

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 887**

51 Int. Cl.:
H04L 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **05762507 .1**
96 Fecha de presentación: **14.06.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1766913**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.03.2007**

54 Título: **Procedimiento y aparato para adquisición de señal en comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:
18.06.2004 US 580809 P
22.12.2004 US 22519

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.11.2012

73 Titular/es:
QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CALIFORNIA 92121, US

72 Inventor/es:
KHANDEKAR, AAMOD y
AGRAWAL, AVNEESH

74 Agente/Representante:
FÀBREGA SABATÉ, Xavier

ES 2 390 887 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

Procedimiento y aparato para adquisición de señal en comunicación inalámbrica

ANTECEDENTES

I. Campo

- 5 La presente invención se refiere en general a comunicación, y más específicamente a técnicas para llevar a cabo adquisición de señales en un sistema de comunicación inalámbrica.

II. Antecedentes

10 En un sistema de comunicación, una estación base procesa (por ejemplo, codifica y mapea los símbolos) datos para obtener símbolos de modulación, y procesos adicionalmente los símbolos de modulación para generar una señal modulada. La estación base transmite la señal modulada a través de un canal de comunicación. El sistema puede utilizar un esquema de transmisión por el cual los datos se transmiten en tramas, y cada trama que tiene una duración de tiempo particular. Los diferentes tipos de datos (por ejemplo, tráfico/paquetes de datos, datos de control, pilotos, etc.) pueden ser enviados en diferentes partes de cada trama.

15 Un terminal inalámbrico en el sistema no puede saber qué estaciones base están transmitiendo, si las hay, cerca de su vecindad. Además, el terminal puede no saber el comienzo de cada trama para una estación base dada, el instante en el que es transmitida cada trama por la estación base, o el retardo de propagación introducido por el canal de comunicación. El terminal realiza adquisición de señal para detectar transmisiones de las estaciones base en el sistema y para sincronizarse con la temporización y la frecuencia de cada una de las estaciones base detectadas de interés. A través del proceso de adquisición de señal, el terminal puede determinar la temporización de cada estación base detectada y puede realizar correctamente la demodulación complementaria para esa estación base.

20 Las estaciones base típicamente gastan recursos del sistema para permitir la adquisición de señal, y los terminales también consumen recursos para llevar a cabo la adquisición. Dado que la adquisición de señal son datos adicionales necesarios para la transmisión de datos, es deseable minimizar la cantidad de recursos utilizados por tanto las estaciones base como los terminales para la adquisición.

25 Por tanto, existe una necesidad en la técnica de técnicas para llevar a cabo eficientemente la adquisición de señales en un sistema de comunicación inalámbrica.

RESUMEN

30 Las técnicas para llevar a cabo eficientemente la adquisición de señal en un sistema de comunicación inalámbrica se describen en la presente memoria. En una realización, cada estación base transmite dos pilotos multiplexados por división de tiempo (TDM). El primer piloto TDM (o "piloto TDM 1") se compone de varias secuencias piloto 1 que se genera con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios (PN) (o secuencia "PN1"). Cada instancia de la secuencia de piloto 1 es una copia o réplica de la secuencia de piloto 1. El segundo piloto TDM (o "piloto TDM 2") se compone de al menos una secuencia piloto 2 que se genera con una segunda secuencia PN (o secuencia "PN2"). A cada estación base se le asigna una secuencia específica PN2 que identifica de forma exclusiva a esa estación base entre estaciones base vecinas. Para reducir la computación para la adquisición de señal, las secuencias PN2 disponibles para el sistema pueden estar dispuestas en M_1 conjuntos. Cada conjunto contiene M_2 secuencias PN2 y se asocia con una diferente secuencia PN1. Así, M_1 secuencias PN1 y $M_1 \times M_2$ secuencias PN2 están disponibles para el sistema.

40 Un terminal puede utilizar el piloto TDM 1 para detectar la presencia de una señal, obtener sincronización y estimación de error de frecuencia. El terminal puede utilizar el piloto TDM 2 para identificar una estación base específica que está transmitiendo un piloto TDM 2. El uso de dos pilotos TDM para detección de señal y sincronización de tiempo puede reducir la cantidad de procesamiento necesario para la adquisición de señal.

45 En una realización para detección de señal, el terminal lleva a cabo una correlación retardada en las muestras recibidas en cada período de muestra, calcula una métrica de correlación retardada para el período de muestra, y compara esta métrica con un primer umbral para determinar si una señal está presente. Si se detecta una señal, entonces el terminal obtiene sincronización aproximada en base a un pico en la correlación retardada. El terminal realiza entonces una correlación directa sobre las muestras recibidas con PN1 secuencias para K_1 desplazamientos de tiempo distintos dentro de una ventana de incertidumbre e identifica los K_2 pilotos TDM más fuertes 1, en donde $K_1 \geq 1$ y $K_2 \geq 1$. Si cada secuencia PN1 se asocia con M_2 secuencias PN, cada piloto TDM 1 detectado se asocia con M_2 hipótesis de piloto 2. Cada hipótesis de piloto 2 corresponde a un desplazamiento de tiempo específico y a una secuencia PN2 específica para un piloto TDM 2.

En una forma de realización para sincronización de tiempo, el terminal realiza una correlación directa sobre las muestras recibidas con PN2 secuencias para las diferentes hipótesis de piloto 2 para detectar el piloto TDM 2. El terminal sólo tiene que evaluar M_2 secuencias PN para cada piloto TDM 1 detectado, en lugar de todas las $M_1 \times M_2$ secuencias PN2 posibles. El terminal calcula una métrica de correlación directa para cada hipótesis de piloto 2 y compara esta métrica con un segundo umbral para determinar si el piloto TDM 2 está presente. Para cada piloto TDM 2 detectado, la estación base que transmite el piloto TDM 2 se identifica basándose en la secuencia PN2 para la hipótesis de piloto 2 y la temporización de la estación base viene dada por el desplazamiento de tiempo para la hipótesis.

Los diversos aspectos y realizaciones de la invención se describen en más detalle a continuación.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las características y la naturaleza de la presente invención serán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se toma en conjunto con los dibujos en los que caracteres de referencia similares identifican de forma correspondiente a largo de toda la descripción.

La Figura 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrica.

15 La Figura 2A muestra pilotos TDM 1 y 2 que se generan en el dominio del tiempo.

La Figura 2B muestra pilotos TDM 1 y 2 que se generan en el dominio de la frecuencia.

La Figura 3A muestra una transmisión sincrónica de piloto en el enlace directo.

La Figura 3B muestra una transmisión escalonada de piloto en el enlace directo.

La Figura 3C muestra una transmisión asíncrona de piloto en el enlace directo.

20 La Figura 3D muestra transmisión variable en el tiempo de pilotos en el enlace directo.

La Figura 4 muestra un proceso llevado a cabo por un terminal para la adquisición de señal.

La Figura 5 muestra un diagrama de bloques de una estación base y un terminal.

La Figura 6 muestra un procesador de pilotos de transmisión (TX) en la estación base.

La Figura 7 muestra una unidad de sincronización en el terminal.

25 La Figura 8A muestra un correlador retardado para el piloto TDM 1.

La Figura 8B muestra un correlador directo para el piloto TDM 1.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 La expresión "de ejemplo" se usa aquí para significar "que sirve como ejemplo, caso o ilustración." Cualquier realización o diseño descrito en la presente memoria como "de ejemplo" no se debe interpretarse necesariamente como preferente o ventajosa sobre otras realizaciones o diseños.

35 Las técnicas de adquisición de señales descritas en la presente memoria pueden utilizarse para sistemas de comunicación de portadora única y multi-portadora. Además, uno o más pilotos TDM pueden ser utilizados para facilitar la adquisición de señales. Para mayor claridad, ciertos aspectos de las técnicas se describen a continuación para un esquema de transmisión específico de pilotos TDM en un sistema multi-portadora que utiliza multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM). OFDM es una técnica de modulación de múltiples portadoras que divide efectivamente el ancho de banda total del sistema en múltiples (NF) subbandas de frecuencia ortogonales. Estas subbandas también se denominan tonos, subportadoras, contenedores, y canales de frecuencia. Con OFDM, cada subbanda se asocia a una respectiva subportadora que puede ser modulada con datos.

40 La Figura 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrico 100. El sistema 100 incluye un número de estaciones base 110 que permiten la comunicación a un número de terminales inalámbricos 120. Una estación base es una estación fija utilizada para la comunicación con los terminales y también puede denominarse punto de acceso, Nodo B o alguna otra terminología. Los terminales 120 están típicamente dispersos por todo el sistema, y cada terminal puede ser fijo o móvil. Un terminal también denominarse estación móvil, equipo de usuario (UE), dispositivo de comunicación inalámbrica o alguna otra terminología. Cada terminal puede comunicarse con una o varias estaciones base por los enlaces directo e inverso en cualquier momento dado. El enlace directo (o enlace descendente) se refiere al enlace de comunicación desde las estaciones base a los terminales, y el enlace inverso (o enlace

ascendente) se refiere al enlace de comunicación desde los terminales a las estaciones base. Por simplicidad, la Figura 1 sólo muestra transmisiones de enlace directo.

Cada estación base 110 proporciona cobertura de comunicación para un área geográfica respectiva. El término "celda" puede referirse a una estación base y/o su área de cobertura, dependiendo del contexto en el que se utiliza el término. Para aumentar la capacidad, el área de cobertura de cada estación base puede dividirse en múltiples regiones (por ejemplo, tres regiones). Cada región puede ser atendida por un subsistema transceptor base correspondiente (BTS). El término "sector" puede hacer referencia a un BTS y/o a su área de cobertura, dependiendo del contexto en el que se utilice el término. Para una celda sectorizada, la estación base para esa celda incluye normalmente los BTS para todos los sectores de esa celda. Por simplicidad, en la siguiente descripción, el término "estación base" se usa genéricamente tanto para una estación fija que sirve a una celda como para una estación fija que sirve a un sector. Así, una "estación base" en la siguiente descripción puede ser para una celda o un sector, en función de si el sistema tiene celdas sectorizadas o no sectorizadas, respectivamente.

La Figura 2A muestra un esquema de ejemplo de pilotos y de transmisión de datos para el enlace directo en el sistema 100. Cada estación base transmite datos y piloto en tramas, donde cada trama 210 tiene una duración de tiempo predeterminada. Una trama también puede denominarse ranura o alguna otra terminología. En una realización, cada trama 210 incluye un campo 220 para los pilotos TDM y un campo 230 para los datos. En general, una trama puede incluir cualquier número de campos para cualquier tipo de transmisión. Un intervalo de transmisión se refiere a un intervalo de tiempo en el que los pilotos TDM se transmiten una vez. En general, un intervalo de transmisión puede ser un período de tiempo fijo (por ejemplo, una trama) o una duración de tiempo variable.

Para la realización mostrada en la Figura 2A, el campo 220 incluye un sub-campo 222 para el piloto TDM 1 y un subcampo 224 para el piloto TDM 2. El piloto TDM 1 tiene una longitud total de muestras T_1 y comprende S_1 secuencias idénticas de piloto 1, donde en general $S_1 \geq 1$. El piloto TDM 2 tiene una longitud total de muestras T_2 y comprende S_2 secuencias idénticas de piloto 2, donde, en general, $S_2 \geq 1$. De este modo, puede haber una o múltiples secuencias de piloto 1 para el piloto TDM 1 y una o varias secuencia de piloto 2 para el piloto TDM 2. Los pilotos TDM 1 y 2 pueden generarse en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia (por ejemplo, con OFDM).

La Figura 2A también muestra una realización de pilotos TDM 1 y 2 que se generan en el dominio del tiempo. Para esta realización, cada secuencia de piloto 1 se genera con una secuencia PN1 tener L_1 chips PN, donde $L_1 > 1$. Cada chip PN puede tomar un valor +1 o -1, y se transmite en un período de muestra/chip. El piloto TDM 1 comprende S_1 secuencias de piloto 1 completas y, si $S_1 \times L_1 < T_1$, a secuencia parcial de piloto 1 de longitud C_1 , donde $C_1 = T_1 - (S_1 \times L_1)$. La longitud total del piloto TDM 1 es, por tanto $T_1 = (S_1 \times L_1) + C_1$. Para la realización mostrada en la Figura 2A, el piloto TDM 2 comprende un secuencia completa de piloto 2 generada con una secuencia PN2 de longitud L_2 . En general, el piloto TDM 2 puede comprender S_2 secuencias completas de piloto 2 generadas con una secuencia PN2 de longitud L_2 y, si $S_2 \times L_2 < T_2$, una secuencia parcial de piloto 2 de longitud C_2 , donde $C_2 = T_2 - (S_2 \times L_2)$. La longitud total del piloto TDM 2 es entonces $T_2 = (S_2 \times L_2) + C_2$.

Tal y como se usa en la presente memoria, una secuencia PN puede ser cualquier secuencia de chips que se puede generar de cualquier forma y preferiblemente tiene buenas propiedades de correlación. Por ejemplo, una secuencia PN puede generarse con un polinomio generador, tal y como es conocido en la técnica. La secuencia PN para cada estación base (por ejemplo, cada sector) también puede ser un código de aleatorización utilizado para aleatorizar los datos. En este caso, los pilotos TDM pueden ser generados por la aplicación del código de aleatorización a una secuencia de todos unos o ceros.

La Figura 2B muestra una realización de pilotos TDM 1 y 2 que se generan en el dominio de la frecuencia utilizando OFDM. Para esta realización, el piloto TDM 1 comprende L_1 símbolos piloto que se transmiten en L_1 subbandas, un símbolo piloto por subbanda utilizada para el piloto TDM 1. Las subbandas L_1 se distribuyen uniformemente a través de las subbandas totales N_F y están equitativamente separadas por S_1 subbandas, donde $S_1 = N_F/L_1$ y $S_1 \geq 1$. Por ejemplo, si $N_F = 512$, $L_1 = 256$, y $S_1 = 2$, entonces se transmiten 256 símbolos piloto en 256 subbandas que están separadas por dos subbandas. También se pueden usar otros valores para N_F , L_1 y S_1 . Los L_1 símbolos piloto para las L_1 subbandas y N_F/L_1 valores de señal cero para las subbandas restantes se transforman al dominio del tiempo con una transformada discreta de Fourier inversa (IDFT) de N_F puntos para generar un símbolo "transformado" que contiene N_F muestras en el dominio del tiempo. Este símbolo transformado tiene S_1 secuencias idénticas de piloto 1, con cada secuencia de piloto 1 conteniendo L_1 muestras en el dominio del tiempo. Una secuencia de piloto 1 también puede generarse mediante la realización de una IDFT de L_1 puntos en los L_1 símbolos de piloto para el piloto TDM 1. Para OFDM, las C muestras más a la derecha del símbolo transformado son frecuentemente utilizadas y añadidas al principio del símbolo transformado para generar un símbolo OFDM que contiene $N_F + C$ muestras. La parte repetida se denomina a menudo prefijo cíclico y se usa para combatir la interferencia entre símbolos (ISI). Por ejemplo, si $N_F = 512$ y $M = 32$, entonces cada símbolo OFDM contiene 544 muestras. Otras estructuras de subbanda OFDM con distintos números de subbandas y de longitudes totales de prefijo cíclico también pueden ser usadas.

