

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 887**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04B 1/707 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.06.2005 E 10172424 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2247056**

54 Título: **Adquisición de señales en un sistema de comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

18.06.2004 US 580809 P
22.12.2004 US 22519

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.07.2015

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

KHANDEKAR, AAMOD y
AGRAWAL, AVNEESH

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 540 887 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

Adquisición de señales en un sistema de comunicación inalámbrica

5 **REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUD RELACIONADA**

Esta solicitud reivindica prioridad sobre la Solicitud de Patente Estadounidense Provisional N° 60 / 580.809, presentada el 18 de junio de 2004.

10 **ANTECEDENTES****I. Campo**

15 La presente invención se refiere, en general, a la comunicación y, más específicamente, a técnicas para realizar la adquisición de señales en un sistema de comunicación inalámbrica.

II. Antecedentes

20 En un sistema de comunicación, una estación base procesa (p. ej., codifica y correlaciona con símbolos) datos para obtener símbolos de modulación, y además procesa los símbolos de modulación para generar una señal modulada. La estación base transmite luego la señal modulada mediante un canal de comunicación. El sistema puede usar un esquema de transmisión por el cual los datos sean transmitidos en tramas, teniendo cada trama una duración temporal específica. Distintos tipos de datos (p. ej., datos de tráfico / paquetes, datos de sobregasto / control, piloto, etc.) pueden ser enviados en distintas partes de cada trama.

25 Un terminal inalámbrico en el sistema puede no conocer cuáles estaciones base, si las hubiera, cerca de su vecindad están transmitiendo. Además, el terminal puede no conocer el comienzo de cada trama para una estación base dada, el momento en que cada trama es transmitida por la estación base, o el retardo de propagación introducido por el canal de comunicación. El terminal realiza la adquisición de señales para detectar transmisiones desde las estaciones base en el sistema, y para sincronizarse con la temporización y la frecuencia de cada estación base de interés detectada. Mediante el proceso de adquisición de señales, el terminal puede averiguar la temporización de cada estación base y puede realizar debidamente la demodulación complementaria para esa estación base.

30 Las estaciones base gastan habitualmente recursos del sistema para dar soporte a la adquisición de señales, y los terminales también consumen recursos para realizar la adquisición. Dado que la adquisición de señales es sobregasto necesario para la transmisión de datos, es deseable minimizar la cantidad de recursos usados, tanto por las estaciones base como por los terminales, para la adquisición.

40 Existe, por lo tanto, la necesidad en la tecnología de técnicas para realizar eficazmente la adquisición de señales en un sistema de comunicación inalámbrica.

El documento US2002 / 0159422 divulga la transmisión de dos secuencias PN.

Sumario

45 Este necesidad es satisfecha por la materia objeto de las reivindicaciones independientes de la solicitud actual.

50 Se describen en la presente memoria técnicas para realizar eficazmente la adquisición de señales en un sistema de comunicación inalámbrica. En una realización, cada estación base transmite dos señales piloto multiplexadas por división del tiempo (TDM). La primera señal piloto TDM (o "Señal piloto TDM 1") está compuesta de múltiples instancias de una secuencia piloto-1 que es generada con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios (PN) (o secuencia "PN1"). Cada ejemplo de la secuencia piloto-1 es una copia o réplica de la secuencia piloto-1. La segunda señal piloto TDM (o "Señal piloto TDM 2") está compuesta por al menos un ejemplo de una secuencia piloto-2 que es generada con una segunda secuencia de PN (o secuencia "PN2"). Cada estación base tiene asignada una secuencia PN2 específica que identifica unívocamente esa estación base entre las estaciones base vecinas. Para reducir el cálculo para la adquisición de señales, las secuencias PN2 disponibles para el sistema pueden ser dispuestas en M_1 conjuntos. Cada conjunto contiene M_2 secuencias PN2 y está asociado a una secuencia PN1 distinta. Así, M_1 secuencias PN1 y $M_1 \cdot M_2$ secuencias PN2 están disponibles para el sistema.

60 Un terminal puede usar la señal piloto TDM 1 para detectar la presencia de una señal, obtener la temporización y estimar el error de frecuencia. El terminal puede usar la señal piloto TDM 2 para identificar una estación base específica que transmite una señal piloto TDM 2. El uso de dos señales piloto TDM para la detección de señales y la

sincronización temporal puede reducir la magnitud del procesamiento necesario para la adquisición de señales.

5 En un ejemplo para la detección de señales, el terminal realiza una correlación retardada sobre las muestras recibidas en cada periodo de muestreo, calcula una métrica de correlación retardada para el periodo de muestreo y compara esta métrica con un primer umbral, para determinar si está o no presente una señal. Si se detecta una señal, entonces el terminal obtiene una temporización grosera en base a un valor máximo en la correlación retardada. El terminal realiza entonces la correlación directa sobre las muestras recibidas con secuencias PN1 para K_1 desplazamientos temporales distintos dentro de una ventana de incertidumbre e identifica los K_2 ejemplos más potentes de señales piloto TDM 1, donde $K_1 \geq 1$ y $K_2 \geq 1$. Si cada secuencia PN1 está asociada a M_2 secuencias de PN, entonces cada caso detectado de señal piloto TDM 1 está asociado a M_2 hipótesis de señal piloto-2. Cada hipótesis de señal piloto-2 corresponde a un desplazamiento temporal específico y a una secuencia PN2 específica para la señal piloto TDM 2.

15 En un ejemplo para la sincronización temporal, el terminal realiza la formación directa sobre las muestras recibidas con secuencias PN2 para las distintas hipótesis de señal piloto-2, para detectar la señal piloto TDM 2. El terminal solamente necesita evaluar M_2 secuencias PN para cada ejemplo detectado de señal piloto TDM 1, en lugar de todas las $M_1 \cdot M_2$ posibles secuencias PN2. El terminal calcula una métrica de correlación directa para cada hipótesis de señal piloto-2 y compara esta métrica con un segundo umbral para determinar si está o no presente la señal piloto TDM 2. Para cada ejemplo detectado de señal piloto TDM 2, la estación base que transmite la señal piloto TDM 2 es identificada en base a la secuencia PN2 para la hipótesis de señal piloto-2, y la temporización para la estación base está dada por el desplazamiento temporal para la hipótesis.

Diversos aspectos y realizaciones de la invención están descritos en mayor detalle más adelante.

Breve descripción de los dibujos

25 Las características y la naturaleza de la presente invención devendrán más evidentes a partir de la descripción detallada enunciada a continuación, cuando se considere conjuntamente con los dibujos, en los cuales los caracteres iguales de referencia identifican de manera correspondiente en toda su extensión.

30 La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrica.

La FIG. 2A muestra las señales piloto TDM 1 y 2 generadas en el dominio del tiempo.

35 La FIG. 2B muestra las señales piloto TDM 1 y 2 generadas en el dominio de la frecuencia.

La FIG. 3A muestra la transmisión síncrona de señal piloto por el enlace directo.

La FIG. 3B muestra la transmisión escalonada de señal piloto por el enlace directo.

40 La FIG. 3C muestra la transmisión asíncrona de señal piloto por el enlace directo.

La FIG. 3D muestra la transmisión variable en el tiempo de señal piloto por el enlace directo.

45 La FIG. 4 muestra un proceso realizado por un terminal para la adquisición de señales.

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

La FIG. 6 muestra un procesador de señal piloto de transmisión (TX) en la estación base.

50 La FIG. 7 muestra una unidad de sincronización en el terminal.

La FIG. 8A muestra un correlacionador retardado para la señal piloto TDM 1.

55 La FIG. 8B muestra un correlacionador directo para la señal piloto TDM 1.

Descripción detallada

60 La palabra "ejemplar" se usa en la presente memoria para significar "que sirve como un ejemplo, caso o ilustración". Cualquier realización o diseño descrito en la presente memoria como "ejemplar" no ha de ser necesariamente interpretado como preferido o ventajoso sobre otras realizaciones o diseños.

