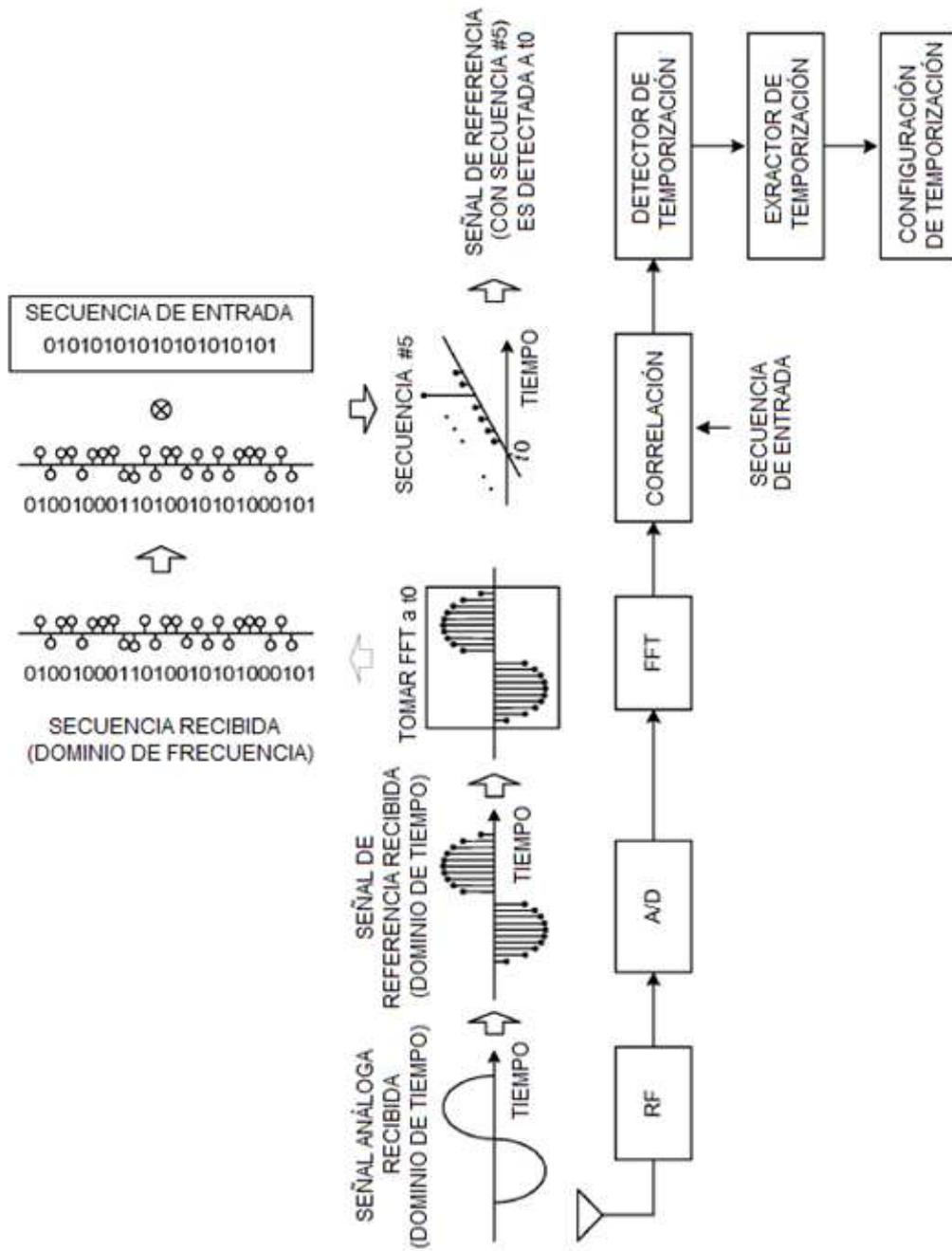


FIG. 14

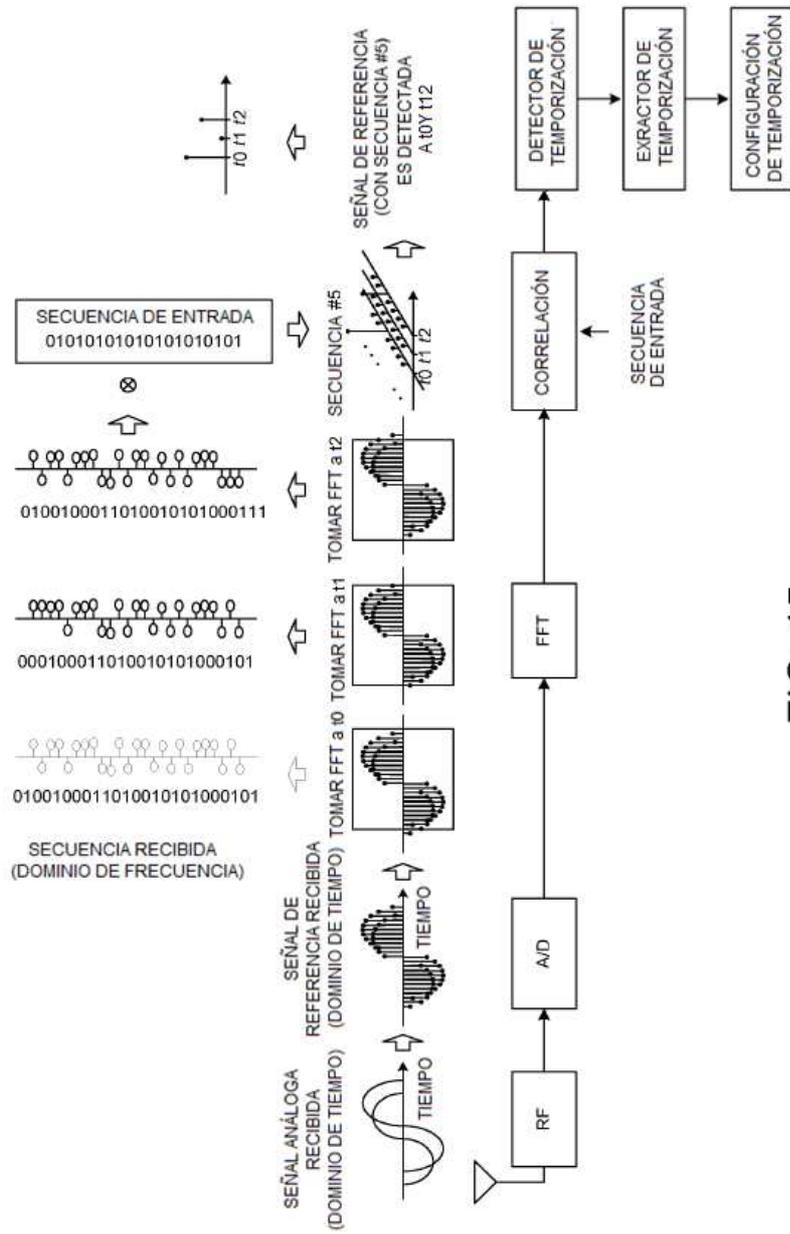