La secuencia PN1 se puede aplicar en el dominio de la frecuencia multiplicando los símbolos piloto L1 con los L1 chips de la secuencia PN1. La secuencia PN1 se puede aplicar también en el dominio del tiempo mediante la multiplicación de las L1 muestras en el dominio del tiempo para cada secuencia de piloto 1 de con los L1 chips de la secuencia PN1.

5 El piloto TDM 2 puede ser generado en el dominio de la frecuencia en modo similar al descrito anteriormente para el piloto TDM 1. Para piloto TDM 2, se transmiten L2 símbolos piloto en L2 subbandas que están uniformemente espaciadas entre sí por S2subbandas, donde $S_2 = N/L_2$ y $S_2 \geq 1$. La secuencia PN2 se puede aplicar en el dominio del tiempo o de la frecuencia. Si los pilotos TDM 1 y 2 se generan en el dominio de la frecuencia, entonces las secuencias piloto 1 y piloto 2 contienen valores complejos en lugar de + -1. Para la realización mostrada en la Figura 2B, los pilotos TDM 1 y 2 se envían cada uno dentro de un símbolo OFDM. En general, cada piloto TDM puede incluir cualquier número de símbolos OFDM.

15 Las estaciones base vecinas pueden utilizar las mismas o diferentes secuencias PN1 para el piloto TDM 1. Se puede formar un conjunto de M1 secuencias PN1, y cada estación base puede utilizar una de las M1secuencias PN1 en este lote. Para reducir la complejidad, M1 puede ser elegido para ser un número positivo pequeño. En una realización, las estaciones base vecinas utilizan diferentes secuencias PN2 de piloto TDM 2, y la secuencia PN2 para cada estación base se utiliza para identificar de forma única la estación base entre las estaciones base vecinas.

20 Para reducir la computación para adquisición de señales, cada secuencia PN1 puede estar asociada con un conjunto diferente de M2 secuencias PN2. Un conjunto compuesto de M1xM2 diferentes secuencias PN2 es entonces disponible. A cada estación base se le puede asignar una de las secuencias PN2 en el conjunto compuesto, así como la secuencia PN1 asociada con la secuencia PN2 asignada a la estación base. Cada estación base utiliza por lo tanto un par de secuencias PN1 y PN2 que es diferente de los pares de secuencia PN1 y PN2 utilizados por las estaciones base vecinas. M1 y M2 pueden seleccionarse para ser valores razonablemente pequeños para reducir la complejidad, pero suficientemente grandes para garantizar que no hay ningún terminal que observe dos estaciones base con la misma secuencia PN2 (por ejemplo, $M_1 \times M_2 = 256$).

25 Un terminal puede utilizar el piloto TDM 1 para detectar la presencia de una señal, obtener sincronización aproximada y estimar el error de frecuencia. El terminal puede utilizar el piloto TDM 2 para identificar una estación base específica que está transmitiendo un piloto TDM 2 y para obtener temporización más exacta (o sincronización de tiempo). El uso de dos distintos pilotos TDM para la detección de señal y la sincronización de tiempo puede reducir la cantidad de procesamiento necesario para la adquisición de señal, tal y como se describe a continuación. La duración o longitud de cada piloto TDM puede ser seleccionada en base a un compromiso entre la eficacia de detección y la cantidad de datos adicionales para cada piloto TDM. En una realización, el piloto TDM 1 comprende dos secuencias completas de piloto 1 que tienen cada una una longitud de 256 chips (o $S_1 = 2$ y $L_1 = 256$), y el piloto TDM 2 comprende una secuencia completa de piloto 2 que tiene una longitud de 512 ó 544 chips (o $S_2 = 1$, y $L_2 = 544$ para la Figura 2A y $L_2 = 512$ para la Figura 2B). En general, el piloto TDM 1 puede comprender cualquier número de secuencias de piloto 1, que pueden ser de cualquier longitud, y el piloto TDM 2 puede comprender también cualquier número de secuencias de piloto 2, que también pueden ser de cualquier longitud.

35 La Figura 3A muestra un esquema de transmisión síncrona de piloto para el enlace directo. Para este esquema, las estaciones base en el sistema son síncronas y transmiten sus pilotos TDM en aproximadamente el mismo instante. Un terminal puede recibir los pilotos TDM desde todas las estaciones base aproximadamente al mismo tiempo, con cualquier desplazamiento de temporización entre las estaciones base que se debe a las diferencias en los retardos de propagación y posiblemente a otros factores. Mediante la sincronización de los pilotos TDM desde diferentes estaciones base, se evita la interferencia de los pilotos TDM desde una estación base a las transmisiones de datos por las otras estaciones base, lo que puede mejorar el rendimiento de detección de datos. Además, la interferencia de las transmisiones de datos en los pilotos TDM se evita también, lo que puede mejorar el rendimiento de adquisición.

40 La Figura 3B muestra un esquema de transmisión escalonada de pilotos para el enlace directo. Para este esquema, las estaciones base en el sistema son síncronas, pero transmiten sus pilotos TDM en diferentes instantes para que los pilotos TDM estén escalonados. Las estaciones base pueden ser identificadas por el momento en el que transmiten sus pilotos TDM. La misma secuencia PN se puede usar para todas las estaciones base, y el procesamiento de adquisición de señal se puede reducir dramáticamente con todas las estaciones base que utilizan la misma secuencia PN. Para este esquema, la transmisión de piloto desde cada estación base se ve sometida a interferencia de las transmisiones de datos desde estaciones base vecinas.

45 La Figura 3C muestra un sistema de transmisión asíncrona de pilotos para el enlace directo. Para este esquema, las estaciones base en el sistema son asíncronas y cada estación base transmite sus pilotos TDM basada en su temporización. Los pilotos TDM desde diferentes estaciones base por lo tanto pueden llegar en diferentes instantes al terminal.

50 Para el esquema de transmisión de piloto síncrona que se muestra en la Figura 3A, la transmisión del piloto TDM desde cada estación base puede verse sometida a la misma interferencia de las transmisiones de piloto TDM de las

estaciones base vecinas en cada trama. En este caso, promediar los pilotos TDM sobre múltiples tramas no proporciona ganancia de promedio ya que la misma interferencia está presente en cada trama. La interferencia puede variarse, cambiando los pilotos TDM a lo largo de las tramas.

5 La Figura 3D muestra un esquema de transmisión de piloto variable en el tiempo para el enlace directo. Para este esquema, a cada estación base se le asigna un conjunto M_B de secuencias PN1 de piloto TDM 1, donde $M_B > 1$. Cada estación base utiliza una secuencia PN1 para el piloto TDM 1 para cada trama y recorre las M_B secuencias PN1 en M_B tramas. A las diferentes estaciones base se les asignan diferentes conjuntos de M_B secuencias PN1.

10 El conjunto de M_B secuencias PN1 para cada estación base puede considerarse como un "código largo" que se extiende a través de múltiples tramas. Cada una de las M_B secuencias PN1 se puede considerar como un segmento del código de tiempo y puede ser generado con una semilla diferente para el código largo. Para reducir la complejidad de procesamiento en el receptor, puede utilizarse el mismo código largo para todas las estaciones base, y a cada estación base i se le puede asignar un desplazamiento diferente del código largo. Por ejemplo, a la estación base i se le puede asignar un desplazamiento de código largo k_i , donde k_i está dentro de un rango 0 a $M_B - 1$. Las secuencias PN1 para la estación base i , a partir de una trama designada, se dan entonces como: PN1 $_{k_i}$, PN1 $_{k_i+1}$, PN1 $_{k_i+2}$, y así sucesivamente. La detección de una secuencia PN1 dada o código desplazamiento largo, junto con la trama en la que se detecta la secuencia PN1 con relación a la trama designada, puede identificar a qué conjunto de secuencias PN1 detectadas pertenece la secuencia PN1.

20 En general, el rendimiento de adquisición mejorado puede conseguirse si todas las estaciones base en el sistema se sincronizan y transmiten sus pilotos TDM al mismo tiempo. Sin embargo, esta no es una condición necesaria, y todos o un subconjunto de las estaciones base en el sistema puede ser asíncrona. Para mayor claridad, en la mayor parte de la descripción siguiente se supone que las estaciones base son sincrónicas.

25 Las Figuras 2A y 2B muestran el uso de dos pilotos TDM o los pilotos TDM 1 y 2. En general, puede utilizarse cualquier número de pilotos TDM para facilitar la adquisición de señales por los terminales. Cada piloto TDM puede estar asociado con un conjunto diferente de secuencias PN. Puede utilizarse una estructura jerárquica para las secuencias PN. Por ejemplo, el piloto TDM 1 puede estar asociado con M_1 posibles secuencias PN1 (o M_1 posibles conjuntos de secuencias PN1), cada secuencia PN1 puede estar asociada con M_2 posibles secuencias PN2, cada secuencia PN2 puede estar asociada con M_3 posibles secuencias PN3, y así sucesivamente. Cada secuencia PN1 puede asignarse a un gran número de estaciones base en el sistema, cada secuencia PN2 puede asignarse a un número menor de estaciones base, y así sucesivamente. En general, cada piloto TDM puede ser generado con una secuencia PN o sin una secuencia PN. Por simplicidad, la siguiente descripción supone la utilización de dos pilotos TDM generados con dos secuencias PN seleccionadas a partir de dos conjuntos diferentes de secuencias PN.

30 El terminal realiza un procesamiento diferente para detección de señal y sincronización de tiempo. El uso de diferentes secuencias PN para los pilotos TDM 1 y 2 permite al terminal dividir el procesamiento de estas dos tareas, tal y como se describe a continuación.

35 **1. Correlación retrasada para los pilotos TDM 1**

En un terminal, la muestra recibida para cada período de muestra puede expresarse como:

$$r(n) = h(n) \otimes s(n) + w(n) = y(n) + w(n) , \quad \text{Ecuación (1)}$$

donde

n es un índice para el periodo de muestra;

40 $s(n)$ es una muestra en el dominio del tiempo enviada por una estación base en un período de muestra n ;

$h(n)$ es una ganancia compleja de canal observada por la muestra $s(n)$;

$r(n)$ es una muestra recibida por el terminal obtenida para el período de muestra n ;

$w(n)$ es el ruido para el periodo de muestra n ;

$y(n) = h(n) \cdot s(n)$, y

45 \otimes denota una operación de convolución.

El piloto TDM 1 es una señal periódica que consta de S_1 secuencias piloto 1.

El terminal puede realizar una correlación retardada para detectar la presencia de una señal periódica subyacente (por ejemplo, el piloto TDM 1) en la señal recibida.

La correlación retardada puede expresarse como:

$$C(n) = \sum_{i=0}^{N_1-1} r^*(n-i) \cdot r(n-i-L_1) , \quad \text{Ecuación (2)}$$

5 donde $C(n)$ es un resultado de correlación retardada para un período de muestra n ;

N_1 es la longitud o duración de la correlación retardada; y

"*" denota un conjugado complejo.

10 La longitud de correlación retardada (N_1) se puede ajustar a la longitud total del piloto TDM 1 (T_1) menos la longitud de una secuencia piloto 1 (L_1) y menos un margen (Q_1) para dar cuenta de los efectos ISI en los bordes del piloto TDM 1, o $N_1 = T_1 - L_1 - Q_1$. Para la realización mostrada en las Figuras 2A y 2B con el piloto TDM 1 que comprende dos secuencias piloto 1, la longitud de correlación retardada N_1 se puede establecer en la longitud de la secuencia piloto 1, o $N_1 = L_1$.

15 La ecuación (2) calcula una correlación entre dos muestras recibidas $r(n-i)$ y $r(n-i-L_1)$ que están separadas por periodos de muestra L_1 , que es la longitud de la secuencia de piloto 1. Esta correlación, que es $c(n-i) = r^*(n-i) \times r(n-i-L_1)$, elimina el efecto del canal de comunicación sin necesidad de una estimación de ganancia del canal. Se calculan N_1 correlaciones para N_1 pares diferentes de muestras recibidas. La ecuación (2) acumula entonces los N_1 resultados de correlación $c(n)$ hasta $c(n-N_1+1)$ para obtener el resultado de correlación retardada $C(n)$, que es un valor complejo.

20 Una métrica de correlación retardada puede ser definida como la magnitud al cuadrado del resultado de correlación retardada, de la siguiente manera:

$$S(n) = |C(n)|^2 , \quad \text{Ecuación (3)}$$

donde $|x|^2$ denota la magnitud al cuadrado de x .

El terminal puede declarar la presencia de un piloto TDM si se cumple la siguiente condición:

$$S(n) > \lambda \cdot |E_{rx}|^2 , \quad \text{Ecuación (4)}$$

25 donde E_{rx} es la energía de las muestras recibidas y λ es un valor de umbral.

30 La energía E_{rx} puede calcularse en base a las muestras recibidas utilizadas para la correlación retardada y es indicativa de la energía temporal local. La ecuación (4) realiza una comparación normalizada, en la que se basa la normalización de la energía de las muestras recibidas para el piloto TDM 1, si está presente. El valor umbral λ pueden seleccionarse como un compromiso entre la probabilidad de detección y la probabilidad de falsa alarma para el piloto TDM 1. La probabilidad de detección es la probabilidad de indicar correctamente la presencia del piloto TDM 1 cuando está presente. La probabilidad de falsa alarma es la probabilidad de indicar incorrectamente la presencia del piloto TDM 1 cuando no está presente. La probabilidad de detección alta y la probabilidad de falsa alarma baja son deseables. En general, un valor de umbral más alto reduce tanto la probabilidad de detección como la probabilidad de falsa alarma.

35 La ecuación (4) muestra el uso de un umbral de energía basado en la detección del piloto TDM 1. También se pueden utilizar otros esquemas de umbralización para la detección de piloto TDM. Por ejemplo, si un mecanismo de control automático de ganancia (AGC) normaliza automáticamente la energía de las muestras recibidas, entonces puede utilizarse un umbral absoluto para la detección de piloto TDM.

