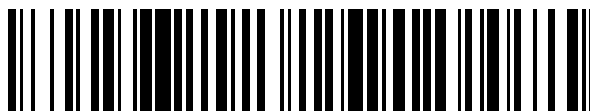


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 011**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/26** (2006.01)

**H04W 36/00** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2007 E 07861171 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014 EP 2140646**

54 Título: **Medidas de diferencia de tiempo de sincronización en sistemas OFDM**

30 Prioridad:

**30.04.2007 SE 0701043**

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

**18.07.2014**

73 Titular/es:

**OPTIS WIRELESS TECHNOLOGY, LLC (100.0%)  
P.O. Box 250649  
Plano, TX 75025, US**

72 Inventor/es:

**BALDEMAIR, ROBERT;  
KAZMI, MUHAMMAD y  
LINDOFF, BENGT**

74 Agente/Representante:

**FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás**

**ES 2 478 011 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

Medidas de diferencia de tiempo de sincronización en sistemas OFDM

5 **Antecedentes****Campo técnico**

10 La presente invención se refiere, en general, a sistemas de comunicación inalámbricos y, en particular, se refiere a medidas de temporización de señales en un sistema de comunicación inalámbrica con Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

**Antecedentes**

15 El Proyecto de Asociación de 3ª Generación está actualmente desarrollando especificaciones para redes inalámbricas de la siguiente generación, como parte de la denominada iniciativa de Evolución a Largo Plazo (LTE, Long Term Evolution). Según los planes actuales, la tecnología de Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal (OFDMA) se utiliza en el enlace descendente. Como será evidente para los expertos en la materia, OFDMA es un esquema de modulación en el que los datos a transmitir se dividen en varios sub-flujos, donde cada sub-flujo es modulado en una sub-portadora diferente. Por tanto, en los sistemas basados en OFDMA, el ancho de banda disponible se subdivide en varios bloques de recursos o unidades según se define, por ejemplo, en el documento "Physical layer aspects for evolved UTRA" ["Aspectos de la capa física para el UTRA evolucionado"], 3GPP TR 25.814. De acuerdo a este documento, un bloque de recursos se define tanto en tiempo como en frecuencia. De acuerdo a las suposiciones actuales, el tamaño de un bloque de recursos es de 180 KHz y 0,5 ms en los dominios de la frecuencia y del tiempo, respectivamente. El ancho de banda de transmisión global, de enlace ascendente y de enlace descendente, puede ser de hasta 20 MHz.

30 Para simplificar la ecualización en el receptor de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), así como para evitar interferencias inter-portadoras e inter-bloques, se utiliza un prefijo cíclico, donde cada símbolo OFDM transmitido tiene como prefijo una copia de las últimas muestras del símbolo OFDM. El prefijo cíclico proporciona un almacén temporal en el dominio del tiempo entre una señal OFDM actual y el símbolo OFDM transmitido anteriormente, evitando así interferencias inter-bloques. Además, el prefijo cíclico transforma de manera efectiva la convolución lineal, llevada a cabo por el canal de radio, en una convolución circular. Como resultado de este último efecto, se elimina la interferencia inter-portadoras, y se simplifica la ecualización de la señal OFDM recibida. La longitud del prefijo cíclico se selecciona generalmente de modo que normalmente exceda la amplitud del retardo del canal de propagación de radio (es decir, la diferencia de tiempo entre las señales multitrayecto que llegan en primer y último lugar en la respuesta al impulso de canal).

40 En un sistema LTE, un terminal móvil (en terminología 3GPP, "equipo de usuario" o "UE") lleva a cabo varias medidas para facilitar las tareas relacionadas con la gestión de recursos de radio (RRM, Radio Resource Management), tales como un traspaso libre de contención. Una medida que puede ser particularmente útil para un traspaso libre de contención es una diferencia de tiempo entre una primera señal OFDM, desde una estación base de servicio, y otra señal OFDM desde una estación base de destino. Si la diferencia de tiempo, desde la perspectiva del terminal móvil, es conocida, entonces la red puede utilizar esta información para ajustar la temporización del transmisor del terminal móvil cuando accede a la célula de destino en el traspaso. Esto asegura que la señal transmitida por el terminal móvil llega a la célula de destino con la temporización adecuada, por ejemplo, dentro de los límites correctos de ranura y de trama.

50 La información de diferencia de tiempo también puede ser útil para otras aplicaciones. Por ejemplo, la información de diferencia de tiempo para una célula de servicio y cada una de varias células vecinas (al menos dos y, preferiblemente, tres o más) puede utilizarse para que una célula de servicio estime la posición del terminal móvil utilizando técnicas de triangulación bien conocidas.

55 Medidas similares se llevan a cabo en los sistemas de Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA, Wideband Code-Division Multiple Access). En el WCDMA, una estación móvil mide los tiempos de llegada de símbolos piloto originados en la célula de servicio y posibles células de destino. Posteriormente, se calculan las diferencias entre el tiempo de llegada del símbolo piloto de la célula de servicio y los símbolos piloto desde posibles células de destino. Más específicamente, en el WCDMA hay dos de tales mediciones que se llevan a cabo sobre algún canal o símbolos piloto conocidos, conocidas como mediciones SFN-SFN de tipo 1 y mediciones SFN-SFN de tipo 2. Las primeras miden la diferencia de tiempo entre el inicio de la recepción del P-CCPCH (Canal físico de Control Común Primario, Primary Common Control Physical Channel) desde la célula de servicio y el inicio de la recepción del P-CCPCH desde la célula de destino. Para las mediciones SFN-SFN de tipo 2, el terminal móvil mide la diferencia de tiempo entre el inicio de la recepción del CPICH desde el servicio y el inicio de la recepción del CPICH desde la célula de destino.

65 En un sistema basado en CDMA, la medición del tiempo de llegada de los símbolos piloto puede realizarse de varias

maneras. Por ejemplo, el receptor puede correlacionar la señal recibida con una secuencia predeterminada que se espera en la señal de CDMA recibida, por ejemplo, uno o más símbolos piloto o señales de sincronización. El tiempo de llegada puede designarse como el tiempo en el que se produce el primer pico de correlación, correspondiente al trayecto más corto en un entorno de señales multitrayecto. Alternativamente, el tiempo de llegada puede designarse como el tiempo en el que se produce el mayor pico de correlación, correspondiente a la llegada del trayecto más potente.

Una técnica similar a la descrita anteriormente también se presenta en el documento EP 1 608 198 A1.

Referir los tiempos de llegada de señales al tiempo de llegada de un rayo de una señal multitrayecto se ajusta muy bien a un sistema de transmisión de CDMA donde el terminal móvil trata de alinearse en el tiempo con el primer trayecto recibido o detectado. Sin embargo, este enfoque no es apropiado para sistemas basados en OFDM porque los picos de correlación individuales no significan gran cosa en un receptor de OFDM.