FIG. 15

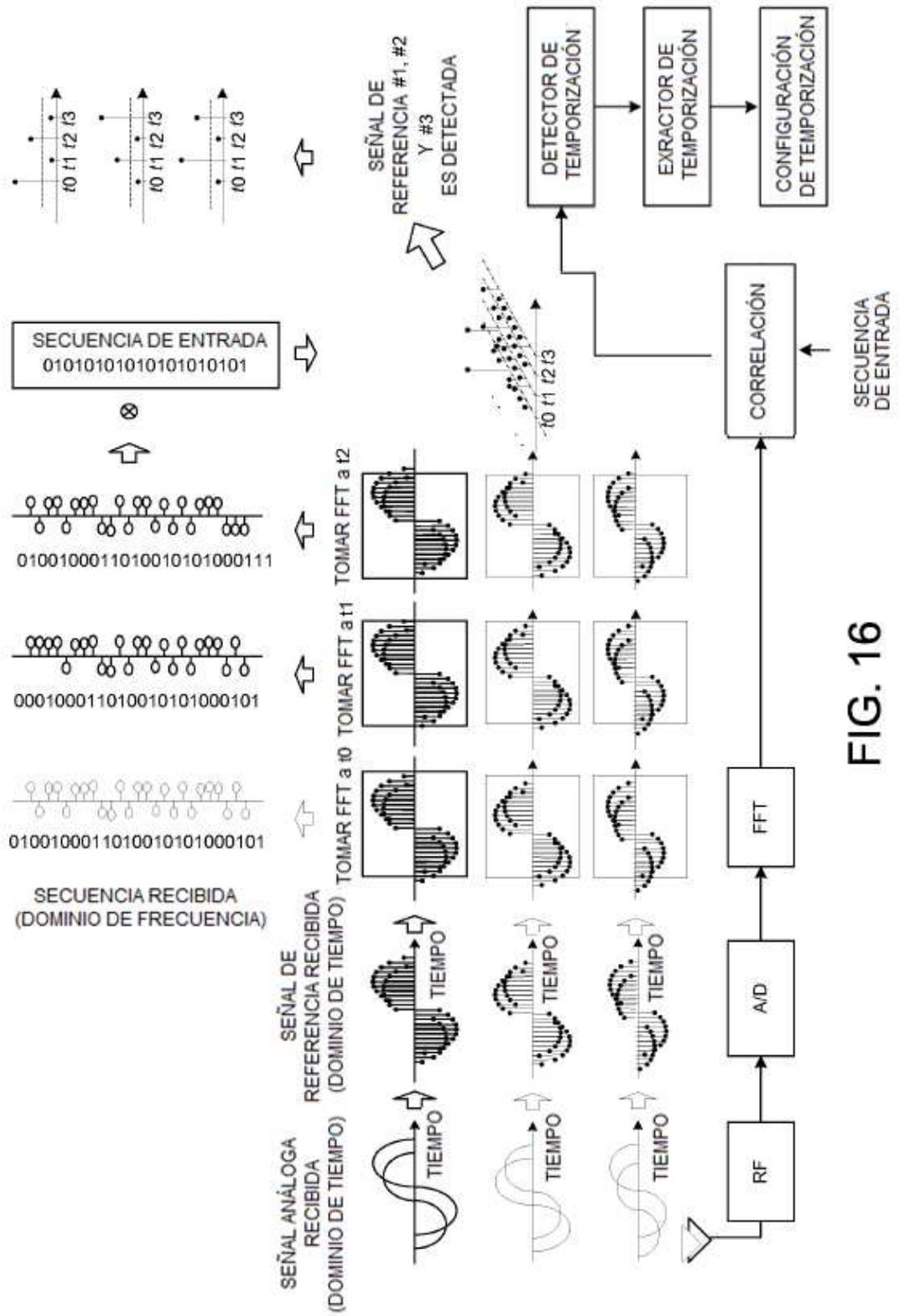


FIG. 16