40 Si el terminal está equipado con múltiples antenas (R), entonces el resultado de correlación retardada $C_j(n)$ puede calcularse para cada antena j como se muestra en la ecuación (2). Los resultados de la correlación retardada para todas las antenas pueden combinarse coherentemente como sigue:

$$C_{total}(n) = \sum_{j=1}^R C_j(n) .$$

Ecuación (5)

La magnitud al cuadrado del resultado de correlación retardada combinado, o $|C_{total}(n)|^2$, se puede comparar con un umbral normalizado

$$\lambda \cdot \sum_{j=1}^R E_j^2$$

5 donde E_j es la energía recibida por la antena j .

El terminal calcula una correlación retardada de N_1 puntos $C(n)$ para cada periodo de muestra n en base a la secuencia de muestras recibida $\{r(n - i)\}$ y el retraso en la secuencia recibida de muestras $\{r(n - i - L_1)\}$, tal y como se muestra en la ecuación (2). Si $S_1 = 2$, entonces la magnitud de la correlación retardada tiene una forma triangular cuando se representa respecto al periodo de muestra n . El resultado de la correlación retardada tiene un valor de pico en el periodo de muestra n_p . Este pico se produce cuando la correlación retardada abarca la duración de dos secuencias piloto 1. Si la correlación retardada se lleva a cabo como se describe anteriormente y en ausencia de ruido, entonces el periodo de muestra n_p está "cerca del" final de la segunda secuencia piloto 1 para el piloto TDM 1. La imprecisión en la ubicación del pico es debido a los efectos de la ISI en los bordes del piloto TDM 1. La magnitud del resultado de correlación retardada cae gradualmente en ambos lados del periodo de muestra n_p , ya que la señal es periódica sólo sobre una parte de la duración de correlación retardada para todos los demás periodos de muestra.

El terminal declara la presencia de piloto TDM 1, si la métrica de correlación retardada $S(n)$ cruza el umbral predeterminado en cualquier periodo de muestra, tal y como se muestra en la ecuación (4). Este periodo de muestra se produce en el borde izquierdo o delantero de la forma triangular. El terminal continúa realizando la correlación retardada (por ejemplo, para los siguientes L_1 periodos de muestra) con el fin de detectar el pico en el resultado de correlación retardada. Si el piloto TDM 1 ha sido detectado, entonces la ubicación del pico de correlación retardada se utiliza como una estimación de tiempo aproximada. Esta estimación de tiempo puede no ser muy precisa debido a que (1) el resultado de correlación retardada tiene un pico gradual y la posición del pico puede ser inexacta en la presencia de ruido y (2) ISI en los bordes del piloto TDM 1 causa degradación en el resultado de correlación retardada.

En una realización alternativa, la correlación retardada se lleva a cabo a través de una trama completa para obtener una métrica de correlación retardada para cada periodo de muestra en la trama. La mayor métrica de correlación retardada en la trama se proporciona como la ubicación del piloto TDM 1 detectado y la estimación de tiempo aproximada. Esta realización lleva a cabo detección de piloto TDM 1 sin el uso de un umbral y también puede reducir la falsa detección de pico debido a la interferencia de, por ejemplo, un piloto de multiplexado por división de frecuencia (FDM) que se transmite de forma continua a lo largo de la parte de datos de cada trama de las estaciones base vecinas y/o la estación base que está siendo detectada. Otros sistemas (que pueden emplear lógica de detección más sofisticada) también pueden utilizarse para detectar la presencia de un piloto TDM 1 y para determinar la ubicación del pico de correlación retardada.

La correlación retardada se utiliza esencialmente para detectar la presencia de una señal periódica subyacente. La correlación retardada es por lo tanto inmune a la degradación por trayectos múltiples, pero todavía captura diversidad multitrayecto. Esto se debe a que una señal periódica permanece periódica en presencia de trayectos múltiples. Además, si múltiples estaciones base transmiten señales periódicas simultáneamente, entonces la señal compuesta en el terminal es también periódica. Para la transmisión de piloto síncrona tal y como se muestra en la Figura 3A, el piloto TDM 1 observa esencialmente ninguna interferencia (con el propósito de correlación retardada) y se ve afectada principalmente por el ruido térmico. Como resultado, la relación señal a ruido (SNR) o portadora a interferencia (C/I) para el piloto TDM 1 puede ser mayor que la SNR para otras transmisiones. La mayor SNR para el piloto TDM 1 permite que al terminal lograr un buen rendimiento, con una detección de piloto TDM 1 de duración más corta, lo que reduce los datos adicionales.

El terminal puede obtener una estimación de error de frecuencia aproximada en base al resultado de correlación retardada $C(n)$. Si la frecuencia de un oscilador frecuencia de radio (RF) utilizada para la conversión descendente de frecuencia en el terminal está desplazada de la frecuencia central de la señal recibida, a continuación, las muestras recibidas tienen una rampa de fase en el dominio del tiempo y se puede expresar como:

$$r(n) = y(n) \cdot e^{j2\pi \Delta f \cdot T_c \cdot n} + w(n) ,$$

Ecuación (6)

donde Δf es la frecuencia de desplazamiento/error y T_c es un período de un chip. La ecuación (6) se diferencia de la ecuación (1) por la rampa de fase $e^{j2\pi \times \Delta f \times T_c \times n}$ causada por el error de frecuencia Δf en el oscilador de RF en el terminal.

5 Si la expresión para las muestras recibidas en la ecuación (6) se utiliza para la correlación retardada en la ecuación (2), a continuación, la fase del resultado de correlación retardada (suponiendo que no hay ruido) se puede expresar como:

$$2\pi \cdot \Delta f \cdot L_1 \cdot T_c = \arg \{C(n)\} , \quad \text{Ecuación (7)}$$

10 donde $\arg \{x\}$ es el argumento de x , que es la arco tangente de la parte imaginaria de x sobre la parte real de x . El error de frecuencia Δf se puede obtener dividiendo la fase del resultado de correlación retardada por $2\pi \times L_1 \times T_c$, como sigue:

$$\Delta f = \frac{\arg \{C(n)\}}{2\pi \cdot L_1 \cdot T_c} . \quad \text{Ecuación (8)}$$

15 La estimación de error de frecuencia en la ecuación (8) es válida si la fase del resultado de correlación retardada está en un rango de $-\pi$ a π ó $2\pi \times \Delta f \times L_1 \times T_c \in (-\pi, \pi)$. Un error de frecuencia que sea demasiado grande no puede ser detectado por la correlación retardada. Por lo tanto, el error de frecuencia debe mantenerse a menos de un rango máximo permisible. Por ejemplo, Δf debe ser inferior a 9,75 KHz o 4,65 partes por millón (ppm) si la frecuencia central es 2,1 GHz. Para un diseño conservador, el error de frecuencia puede verse limitado a un rango aún más pequeño, por ejemplo, $\Delta f < 2,5$ ppm. Un error de frecuencia más grande puede ser tolerado y se detecta mediante la reducción de la longitud de la secuencia piloto 1. Sin embargo, una secuencia de piloto 1 corta también reduce el rendimiento de la señal de detección.

20 El error de frecuencia Δf se puede corregir de varias maneras. Por ejemplo, la frecuencia del oscilador de RF en el terminal se puede ajustar a través de un bucle de enganche de fase (PLL) para corregir el error de frecuencia. Como otro ejemplo, las muestras recibidas se pueden rotar digitalmente como sigue:

$$r'(n) = r(n) \cdot e^{-j2\pi \Delta f \cdot T_c \cdot n} , \quad \text{Ecuación (9)}$$

donde $r'(n)$ es una muestra de frecuencia corregida.

25 El terminal también puede realizar el remuestreo de las muestras corregidas en frecuencia para tener en cuenta el error de frecuencia del reloj utilizado para la toma de muestras, que puede generarse a partir del mismo oscilador de RF.

2. Correlación directa para el Piloto TDM 1

30 El pico de la correlación retardada da una ubicación aproximada del piloto TDM 1. La ubicación real del piloto TDM 1 cae dentro de una ventana de incertidumbre (denotada W_u) que está centrada en la ubicación n_p del pico de correlación retardada. Las simulaciones por ordenador de un sistema de ejemplo indican que existe una alta probabilidad de que el piloto TDM 1 caiga dentro de ± 35 periodos de muestra desde la ubicación del pico n_p cuando una única estación base está transmitiendo. Cuando múltiples estaciones base están transmitiendo en un sistema síncrono, la ventana de incertidumbre depende del desfase o retardo entre los instantes de llegada de las señales transmitidas por estas estaciones base. Este retardo es dependiente de la distancia entre las estaciones base. Como ejemplo, una distancia de 5 kilómetros (km) corresponde a un retraso de aproximadamente 80 períodos de muestra, y la ventana de incertidumbre es de aproximadamente ± 80 períodos de muestra. En general, la ventana de incertidumbre es dependiente de diversos factores tales como el ancho de banda del sistema, la duración del piloto TDM 1, la SNR recibida para el piloto TDM 1, el número de estaciones base que transmiten el piloto TDM 1, el retardo de tiempo para las diferentes estaciones base, y así sucesivamente.

45 [0079] El terminal puede realizar una correlación directa para la detección de casos fuertes de un piloto TDM dentro de la ventana de la incertidumbre. Para cada tiempo de desplazamiento dentro de la ventana de incertidumbre, el terminal puede realizar una correlación directa de cada uno de los posibles M1 PN1 secuencias que se pueden utilizar para piloto TDM 1. Alternativamente, el terminal puede realizar una correlación directa para cada secuencia PN1 utilizado por una estación base en un conjunto candidato para el terminal. Este conjunto candidato puede contener las estaciones base (por ejemplo, sectores) identificadas por las estaciones base con la que el terminal se encuentra en las estaciones base de comunicaciones, que el terminal se ha identificado a través de una búsqueda de tasa baja, y así sucesivamente. En cualquier caso, cada piloto-1 corresponde a la hipótesis (1) un tiempo de

desplazamiento específico donde piloto TDM 1 desde una estación base puede estar presente y (2) una secuencia específica de PN1 que puede haber sido utilizado para el piloto TDM 1.

La correlación directa de piloto TDM 1 para la hipótesis de piloto 1 (n, m), con desplazamiento de tiempo n y secuencia PN1 $p_m(i)$, se puede expresar como:

$$D_m(n) = \sum_{i=0}^{N_{1d}-1} r^*(i-n) \cdot p_m'(i) \quad , \quad \text{Ecuación (10)}$$

5 donde
n es el desplazamiento de tiempo de la hipótesis de piloto 1 (n, m), que entra dentro de la ventana de incertidumbre, o $n \in W_u$;

p_m' es el chip i-ésimo en una extensa secuencia PN1 para la hipótesis de piloto 1 (n, m);

10 $D_m(n)$ es un resultado de correlación directa para la hipótesis de piloto 1 (n, m); y

N_{1d} es la longitud de la correlación directa del piloto TDM 1 (por ejemplo, $N_{1d} = S_1 \times L_1$).

15 La secuencia PN1 extendida $p_m'(i)$ se obtiene mediante la repetición de la secuencia PN1 $p_m(i)$ para la hipótesis de piloto 1 (n, m) tantas veces como sea necesario para obtener N_{1d} chips PN. Por ejemplo, si la correlación directa se lleva a cabo en más de dos pilotos 1 o $N_{1d} = 2 \times L_1$, entonces la secuencia PN1 $p_m(i)$ de longitud L_1 se repite dos veces para obtener la secuencia PN1 extendida $p_m'(i)$ de longitud $2L_1$.

20 Para evaluar cada secuencia PN1, el terminal puede realizar una correlación directa en cada medio chip dentro de la ventana de incertidumbre a fin de reducir la degradación debida al error de temporización de muestras en el terminal. Por ejemplo, si la ventana de incertidumbre es de ± 80 chips, entonces el terminal 320 puede llevar a cabo correlaciones directas para cada secuencia PN1, que corresponde a una incertidumbre de 80 períodos de muestra en cada dirección desde el centro de la ventana de incertidumbre en el período de muestra n_p . Si se evaluaron todas las M_1 secuencias PN1, a continuación, el número total de correlaciones directas para el piloto TDM 1 es $320 \times M_1$. En general, el terminal realiza K_1 correlaciones directas para K_1 desplazamientos de tiempo diferentes para cada secuencia PN1 a evaluar, o $K_1 \times M_1$ correlaciones directas si todas las M_1 secuencias PN1 son evaluadas.

25 La correlación directa se utiliza para identificar pilotos TDM 1 fuertes en la señal recibida. Después de realizar todas las correlaciones directas para el piloto TDM 1, el terminal selecciona K_2 pilotos TDM 1 fuertes que tienen los mayores resultados de correlación directa. Cada piloto TDM 1 detectado está asociado con un tiempo de desplazamiento específico y una secuencia PN1 específica, por ejemplo, el k-ésimo piloto TDM 1 detectado está asociado con el desplazamiento de tiempo n_k y la secuencia PN1 $p_k(i)$. El terminal también puede comparar la métrica de correlación directa para cada piloto TDM 1 detectado con un umbral normalizado y descartarlo si su métrica es inferior al umbral. En cualquier caso, K_2 puede ser un valor pequeño para la adquisición inicial cuando el terminal está intentando detectar la estación base más fuerte. Para el traspaso entre estaciones base, K_2 puede ser un valor más grande para permitir la detección de trayectos de señal que pertenecen a la estación base más fuerte, así como estaciones base más débiles. Las simulaciones por ordenador indican que $K_2 = 4$ puede ser suficiente para la adquisición inicial y $K_2 = 16$ puede ser suficiente para detectar múltiples estaciones base para el traspaso.

35 La correlación dirección también se puede realizar en el dominio de la frecuencia. Para la correlación directa en el dominio de la frecuencia, una transformada de discreta de Fourier (DFT) de N_F puntos se realiza en las N_F muestras recibidas para un desplazamiento de tiempo dado n para obtener N_F valores en el dominio de la frecuencia para las N_F subbandas totales. Los valores en el dominio de la frecuencia para las subbandas sin símbolos piloto se ponen a cero. Los N_F valores resultantes en el dominio de la frecuencia se multiplican a continuación con N_F símbolos piloto que incluyen la secuencia PN1 para una hipótesis de piloto 1 que está siendo evaluada. Los N_F símbolos resultantes pueden ser acumulados para obtener un resultado de correlación directa para la hipótesis de piloto 1 en desplazamiento de tiempo n. Alternativamente, se puede llevar a cabo una IDFT de N_F puntos en los N_F símbolos resultantes para obtener N_F valores en el dominio del tiempo, que corresponden a desplazamientos de tiempo distintos. En cualquier caso, los resultados de la correlación pueden ser post-procesados tal y como se describe anteriormente para identificar los K_2 pilotos TDM 1 más fuertes.