## 15 Resumen

Cualquier ocurrencia del término “realización” en la descripción debe considerarse como un “aspecto de la invención”, estando la invención definida en las reivindicaciones independientes adjuntas.

Una o más realizaciones de la invención que se presenta en este documento proporcionan procedimientos y dispositivos para determinar una diferencia de tiempo recibida entre una primera señal de OFDM, recibida desde una primera estación base, y una segunda señal de OFDM recibida desde una segunda estación base. Los procedimientos y aparatos revelados en este documento pueden aplicarse a sistemas de LTE del 3GPP, así como a otros sistemas de comunicación inalámbrica basados en OFDM. Un ejemplo de procedimiento comprende determinar un tiempo de sincronización de decodificación para cada una entre las señales primera y segunda de OFDM recibidas por un terminal móvil, calcular una diferencia de tiempo entre los respectivos tiempos de sincronización y transmitir la diferencia de tiempo calculada a al menos una de las estaciones base. En algunas realizaciones, la primera señal de OFDM se recibe desde una estación base de servicio, la segunda señal de OFDM se recibe desde una estación base de destino para el traspaso del terminal móvil, y la diferencia de tiempo calculada se transmite a la estación base de servicio.

En algunas realizaciones, el tiempo de sincronización de decodificación para cada una de las señales de OFDM corresponde a un tiempo de inicio para un proceso de la Transformada Discreta de Fourier. En algunas de estas realizaciones, el tiempo de inicio para el proceso de DFT es determinado estimando una respuesta de impulso de canal correspondiente a la señal OFDM respectiva y seleccionando el tiempo de inicio basándose en una comparación entre la respuesta estimada de impulso de canal y el intervalo del prefijo cíclico. El inicio en concreto puede determinarse aplicando un filtro de ventana deslizante a la respuesta estimada de impulso de canal y seleccionando el tiempo de inicio correspondiente a una salida máxima del filtro de ventana deslizante. En algunas realizaciones, el filtro de ventana deslizante puede tener una anchura igual a la duración del intervalo del prefijo cíclico.

También se revelan en este documento aparatos de estación base y los procedimientos correspondientes para procesar información recibida de diferencias de tiempo de señal, producida de acuerdo a los procedimientos basados en el terminal móvil descritos en el presente documento.

Por supuesto, la presente invención no está limitada a los contextos anteriores, como tampoco está limitada a las características y ventajas anteriores. En efecto, aquellos expertos en la materia reconocerán características y ventajas adicionales al leer la siguiente descripción detallada y visualizar los dibujos adjuntos.

## 50 Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de bloques que ilustra parcialmente una red de comunicación inalámbrica que incluye un ejemplo de receptor de comunicación inalámbrica.

La Fig. 2 ilustra la relación entre un ejemplo de respuesta de impulso de canal y la temporización de sincronización en una realización de un receptor de OFDM.

La Fig. 3 ilustra la relación entre otro ejemplo de respuesta de impulso de canal y la temporización de sincronización en una realización de un receptor de OFDM.

La Fig. 4 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de procedimiento para determinar una diferencia de tiempo recibida, entre una primera señal de OFDM recibida desde una primera estación base y una segunda señal de OFDM recibida desde una segunda estación base.

La Fig. 5 ilustra un ejemplo de técnica para determinar un tiempo de sincronización óptimo utilizando un filtro de ventana deslizante.

La Fig. 6 ilustra un ejemplo de dispositivo de comunicación inalámbrica de acuerdo a una o más realizaciones de la presente invención.

5 La Fig. 7 ilustra un ejemplo de estación base de acuerdo a una o más realizaciones de la presente invención.

### Descripción detallada

10 La Figura 1 ilustra parcialmente una red 100 de comunicación inalámbrica que incluye una primera estación 110-A base (de servicio) y una segunda estación 110-B base (de destino), que corresponden a las respectivas áreas 112-A y 112-B de cobertura. El terminal 120 móvil está recibiendo señales de ambas estaciones 110 móviles; el terminal 120 móvil podría estar inmerso en el traspaso desde la estación 110-A base a la estación 110-B base. A modo de ejemplo no limitante, la red 100 de comunicación inalámbrica puede comprender una red de LTE del 3GPP que presta soporte a transmisiones de enlace descendente de OFDMA y a la transmisión de enlace ascendente de Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Portadora Única (SC-FDMA, Single Carrier Frequency Division Multiple Access). En tales realizaciones, cada estación 110 base es un NodoB Evolucionado (eNodoB) y el terminal 120 móvil comprende un dispositivo de comunicación inalámbrica, tal como un radioteléfono celular, un PDA (Asistente Digital Portátil, Portable Digital Assistant), un buscapersoas, una tarjeta o módulo de comunicaciones móviles, etc. Por supuesto, se debería entender que la red 100 de comunicación inalámbrica de la Figura 1 aparece en forma simplificada.

20 Como se ha mencionado anteriormente, la estación 120 móvil puede estar configurada para medir una diferencia de tiempo entre señales que llegan desde la estación 110-A base de servicio y la estación 110-B base de destino. Esta diferencia de tiempo puede utilizarse en la estación 120 móvil para configurar sus circuitos receptores después del traspaso, pero también puede ser informada por la estación 120 móvil a una de las estaciones 110 base, o a ambas. Por supuesto, el terminal 120 móvil sólo puede informar la diferencia de tiempo a la estación 110-B base de destino después de que se haya completado el traspaso. Para facilitar el uso de la información de diferencia de tiempo en la estación 110-B base de destino durante el traspaso, la información de diferencia de tiempo puede ser primero enviada por el terminal móvil a la estación 110-A base de servicio, que puede entonces remitir la información a la estación 110-B base de destino a través de una interfaz de red, como se explica de manera más completa a continuación. En cualquier caso, esta información reportada puede ser utilizada en general por la red para optimizar la temporización de las transmisiones y para mejorar la coordinación intercelular. Más específicamente, esta información reportada puede ser utilizada por la estación 110-B base de destino para determinar una temporización anticipada para una transmisión de enlace ascendente por parte del terminal 110 móvil en un traspaso libre de contención.

25 Como se ha mencionado anteriormente, en sistemas basados en el CDMA puede considerarse que el tiempo de llegada para una señal recibida coincide con el componente que llega primero de una señal multitrayecto, o el componente más potente. Por tanto, el tiempo de llegada en estos sistemas corresponde directamente a un pico en la respuesta de impulso de canal. Estos picos son particularmente significativos en un receptor de CDMA que utiliza un receptor RAKE, ya que los retardos de procesamiento de señales correspondientes a cada "dedo" del receptor RAKE están típicamente fijados para que correspondan de la manera más precisa posible a estos picos.