Las técnicas de adquisición de señales descritas en la presente memoria pueden ser usadas para sistemas de

comunicación de portadora única y de múltiples portadoras. Además, una o más señales piloto TDM pueden ser usadas para facilitar la adquisición de señales. Para mayor claridad, ciertos aspectos de las técnicas son descritas más adelante para un esquema específico de transmisión de señal piloto TDM en un sistema de múltiples portadoras que utiliza el multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM). El OFDM es una técnica de modulación de múltiples portadoras que divide efectivamente el ancho de banda global del sistema en múltiples (N_f) sub-bandas ortogonales de frecuencia. Estas sub-bandas también son llamadas tonos, sub-portadoras, contenedores y canales de frecuencia. Con el OFDM, cada sub-banda está asociada a una respectiva sub-portadora que puede ser modulada con datos.

La **FIG. 1** muestra un sistema de comunicación inalámbrica 100. El sistema 100 incluye un cierto número de estaciones base 110 que prestan soporte a la comunicación para un cierto número de terminales inalámbricos 120. Una estación base es una estación fija usada para comunicarse con los terminales y también puede ser mencionada como un punto de acceso, un Nodo B o con alguna otra terminología. Los terminales 120 están habitualmente dispersos por todo el sistema, y cada terminal puede ser fijo o móvil. Un terminal también puede ser mencionado como una estación móvil, un equipo de usuario (UE), un dispositivo de comunicación inalámbrica, o con alguna otra terminología. Cada terminal puede comunicarse con una o múltiples 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. Para simplificar, la **FIG. 1** muestra solamente las transmisiones de enlace directo.

Cada estación base 110 proporciona cobertura de comunicación para una respectiva área geográfica. El término "célula" puede referirse a una estación base y / o a su área de cobertura, según el contexto en cual se usa el término. Para aumentar la capacidad, el área de cobertura de cada estación base puede ser dividida en múltiples regiones (p. ej., tres regiones). Cada región puede ser servida por un correspondiente subsistema transceptor base (BTS). El término "sector" puede referirse a un BTS y / o a su área de cobertura, según el contexto en el cual se usa el término. Para una célula sectorizada, la estación base para esa célula incluye habitualmente los BTS para todos los sectores de esa célula. Para simplificar, en la siguiente descripción, el término "estación base" se usa genéricamente tanto para una estación fija que sirve a una célula como para una estación fija que sirve a un sector. De ese modo, una "estación base" en la siguiente descripción puede ser para una célula o un sector, según que el sistema tenga, respectivamente, células no sectorizadas o sectorizadas.

La **FIG. 2A** muestra un esquema ejemplar de transmisión de señal piloto y de datos para el enlace directo en el sistema 100. Cada estación base transmite datos y señales piloto en tramas, teniendo cada trama 210 una duración temporal predeterminada. Una trama también puede ser mencionada como una ranura, o con alguna otra terminología. En una realización, cada trama 210 incluye un campo 220 para señales piloto TDM y un campo 230 para 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 temporal en el cual las señales piloto TDM son transmitidas una vez. En general, un intervalo de transmisión puede ser de duración temporal fija (p. ej., una trama) o de duración temporal variable.

Para la realización mostrada en la **FIG. 2A**, el campo 220 incluye un sub-campo 222 para la señal piloto TDM 1 y un sub-campo 224 para la señal piloto TDM 2. La señal piloto TDM 1 tiene una longitud total de T_1 muestras y comprende S_1 secuencias idénticas de señal piloto-1, donde, en general, $S_1 \geq 1$. La señal piloto TDM 2 tiene una longitud total de T_2 muestras y comprende S_2 secuencias idénticas de señal piloto-2, donde, en general, $S_2 \geq 1$. Así, puede haber uno, o múltiples, casos de secuencias de señal piloto-1 para la señal piloto TDM 1, y uno, o múltiples, casos de secuencias de señal piloto-2 para la señal piloto TDM 2. Las señales piloto TDM 1 y 2 pueden ser generadas en el dominio del tiempo o el dominio de la frecuencia (p. ej., con OFDM).

La **FIG. 2A** también muestra una realización de señales piloto TDM 1 y 2, generadas en el dominio del tiempo. Para esta realización, cada secuencia de señal piloto-1 es generada con una secuencia PN1 que tiene L_1 segmentos de PN, donde $L_1 > 1$. Cada segmento de PN puede adoptar un valor de +1 o -1, y es transmitido en un periodo de muestra / segmento. La señal piloto TDM 1 comprende S_1 secuencias completas de señal piloto-1 y, si $S_1 \cdot L_1 < T_1$, una secuencia parcial de señal piloto-1, de longitud C_1 , donde $C_1 = T_1 - S_1 \cdot L_1$. La longitud total de la señal piloto TDM 1 es por tanto $T_1 = S_1 \cdot L_1 + C_1$. Para la realización mostrada en la **FIG. 2A**, la señal piloto TDM 2 comprende una secuencia completa de señal piloto-2, generada con una secuencia PN2 de longitud T_2 . En general, la señal piloto TDM 2 puede comprender S_2 secuencias completas de señal piloto-2, generadas con una secuencia PN2 de longitud L_2 y, si $S_2 \cdot L_2 < T_2$, una secuencia parcial de señal piloto-2 de longitud C_2 , donde $C_2 = T_2 - S_2 \cdot L_2$. La longitud total de la señal piloto TDM 2 es entonces $T_2 = S_2 \cdot L_2 + C_2$.

Según se usa en la presente memoria, una secuencia PN puede ser cualquier secuencia de segmentos que pueda ser generada de cualquier manera y que, preferiblemente, tenga buenas propiedades de correlación. Por ejemplo, una secuencia PN puede ser generada con un polinomio generador, según se conoce en la técnica. La secuencia PN para cada estación base (p. ej., cada sector) también puede ser un código de cifrado usado para aleatorizar datos. En este

caso, las señales piloto TDM pueden ser generadas aplicando el código de cifrado a una secuencia de todos unos o todos ceros.

5 La **FIG. 2B** muestra una realización de señales piloto TDM 1 y 2 generadas en el dominio de la frecuencia usando el OFDM. Para esta realización, la señal piloto TDM 1 comprende L_1 símbolos piloto que son transmitidos por L_1 sub-
 10 bandas, un símbolo piloto por sub-banda usada para la señal piloto TDM 1. Las L_1 sub-bandas están uniformemente distribuidas entre las N_p sub-bandas totales y están igualmente separadas por S_1 sub-bandas, donde $S_1 = N_p / L_1$ y $S_1 \geq 1$. Por ejemplo, si $N_p = 512$, $L_1 = 256$ y $S_1 = 2$, entonces 256 símbolos piloto son transmitidos por 256 sub-bandas que están separadas entre sí por dos sub-bandas. También pueden ser usados otros valores para N_p , L_1 y S_1 . Los L_1
 15 símbolos piloto para las L_1 sub-bandas y los $N_p - L_1$ valores cero de señal para las restantes sub-bandas son transformados al dominio del tiempo con una transformación de Fourier discreta inversa (IDFT) de N_p puntos para generar un símbolo "transformado" que contiene N_p muestras del dominio del tiempo. Este símbolo transformado tiene S_1 secuencias idénticas de señal piloto-1, conteniendo cada secuencia de señal-piloto-1 L_1 muestras del dominio del tiempo. Una secuencia de señal piloto-1 también puede ser generada realizando una IDFT de L_1 puntos sobre los L_1
 20 símbolos piloto para la señal piloto TDM 1. Para OFDM, las C muestras más a la derecha del símbolo transformado son a menudo copiadas y adosadas enfrente del símbolo transformado, para generar un símbolo de OFDM que contiene $N_p + C$ muestras. La parte repetida se llama a menudo un prefijo cíclico y se usa para combatir la interferencia entre símbolos (ISI). Por ejemplo, si $N_p = 512$ y $C = 32$, entonces cada símbolo de OFDM contiene 544 muestras. También pueden ser usadas otras estructuras de sub-banda de OFDM con distintos números de sub-bandas totales y distintas longitudes de prefijo cíclico.