3. Correlación directa para el Piloto TDM 2

50 El terminal evalúa los K_2 pilotos TDM 1 detectados mediante la realización de una correlación directa en las muestras recibidas para el piloto TDM 2 con secuencias PN2. Para cada piloto TDM 1 detectado, el terminal determina el conjunto de M_2 secuencias PN2 $\{s_{1,k}(i)\}$ asociadas con la secuencia PN1 $p_k(i)$ que se utiliza para que el piloto TDM 1 detectado. Cada piloto detectado TDM 1 por lo tanto puede estar asociado con M_2-2 hipótesis de piloto.

Cada hipótesis de piloto 2 corresponde a (1) un desplazamiento de tiempo específico donde el piloto TDM 2 desde una estación base puede estar presente y (2) una secuencia PN2 específica que puede haber sido utilizada para el piloto TDM 2. Para cada hipótesis de piloto 2, el terminal realiza una correlación directa sobre las muestras recibidas para el piloto TDM 2 con la secuencia PN2 para esa hipótesis para detectar la presencia de un piloto TDM 2.

- 5 La correlación directa del piloto TDM 2 para la de hipótesis de piloto 2 (k, l), con desplazamiento de tiempo n_k y secuencia PN2 $s_{l,k}(i)$, se puede expresar como:

$$G_{\ell}(n_k) = \sum_{i=0}^{N_2-1} r^*(i - n_k) \cdot s_{\ell,k}(i) , \quad \text{Ecuación (11)}$$

donde

$s_{l,k}(i)$ es el chip i -ésimo en la secuencia PN2 para la hipótesis de piloto 2 (k,l);

- 10 $r(i - n_k)$ es la i -ésima muestra recibida para el desplazamiento de tiempo n_k ;

$G_{\ell}(n_k)$ es un resultado de la correlación directa de la hipótesis de piloto 2 (k,l); y

N_2 es la longitud de la correlación directa de piloto TDM 2.

La longitud de correlación directa puede ajustarse a la longitud de la secuencia piloto 2 (es decir, $N_2 = L_2$) o la longitud del piloto TDM 2 (es decir, $N_2 = T_2$) si $T_2 \neq L_2$.

- 15 Una métrica de correlación directa para el piloto TDM 2 puede ser definida como la magnitud al cuadrado del resultado de correlación directa, como sigue:

$$H_{\ell}(n_k) = |G_{\ell}(n_k)|^2 . \quad \text{Ecuación (12)}$$

El terminal puede declarar la presencia de dos pilotos TDM si se cumple la siguiente condición:

$$H_{\ell}(n_k) > \mu \cdot E_{rx} , \quad \text{Ecuación (13)}$$

- 20 donde E_{rx} es la energía de las muestras recibidas y μ es un valor umbral para el piloto TDM 2.

La energía E_{rx} puede calcularse sobre la base de las muestras recibidas utilizadas para la correlación directa del piloto TDM 2 y es indicativa de la energía local. El valor umbral μ puede seleccionarse como un compromiso entre la probabilidad de detección y probabilidad de falsa alarma para el piloto TDM 2.

- 25 Si el terminal está equipado con múltiples antenas (R), entonces la correlación directa $G_{\ell,j}(n_k)$ puede calcularse para cada antena j para una hipótesis dada (k,l), tal y como se muestra en la ecuación (11). Los resultados de la correlación directa para todas las antenas R pueden combinarse de forma no coherente como sigue:

$$H_{total,\ell}(n_k) = \sum_{j=1}^R |G_{\ell,j}(n_k)|^2 . \quad \text{Ecuación (14)}$$

- 30 La ecuación (14) supone que el retardo de trayectoria en absoluto antenas R es el mismo, pero las magnitudes de las ganancias de canal para las antenas R son independientes. La métrica compuesta de correlación directa $H_{total,\ell}(n_k)$ se puede comparar con un umbral normalizado $\mu \cdot E_{RX_total}$, donde E_{RX_total} es la energía total para todas las antenas R.

- 35 Los umbrales λ y μ se utilizan para la detección de pilotos TDM 1 y 2, respectivamente. Estos umbrales determinan la probabilidad de detección, así como la probabilidad de falsa alarma. Umbrales λ y μ bajos aumentan la probabilidad de detección, pero también aumentar la probabilidad de falsa alarma, y lo contrario es cierto para umbrales λ y μ altos. Para un determinado umbral, la probabilidad de detección y probabilidad de falsa alarma generalmente aumentan con el aumento de SNR. Los umbrales λ y μ se pueden seleccionar apropiadamente de tal manera que (1) los valores de detección de la correlación retardada y la correlación directa, respectivamente, sean

suficientemente elevados, incluso en SNRs bajas, y (2) las tasas de falsas alarmas para el correlación retardada y la correlación directa, respectivamente, sean suficientemente bajos incluso con altas relaciones SNR.

[0097] Una probabilidad de detección P_{det} corresponde a una probabilidad fallo de detección de $(1-P_{det})$. Un fallo de detección no detecta un piloto que está presente. Un fallo de detección de piloto TDM 1 tiene el efecto de extender el tiempo de adquisición, hasta que se recibe la siguiente transmisión de piloto TDM 1. Si el piloto TDM 1 se transmite periódicamente (por ejemplo, cada 20 milisegundos), entonces un fallo de detección de piloto TDM 1 no es problemático.

Una falsa alarma de la correlación retardada para un piloto TDM no es catastrófica ya que la posterior correlación directa para el piloto TDM 2 interpretará con casi total seguridad esta falsa alarma como una mala hipótesis, es decir, la hipótesis fallará casi con seguridad la comparación normalizada de la ecuación (13). Un efecto adverso de una alarma falsa de correlación retardada es la computación adicional para las correlaciones directas tanto para ambos pilotos TDM 1 y 2. El número de alarmas falsas de correlación retardada debe ser pequeño, por ejemplo, para una probabilidad de falsa alarma de correlación retardada objetivo dada para cualquier trama. Una falsa alarma para la correlación directa de TDM piloto 2 resulta en un aumento de la probabilidad de falsa alarma para el sistema global. La tasa de falsa alarma para el piloto TDM 2 puede reducirse mediante la realización de una correlación directa sólo con secuencias PN2 utilizadas por la estación(es) base en el conjunto de candidatos. Un error de frecuencia grande que excede un rango máximo permisible no es corregido ni detectado por las correlaciones directas para los pilotos TDM 1 y 2, y por lo tanto tiene el mismo efecto que una falsa alarma.

Puede utilizarse un mecanismo para recuperarse de un evento de alarma falsa en la correlación directa del piloto TDM 2. Si la correlación directa del piloto TDM 2 declara detección, el terminal debe ser capaz de demodular los datos y canales de control enviados por la estación base una vez que la frecuencia y/o los bucles de seguimiento de tiempo han convergido. El terminal de entrada para una falsa alarma por intentar decodificar un canal de control. Por ejemplo, cada estación base en el sistema puede transmitir un canal de control sobre el enlace directo para enviar asignación y reconocimiento a los terminales dentro de su área de cobertura. Este canal de control puede ser obligado a tener una alta (por ejemplo, 99%) de probabilidad de detección para el funcionamiento satisfactorio del sistema y puede utilizar un código de detección de error fuerte, por ejemplo, un 16 bits de redundancia cíclica (CRC), que corresponde a una probabilidad de falsa alarma de $0,5 <16> 1,5 * 10 <-5>$. Cuando la correlación directa de piloto TDM 2 declara la detección, el terminal puede intentar decodificar uno o más paquetes o mensajes enviados en este canal de control. Si la decodificación falla, el terminal puede declarar una falsa alarma y reiniciar el proceso de adquisición.

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un proceso de adquisición 400 realizado por el terminal. El terminal realiza correlación retardada en las muestras recibidas para detectar la presencia de un piloto TDM 1 (bloque 410). Esto se puede lograr mediante la realización de correlación retardada para cada período de muestra y la comparación de la métrica de correlación retardada $S(n)$ con el umbral normalizado. Si no se detecta el piloto TDM 1, tal como se determina en el bloque 412, entonces el terminal vuelve al bloque 410 para realizar la correlación retardada en el siguiente período de muestra. Sin embargo, si se detecta el piloto TDM 1, entonces el terminal estima el error de frecuencia en la muestra recibida y corrige el error de frecuencia (bloque 414).

El terminal realiza entonces una correlación directa en cualquiera de las muestras recibidas o las muestras corregidas en frecuencia con secuencias PN1 para K_1 desplazamientos de tiempo diferentes e identifica las mejores K_2 pilotos TDM 1 detectados que tienen los K_2 mayores resultados de correlación directa el piloto TDM 1 (bloque 416). Cada piloto TDM 1 detectado está asociado con un desplazamiento de tiempo específico y una secuencia PN1 específica. El terminal puede evaluar M_2 hipótesis de piloto 2 para cada piloto TDM 1 detectado, con cada hipótesis de piloto 2 asociada a un tiempo de desplazamiento específico y a una secuencia PN2 específica. Para cada hipótesis de piloto 2, el terminal realiza una correlación directa sobre las muestras recibidas o corregidas en frecuencia con la secuencia PN2 para la hipótesis y compara la métrica de correlación directa $H_i(n_k)$ con el umbral normalizado para detectar la presencia de un piloto TDM 2 (bloque 418).

Si no se detecta el piloto TDM 2, tal y como se determina en el bloque 420, entonces el terminal vuelve al bloque 410. De lo contrario, el terminal puede intentar decodificar un canal de control para comprobar si hay una falsa alarma (bloque 422). Si el canal de control se decodifica con éxito, tal y como se determina en el bloque 424, entonces el terminal declara adquisición con éxito (bloque 426). De lo contrario, el terminal vuelve al bloque 410.

El proceso de adquisición se puede realizar por etapas, tal y como se muestra en la Figura 4. La etapa 1 cubre las correlaciones retardadas y directas para el piloto TDM 1 y se utiliza generalmente para la detección de señal. La etapa 1 incluye la subetapa para la correlación retardada para el piloto TDM 1 y la subetapa 2 para de correlación directa para el piloto TDM 1. La etapa 2 cubre la correlación directa del piloto TDM 2 y se utiliza para la sincronización de tiempo y la identificación de la estación base. La etapa 3 cubre la decodificación de un canal de control y se utiliza para comprobar falsa alarma. La adquisición de señal también se puede realizar con menos de todas las etapas y subetapas mostradas en la Figura 4. Por ejemplo, la etapa 3 puede omitirse, la subetapa 2 puede omitirse, y así sucesivamente.

El terminal lleva a cabo la adquisición inicial (por ejemplo, tras el encendido) si no está ya recibiendo una señal desde una estación base. El terminal no tiene típicamente una temporización precisa del sistema para la adquisición inicial y puede por lo tanto llevar a cabo una correlación directa de piloto TDM 1 sobre una ventana de incertidumbre mayor con el fin de asegurar la detección del piloto TDM 1. Para la adquisición inicial, el terminal sólo tiene que buscar la estación base más fuerte y por lo tanto puede seleccionar un número más pequeño de pilotos TDM 1 detectados para su posterior evaluación.

El terminal puede llevar a cabo la adquisición de traspaso para buscar mejores (por ejemplo, más fuerte) estaciones base de las que recibir el servicio. Para el esquema escalonado de transmisión de piloto que se muestra en la Figura 3B o el esquema asíncrono de transmisión de piloto que se muestra en la Figura 3C, el terminal puede continuamente buscar estaciones base fuertes llevando a cabo correlación retardada como una tarea de fondo mientras que el terminal se comunica con una o más estaciones base de un conjunto activo. La correlación retardada proporciona temporización aproximada para las estaciones base fuertes que se encuentra durante la búsqueda. Para el esquema síncrono de transmisión de piloto que se muestra en la Figura 3A, la sincronización de las estaciones base en el conjunto activo puede ser utilizada como la temporización aproximada de otras estaciones base fuertes. En cualquier caso, el terminal puede realizar una correlación directa del piloto TDM 2 para todas las nuevas estaciones base con una intensidad de señal recibida suficientemente alta. Dado que el terminal ya tiene temporización la del sistema de la(s) estación(es) base en el conjunto activo, el terminal no necesita usar la estimación de tiempo aproximada de la correlación retardada y puede realizar una correlación directa a través de una ventana de incertidumbre con centro en el momento de la(s) estación(es) base en el conjunto activo. El terminal puede iniciar un traspaso a otra estación base que tiene mayor intensidad de señal recibida que la de la(s) estación(es) base en el conjunto activo.

Para mayor claridad, un esquema específico de transmisión de pilotos con dos pilotos TDM se ha descrito anteriormente. El uso de dos pilotos TDM puede reducir la computación en el terminal ya que la adquisición de señal puede llevarse a cabo en dos partes: detección de señal y sincronización temporal. La correlación retardada para detección de señal puede ser eficiente si se realiza con una sola multiplicación para cada período de muestra, tal y como se describe a continuación. Cada correlación directa requiere múltiples (N_{1d} o N_2) multiplicaciones. El número de correlaciones directas a calcular depende del número de secuencias PN a evaluar y puede ser grande (por ejemplo, $K_1 \times M_1$ correlaciones directas para el piloto TDM 1 y $K_2 \times M_2$ correlaciones directas para el piloto TDM 2). El pre-procesado con el piloto TDM 1 puede reducir enormemente la cantidad de procesamiento necesaria para el piloto TDM 2.

Pueden usarse M_1 secuencias PN1 para el piloto TDM 1, pueden usarse M_2 secuencias PN2 para el piloto TDM 2 para cada secuencia PN1, lo que da un total de $M_1 \times M_2$ secuencias PN2. La elección de M_1 y M_2 afecta la complejidad de adquisición y la probabilidad de falsa alarma, pero tiene poco o ningún efecto sobre la probabilidad de detección para la correlación retardada y correlación directa (para los valores de umbral mismos). Como ejemplo, si se realizan $K_1 = 320$ correlaciones directas para cada secuencia PN1 (por ejemplo, para un desfase de 80 chips) y se realizan $K_2 = 16$ correlaciones directas para cada secuencia PN2 (por ejemplo, para la adquisición de traspaso), entonces el número total de correlaciones directas es $K_1 \times M_1 + K_2 \times M_2 = 320 \times M_1 + 16 \times M_2$. Si se necesitan $M_1 \times M_2 = 256$ secuencias PN2 para el sistema, entonces la computación se minimiza si $M_1 = 4$ y $M_2 = 64$, y el número de correlaciones directas es 2304. En general, se puede escoger cualquier valor para M_1 y M_2 en función de diversos factores tales como, por ejemplo, el número total de secuencias PN2 requeridas por el sistema, el tamaño de la ventana de incertidumbre (o K_1), el número pilotos TDM 1 detectados a evaluar (K_2), y así sucesivamente. La complejidad también puede reducirse mediante la búsqueda de pilotos con secuencias PN utilizadas por la estación base (s) en el conjunto de candidatos.