30 Sin embargo, en un sistema de comunicación de radio basado en el OFDM el receptor tiene más grados de libertad con relación a la temporización del receptor. En el caso frecuente de que la amplitud de retardo del canal de propagación sea menor que el prefijo cíclico, entonces múltiples posiciones de temporización de receptores pueden proporcionar prestaciones óptimas del receptor. Esencialmente, cualquier temporización de receptor que dé como resultado que el prefijo cíclico se "superponga" de manera efectiva a la respuesta de impulso de canal es aceptable. En caso de que el rango de amplitud de retardo exceda la longitud del prefijo cíclico, entonces ni la ubicación del primer trayecto ni el trayecto más potente puede ser el mejor caso de sincronización. En lugar de ello, un mejor valor de temporización en esta situación sería una posición donde la energía "capturada" por el prefijo cíclico se maximiza. Los expertos en la materia pueden prever también otros enfoques.

35 La Figura 2 muestra gráficamente la situación donde el rango de amplitud de retardo del canal es más pequeño que el prefijo cíclico. En esta situación, existen múltiples casos de temporización óptima. En la Figura 2, la señal transmitida comprende una parte 210 de prefijo cíclico y una parte 220 de símbolos de OFDM. La Figura 2 también muestra un ejemplo de respuesta 230 de impulso de canal, aquí dominada por un único pico que es más estrecho que la duración del prefijo cíclico,  $T_{CP}$ . También se muestra la señal 240 recibida (la convolución en el dominio del tiempo de la señal transmitida con la respuesta de impulso de canal). Como se puede apreciar de la figura, es posible una gama de tiempos de sincronización de modo que el procesamiento comience dentro de la parte de prefijo cíclico de la señal 240 recibida, pero en un punto después de cualquier interferencia potencial entre símbolos provocada por la amplitud del retardo.

40 En la Figura 3, se muestran señales correspondientes para un entorno de señales donde la amplitud de retardo de la respuesta 330 de impulso de canal excede la duración del prefijo cíclico,  $T_{CP}$ . Como se ha mencionado anteriormente, en esta situación ni el borde inicial ni el pico de la respuesta 330 de impulso de canal proporcionan

una referencia útil para la temporización óptima para comenzar el procesamiento de la señal 340 recibida. En lugar de ello, un tiempo de sincronización, de modo que una ventana, que tenga una anchura igual al prefijo cíclico y que preceda inmediatamente al tiempo de sincronización, se superponga a la mayor parte de la “energía” de la curva de respuesta de impulso de canal. Este punto variará según la forma precisa del perfil de respuesta de impulso. Por tanto, ni el primer trayecto, ni el más potente, proporciona necesariamente un índice para la temporización óptima.

Se pueden utilizar varios algoritmos de sincronización para calcular la temporización de sincronización precisa en un receptor dado. Por ejemplo, para entornos de señales con una amplitud ancha de retardo, un algoritmo podría maximizar el área bajo la curva de amplitud de la respuesta de impulso de canal que queda dentro de la “ventana” del prefijo cíclico, mientras que otro podría, en cambio, ajustar la temporización de sincronización de acuerdo a una curva de potencia de respuesta de impulso de canal. En cualquier caso, sin embargo, la medición de la temporización de sincronización generalmente se llevará a cabo del mismo modo para una señal de OFDM desde la estación 110-A base de servicio y para una señal de OFDM desde la estación 110-B base de destino.

En consecuencia, un cálculo de diferencia de tiempo basado en el tiempo de sincronización para recibir las señales de OFDM refleja la diferencia de temporización “real” que experimenta un terminal móvil entre dos células diferentes. Informando esta medición en lugar de una diferencia de tiempo basada en el trayecto de señal más corto o más potente, una estación base obtiene una visión más correcta de la relación de temporización en una estación móvil, entre la temporización de la célula de servicio y la temporización en una célula de destino. Esto ayuda a la estación base de radio a mejorar los algoritmos de recursos de radio, tales como aquellos para un traspaso libre de contención.

Los expertos en la materia apreciarán que el algoritmo utilizado por una estación móvil para determinar la mejor temporización, generalmente, no está estandarizado, sino que se deja a la discreción del diseñador del equipo. Por tanto, diferentes terminales pueden calcular diferentes tiempos de sincronización para condiciones de señal idénticas. Incluso la diferencia de tiempo calculada por dos algoritmos de sincronización, bajo idénticas condiciones, puede diferir. Sin embargo, para un traspaso libre de contención es importante conocer la diferencia entre los instantes de sincronización elegidos para dos señales, en lugar de la diferencia entre los respectivos trayectos, primeros o más potentes, ya que estos últimos valores no llevan ningún valor de información en un sistema de acceso de radio basado en el OFDM.

Los expertos en la materia apreciarán también que no importa si una diferencia de temporización se calcula como la diferencia entre el inicio o el final de un símbolo de OFDM, o prefijo cíclico, o señales de sincronización particulares en cada una de las señales. Puede utilizarse cualquier punto de referencia de señal que tenga una relación de temporización fija con la estructura de trama. Por supuesto, en caso de que el cálculo de la diferencia de temporización esté basado en una sincronización referida a un suceso que se produce múltiples veces dentro de una trama, se debe asegurar que la diferencia se mida entre sucesos correspondientes en cada señal. Por ejemplo, si se utiliza la señal de sincronización, que puede producirse varias veces por trama, la diferencia de temporización debería medirse entre los mismos casos de la señal de sincronización en cada señal.

En consecuencia, un ejemplo de procedimiento para determinar una diferencia de tiempo recibida, entre una primera señal de OFDM recibida desde una primera estación 110A base y una segunda señal de OFDM recibida desde una segunda estación 110B base, se ilustra en la Figura 4. El procedimiento ilustrado, y varias extensiones y variaciones del mismo, pueden implementarse, por ejemplo, en una estación 120 móvil. En algunas realizaciones, algunos de los pasos de la Figura 4 pueden llevarse a cabo en asociación con un procedimiento de traspaso desde la primera a la segunda estación base.

En el bloque 410, una estación 120 móvil estima una primera respuesta de impulso para el canal de propagación que transporta una primera señal recibida desde la primera estación 110A base. La respuesta de canal puede estimarse de acuerdo a cualquiera entre una amplia variedad de técnicas convencionales. Habitualmente, la respuesta de canal se estima basándose en símbolos piloto transmitidos en algún subconjunto del número total de sub-bandas de OFDM, o utilizando señales de sincronización, o basándose en una combinación de señales de sincronización y señales de referencia. En algunas realizaciones, la respuesta de frecuencia del canal de propagación se estima primero, basándose en los símbolos piloto, y la respuesta de impulso estimada se calcula a partir de la estimación de la respuesta de frecuencia.