25 La secuencia PN1 puede ser aplicada en el dominio de la frecuencia multiplicando los L_1 símbolos piloto por los L_1 segmentos de la secuencia PN1. La secuencia PN1 también puede ser aplicada en el dominio del tiempo, multiplicando las L_1 muestras del dominio del tiempo para cada secuencia de señal piloto-1 por los L_1 segmentos de la secuencia PN1.

30 La señal piloto TDM 2 puede ser generada en el dominio de la frecuencia de manera similar, según lo descrito anteriormente para la señal piloto TDM 1. Para la señal piloto TDM 2, L_2 símbolos piloto son transmitidos por L_2 sub-bandas que están uniformemente separadas entre sí por S_2 sub-bandas, donde $S_2 = N_p / L_2$ y $S_2 \geq 1$. La secuencia PN2 puede ser aplicada en el dominio del tiempo o de la frecuencia. Si las señales piloto TDM 1 y 2 son generadas en el dominio de la frecuencia, entonces las secuencias de señal piloto-1 y señal piloto-2 contienen valores complejos, en lugar de ± 1 . Para la realización mostrada en la FIG. 2B, ambas señales piloto TDM 1 y 2 son enviadas dentro de un símbolo de OFDM. En general, cada señal piloto TDM puede incluir cualquier número de símbolos de OFDM.

35 Las estaciones base vecinas pueden usar las mismas, o distintas, secuencias PN1 para la señal piloto TDM 1. Puede formarse un conjunto de M_1 secuencias PN1, y cada estación base puede usar una de las M_1 secuencias PN1 en este conjunto. Para reducir la complejidad, M_1 puede ser escogido como un número positivo pequeño. En una realización, las estaciones base vecinas usan distintas secuencias PN2 para la señal piloto TDM 2, y la secuencia PN2 para cada estación base es usada para identificar unívocamente esa estación base entre las estaciones base vecinas.

40 Para reducir el cálculo para la adquisición de señales, cada secuencia PN1 puede ser asociada a un conjunto distinto de M_2 secuencias PN2. Un conjunto compuesto de $M_1 \cdot M_2$ secuencias PN2 distintas queda luego disponible. Cada estación base puede tener asignada una de las secuencias PN2 en el conjunto compuesto, así como la secuencia PN1 asociada a la secuencia PN2 asignada a la estación base. Cada estación base usa por tanto un par de secuencias PN1 y PN2 que es distinto a los pares de secuencias PN1 y PN2 usadas por las estaciones base vecinas. M_1 y M_2 pueden ser seleccionados para que sean valores razonablemente pequeños para reducir la complejidad, pero suficientemente grandes para asegurar que ningún terminal observe dos estaciones base con la misma secuencia PN2 (p. ej., $M_1 \cdot M_2 = 256$).

50 Un terminal puede usar la señal piloto TDM 1 para detectar la presencia de una señal, obtener una temporización grosera y estimar el error de frecuencia. El terminal puede usar la señal piloto TDM 2 para identificar una estación base específica transmitiendo una señal piloto TDM 2, y para obtener una temporización (o sincronización temporal) más precisa. El uso de dos señales piloto TDM distintas para la detección de señales y la sincronización temporal puede reducir la magnitud del procesamiento necesario para la adquisición de señales, según se describe más adelante. La
 55 duración o longitud de cada señal piloto TDM puede ser seleccionada en base a un equilibrio entre las prestaciones de detección y la magnitud del sobregasto incurrido para esa señal piloto TDM. En una realización, la señal piloto TDM 1 comprende dos secuencias completas de señal piloto-1, teniendo cada una una longitud de 256 segmentos (o $S_1 = 2$ y $L_1 = 256$), y la señal piloto TDM 2 comprende una secuencia completa de señal piloto-2, que tiene una longitud de 512 o 544 segmentos (o $S_2 = 1$ y $L_2 = 544$ para la FIG. 2A y $L_2 = 512$ para la FIG. 2B). En general, la señal piloto TDM 1 puede comprender cualquier número de secuencias de señal piloto-1, que pueden ser de cualquier longitud, y la señal piloto TDM 2 también puede comprender cualquier número de secuencias de señal piloto-2, que también pueden ser de cualquier longitud.

La **FIG. 3A** muestra un esquema de transmisión síncrona de señal piloto para el enlace directo. Para este esquema, las estaciones base en el sistema son síncronas y transmiten sus señales piloto TDM aproximadamente al mismo tiempo. Un terminal puede recibir las señales piloto TDM desde todas las estaciones base aproximadamente al mismo tiempo, debiéndose cualquier sesgo de temporización entre las estaciones base a diferencias en retardos de propagación y, posiblemente, a otros factores. Sincronizando las señales piloto TDM desde distintas estaciones base, se evita la interferencia, por las señales piloto TDM desde una estación base, en las transmisiones de datos por otras estaciones base, lo que puede mejorar las prestaciones de la detección de datos. Además, también se evita la interferencia de las transmisiones de datos en las señales piloto TDM, lo que puede mejorar las prestaciones de adquisición.

La **FIG. 3B** muestra un esquema escalonado de transmisión de señales piloto para el enlace directo. Para este esquema, las estaciones base en el sistema son síncronas, pero transmiten sus señales piloto TDM en momentos distintos, de modo que las señales piloto TDM sean escalonadas. Las estaciones base pueden ser identificadas por el momento en el cual transmiten sus señales piloto TDM. La misma secuencia PN puede ser usada para todas las estaciones base, y el procesamiento para la adquisición de señales puede ser reducido drásticamente con todas las estaciones base usando la misma secuencia PN. Para este esquema, la transmisión de señales piloto desde cada estación base observa interferencia procedente de las transmisiones de datos desde estaciones base vecinas.

La **FIG. 3C** muestra un esquema asíncrono de transmisión de señales piloto para el enlace directo. Para este esquema, las estaciones base en el sistema son asíncronas y cada estación base transmite sus señales piloto TDM en base a su temporización. Las señales piloto TDM desde distintas estaciones base pueden por tanto llegar en momentos distintos en el terminal.

Para el esquema síncrono de transmisión de señales piloto mostrado en la FIG. 3A, la transmisión de señales piloto TDM desde cada estación base puede observar la misma interferencia procedente de las transmisiones de señales piloto TDM desde estaciones base vecinas en cada trama. En este caso, promediar las señales piloto TDM sobre múltiples tramas no proporciona ganancia de promedio, ya que la misma interferencia está presente en cada trama. La interferencia puede variarse cambiando las señales piloto TDM entre las tramas.

La **FIG. 3D** muestra un esquema variable en el tiempo de transmisión de señales piloto para el enlace directo. Para este esquema, cada estación base tiene asignado un conjunto de M_B secuencias PN1 para la señal piloto TDM 1, donde $M_B > 1$. Cada estación base usa una secuencia PN1 para la señal piloto TDM 1 para cada trama, y recorre cíclicamente las M_B secuencias PN1 en M_B tramas. Distintas estaciones base tienen asignados distintos conjuntos de M_B secuencias PN1.