Los pilotos TDM también pueden transportar datos. Por ejemplo, el piloto TDM 2 puede ser utilizado para enviar uno o más bits de información, que pueden estar incorporados en la secuencia PN2 utilizada por cada estación base. En lugar de tener $M_1 \times M_2$ secuencias PN2 para el piloto TDM 2, un bit de información puede ser transmitido usando $2 \times M_1 \times M_2$ secuencias PN2 para el piloto TDM 2. A cada estación base se le puede entonces asignar un par de secuencias PN2 y puede utilizar una secuencia PN2 en el par para transmitir un valor de bit de información '0' y la otra secuencia PN2 en el par para transmitir un valor de bit de información '1'. El número de hipótesis para evaluar la adquisición se duplica porque hay dos veces el número de posibles secuencias PN2. Después de la adquisición, la secuencia PN2 es conocida y el valor de bits de información asociada puede comprobarse. Se pueden transmitir más bits de información mediante el uso de un conjunto mayor de secuencias PN2 para cada estación base. Si la modulación de datos consiste en multiplicar la secuencia PN2 por un factor de fase, entonces no se requieren correlaciones adicionales. Esto es porque sólo se examina la magnitud de la correlación y se ignora la fase.

La adquisición de señal también se puede realizar con un único piloto TDM. Por ejemplo, cada estación base puede transmitir un piloto TDM utilizando una secuencia PN que identifica de forma única a la estación base. El terminal recibe los pilotos TDM desde todas las estaciones base y realiza correlación retardada sobre las muestras recibidas para detección de señal. Si se detecta una señal, el terminal puede realizar una correlación directa sobre las muestras recibidas para el piloto TDM con todas las secuencias PN y en desplazamientos de tiempo distintos (o $K_1 \times M_1 \times M_2$ correlaciones directas, que puede ser mucho más grande que $K_1 \times M_1 + K_2 \times M_2$). A partir de los resultados de la correlación directa, el terminal puede identificar cada estación base que está transmitiendo el piloto TDM y

determinar su temporización. Alternativamente, el terminal puede realizar una correlación directa sobre las muestras recibidas para el piloto TDM con un conjunto limitado de secuencias PN (por ejemplo, para las estaciones base en el conjunto candidato) para reducir la complejidad.

5 Además del (de los) piloto(s) TDM, cada estación base en un sistema basado en OFDM puede transmitir un piloto de multiplexado por división de frecuencia (FDM) en una o más subbandas piloto, que son sub-bandas designadas para el piloto FDM. Cada estación base puede transmitir el piloto FDM en el campo de datos 230 en la Figura 2A y puede aplicar una única secuencia PN en los símbolos piloto enviados en la subbanda piloto (s). El primer chip PN en esta secuencia PN puede utilizarse para el piloto FDM en el periodo de símbolo 1, el segundo chip PN puede ser utilizado para el piloto FDM en el periodo de símbolo 2, y así sucesivamente. La secuencia PN utilizada para el piloto FDM puede ser la misma que, o diferente de, la secuencia PN2 utilizada para el piloto TDM 2. El piloto FDM se puede utilizar para mejorar el rendimiento de adquisición, por ejemplo, para reducir la tasa de falsas alarmas. El piloto FDM también puede utilizarse para identificar de forma única las estaciones base en el sistema. Por ejemplo, puede usarse un número menor de secuencias PN2 para el piloto TDM 2, y el piloto FDM se puede usar para resolver cualquier ambigüedad entre estaciones base.

15 Las correlaciones directas para los pilotos TDM 1 y 2 calculan la intensidad de la señal recibida en desplazamientos de tiempo específicos. Las estaciones base se identifican por lo tanto en base a sus trayectorias de señal más fuertes, donde se asocia cada trayectoria de señal con un tiempo de desplazamiento en particular. Un receptor en un sistema basado en OFDM puede capturar la energía para todas las trayectorias de señal dentro del prefijo cíclico. Por lo tanto, las estaciones base pueden seleccionarse en base a una métrica de energía total en lugar de una métrica de trayectoria más fuerte.

20 Para un sistema síncrono, las estaciones base pueden transmitir sus pilotos TDM 1 y 2 al mismo tiempo, tal y como se muestra en la Figura 3A. Alternativamente, las estaciones base pueden transmitir sus pilotos TDM escalonados en el tiempo, tal y como se muestra en la Figura 3B. Para pilotos TDM escalonados, el terminal puede obtener picos de correlación retardada en diferentes desplazamientos de tiempo y puede comparar estos picos con el fin de seleccionar la estación base más fuerte.

30 Algunas o todas las estaciones base en el sistema puede ser asíncronas. En este caso, los pilotos TDM de diferentes estaciones base pueden no llegar coincidentemente entre sí. El terminal todavía puede ser capaz de realizar la adquisición de señal descrita anteriormente para buscar y adquirir los pilotos de la estación base. Sin embargo, si las estaciones base son asíncronas, entonces el piloto TDM 1 de cada estación base puede sufrir interferencia de otras estaciones base, y el rendimiento de detección para la correlación retardada se degrada a causa de la interferencia. La duración del piloto TDM 1 puede extenderse para tener en cuenta la interferencia y alcanzar el rendimiento de detección deseado (por ejemplo, la probabilidad de detección deseada para el piloto TDM 1).

4. Sistema

35 La Figura 5 muestra un diagrama de bloques de una estación base 110x y 120x un terminal, que son una estación base y un terminal en el sistema 100. En la estación base 110x, un procesador de datos TX 510 recibe diferentes tipos de datos (por ejemplo, datos de tráfico/paquetes y datos de cabecera/control) y procesa (por ejemplo, codifica, entrelaza, y mapea los símbolos) los datos recibidos para generar símbolos de datos. Tal y como se usa en la presente memoria, un "símbolo de datos" es un símbolo de modulación para datos, un "símbolo piloto" es un símbolo de modulación para un piloto (que son datos conocidos a priori tanto por la estación base como por los terminales), y un símbolo de modulación es un valor complejo para un punto en una constelación de señales para un esquema de modulación (por ejemplo, M-PSK, M-QAM, y así sucesivamente).

45 Un modulador OFDM 520 multiplexa los símbolos de datos en las subbandas apropiadas y lleva a cabo modulación OFDM en los símbolos multiplexados para generar símbolos OFDM. Un procesador de pilotos TX 530 genera pilotos TDM 1 y 2 en el dominio del tiempo (tal y como se muestra en la Figura 5) o en el dominio de la frecuencia. Un multiplexor (MUX) 532 recibe y multiplexa los pilotos TDM 1 y 2 del procesador de pilotos TX 530 con los símbolos OFDM del modulador OFDM 520 y proporciona un flujo de muestras a una unidad transmisora (TMTR) 534. La unidad transmisora 534 convierte el flujo de muestras en señales analógicas y además acondiciona (por ejemplo, amplifica, filtra y convierte ascendentemente en frecuencia) las señales analógicas para generar una señal modulada. La estación base 110x transmite entonces la señal modulada desde una antena 536 a los terminales en el sistema.

55 En el terminal 120x, las señales transmitidas desde la estación 110x base así como desde otras estaciones base son recibidas por una antena 552 y proporcionadas a una unidad receptora (RCVR) 554. La unidad receptora 554 acondiciona (por ejemplo, filtra, amplifica, convierte de manera descendente en frecuencia y digitaliza) la señal recibida para generar un flujo de muestras recibidas. Una unidad de sincronización (sync) 580 obtiene las muestras recibidas, procedentes de la unidad receptora 554 y lleva a cabo adquisición para detectar las señales desde las estaciones base y determinar la temporización de cada estación base detectada. La unidad 580 proporciona información de temporización a un demodulador OFDM 560 y/o a un controlador 590.

El demodulador OFDM 560 lleva a cabo demodulación OFDM sobre las muestras recibidas basándose en la información de temporización de la unidad 580 y obtiene datos recibidos y símbolos de piloto. El demodulador OFDM 560 también lleva a cabo detección (o filtrado adaptado) en los símbolos de datos recibidos con una estimación de canal (por ejemplo, una estimación de respuesta en frecuencia) y obtiene símbolos de datos detectados, que son estimaciones de los símbolos de datos enviados por la estación base 110x. El demodulador OFDM 560 proporciona los símbolos de datos detectados a un procesador de datos de recepción (RX) 570. El procesador de datos RX 570 procesa (por ejemplo, mapea los símbolos, desintercala, y decodifica) los símbolos de datos detectados y proporciona datos decodificados. El procesador de datos RX 570 y/o el controlador 590 pueden usar la información de temporización para recuperar diferentes tipos de datos enviados por la estación base 110x. En general, el procesado por el demodulador OFDM 560 y procesador de datos RX 570 es complementario al procesado por el modulador OFDM 520 y el procesador de datos TX 510, respectivamente, en la estación base 110x.

Los controladores 540 y 590 operan directamente en la estación base y en el terminal 110x 120x, respectivamente. Las unidades de memoria 542 y 592 proporcionan almacenamiento para los códigos de programa y datos utilizados por los controladores 540 y 590, respectivamente.

La Figura 6 muestra un diagrama de bloques de una realización del procesador de pilotos 530 TX en la estación base 110x. Para esta realización, procesador de pilotos TX 530 genera pilotos TDM 1 y 2 en el dominio del tiempo. Dentro del procesador de pilotos TX 530, un generador de PN1 612 genera la secuencia PN1 asignada a la estación base 110x y un generador de PN2 614 genera la secuencia PN2 asignada a la estación base 110x. Cada generador de PN puede ser implementado con, por ejemplo, un registro de desplazamiento de retroalimentación lineal (LFSR) que implementa un polinomio generador para la secuencia PN. Los generadores de PN 612 y 614 pueden ser inicializados con los valores adecuados correspondientes a los PN1 y PN2 secuencias asignadas a la estación base 110x. Un multiplexor 616 recibe las salidas de los generadores de PN 612 y 614 y proporciona la salida de cada generador de PN en el momento apropiado, tal y como se determina mediante una señal TDM_Ctrl.

Los pilotos TDM también pueden generarse en el dominio de la frecuencia, tal y como se describió anteriormente. En este caso, las secuencias PN1 y PN2 de los generadores de PN 612 y 614, respectivamente, pueden proporcionarse al modulador OFDM 520 y usarse para multiplicar los símbolos de piloto en el dominio de la frecuencia o las muestras en el dominio del tiempo para los pilotos TDM.

La Figura 7 muestra un diagrama de bloques de una realización de la unidad de sincronización 580 en el terminal 120x. La unidad de sincronización 580 incluye un procesador de pilotos TDM 1 710 y un procesador de pilotos TDM 2 740. Dentro del procesador de pilotos TDM 1 710, un correlador retardado 720 lleva a cabo correlación retardada en las muestras recibidas, y proporciona un resultado de correlación retardada $C(n)$ para cada período de muestra. Un detector de piloto/pico 722 detecta la presencia de un piloto TDM 1 en la señal recibida en base a los resultados de correlación retardada y, si se detecta una señal, determina el pico de la correlación retardada. Un detector de error de frecuencia 724 estima el error de frecuencia en las muestras recibidas basándose en la fase del resultado de correlación retardada en el pico detectado, tal y como se muestra en la ecuación (8), y proporciona la estimación de error de frecuencia. Una unidad de corrección de frecuencia 726 realiza la corrección de error sobre las muestras recibidas y proporciona muestras corregidas en frecuencia. Un correlador 730 lleva a cabo correlación directa sobre las muestras corregidas en frecuencia (tal y como se muestra en la Figura 7) o las muestras recibidas (no mostradas) para diferentes desplazamientos de tiempo en la ventana de incertidumbre, que está centrada en la ubicación del pico detectado, y proporciona resultados de correlación directa para el piloto TDM 1. Un detector de picos 732 detecta los K_2 pilotos más fuertes del piloto TDM 1 dentro de la ventana de incertidumbre.

Dentro del procesador de pilotos TDM 2 740, un correlador directo 750 realiza una correlación directa sobre las muestras recibidas o corregidas en frecuencia para diferentes hipótesis de piloto 2 determinadas por los K_2 pilotos TDM 1 más fuertes del detector de picos 732 y proporciona resultados directos de correlación para estas hipótesis de piloto 2. Un detector de piloto 752 detecta la presencia del piloto TDM 2 mediante la realización de la comparación normalizada que se muestra en la ecuación (13). El detector de pilotos 752 proporciona la identidad así como la temporización de cada estación base detectada como la salida del detector.

La Figura 8A muestra un diagrama de bloques de una realización de correlador retardado 720 para el piloto TDM 1. Dentro del correlador retardado 720, un registro de desplazamiento 812 (de longitud L_1) recibe y almacena la muestra recibida $r(n)$ para cada período de muestra n y proporciona una muestra retardada recibida $r(n - L_1)$, que se ha retrasado L_1 períodos de muestra. También se puede usar una memoria temporal de muestras en lugar del registro de desplazamiento 812. Una unidad 816 obtiene también la muestra recibida $r(n)$ y proporciona una muestra compleja conjugada recibida $r^*(n)$. Para cada período de muestra n , un multiplicador 814 multiplica la muestra retardada recibida $r(n - L_1)$ del registro de desplazamiento 812 con la muestra compleja conjugada recibida $r^*(n)$ de la unidad 816 y proporciona un resultado de correlación $c(n) = r^*(n) \cdot r(n - L_1)$ a un registro de desplazamiento 822 (de longitud N_1) y a un sumador 824. Para cada período de muestra, el registro de desplazamiento 822 recibe y almacena el resultado de la correlación $c(n)$ del multiplicador 814 y proporciona un resultado de correlación $c(n - N_1)$, que se ha retrasado en N_1 períodos de muestra. Para cada período de muestra n , el sumador 824 recibe y suma la salida $C(n-1)$ de un registro 826 con el resultado $c(n)$ del multiplicador 814, además resta el resultado retardado $c(n -$

N_1) del registro de desplazamiento 822 y proporciona su salida $C(n)$ al registro 826. El sumador 824 y el registro 826 forman un acumulador que realiza la operación de suma en la ecuación (2). El registro de desplazamiento 822 y el sumador 824 también están configurados para realizar una suma en ejecución o desplazamiento de los N_1 resultados de correlación más recientes $c(n)$ hasta $c(n - N_1 + 1)$. Esto se consigue sumando los resultados de correlación más recientes $c(n)$ del multiplicador 814 y restando el resultado de la correlación $c(n - N_1)$ de N_1 períodos de muestra anteriores, lo que es proporcionado por el registro de desplazamiento 822.