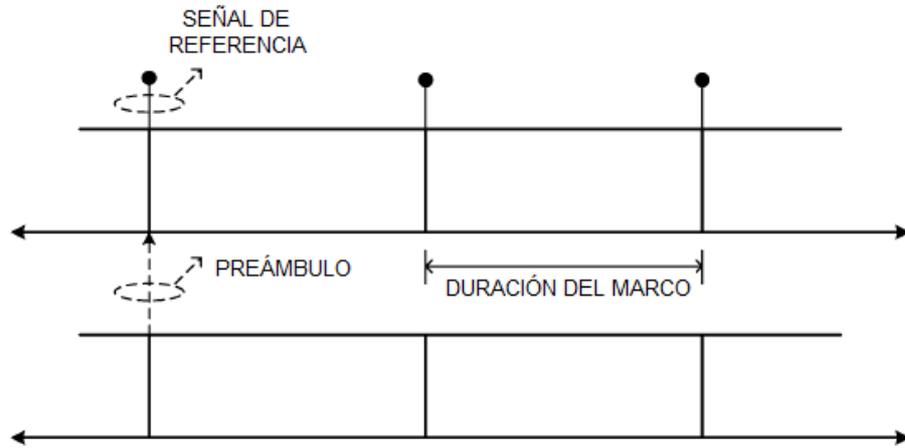


FIG. 17

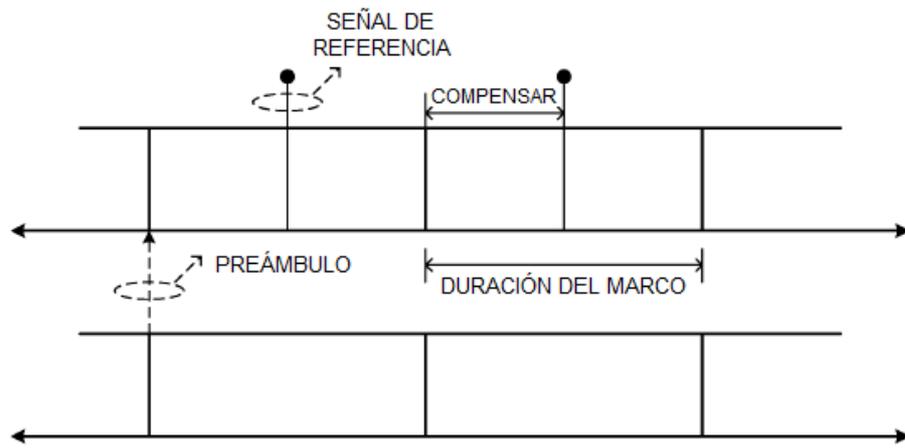


FIG. 18