En el bloque 420, la respuesta de impulso estimada se compara con la duración del prefijo cíclico. Como se ha mencionado anteriormente, si la amplitud de retardo de la respuesta de impulso es más corta que el prefijo cíclico, varios tiempos de sincronización proporcionarán prestaciones del receptor esencialmente idénticas. Por otro lado, si la amplitud de retardo excede la duración del prefijo cíclico, entonces se necesita un enfoque más selectivo para seleccionar el tiempo de sincronización óptimo. Por tanto, en el bloque 430, se selecciona un primer tiempo de sincronización de modo que se maximice la parte de la respuesta de impulso que quede dentro del intervalo del prefijo cíclico.

Los expertos en la materia apreciarán que esta maximización podría llevarse a cabo aplicando un filtro de ventana deslizante a la respuesta de impulso estimada, teniendo el filtro de ventana deslizante una longitud igual a la

duración del prefijo cíclico. Esto se ilustra en la Figura 5, donde se realiza la convolución de una respuesta 510 de impulso con una ventana 520. La función 530 de optimización resultante tiene un pico que corresponde al tiempo de sincronización óptimo,  $T_{OPT}$ . Este tiempo de sincronización indica el momento en el que debería comenzar una transformada discreta de Fourier (DFT), como el que se utiliza habitualmente para decodificar símbolos de OFDM. Con este tiempo de sincronización, es introducida una interferencia mínima entre símbolos por el canal dispersivo.

En los bloques 440, 450 y 460, se lleva a cabo un proceso similar con relación al canal de propagación para una segunda señal recibida desde una segunda estación base. Esta medición puede ser activada en algunas realizaciones por la determinación de que un traspaso desde la primera a la segunda estación base es inminente. Los expertos en la materia apreciarán que el segundo canal de propagación puede tener un perfil de respuesta de impulso bastante diferente en comparación con el primer canal de propagación. Como se ha comentado, la temporización de sincronización óptima puede diferir con relación a una temporización indizada a una señal multi-trayecto que llega en primer lugar, o a la señal multi-trayecto máxima.

En el bloque 470, se calcula una diferencia de tiempo entre los tiempos primero y segundo de sincronización. En el bloque 480, esta diferencia de tiempo se informa a la primera estación base o la segunda estación base, o a ambas, mediante la transmisión de un parámetro de datos que indica la diferencia de tiempo. Este parámetro puede ser transmitido como una parte de, o en asociación con, mensajes relacionados con el traspaso.

Esta diferencia de tiempo representa el tiempo en el cual la temporización del receptor debería adelantarse (o retrasarse, según sea el caso) cuando el receptor conmuta entre el procesamiento de señales desde la primera estación 110A base al procesamiento de señales desde la segunda estación 110B base. En muchas realizaciones, esta diferencia de tiempo también representa la diferencia de tiempo en la cual las señales transmitidas por el terminal 120 móvil a la segunda estación 110B base deberían adelantarse (o atrasarse) con relación a las señales transmitidas a la primera estación 110A base.

Finalmente, como se muestra en el bloque 490, el primer tiempo de sincronización puede utilizarse para decodificar señales desde la primera estación base utilizando medios convencionales. Las señales desde la primera estación base pueden decodificarse de este modo, por ejemplo, hasta que se haya completado el traspaso. Después del traspaso, las señales de la segunda estación base pueden decodificarse utilizando el segundo tiempo de sincronización, de nuevo, según medios convencionales.

Por tanto, de acuerdo a un aspecto de la invención, un terminal móvil comprende circuitos de procesamiento de señales configurados para determinar y almacenar un tiempo de sincronización con relación a una célula de servicio, y para determinar y almacenar otro tiempo de sincronización con relación a otra célula, que podría ser una célula de destino para el traspaso. El terminal móvil está además configurado para calcular la diferencia entre estos dos tiempos, denominada diferencia de tiempo de sincronización. En algunas realizaciones, el terminal móvil informa entonces la diferencia de tiempo calculada a la red. Con el propósito de procesar la señal recibida, el tiempo de sincronización puede definirse para que corresponda con el inicio de una secuencia o símbolo especificado dentro de la señal recibida, teniendo la secuencia o símbolo especificado una relación de temporización fija con la estructura global de las señales. Análogamente, el tiempo de sincronización puede definirse alternativamente como el final de una señal especificada, con una relación de temporización fija dentro de la estructura global de las señales. Los expertos en la materia apreciarán que el tiempo de sincronización puede determinarse con relación a cualquiera entre varios canales físicos o lógicos dentro de las señales recibidas desde las estaciones 110 base, incluyendo un canal de sincronización primario, un canal de sincronización secundario, un canal de emisión, un canal de control, o similares. Los expertos en la materia apreciarán también que, con relación al cálculo de la diferencia de tiempo entre señales recibidas desde dos estaciones base, se debería utilizar el mismo caso de la secuencia o el símbolo especificado para determinar el tiempo de sincronización para cada una de las señales recibidas si el punto de referencia especificado tiene lugar dos o más veces dentro de una trama. Por supuesto, los cálculos de la diferencia del tiempo de sincronización y el informe de las mediciones de acuerdo a los procedimientos descritos en este documento pueden llevarse a cabo para múltiples células de destino.

La Figura 6 proporciona por tanto un diagrama de bloques funcionales para un ejemplo de terminal 120 móvil, configurado para llevar a cabo uno o más de los procedimientos descritos en este documento. El terminal 120 móvil comprende un circuito 122 de interfaz de usuario de frecuencia de radio (RF) conectado a la antena 123, un circuito 124 procesador de banda base y una memoria 126. La interfaz 122 de usuario de RF comprende componentes convencionales de frecuencia de radio para recibir y enviar transmisiones entre la estación 120 móvil y las estaciones 110 base. El procesador 124 de banda base, que puede comprender uno o más microprocesadores, microcontroladores, y/o procesadores digitales de señales (DSP, Digital Signal Processor), de propósito general o personalizados, está configurado utilizando código de programa almacenado en la memoria 126 para grabar el tiempo de sincronización con relación a una célula de servicio y para grabar un segundo tiempo de sincronización con relación a una segunda célula, que puede ser una célula de destino para una operación de traspaso inminente. El procesador 124 de banda base puede estar configurado además para calcular la diferencia entre estos dos tiempos de sincronización, para obtener una diferencia de tiempo de sincronización. En algunas realizaciones, el procesador 124 de banda base está además configurado para transmitir la diferencia de tiempo de sincronización calculada a la célula de servicio, la célula de destino, o ambas, utilizando los circuitos 122 de la interfaz de usuario

de RF y la antena 123.