La Figura 8B muestra un diagrama de bloques de una realización del correlador directo 730 para piloto TDM 1. Dentro del correlador directo 730, una memoria temporal 842 almacena las muestras recibidas. Cuando se ha detectado el pico de correlación retardada para el piloto TDM 1, un generador de ventana 832 determina la ventana de incertidumbre y proporciona controles para evaluar cada una de las hipótesis de piloto 1. El generador 832 proporciona un desplazamiento de tiempo y una secuencia PN1 para cada hipótesis de piloto 1. La memoria temporal 842 proporciona la secuencia apropiada de muestras (conjugadas) para cada hipótesis de piloto 1 basada en el tiempo de desplazamiento indicado. Un generador de PN 834 genera la secuencia PN1 adecuada en el momento de desplazamiento indicado. Un multiplicador 844 multiplica las muestras de la memoria temporal 842 con la secuencia PN1 del generador de PN 834. Para cada hipótesis de piloto 1, un acumulador 846 acumula los N_{1d} resultados del multiplicador 844 y proporciona el resultado de la correlación directa de esta hipótesis.

El correlador directo 750 para el piloto TDM 2 puede implementarse de manera similar al correlador directo 730 para el piloto TDM 1, aunque con las siguientes diferencias. El generador 832 genera los controles para evaluar los K_2 pilotos TDM 1 detectados del detector de picos 732 en lugar de los K_1 desplazamientos de tiempo dentro de la ventana de la incertidumbre. El generador de PN 834 genera la secuencia PN2 adecuada en lugar de la secuencia PN1. El acumulador 846 lleva la acumulación de a lo largo de N_2 muestras en lugar de N_{1d} muestras.

Las técnicas de adquisición de señales descritas en la presente memoria pueden implementarse por diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas pueden implementarse en hardware, software, o una combinación de los mismos. Para una implementación en hardware, las unidades de procesamiento usadas para generar y transmitir el(los) piloto(s) TDM se pueden implementar dentro de uno o más circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), procesadores de señales digitales (DSPs), dispositivos de procesamiento de señal digital (DSPDs), dispositivos lógicos programables (PLDs), matrices de puertas programables (FPGAs), procesadores, controladores, microcontroladores, microprocesadores, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en la presente memoria, o una combinación de los mismos. Las unidades de procesamiento utilizadas para realizar la adquisición también pueden implementarse dentro de uno o más ASICs, DSPs, y así sucesivamente.

Para una implementación en software, las técnicas de adquisición de señales puede ser implementadas con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, y así sucesivamente) que realicen las funciones descritas en la presente memoria. Los códigos software pueden almacenarse en una unidad de memoria (por ejemplo, unidad de memoria 542 ó 592 en la Figura 5) y ejecutarse por un procesador (por ejemplo, el controlador 540 ó 590). La unidad de memoria puede implementarse dentro del procesador o externa al procesador, en cuyo caso puede estar acoplada con comunicación al procesador a través de diversos medios como es conocido en la técnica.

Los encabezamientos se incluyen en este documento como referencia y para ayudar a localizar ciertas secciones. Estos encabezamientos no están destinados a limitar el alcance de los conceptos bajo ellos descritos, y estos conceptos pueden tener aplicabilidad en otras secciones a lo largo de toda la especificación.

La descripción anterior de las realizaciones descritas se proporciona para permitir a cualquier experto en la técnica llevar a cabo o utilizar la presente invención. Diversas modificaciones a estas realizaciones serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica y los principios genéricos definidos en este documento pueden aplicarse a otras realizaciones sin alejarse del espíritu o alcance de la invención. Por lo tanto, la presente invención no está destinada a limitarse a las realizaciones aquí mostradas, sino que debe concedérsele el alcance más amplio consistente con los principios y las características novedosas descritas en la presente memoria.

REIVINDICACIONES

1. Un método para realizar adquisición en un sistema de comunicación (100), que comprende:
 - 5 realizar una primera correlación en muestras recibidas con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios para detectar un primer piloto multiplexado por división de tiempo (222) que comprende al menos una instancia de una primera secuencia piloto;
 - realizar una segunda correlación en las muestras recibidas con una segunda secuencia de números pseudo-aleatorios para detectar un segundo piloto multiplexado por división de tiempo (224) que comprende al menos una instancia de una segunda secuencia piloto, si se detecta el primer piloto multiplexado por división de tiempo (222); y
 - 10 identificar un transmisor (110) de los primer y segundo pilotos multiplexados por división de tiempo (222, 224) en base a al menos la segunda secuencia de números pseudo-aleatorios.
2. El método según la reivindicación 1, que comprende además:
 - promediar los resultados de correlación de la correlación primero para una pluralidad de intervalos de transmisión.
- 15 3. El método según la reivindicación 1, que comprende además:
 - derivar un umbral adaptativo basado en las muestras recibidas; y
 - detectar el primer piloto multiplexado por división de tiempo (222) basándose en el umbral adaptativo.
4. El método según la reivindicación 1, en el que la realización de la segunda correlación comprende
 - 20 realizar una correlación directa sobre las muestras recibidas para al menos una hipótesis, cada hipótesis correspondiente a un tiempo de desplazamiento en particular y una segunda hipótesis de secuencia de número pseudo-aleatorios del segundo piloto multiplexado por división de tiempo (224),
 - calcular una métrica de correlación directa para cada una de las al menos una hipótesis,
 - comparar la métrica de correlación directa para cada hipótesis con un umbral, y
 - 25 declarar detección del segundo piloto multiplexado por división de tiempo (224) si la métrica de correlación directa para cualquiera de las por lo menos una hipótesis excede el umbral.
5. El método según la reivindicación 1, en el que la realización de la primera correlación comprende
 - realizar una correlación directa entre las muestras recibidas y al menos una primera secuencia hipotetizada de números pseudo-aleatorios, para una pluralidad de desplazamientos de tiempo,
 - 30 identificar los K mayores resultados de correlación directa obtenidos para la pluralidad de desplazamientos de tiempo y la al menos una primera hipótesis de secuencia de números pseudo-aleatorios, donde K es un número entero uno o mayor, y
 - proporcionar K casos detectados de la primera secuencia piloto correspondiente a los K mayores resultados de correlación directa, cada instancia detectada de la primera secuencia piloto estando asociada con un tiempo de desplazamiento en particular y una primera secuencia hipotetizada de números pseudo-aleatorios particular.
 - 35
6. El método según la reivindicación 1, que comprende además:
 - estimar el error de frecuencia en las muestras recibidas en base al resultado de la primera correlación, y
 - corregir el error de frecuencia estimado.
7. El método según la reivindicación 1, en el que identificar el transmisor (110) comprende identificar el transmisor (110) de los primer y segundo pilotos multiplexados por división de tiempo (222, 224) en base a la primera secuencia de números pseudo-aleatorios.
- 40
8. Un medio legible por ordenador que comprende código para hacer que un ordenador lleve a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

9. Un aparato en un sistema de comunicación, que comprende:
 medios para realizar una primera correlación en muestras recibidas con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios para detectar un primer piloto multiplexado por división de tiempo (222) que comprende al menos una instancia de una primera secuencia piloto;
- 5
 medios para realizar una segunda correlación en las muestras recibidas con una segunda secuencia de números pseudo-aleatorios para detectar un segundo piloto multiplexado por división de tiempo (224) que comprende al menos una instancia de una segunda secuencia piloto, si se detecta el primer piloto multiplexado por división de tiempo (222); y
- 10
 medios para identificar un transmisor (110) de los primer y segundo pilotos multiplexados por división de tiempo (222, 224) en base a al menos la segunda secuencia de números pseudo-aleatorios.
10. El aparato según la reivindicación 9, que comprende además:
 medios para promediar resultados de la correlación de la primera correlación para una pluralidad de intervalos de transmisión.
11. El aparato según la reivindicación 9, que comprende además:
 15
 medios para derivar un umbral adaptativo basado en las muestras recibidas; y
 medios para detectar el primer piloto multiplexado por división de tiempo (222) en base al umbral adaptativo.
12. El aparato según la reivindicación 9, en el que los medios para llevar a cabo la segunda correlación comprenden
 20
 medios para realizar una correlación directa sobre las muestras recibidas para al menos una hipótesis, cada hipótesis correspondiente a un tiempo de desplazamiento en particular y una segunda secuencia hipotetizada de números pseudo-aleatorios del segundo piloto multiplexado por división de tiempo (224),
 medios para calcular una métrica de correlación directa para cada una de las por lo menos una hipótesis,
 medios para comparar la métrica de correlación directa para cada hipótesis con un umbral, y
 25
 medios para declarar detección del segundo piloto multiplexado por división de tiempo (224) si la métrica de correlación directa para cualquiera de las por lo menos una hipótesis excede el umbral.
13. El aparato según la reivindicación 9, en el que los medios para realizar la primera correlación comprenden
 30
 medios para realizar una correlación directa entre las muestras recibidas y por lo menos una primera secuencia hipotetizada de números pseudo-aleatorios, para una pluralidad de desplazamientos de tiempo,
 medios para identificar los K mayores resultados de correlación directa obtenidos para la pluralidad de desplazamientos de tiempo y la al menos una primera hipótesis de secuencia de números pseudo-aleatorios, donde K es un número entero uno o mayor, y
 35
 medios para proporcionar K casos detectados de la primera secuencia piloto correspondiente a los K mayores resultados de correlación directa, cada instancia detectada de la primera secuencia piloto estando asociada con un tiempo de desplazamiento en particular y una primera secuencia hipotetizada de números pseudo-aleatorios particular.
14. El aparato según la reivindicación 9, que comprende además:
 medios para la estimación de error de frecuencia en las muestras recibidas en base al resultado de la primera correlación, y
 medios para corregir el error de frecuencia estimado.
- 40
 15. El aparato según la reivindicación 9, en el que los medios para identificar el transmisor (110) comprenden
 medios para identificar el transmisor (110) del primer y segundo pilotos multiplexados por división de tiempo (222, 224) en base a la primera secuencia de números pseudo-aleatorios.

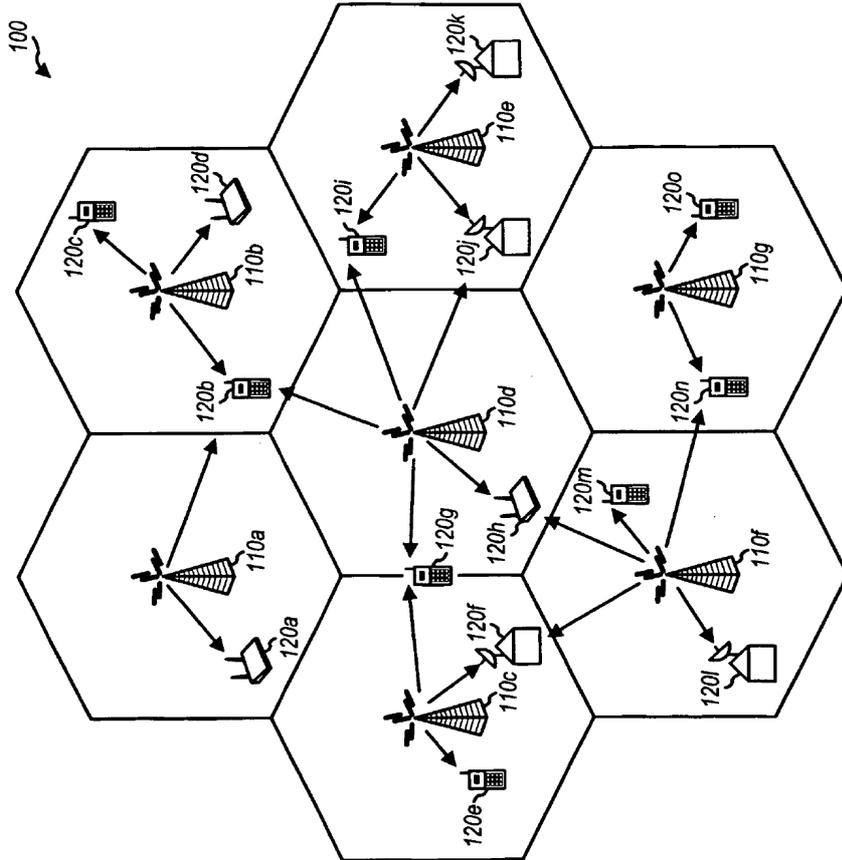


FIG. 1

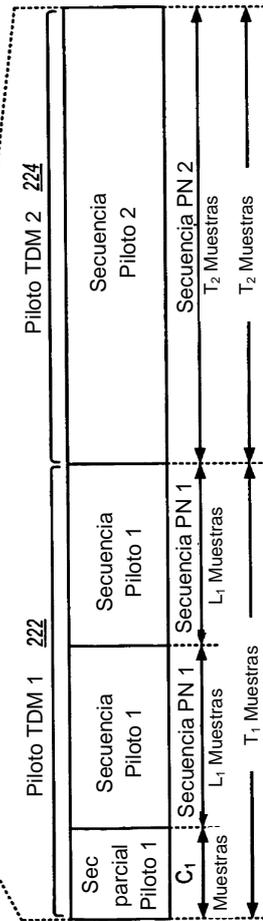
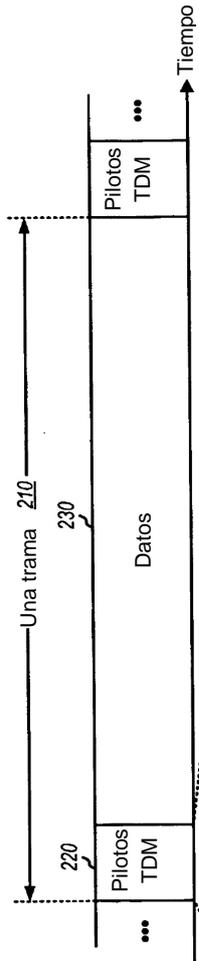