El conjunto de M_B secuencias PN1 para cada estación base puede ser visto como un "código largo" que se extiende entre múltiples tramas. Cada una de las M_B secuencias PN1 puede ser considerada como un segmento del código largo y puede ser generada con una semilla distinta para el código largo. Para reducir la complejidad de procesamiento del receptor, el mismo código largo puede ser usado para todas las estaciones base, y cada estación base puede tener asignado un desplazamiento distinto del código largo. Por ejemplo, la estación base i puede tener asignado un desplazamiento del código largo de k_i , donde k_i está dentro de una gama entre 0 y $M_B - 1$. Las secuencias PN1 para la estación base i , a partir de una trama designada, se dan luego como: $PN1_{k_i}$, $PN1_{k_i+1}$, $PN1_{k_i+2}$, y así sucesivamente. La detección de una secuencia PN1 dada, o un desplazamiento del código largo, junto con la trama en la cual es detectada la secuencia PN1 con respecto a la trama designada, puede identificar a cuál conjunto de secuencias PN1 pertenece la secuencia PN1 detectada.

En general, puede lograrse un rendimiento mejorado de la adquisición si todas las estaciones base en el sistema están sincronizadas y transmiten sus señales piloto TDM al mismo tiempo. Sin embargo, esta no es una condición necesaria, y todas, o un subconjunto de, las estaciones base en el sistema pueden ser asíncronas. Para mayor claridad, gran parte de la siguiente descripción supone que las estaciones base son síncronas.

Las FIGs. 2A y 2B muestran el uso de dos señales piloto TDM, o las señales piloto TDM 1 y 2. En general, puede usarse cualquier número de señales piloto TDM para facilitar la adquisición de señales por los terminales. Cada señal piloto de TDM puede estar asociada a un conjunto distinto de secuencias PN. Puede usarse una estructura jerárquica para las secuencias PN. Por ejemplo, la señal piloto TDM 1 puede estar asociada a M_1 posibles secuencias PN1 (o M_1 posibles conjuntos de secuencias PN1), cada secuencia PN1 puede estar asociada a M_2 posibles secuencias PN2, cada secuencia PN2 puede estar asociada a M_3 posibles secuencias PN3, y así sucesivamente. Cada secuencia PN1 puede ser asignada a un gran número de estaciones base en el sistema, cada secuencia PN2 puede ser asignada a un número más pequeño de estaciones base, y así sucesivamente. En general, cada señal piloto TDM puede ser generada con una secuencia PN, o sin una secuencia PN. Para simplificar, la siguiente descripción supone el uso de dos señales piloto TDM generadas con dos secuencias PN seleccionadas a partir de dos conjuntos distintos de secuencias PN.

El terminal realiza un procesamiento distinto para la detección de señal y la sincronización temporal. El uso de distintas secuencias PN para las señales piloto TDM 1 y 2 permite al terminal dividir el procesamiento para estas dos tareas, según se describe más adelante.

5

1. Correlación retardada para la señal piloto TDM 1

En un terminal, la muestra recibida para cada periodo de muestreo puede ser expresada como:

10 $r(n) = h(n) \otimes s(n) + w(n) = y(n) + w(n),$ Ec. (1)

donde n es un índice para el periodo de muestreo;

$s(n)$ es una muestra del dominio del tiempo, enviada por una estación base en el periodo n de muestreo;

15

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

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

20

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

$y(n) = h(n) \otimes s(n);$ y

\otimes indica una operación de convolución.

25

La señal piloto TDM 1 es una señal periódica compuesta por S_1 ejemplos de la secuencia de señal piloto-1. El terminal puede realizar la correlación retardada para detectar la presencia de una señal periódica subyacente (p. ej., la señal piloto TDM 1) en la señal recibida. La correlación retardada puede ser expresada como:

30

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

donde $C(n)$ es un resultado de correlación retardada para el periodo n de muestreo;

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

35

“*” indica una conjugada compleja.

La longitud de correlación retardada (N_1) puede ser fijada en la longitud total de la señal piloto TDM 1 (T_1) menos la longitud de una secuencia de señal piloto-1 (L_1) y menos un margen (Q_1) para dar cuenta de los efectos de la ISI en los bordes de la señal piloto TDM 1, o $N_1 = T_1 - L_1 - Q_1$. Para la realización mostrada en las FIGs. 2A y 2B, comprendiendo la señal piloto TDM 1 dos secuencias de señal piloto-1, la longitud de correlación retardada N_1 puede ser fijada en la longitud de la secuencia de señal piloto-1, o $N_1 = L_1$.

40

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

45

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

50

$S(n) = |C(n)|^2,$ Ec. (3)

55

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

El terminal puede declarar la presencia de la señal piloto TDM 1 si es verdad la siguiente condición:

60

$S(n) > \lambda \cdot |E_{rx}|^2,$ Ec. (4)

donde E_{rx} es la energía de las muestras recibidas y λ es un valor de umbral. La energía E_{rx} puede ser calculada en base a las muestras recibidas usadas para la correlación retardada, y es indicativa de la energía temporalmente local. La ecuación (4) realiza una comparación normalizada, donde la normalización está basada en la energía de las muestras recibidas para la señal piloto TDM t , si está presente. El valor de umbral λ puede ser seleccionado para equilibrar la probabilidad de detección y la probabilidad de falsa alarma para la señal piloto TDM 1. La probabilidad de detección es la probabilidad de indicar correctamente la presencia de la señal piloto TDM 1 cuando está presente. La probabilidad de falsa alarma es la probabilidad de indicar incorrectamente la presencia de la señal piloto TDM 1 cuando no está presente. Son deseables una alta probabilidad de detección y una baja probabilidad de falsa alarma. En general, un mayor valor de umbral reduce tanto la probabilidad de detección como la probabilidad de falsa alarma.

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

Si el terminal está equipado con múltiples (R) antenas, entonces el resultado de la correlación retardada $C_j(n)$ puede ser calculado para cada antena j según se muestra en la ecuación (2). Los resultados de la correlación retardada para todas las antenas pueden ser combinados coherentemente según lo siguiente:

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

Ec. (5)

La magnitud al cuadrado del resultado combinado de la correlación retardada, o $|C_{total}(n)|^2$, puede ser comparada con

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

un umbral normalizado, donde E_j es la energía recibida para la antena j .

El terminal calcula una correlación retardada $C(n)$ de N_i puntos para cada periodo n de muestreo, en base a la secuencia de muestras recibidas $\{r(n-i)\}$ y la secuencia de muestras recibidas retardadas $\{r(n-i-L_1)\}$, según se muestra en la ecuación (2). Si $S_1 = 2$, entonces la magnitud de la correlación retardada tiene una forma triangular cuando es graficada con respecto al periodo n de muestreo. El resultado de la correlación retardada tiene un valor máximo en el periodo n_p de muestreo. Este valor máximo ocurre cuando la correlación retardada abarca la duración de las dos secuencias de señal piloto-1. Si la correlación retardada es realizada según lo descrito anteriormente, y en ausencia de ruido, entonces el periodo n_p de muestreo está "cercano a" el final de la segunda secuencia de señal piloto-1 para la señal piloto TDM 1. La imprecisión en la ubicación del valor máximo se debe a efectos de la ISI en los bordes de la señal piloto TDM 1. La magnitud del resultado de la correlación retardada decae gradualmente a ambos lados del periodo n_p de muestreo, ya que la señal es periódica solamente sobre una parte de la duración de la correlación retardada para todos los otros periodos de muestreo.

El terminal declara la presencia de la señal piloto TDM 1 si la métrica de correlación retardada $S(n)$ cruza el umbral predeterminado en cualquier periodo de muestreo, según se muestra en la ecuación (4). Este periodo de muestreo ocurre en el borde izquierdo, o principal, de la forma triangular. El terminal continúa realizando la correlación retardada (p. ej., para los siguientes L_1 periodos de muestreo) a fin de detectar el valor máximo en el resultado de la correlación retardada; la señal piloto TDM 1 ha sido detectada, luego se usa la ubicación del valor máximo de correlación retardada como una estimación temporal grosera. Esta estimación temporal puede no ser muy precisa porque (1) el resultado de la correlación retardada tiene un valor máximo gradual y la ubicación del valor máximo puede ser inexacta en presencia de ruido, y (2) la ISI en los bordes de la señal piloto TDM 1 provoca la degradación en el resultado de la correlación retardada.