Una estación base de servicio puede utilizar la diferencia de tiempos de sincronización informada por el terminal móvil para ajustar uno o más parámetros de temporización utilizados para el procesamiento de la señal recibida con relación a las señales transmitidas a la estación base de servicio por el terminal móvil. La estación base de servicio puede también remitir la diferencia de tiempo informada a otra estación base (por ejemplo, una estación base de destino) utilizando, por ejemplo, la interfaz LTE/SAE X2 que enlaza las estaciones base de servicio y de destino. Una estación base de destino que recibe la diferencia de tiempo informada desde una estación base de servicio puede utilizar la diferencia de tiempo (junto con otra información de temporización) para ajustar el parámetro de temporización de transmisión, por ejemplo, para optimizar su temporización de transmisor con relación a los terminales móviles a los que actualmente se da servicio, así como aquellos que están a punto de ser recibidos mediante el traspaso.

Además, una estación base de servicio puede utilizar la diferencia de tiempo informada para estimar un parámetro de temporización de transmisión de terminal móvil, para su uso por el terminal móvil al que se da servicio, para acceder a la estación base de destino, de modo que las transmisiones del terminal móvil a la nueva estación base estén adecuadamente alineadas. Después de calcular el parámetro adecuado de temporización de transmisión, para que lo utilice el terminal móvil, la estación base de servicio puede entonces enviar el parámetro de temporización de transmisión de terminal móvil al terminal móvil antes de que sea traspasado a la estación base de destino.

Por tanto, de acuerdo a otro aspecto de la invención, una primera estación base en un sistema de comunicación inalámbrica basado en el OFDM está configurada para recibir una diferencia de tiempo de sincronización informada por un terminal móvil, donde la diferencia de tiempo de sincronización representa la diferencia entre tiempos de sincronización medidos en el terminal móvil para una primera señal de OFDM, desde la primera estación base, y una segunda señal de OFDM, recibida desde una segunda estación base. Según las circunstancias, la diferencia de tiempo de sincronización informada puede recibirse directamente desde el terminal móvil (por ejemplo, cuando la primera estación base está dando servicio al terminal móvil) o desde la segunda estación base a través de la interfaz X2 (por ejemplo, cuando la primera estación base es el destino de un traspaso desde la segunda estación base). La primera estación base está configurada además para utilizar la diferencia de tiempo para calcular un parámetro de temporización de transmisión de terminal móvil, para su uso por el terminal móvil para transmitir a la segunda estación base (por ejemplo, cuando la primera estación base está dando servicio al terminal móvil), o para ajustar un parámetro de temporización de transmisión de estación base para la primera estación base (por ejemplo, cuando la primera estación base es una estación base de destino para un traspaso del terminal móvil), o ambos casos.

La estación 110 base, como se ilustra esquemáticamente en la figura 7, comprende circuitos 710 de interfaz de usuario de RF, conectados a la antena 715, un circuito 720 procesador de banda base, una memoria 730 y una interfaz 740 de sistema. La interfaz 710 de usuario de RF comprende un transceptor de frecuencia de radio configurado para comunicarse con uno o varios terminales 120 móviles, y por tanto incluye componentes convencionales para recibir y enviar transmisiones entre la estación 110 base de destino y un terminal 120 móvil. El procesador 720 de banda base está configurado para generar una o más señales de OFDM para la transmisión al terminal 120 móvil utilizando la interfaz 710 de usuario de RF y la antena 715. Estas una o más señales de OFDM pueden comprender símbolos piloto y/o señales de sincronización para su uso en el terminal 120 móvil, para caracterizar el canal de propagación entre la estación 110 base y el terminal 120 móvil. Estos símbolos piloto, u otros símbolos en la señal de OFDM transmitida, también pueden ser utilizados por el terminal 120 móvil para determinar un tiempo de sincronización para señales recibidas desde la estación 110 base de destino. Este tiempo de sincronización puede compararse con (por ejemplo, restarse de) un tiempo de sincronización para señales desde otra estación 110 base, para determinar una diferencia de tiempo de sincronización, que es transmitida a, y recibida por, la estación 110 base de destino. El procesador 720 de banda base está configurado, utilizando código de programa almacenado en la memoria 730, para utilizar la información de diferencia de tiempo de sincronización recibida desde el terminal 120 móvil para ajustar uno o más parámetros de temporización de receptor, uno o más parámetros de temporización de transmisión, o ambos casos. El procesador 720 de banda base puede estar configurado además para enviar información de diferencia de tiempo de sincronización a una o más estaciones base a la par, utilizando la interfaz 740 del sistema, que puede comprender una interfaz X2 con otras estaciones base y una interfaz S1 con una o más pasarelas de acceso, según lo definido por los estándares del 3GPP para sistemas de LTE.