FIG. 2A

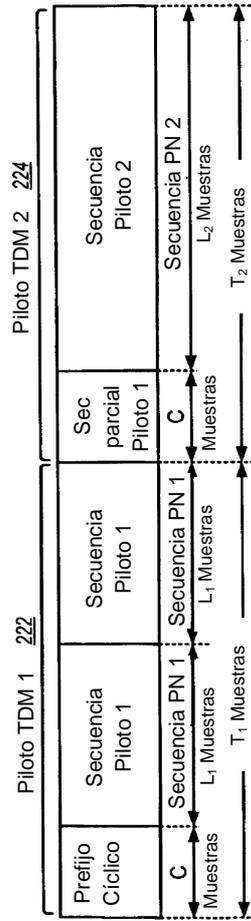


FIG. 2B

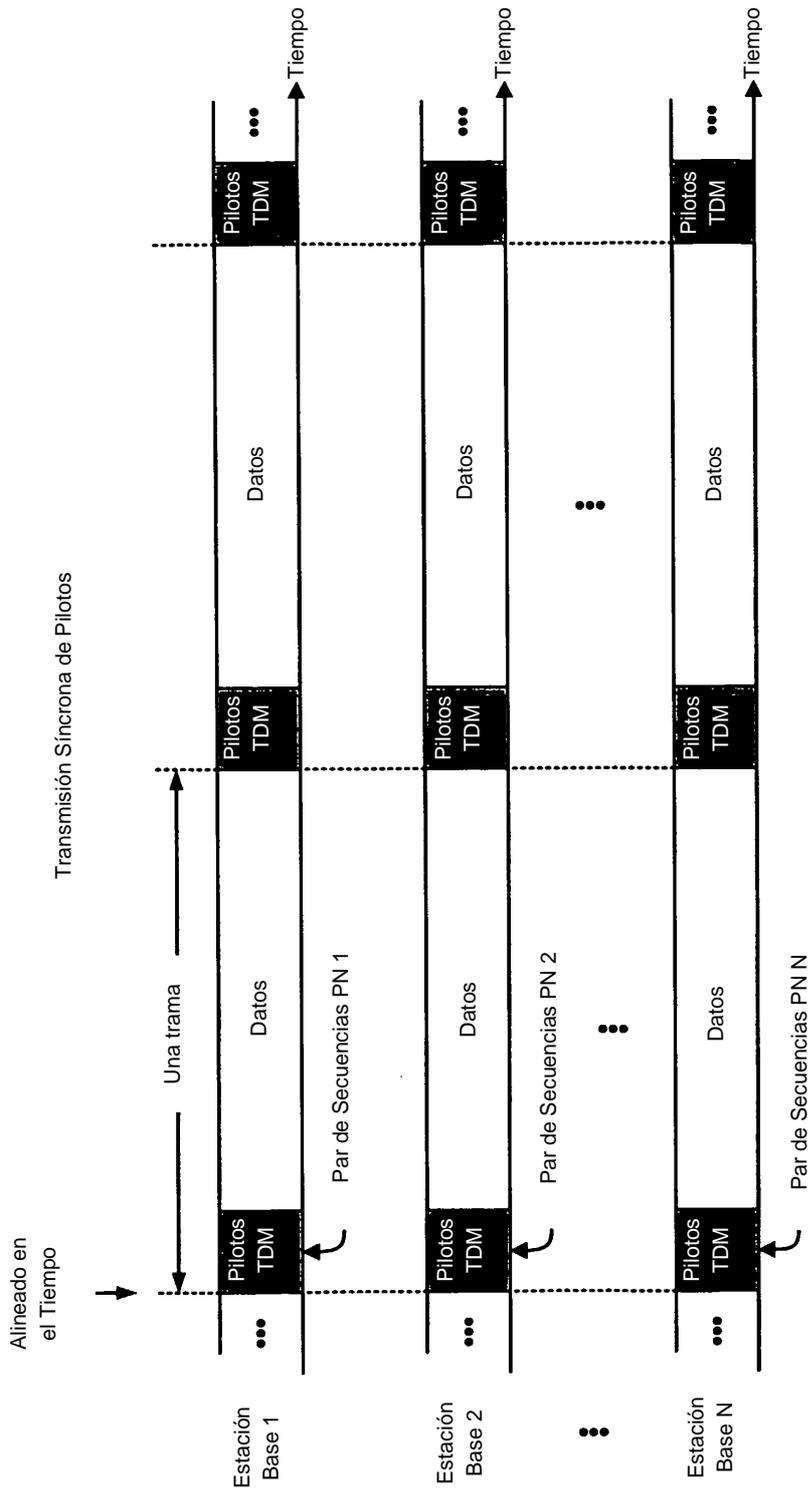


FIG. 3A

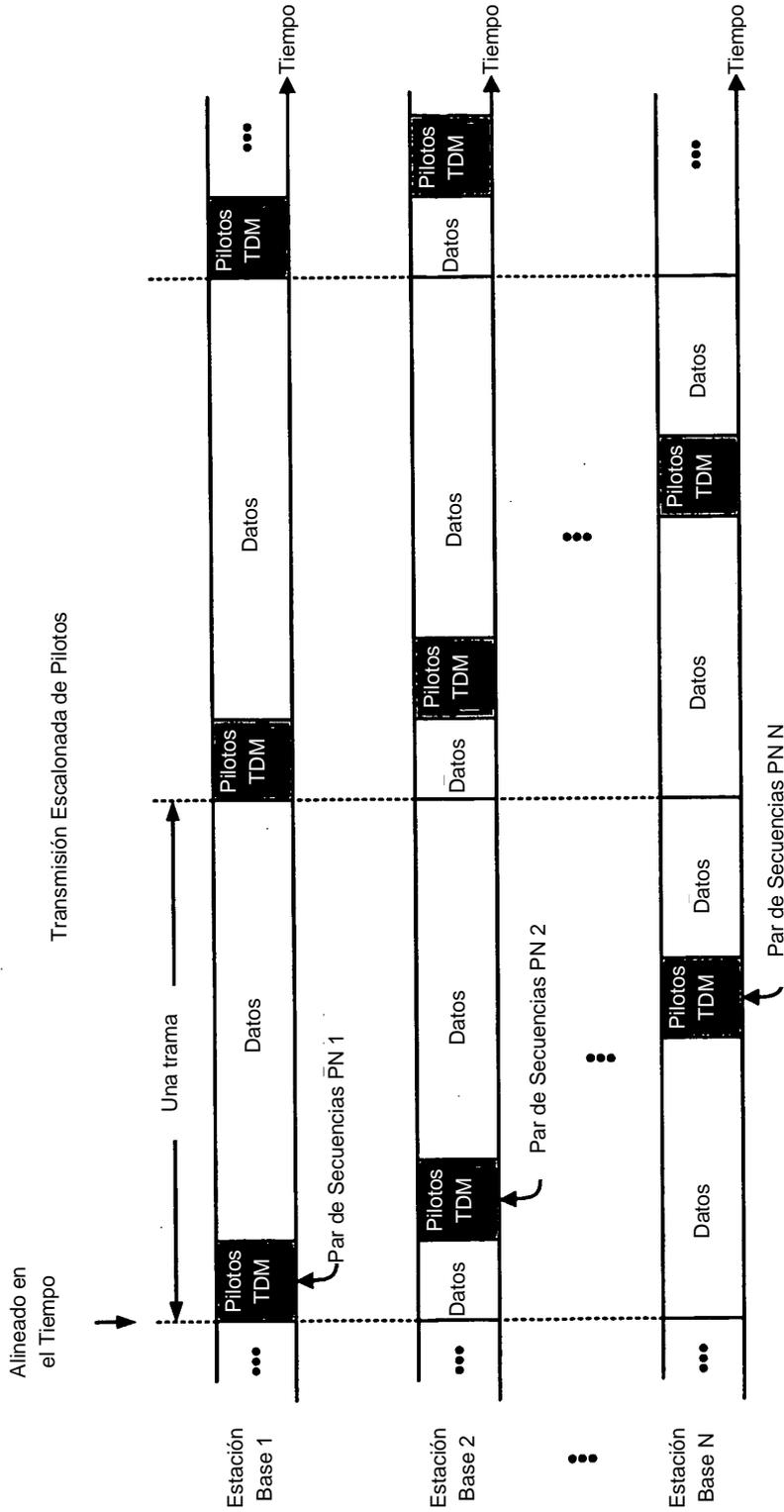


FIG. 3B

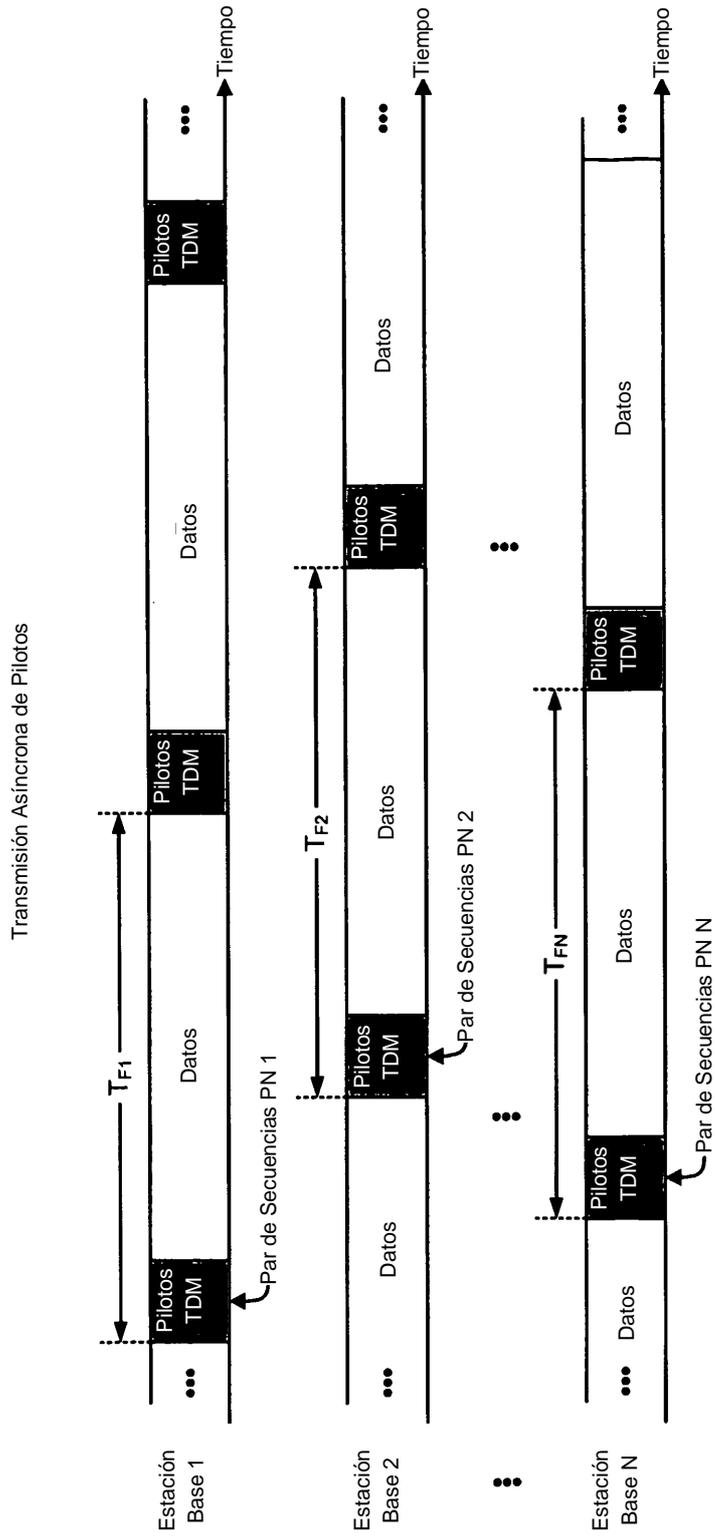


FIG. 3C

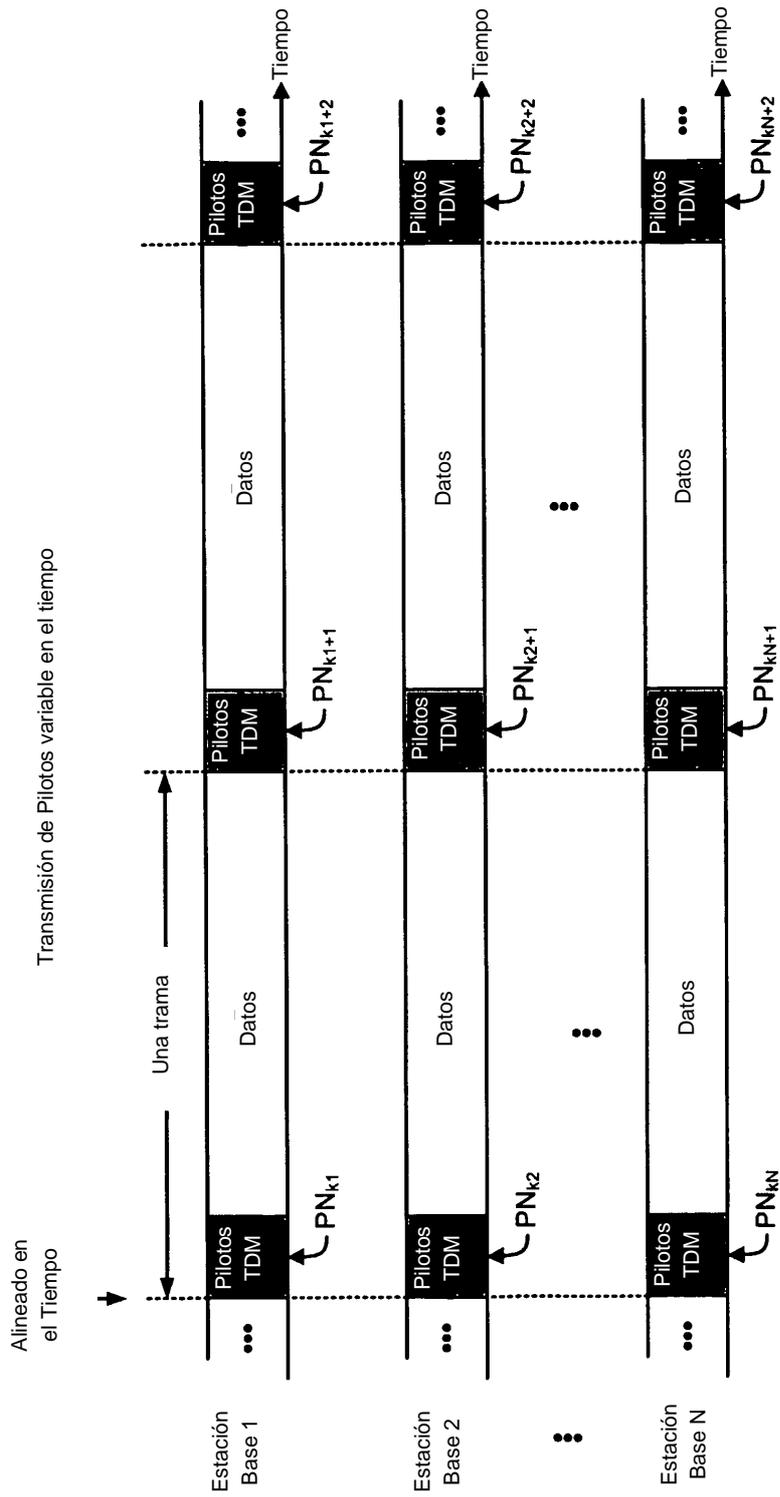


FIG. 3D