En una realización alternativa, la correlación retardada es realizada sobre una trama entera, para obtener una métrica de correlación retardada para cada periodo de muestreo en la trama. La mayor métrica de correlación retardada en la trama es luego proporcionada como la ubicación de la señal piloto TDM 1 detectada y la estimación temporal grosera. Esta realización realiza la detección de la señal piloto TDM 1 sin el uso de un umbral, y también puede reducir la detección de falsos valores máximos, debida a la interferencia, p. ej., desde una señal piloto multiplexada por división de frecuencia (FDM) que es transmitida continuamente, a través de la parte de datos de cada trama, por estaciones base vecinas y / o la estación base que está siendo detectada. También pueden ser usados otros esquemas (que pueden emplear lógica de detección más sofisticada) para detectar la presencia de la señal piloto TDM 1 y para determinar la ubicación del valor máximo de correlación retardada.

La correlación retardada se usa esencialmente para detectar la presencia de una señal periódica subyacente. La

correlación retardada es por tanto inmune a degradaciones de multi-trayecto, pero todavía captura la diversidad del multi-trayecto. Esto es porque una señal periódica se mantiene periódica en presencia del multi-trayecto. Además, si múltiples estaciones base transmiten señales periódicas simultáneamente, entonces la señal compuesta en el terminal también es periódica. Para la transmisión sincrona de señal piloto, según se muestra en la FIG. 3A, la señal piloto TDM 1 no observa esencialmente ninguna interferencia (para el propósito de la correlación retardada) y es afectada principalmente por el ruido térmico. Como resultado, la razón entre señal y ruido (SNR), o la razón entre portadora e interferencia (C / I), para la señal piloto TDM 1 puede ser mayor que la SNR para otras transmisiones. La mayor SNR para la señal piloto TDM 1 permite al terminal lograr buenas prestaciones de detección con una duración más breve de la señal piloto TDM 1, lo que reduce el sobregasto.

El terminal puede obtener una estimación grosera del error de frecuencia en base al resultado de la correlación retardada $C(n)$. Si la frecuencia de un oscilador de frecuencia de radio (RF), usado para la reducción de la frecuencia en el terminal, es desplazada desde la frecuencia central de la señal recibida, entonces las muestras recibidas tienen un desnivel de fase en el dominio del tiempo, y pueden ser expresadas como:

$$r(n) = y(n) \cdot e^{j2\pi \Delta f \cdot T_c \cdot n} + w(n), \quad \text{Ec. (6)}$$

donde Δf es el desplazamiento, o el error, de frecuencia y T_c es un periodo de segmento. La ecuación (6) difiere de la ecuación (1) en el desnivel de fase $e^{j2\pi \Delta f \cdot T_c \cdot n}$ provocado por el error de frecuencia Δf en el oscilador de RF en el terminal.

Si la expresión para las muestras recibidas en la ecuación (6) se usa para la correlación retardada en la ecuación (2), entonces la fase del resultado de la correlación retardada (suponiendo que no haya ningún ruido) puede ser expresada como:

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

donde $\arg \{x\}$ es el argumento de x , que es el arcotangente de la parte imaginaria de x sobre la parte real de x . El error de frecuencia Δf puede obtenerse dividiendo la fase del resultado de la correlación retardada entre $2\pi \cdot L_1 \cdot T_c$, según lo siguiente:

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

La estimación del error de frecuencia en la ecuación (8) es válida si la fase del resultado de la correlación retardada está dentro de una gama entre $-\pi$ y π , o si $2\pi \cdot \Delta f \cdot L_1 \cdot T_c \in (-\pi, \pi)$. Un error de frecuencia que sea demasiado grande no puede ser detectado por la correlación retardada. Por tanto, el error de frecuencia debería mantenerse menor que una máxima gama admisible. Por ejemplo, $|\Delta f|$ debería ser menor que 9,75 KHz, o 4,65 partes por millón (ppm), si la frecuencia central es de 2,1 GHz. Para un diseño moderado, el error de frecuencia puede ser restringido a una gama aún más pequeña, p. ej., $|\Delta f| < 2,5$ ppm. Un mayor error de frecuencia puede ser tolerado y detectado reduciendo la longitud de la secuencia de señal piloto-1. Sin embargo, una secuencia más corta de señal piloto-1 también degrada las prestaciones de la detección de señales.

El error de frecuencia Δf puede ser corregido de diversas maneras. Por ejemplo, la frecuencia del oscilador de RF en el terminal puede ser ajustada mediante un bucle bloqueado en fase (PLL) para corregir el error de frecuencia. Como otro ejemplo, las muestras recibidas pueden ser rotadas digitalmente de la siguiente manera:

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

donde $r'(n)$ es una muestra con frecuencia corregida. El terminal también puede realizar el re-muestreo de las muestras con frecuencia corregida para dar cuenta del error de frecuencia del reloj usado para el muestreo, que puede ser generado a partir del mismo oscilador de RF.

2. Correlación directa para la señal piloto TDM 1

El valor máximo de la correlación retardada da una ubicación aproximada de la señal piloto TDM 1. La ubicación efectiva de la señal piloto TDM 1 cae dentro de una ventana de incertidumbre (indicada como W_u) que está centrada en la ubicación n_p del valor máximo de la correlación retardada. Las simulaciones de ordenador para un sistema ejemplar

indican que hay una alta probabilidad de que la señal piloto TDM 1 caiga dentro de ± 35 periodos de muestreo de la ubicación n_p del valor máximo cuando está transmitiendo una única estación base. Cuando están transmitiendo múltiples estaciones base en un sistema síncrono, la ventana de incertidumbre depende del rezago o retardo entre las horas de llegada de las señales transmitidas por estas estaciones base. Este rezago depende de la distancia entre las estaciones base. Como ejemplo, una distancia de 5 kilómetros (km) corresponde a un rezago de aproximadamente 80 periodos de muestreo, y la ventana de incertidumbre es de alrededor de ± 80 periodos de muestreo. En general, la ventana de incertidumbre depende de diversos factores, tales como el ancho de banda del sistema, la duración de la señal piloto TDM 1, la SNR recibida para la señal piloto TDM 1, el número de estaciones base transmitiendo la señal piloto TDM 1, el retardo temporal para distintas estaciones base, etc.

El terminal puede realizar la correlación directa para detectar ejemplos potentes de señal piloto TDM 1 dentro de la ventana de incertidumbre. Para cada desplazamiento temporal dentro de la ventana de incertidumbre, el terminal puede realizar la correlación directa para cada una de las M_1 posibles secuencias PN1 que pueden ser usadas para la señal piloto TDM 1. Alternativamente, el terminal puede realizar la correlación directa para cada secuencia PN1 usada por una estación base en un conjunto candidato para el terminal. Este conjunto candidato puede contener estaciones base (p. ej., sectores) identificados por las estaciones base con las cuales el terminal está en comunicación, las estaciones base que el terminal ha identificado por sí mismo mediante una búsqueda de baja velocidad, etc. En cualquier caso, cada hipótesis de señal piloto-1 corresponde a (1) un desplazamiento temporal específico donde la señal piloto TDM 1 desde una estación base puede estar presente y (2) una secuencia PN1 específica que puede haber sido usada para la señal piloto TDM 1.