Con estas, y otras, variaciones y extensiones en mente, los expertos en la materia apreciarán que la descripción precedente y los dibujos adjuntos representan ejemplos no limitantes de los procedimientos y dispositivos descritos en este documento para determinar una diferencia de tiempo recibida entre una primera señal de OFDM recibida por una primera estación base y una segunda señal de OFDM recibida desde una segunda estación base, donde estos procedimientos y/o dispositivos se implementan en un sistema de comunicación inalámbrica de LTE, u otro sistema de comunicación inalámbrica. En consecuencia, los aparatos y técnicas inventivos descritos en este documento no están limitados por la descripción precedente y los dibujos adjuntos. En lugar de ello, la presente invención está limitada solamente por las siguientes reivindicaciones y sus equivalentes legales.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento en un terminal (120) móvil inalámbrico para determinar una diferencia de tiempo recibida, entre una primera señal de OFDM recibida desde una primera estación (110A) base y una segunda señal de OFDM recibida desde una segunda estación (110B) base, estando dotadas las señales de OFDM de un intervalo de prefijo cíclico, caracterizado por que el procedimiento comprende:
- 5
- determinar (410 a 430, 440 a 460) un instante de sincronización de decodificación para cada una de las señales primera y segunda de OFDM, estimando una respuesta de impulso de canal correspondiente a la respectiva señal de OFDM y seleccionando dicho instante de sincronización de decodificación para cada una entre las señales primera y segunda de OFDM, basándose en una comparación entre la respuesta estimada de impulso de canal y el intervalo de prefijo cíclico, de modo que se maximice la parte de la respuesta de impulso que queda dentro del intervalo de prefijo cíclico,
- 10
- calcular (470) una diferencia de tiempo entre dichos instantes de sincronización; y
- 15
- transmitir (480) un parámetro que indica la diferencia de tiempo a la primera estación (110A) base, indicando dicha diferencia de tiempo la relación de temporización entre la primera estación base y la segunda estación base, experimentada por el terminal móvil.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el cual la primera estación (110A) base es una estación base de servicio y la segunda estación (110B) base es una estación base de destino para el traspaso del terminal (120) móvil.
- 20
3. El procedimiento de la reivindicación 1, caracterizado además porque la determinación (410 a 430, 440 a 450) de un tiempo de sincronización óptimo comprende determinar un tiempo de inicio para una ventana de la Transformada Discreta de Fourier (DFT).
- 25
4. El procedimiento de la reivindicación 3, caracterizado además porque la determinación de un tiempo de inicio para una ventana de DFT comprende estimar (410, 440) una respuesta de impulso de canal correspondiente a la respectiva señal de OFDM y seleccionar (430, 460) el tiempo de inicio basándose en una comparación (420, 450) entre la respuesta estimada de impulso de canal y el intervalo de prefijo cíclico.
- 30
5. El procedimiento de la reivindicación 4, caracterizado además porque la selección (430, 460) del tiempo de inicio basándose en una comparación (420, 450) entre la respuesta estimada de impulso de canal y el intervalo de prefijo cíclico comprende aplicar un filtro (520) de ventana deslizante a la respuesta estimada de impulso de canal y seleccionar el tiempo de inicio correspondiente a una salida máxima del filtro de ventana deslizante.
- 35
6. El procedimiento de la reivindicación 5, caracterizado además porque el filtro (520) de ventana deslizante tiene una anchura igual a la duración del intervalo de prefijo cíclico.
- 40
7. Un terminal (120) móvil para su uso en un sistema de comunicación inalámbrica basado en el OFDM, caracterizado porque el terminal (120) móvil comprende circuitos (124, 126) de procesamiento de señales, configurados para:
- determinar un instante de sincronización de decodificación para cada una entre la primera señal de OFDM recibida desde una primera estación (110A) base y una segunda señal de OFDM recibida desde una segunda estación (110B) base, estando dotadas las señales de OFDM de un intervalo de prefijo cíclico, estimando una respuesta de impulso de canal correspondiente a la respectiva señal de OFDM y seleccionando dicho instante de sincronización de decodificación para cada una entre las señales primera y segunda de OFDM, basándose en una comparación entre la respuesta estimada de impulso de canal y el intervalo de prefijo cíclico, de modo que se maximice la parte de la respuesta de impulso que está dentro del intervalo de prefijo cíclico;
- 45
- calcular una diferencia de tiempo entre dichos instantes de sincronización; y
- 50
- transmitir un parámetro que indica la diferencia de tiempo a la primera estación (110A) base, indicando dicha diferencia de tiempo la relación de temporización entre la primera estación base y la segunda estación base, experimentada por el terminal móvil.
- 55
8. El terminal (120) móvil de la reivindicación 7, caracterizado además porque los circuitos (124, 126) de procesamiento de señales están configurados para determinar un tiempo de sincronización óptimo determinando un tiempo de inicio para una ventana de la Transformada Discreta de Fourier (DFT).
- 60
9. El terminal (120) móvil de la reivindicación 8, caracterizado además porque los circuitos (124, 126) de procesamiento de señales están configurados para determinar un tiempo de inicio para una ventana de DFT, estimando una respuesta de impulso de canal correspondiente a la respectiva señal de OFDM y seleccionando el tiempo de inicio basándose en una comparación entre la respuesta estimada de impulso de canal y el intervalo de



prefijo cíclico.

- 5 10. El terminal (120) móvil de la reivindicación 9, caracterizado además porque los circuitos (124, 126) de procesamiento de señales están configurados para seleccionar el tiempo de inicio basándose en una comparación entre la respuesta estimada de impulso de canal y el intervalo de prefijo cíclico, aplicando un filtro (520) de ventana deslizante a la respuesta estimada de impulso de canal y seleccionando el tiempo de inicio correspondiente a una salida máxima del filtro (520) de ventana deslizante.
- 10 11. El terminal (120) móvil de la reivindicación 10, caracterizado además porque el filtro (520) de ventana deslizante tiene una anchura igual a la duración del intervalo de prefijo cíclico.