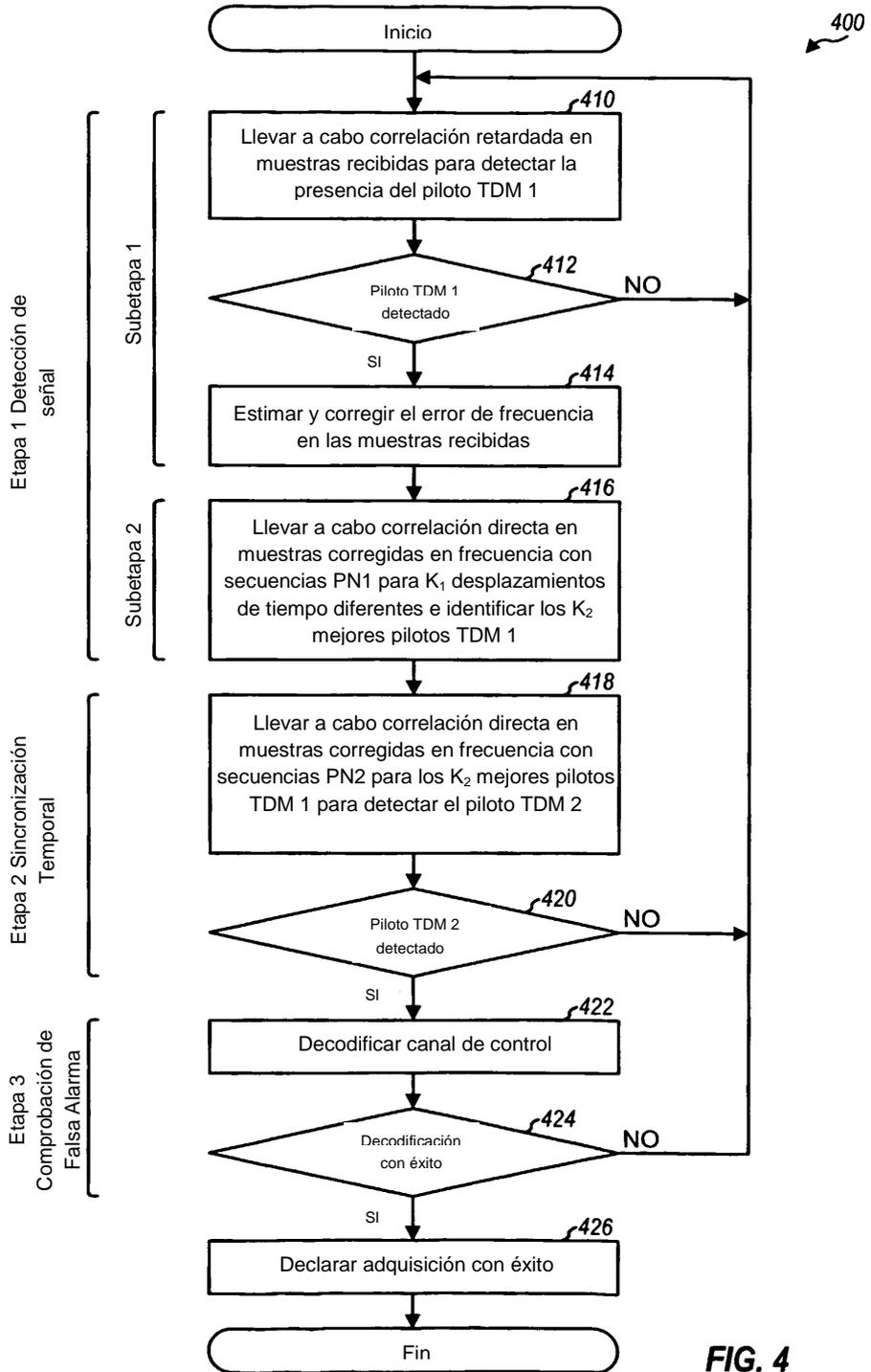


FIG. 4

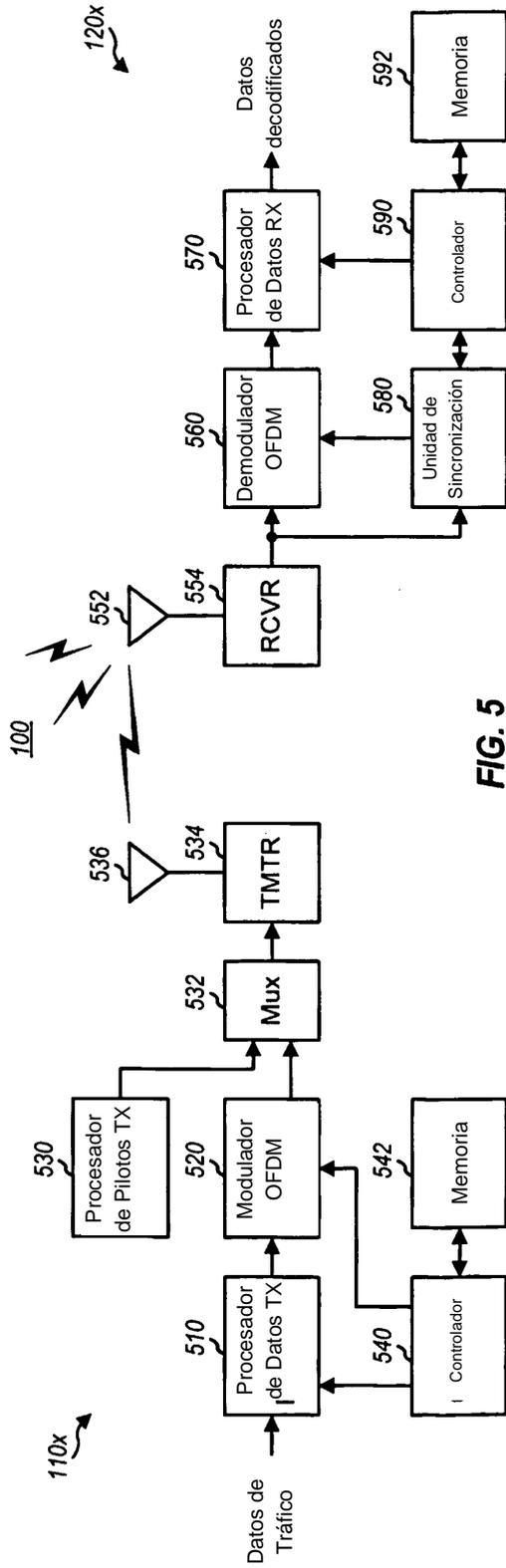


FIG. 5

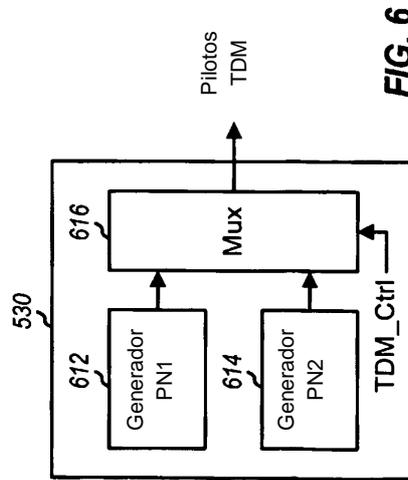


FIG. 6

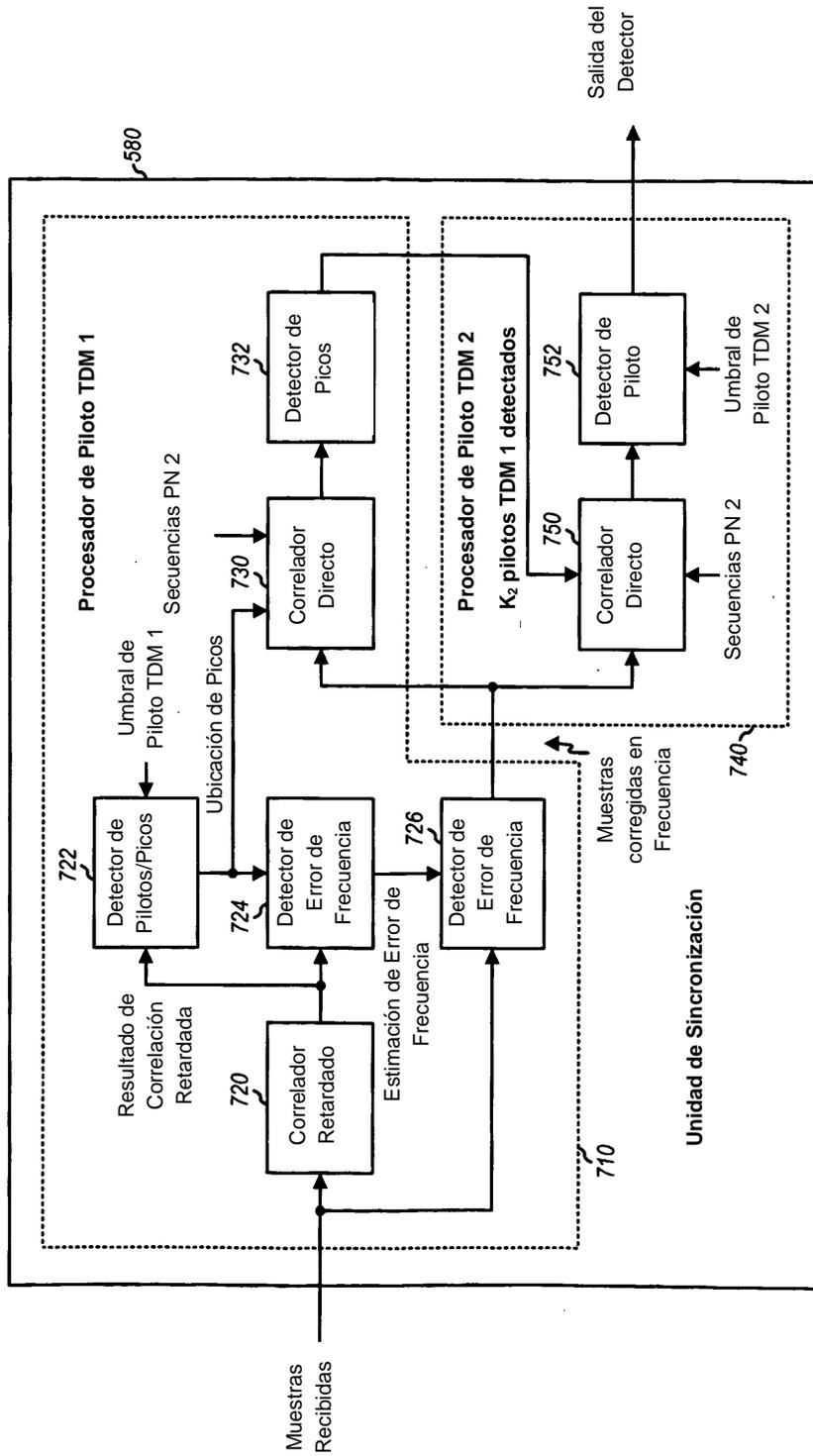


FIG. 7

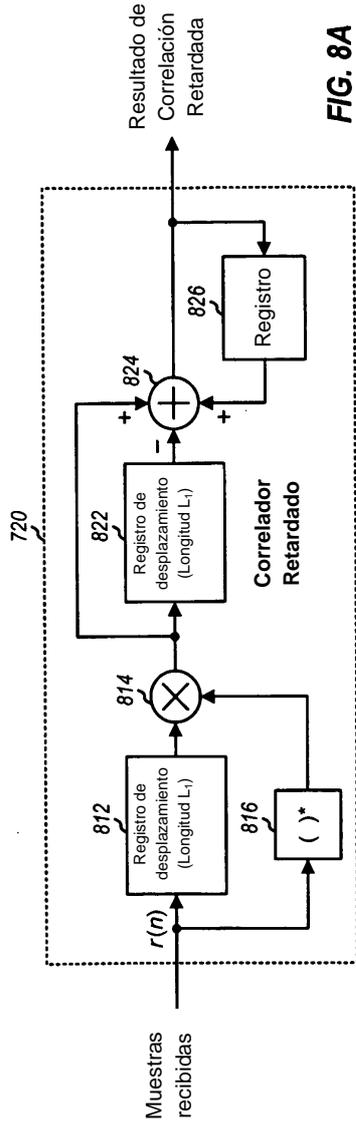


FIG. 8A

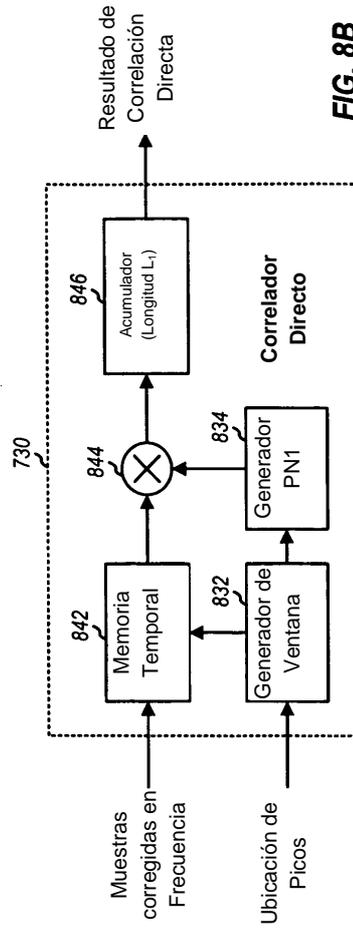


FIG. 8B