La correlación directa para la señal piloto TDM 1 para la hipótesis de señal piloto-1 (n,m) , con un desplazamiento temporal de n y una secuencia PN1 de $p_m(i)$, puede ser expresada como:

$$D_m(n) = \sum_{i=0}^{N_{1d}-1} r'(i-n) \cdot p'_m(i) ,$$

Ec. (10)

donde n es el desplazamiento temporal para la hipótesis de señal piloto-1 (n,m) , que cae dentro de la ventana de incertidumbre, o $n \in W_u$;

$p'_m(i)$ es el i -ésimo segmento en una secuencia PN1 extendida para la hipótesis de señal piloto-1 (n,m) ;

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

N_{1d} es la longitud de la correlación directa para la señal piloto TDM 1 (p. ej., $N_{18} = S_1 \cdot L_1$).

La secuencia PN1 extendida, $p'_m(i)$, se obtiene repitiendo la secuencia PN1 $p_m(i)$ para la hipótesis de señal piloto-1 (n,m) tantas veces como sea necesario para obtener N_{1d} segmentos PN. Por ejemplo, si la correlación directa se realiza sobre dos ejemplos de señal piloto-1, o $N_{1d} = 2 \cdot L_1$, 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 $2L_1$.

Para cada secuencia PN1 a evaluar, el terminal puede realizar la correlación directa en cada medio segmento dentro de la ventana de incertidumbre, a fin de reducir la degradación debida al error de temporización de muestra en el terminal. Por ejemplo, si la ventana de incertidumbre es de ± 80 segmentos, entonces el terminal puede realizar 320 correlaciones directas para cada secuencia PN1, lo que corresponde a una incertidumbre de 80 periodos de muestreo en cada dirección desde el centro de la ventana de incertidumbre en el periodo de muestreo n_p . Si todas las M_1 secuencias PN1 son evaluadas, entonces el número total de correlaciones directas para la señal piloto TDM 1 es $320 \cdot M_1$. En general, el terminal realiza K_1 correlaciones directas para K_1 desplazamientos temporales distintos para cada secuencia PN1 a evaluar, o $K_1 \cdot M_1$ correlaciones directas si se evalúan todas las M_1 secuencias PN1.

La correlación directa se usa para identificar ejemplos potentes de la señal piloto TDM 1 en la señal recibida. Después de realizar todas las correlaciones directas para la señal piloto TDM 1, el terminal selecciona los K_2 ejemplos más potentes de la señal piloto TDM 1, que tengan los mayores resultados de correlación directa. Cada ejemplo detectado de señal piloto TDM 1 está asociado a un desplazamiento temporal específico y a una secuencia PN1 específica, p. ej., el k -ésimo ejemplo detectado de señal piloto TDM 1 está asociado al desplazamiento temporal n_k y a la secuencia PN1 $p_k(i)$. El terminal también puede comparar la métrica de correlación directa, para cada ejemplo detectado de señal piloto TDM 1, con un umbral normalizado y descartar el ejemplo si su métrica está por debajo del 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 potente. Para el traspaso entre estaciones base, K_2 puede ser un valor más grande, para permitir la detección de trayectos de señal pertenecientes a la estación base más potente, así como estaciones base más débiles. Las

simulaciones de 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.

La correlación directa también puede ser realizada en el dominio de la frecuencia. Para la correlación directa del dominio de la frecuencia, se realiza una transformación discreta de Fourier (DFT) de N_F puntos sobre N_F muestras recibidas para un desplazamiento temporal n dado, para obtener N_F valores del dominio de la frecuencia para las N_F sub-bandas totales. Los valores del dominio de la frecuencia para sub-bandas sin símbolos piloto se fijan en cero. Los N_F valores resultantes del dominio de la frecuencia son luego multiplicados por N_F símbolos piloto que incluyen la secuencia PN1 para una hipótesis de señal 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 señal piloto-1 en el desplazamiento temporal n . Alternativamente, una IDFT de N_F puntos puede ser realizada sobre los N_F símbolos resultantes para obtener N_F valores del dominio del tiempo, lo que corresponde a distintos a desplazamientos temporales. En cualquier caso, los resultados de la correlación pueden ser pos-procesados según lo descrito anteriormente para identificar los K_2 ejemplos más potentes de señal piloto TDM 1.

3. Correlación directa para la señal piloto TDM 2

El terminal evalúa los K_2 ejemplos detectados de señal piloto TDM 1 realizando la correlación directa sobre las muestras recibidas para la señal piloto TDM 2 con secuencias PN2. Para cada ejemplo detectado de señal piloto TDM 1, el terminal determina el acto de M_2 secuencias PN2, $\{s_{l,k}(i)\}$, asociadas a la secuencia PN1 $p_k(i)$ usada para ese ejemplo detectado de señal piloto TDM 1. Cada ejemplo detectado de señal piloto TDM 1 puede por tanto ser asociado a M_2 hipótesis de señal piloto-2. Cada hipótesis de señal piloto-2 corresponde a (1) un desplazamiento temporal específico donde puede estar presente la señal piloto TDM 2 procedente de una estación base, y (2) una secuencia PN2 específica que puede haber sido usada para la señal piloto TDM 2. Para cada hipótesis de señal piloto-2, el terminal realiza la correlación directa sobre las muestras recibidas para la señal piloto TDM 2 con la secuencia PN2 para esa hipótesis, para detectar la presencia de la señal piloto TDM 2.

La correlación directa para la señal piloto TDM 2 para la hipótesis de señal piloto-2 (k,l) , con un desplazamiento temporal de n_k y una secuencia PN2 de $s_{l,k}(i)$, puede ser expresada como:

$$G_l(n_k) = \sum_{i=0}^{N_2-1} r^*(i-n_k) \cdot s_{l,k}(i), \quad \text{Ec. (11)}$$

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

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

$G_l(n_k)$ es un resultado de correlación directa para la hipótesis de señal piloto-2 (k,l) ; y

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

La longitud de la correlación directa puede ser fijada en la longitud de la secuencia de señal piloto-2 (es decir, $N_2 = L_2$) o la longitud de la señal piloto TDM 2 (es decir, $N_2 = T_2$) si $T_2 \neq L_2$.

Una métrica de correlación directa para la señal piloto TDM 2 puede ser definida como la magnitud al cuadrado del resultado de la correlación directa, según lo siguiente:

$$H_l(n_k) = |G_l(n_k)|^2. \quad \text{Ec. (12)}$$

El terminal puede declarar la presencia de la señal piloto TDM 2 si es verdad la siguiente condición:

$$H_l(n_k) > \mu \cdot E_{tk}, \quad \text{Ec. (13)}$$

donde E_{tk} es la energía de las muestras recibidas y μ es un valor de umbral para la señal piloto TDM 2. La energía E_{tk} puede ser calculada en base a las muestras recibidas, usadas para la correlación directa para la señal piloto TDM 2, y es indicativa de la energía local. El valor μ de umbral puede ser seleccionado para equilibrar la probabilidad de detección y la probabilidad de falsa alarma para la señal piloto TDM 2.

Si el terminal está equipado con múltiples (R) antenas, entonces la correlación directa $G_{l,j}(n_k)$ puede ser calculada para cada antena j para una hipótesis (k,l) dada, según se muestra en la ecuación (11). Los resultados de la correlación directa para todas las R antenas pueden ser combinados, de manera no coherente, según lo siguiente:

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

Ec. (14)

La ecuación (14) supone que el retardo de trayecto en todas las R antenas es el mismo, pero las magnitudes de las ganancias de canal para las R antenas son independientes. La métrica compuesta de correlación directa $H_{\text{total},l}(n_k)$ puede ser comparada con un umbral normalizado $\mu \cdot E_{\text{rx_total}}$, donde $E_{\text{rx_total}}$ es la energía total para todas las R antenas.