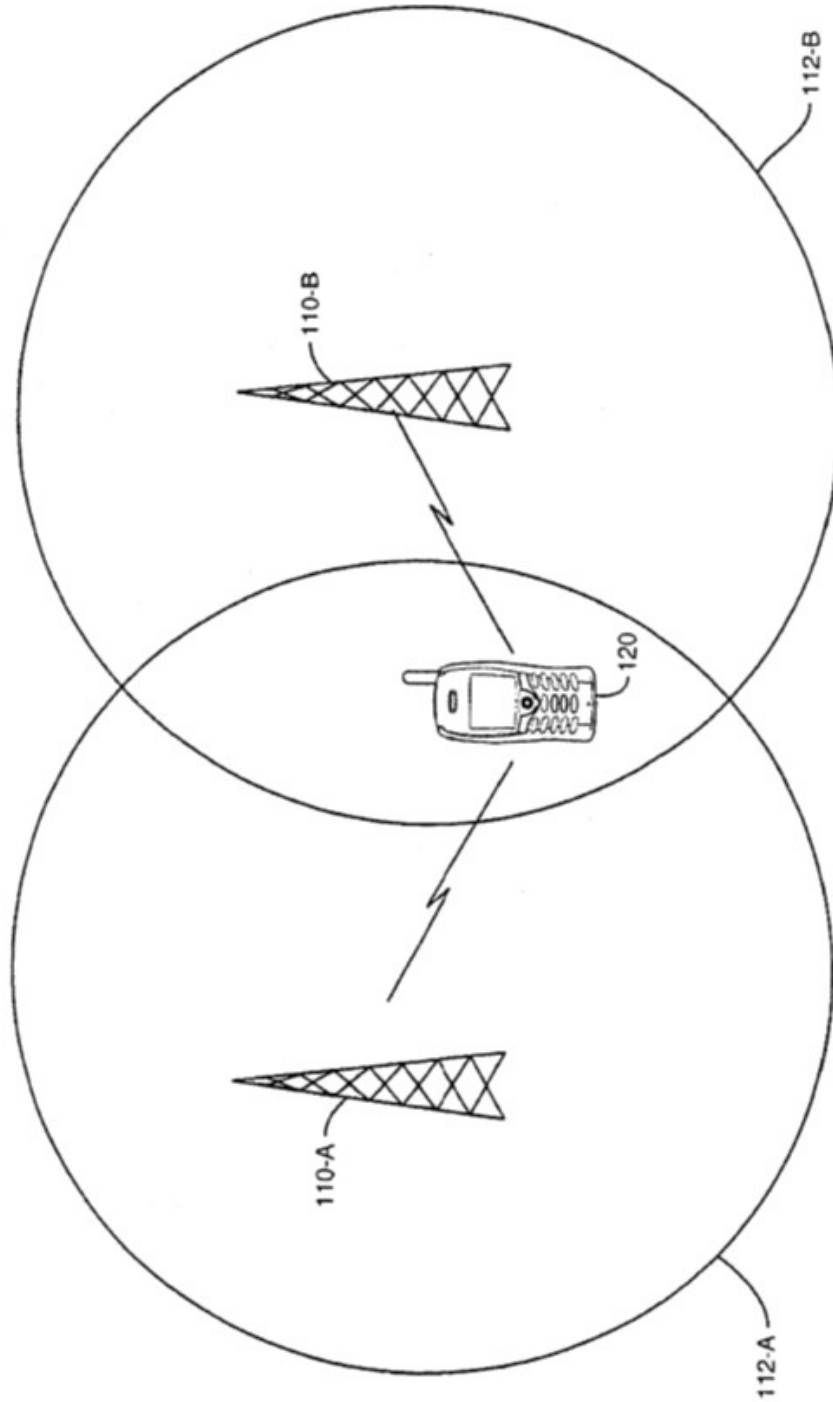


FIG. 1

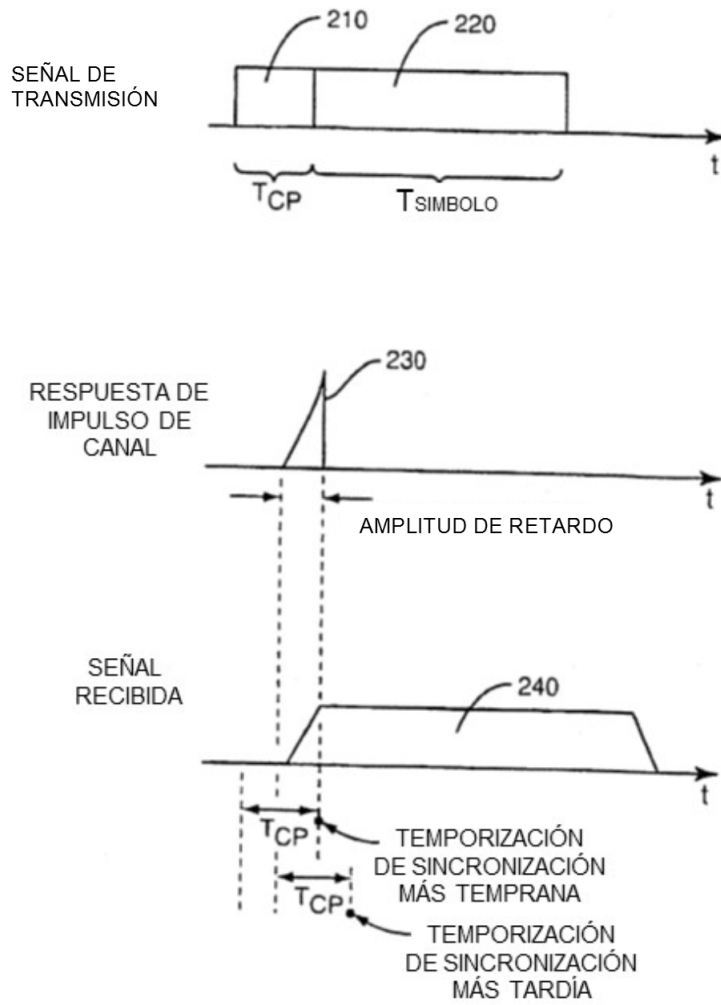
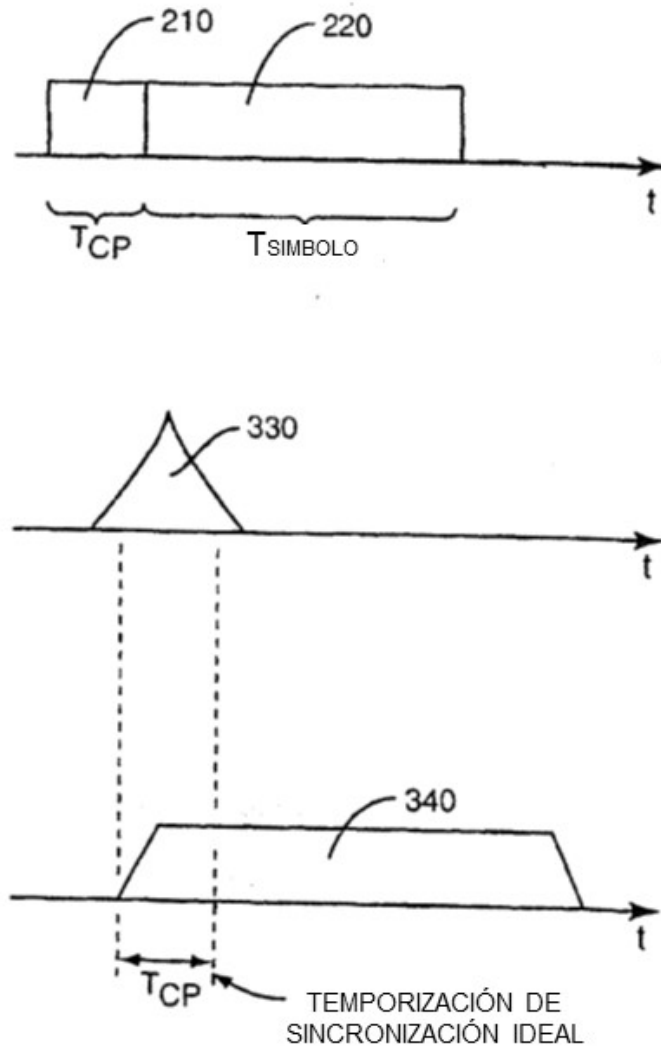