Los umbrales λ y μ se usan, respectivamente, para la detección de las señales piloto TDM 1 y 2. Estos umbrales determinan la probabilidad de detección así como la probabilidad de falsa alarma. Los umbrales λ y μ bajos aumentan la probabilidad de detección, pero también aumentan la probabilidad de falsa alarma, y lo contrario es verdad para umbrales λ y μ altos. Para un umbral dado, la probabilidad de detección y la probabilidad de falsa alarma aumentan generalmente con una SNR en aumento. Los umbrales λ y μ pueden ser adecuadamente seleccionados de modo que (1) las tasas de detección para la correlación retardada y la correlación directa, respectivamente, sean suficientemente altas incluso para bajos valores de SNR, y (2) las tasas de falsa alarma para la correlación retardada y la correlación directa, respectivamente, sean suficientemente bajas incluso para altos valores de SNR.

Una probabilidad de detección de P_{det} corresponde a una probabilidad de detección fallida de $(1 - P_{\text{det}})$. Una detección fallida es no detectar una señal piloto que está presente. Una detección fallida de la señal piloto TDM 1 tiene el efecto de extender el tiempo de adquisición, hasta que se reciba la próxima transmisión de la señal piloto TDM 1. Si la señal piloto TDM 1 es transmitida periódicamente (p. ej., cada 20 milisegundos), entonces una detección fallida de la señal piloto TDM 1 no es problemática.

Una falsa alarma para la correlación retardada para la señal piloto TDM 1 no es catastrófica, dado que la posterior correlación directa para la señal piloto TDM 2, muy probablemente, capturará esta falsa alarma como una mala hipótesis, es decir, esta hipótesis, muy probablemente, no cumplirá la comparación normalizada en la ecuación (13). Un efecto adverso de una falsa alarma de correlación retardada es el cálculo extra para las correlaciones directas para ambas señales piloto TDM 1 y 2. El número de falsas alarmas de correlación retardada debería mantenerse pequeño, p. ej., en una probabilidad deseada dada de falsa alarma de correlación retardada para cualquier trama. Una falsa alarma para la correlación directa para la señal piloto TDM 2 da como resultado una probabilidad aumentada de falsa alarma para el sistema global. La tasa de falsas alarmas para la señal piloto TDM 2 puede ser reducida realizando la correlación directa solamente con secuencias PN2 usadas por la(s) estación(es) base en el conjunto candidato. Un gran error de frecuencia, que supera una gama máxima admisible, no es corregido ni detectado por las correlaciones directas para las señales piloto TDM 1 y la señal piloto 2, y por tanto tiene el mismo efecto que una falsa alarma.

Puede usarse un mecanismo para recuperarse de un suceso de falsa alarma en la correlación directa para la señal piloto TDM 2. Si la correlación directa para la señal piloto TDM 2 declara una detección, entonces el terminal debería poder desmodular los datos y los canales de control enviados por la estación base después de que los bucles de rastreo de la frecuencia y / o del tiempo hayan convergido. El terminal puede verificar una falsa alarma intentando descodificar un canal de control. Por ejemplo, cada estación base en el sistema puede difundir un canal de control por el enlace directo, para enviar asignación y acuse de recibo a los terminales dentro de su área de cobertura. Puede requerirse que este canal de control tenga una alta probabilidad (p. ej., del 99%) de detección para un funcionamiento satisfactorio del sistema, y puede utilizar un código potente de detección de errores, p. ej., un control de redundancia cíclica (CRC) de 16 bits, que corresponde a una probabilidad de falsa alarma de $0,5^{16} \approx 1.5 \times 10^{-5}$. Cuando la correlación directa para la señal piloto TDM 2 declara la detección, el terminal puede intentar descodificar uno o más paquetes o mensajes enviados por este canal de control. Si falla la descodificación, entonces el terminal puede declarar una falsa alarma y reiniciar el proceso de adquisición.

La **FIG. 4** muestra un diagrama de flujo de un proceso de adquisición 400 realizado por el terminal. El terminal realiza la correlación retardada sobre las muestras recibidas para detectar la presencia de la señal piloto TDM 1 (bloque 410). Esto puede lograrse realizando la correlación retardada para cada periodo de muestreo y comparando la métrica de correlación retardada $S(n)$ con el umbral normalizado. Si la señal piloto TDM 1 no es detectada, según lo determinado en el bloque 412, entonces el terminal vuelve al bloque 410 para realizar la correlación retardada en el próximo periodo de muestreo. Sin embargo, si se detecta la señal 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 luego la correlación directa, ya sea sobre las muestras recibidas o sobre la muestra con frecuencia corregida, con secuencias PN1 para K_1 desplazamientos temporales distintos, e identifica los K_2 mejores ejemplos de señales piloto TDM 1 detectadas que tengan los K_2 resultados mayores de correlación directa para la señal piloto TDM 1 (bloque 416). Cada ejemplo de señal piloto TDM 1 detectada está asociado a un desplazamiento temporal específico y a una secuencia PN1 específica. El terminal puede evaluar M_2 hipótesis de señal piloto 2 para cada ejemplo de señal

piloto TDM 1 detectada, estando cada hipótesis de señal piloto 2 asociada a un desplazamiento temporal específico y a una secuencia PN2 específica. Para cada hipótesis de señal piloto 2, el terminal realiza la correlación directa, sobre las muestras recibidas o corregidas en la frecuencia, con la secuencia PN2 para la hipótesis, y compara la métrica de correlación directa $H_t(n_k)$ con el umbral normalizado para detectar la presencia de la señal piloto TDM 2 (bloque 418).

5 Si no se detecta la señal piloto TDM 2, según lo determinado en el bloque 420, entonces el terminal vuelve al bloque 410. En caso contrario, el terminal puede intentar descodificar un canal de control para verificar una falsa alarma (bloque 422). Si el canal de control es descodificado con éxito, según lo determinado en el bloque 424, entonces el terminal declara una adquisición exitosa (bloque 426). En otro caso, el terminal vuelve al bloque 410.

10 El proceso de adquisición puede ser realizado por etapas, según se muestra en la FIG. 4. La etapa 1 abarca las correlaciones retardadas y directas para la señal piloto TDM 1 y se usa generalmente para la detección de señales. La etapa 1 incluye la sub-etapa 1 para la correlación retardada para la señal piloto TDM 1 y la sub-etapa 2 para la correlación directa para la señal piloto TDM 1. La etapa 2 abarca la correlación directa para la señal piloto TDM 2 y se usa para la sincronización temporal y la identificación de la estación base. La etapa 3 abarca la descodificación de un canal de control y se usa para verificar una falsa alarma. La adquisición de señal también puede ser realizada con menos que todas las etapas y sub-etapas mostradas en la FIG. 4. Por ejemplo, la etapa 3 puede ser omitida, la sub-etapa 2 puede ser omitida, y así sucesivamente.

20 El terminal realiza la adquisición inicial (p. ej., al arrancar) si no está ya recibiendo una señal desde una estación base. El terminal, habitualmente, no tiene un sistema preciso de temporización para la adquisición inicial y puede por tanto realizar la correlación directa para la señal piloto TDM 1 sobre una ventana de incertidumbre más grande, a fin de asegurar la detección de la señal piloto TDM 1. Para la adquisición inicial, el terminal puede necesitar solamente buscar la estación base más potente, y puede por tanto seleccionar un número más pequeño de ejemplos de señales piloto TDM 1 detectadas para la evaluación posterior.