FIG. 2



**FIG. 3**

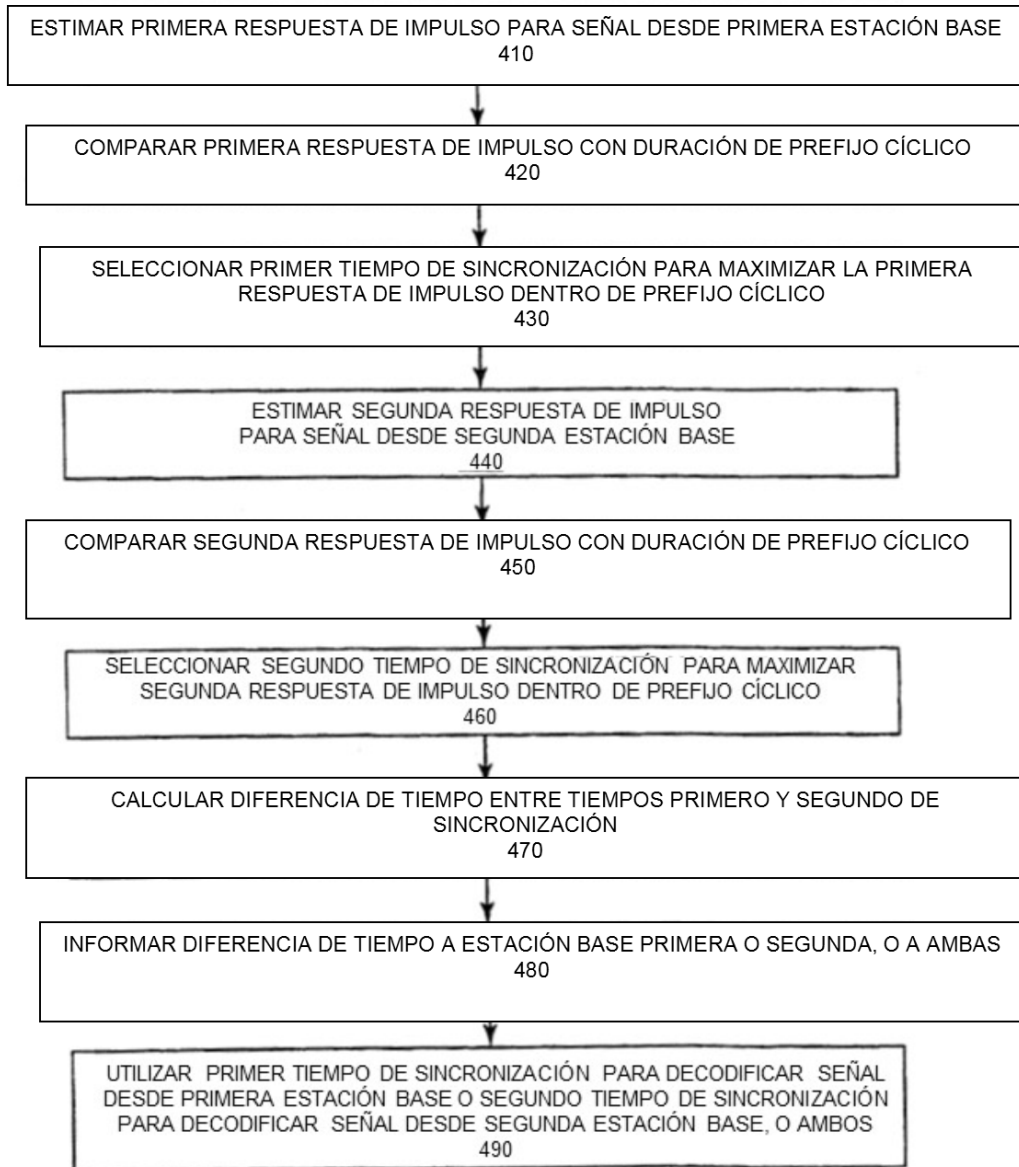
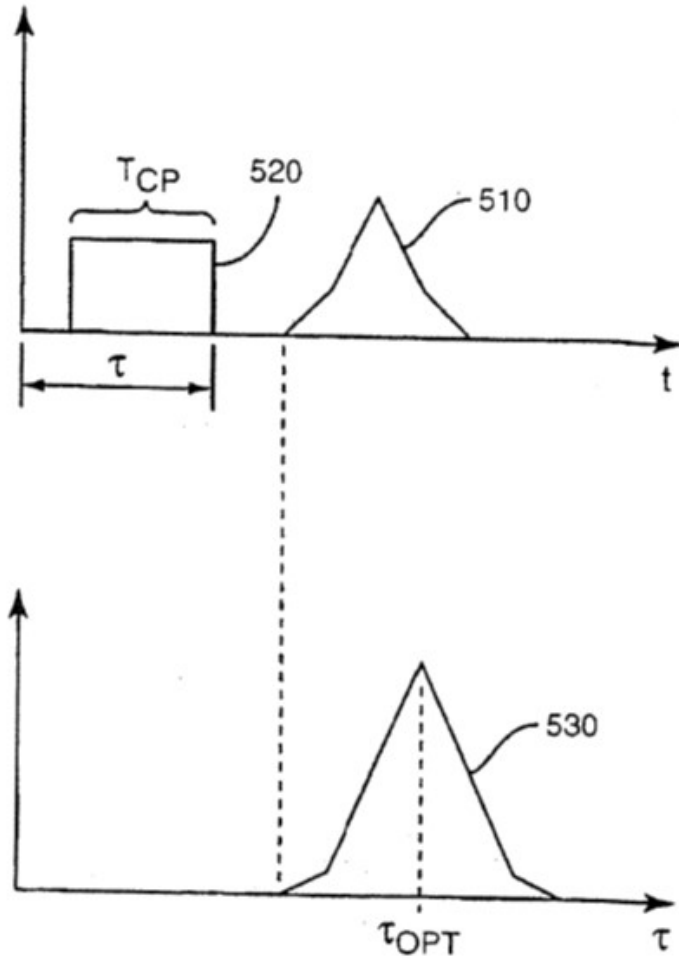


FIG. 4



**FIG. 5**

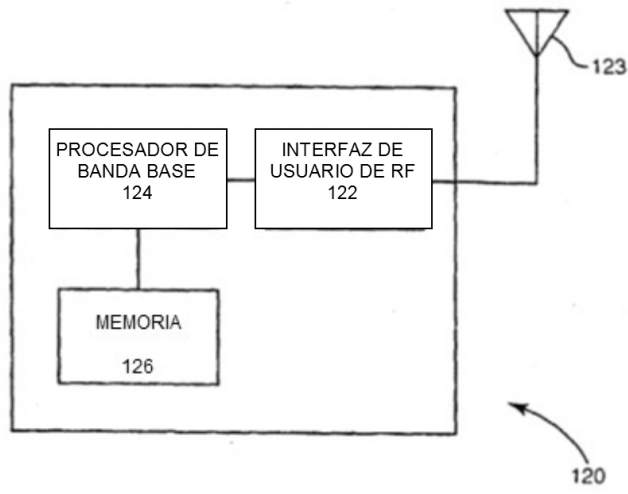


FIG. 6

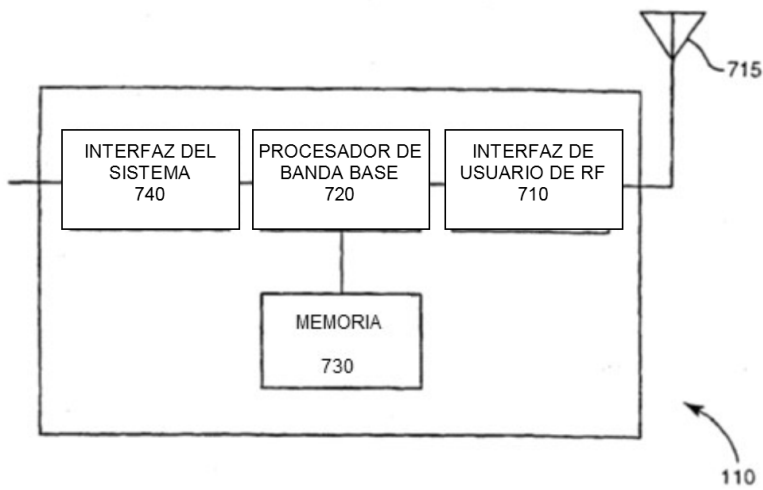


FIG. 7