El terminal puede realizar la adquisición de traspasos para buscar mejores estaciones base (p. ej., más potentes) desde las cuales obtener servicio. Para el esquema de transmisión escalonada de señal piloto mostrado en la FIG. 3B o el esquema de transmisión asíncrona de señal piloto mostrado en la FIG. 3C, el terminal puede buscar continuamente estaciones base potentes, realizando la correlación retardada como una tarea de trasfondo mientras el terminal está comunicándose con una o más estaciones base en un conjunto activo. La correlación retardada proporciona una temporización grosera para las estaciones base potentes halladas en la búsqueda. Para el esquema de transmisión sincrona de señal piloto mostrado en la Fig. 3A, la temporización de las estaciones base en el conjunto activo puede ser usado como la temporización grosera de otras estaciones base potentes. En cualquier caso, el terminal puede realizar la correlación directa para la señal piloto TDM 2, para todas las nuevas estaciones base con una potencia de señal recibida suficientemente alta. Dado que el terminal ya tiene temporización precisa de sistema procedente de la(s) estación(es) base en el conjunto activo, el terminal no necesita usar la estimación temporal grosera proveniente de la correlación retardada y puede realizar la correlación directa sobre una ventana de incertidumbre centrada en la temporización de la(s) estación(es) base en el conjunto activo. El terminal puede iniciar un traspaso a otra estación base que tenga una potencia de señal recibida más potente que la de la(s) estación(es) base en el conjunto activo.

45 Para mayor claridad, ha sido descrito anteriormente un esquema específico de transmisión de señal piloto con dos señales piloto TDM. El uso de dos señales piloto TDM puede reducir el cálculo en el terminal, ya que la adquisición de señal puede ser realizada en dos partes – la detección de señal y la sincronización temporal. La correlación retardada para la detección de señal puede ser realizada eficazmente con solamente una multiplicación para cada periodo de muestreo, según se describe más adelante. 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 (p. ej., $K_3 \cdot M_1$ correlaciones directas para la señal piloto TDM 1, y $K_2 \cdot M_2$ correlaciones directas para la señal piloto TDM 2). El pre-procesamiento con la señal piloto TDM 1 puede reducir en gran medida la magnitud del procesamiento requerido para la señal piloto TDM 2.

Pueden usarse M_1 secuencias PN1 para la señal piloto TDM 1, y pueden usarse M_2 secuencias PN2 para la señal piloto TDM 2, para cada secuencia PN1, lo que da un total de $M_1 \cdot M_2$ secuencias PN2. La elección de M_1 y M_2 afecta la complejidad de la adquisición y la probabilidad de falsa alarma, pero tiene poco, o ningún, efecto sobre las probabilidades de detección para la correlación retardada y la correlación directa (para los mismos valores de umbral). Como ejemplo, si se realizan $K_1 = 320$ correlaciones directas para cada secuencia PN1 (p. ej., para un rezago de 80 segmentos) y se realizan $K_2 = 16$ correlaciones directas para cada secuencia PN2 (p. ej., para la adquisición de traspasos), entonces el número total de correlaciones directas es $K_1 \cdot M_1 + K_2 \cdot M_2 = 320 \cdot M_1 + 16 \cdot M_2$. Si se necesitan $M_1 - M_2 = 256$ secuencias PN2 para el sistema, entonces el cálculo se minimiza si $M_1 = 4$ y $M_2 = 64$, y el número de correlaciones directas es 2.304. En general, pueden ser escogidos valores cualesquiera para M_1 y M_2 , según diversos factores tales como, p. ej., el número total de secuencias PN2 requeridas por el sistema, el tamaño de la ventana de

incertidumbre (o K_1), el número de ejemplos de señales piloto TDM 1 detectadas a evaluar (K_2), etc. La complejidad también puede ser reducida buscando señales piloto con secuencias PN usadas por la(s) estación(es) base en el conjunto candidato.

5 Las señales piloto TDM también pueden llevar datos. Por ejemplo, la señal piloto TDM 2 puede ser usada para enviar uno o más bits de información, que pueden estar incrustados en la secuencia PN2 usada por cada estación base. En lugar de tener $M_1 \cdot M_2$ secuencias PN2 para la señal piloto TDM 2, puede transportarse un bit de información usando $2 \cdot M_1 \cdot M_2$ secuencias PN2 para la señal piloto TDM 2. A cada estación base puede luego asignarse un par de secuencias PN2, y cada una puede usar una secuencia PN2 en el par para transportar un valor de '0' del bit de información, y usar la otra secuencia PN2 en el par para transportar un valor de '1' del bit de información. El número de hipótesis a evaluar para la adquisición se duplica porque hay el doble del número de posibles secuencias PN2. Después de la adquisición, la secuencia PN2 es conocida y puede ser averiguado el valor del bit de información asociado. Más bits de información pueden ser transportados usando un conjunto más grande 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 requiere ninguna correlación adicional. Esto es porque solamente se examina la magnitud de la correlación, y se ignora la fase.

La adquisición de señal también puede ser realizada con una única señal piloto TDM. Por ejemplo, cada estación base puede transmitir una señal piloto TDM usando una secuencia PN que identifica unívocamente esa estación base. El terminal recibe las señales piloto TDM desde todas las estaciones base y realiza la correlación retardada sobre las muestras recibidas, para la detección de señales. Si se detecta una señal, entonces el terminal puede realizar la correlación directa sobre las muestras recibidas para la señal piloto TDM, con todas las secuencias PN y en distintos desplazamientos temporales (o $K_1 \cdot M_1 \cdot M_3$ correlaciones directas, que pueden ser muchas más que $K_1 \cdot M_1 + K_2 \cdot M_2$). A partir de los resultados de la correlación directa, el terminal puede identificar cada estación base que transmite la señal piloto TDM y determinar su temporización. Alternativamente, el terminal puede realizar la correlación directa sobre las muestras recibidas para la señal piloto TDM con un conjunto limitado de secuencias PN (p. ej., para las estaciones base en el conjunto candidato), para reducir la complejidad.

Además de la(s) señal(es) piloto TDM, cada estación base en un sistema basado en OFDM puede transmitir una señal piloto multiplexada por división de frecuencia (FDM), por una o más sub-bandas piloto, que son sub-bandas designadas para la señal piloto FDM. Cada estación base puede transmitir la señal piloto FDM en el campo de datos 230 en la FIG. 2A y puede aplicar una única secuencia PN sobre los símbolos piloto enviados por la(s) sub-banda(s) piloto. El primer segmento PN en esta secuencia PN puede ser usado para la señal piloto FDM en el periodo de símbolos 1, el segundo segmento PN puede ser usado para la señal piloto FDM en el periodo de símbolos 2, y así sucesivamente. La secuencia PN usada para la señal piloto FDM puede ser la misma secuencia PN2 usada para la señal piloto TDM 2, o una distinta. La señal piloto FDM puede ser usada para mejorar las prestaciones de adquisición, p. ej., para reducir la tasa de falsas alarmas. La señal piloto FDM también puede ser usada para identificar unívocamente las estaciones base en el sistema. Por ejemplo, puede usarse un número más pequeño de secuencias PN2 para la señal piloto TDM 2, y la señal piloto FDM puede usarse para resolver cualquier ambigüedad entre las estaciones base.

Las correlaciones directas para las señales piloto TDM 1 y 2 calculan la potencia de señal recibida en desplazamientos temporales específicos. Las estaciones base son así identificadas en base a sus trayectos de señal más potentes, donde cada trayecto de señal está asociado a un desplazamiento temporal específico. Un receptor en un sistema basado en OFDM puede capturar la energía para todos los trayectos de señal dentro del prefijo cíclico. De tal modo, las estaciones base pueden ser seleccionadas en base a una métrica de energía total en lugar de una métrica del trayecto más potente.

Para un sistema síncrono, las estaciones base pueden transmitir sus señales piloto TDM 1 y 2 al mismo tiempo, según se muestra en la FIG. 3A. Alternativamente, las estaciones base pueden transmitir sus señales piloto TDM escalonadas en el tiempo, según se muestra en la FIG. 3B. Para señales piloto TDM escalonadas, el terminal puede obtener valores máximos de correlación retardada en distintos desplazamientos temporales y puede comparar estos valores máximos a fin de seleccionar la estación base más potente.

Algunas de, o todas, las estaciones base en el sistema pueden ser asíncronas. En este caso, las señales piloto TDM desde distintas 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 señales piloto desde la estación base. Sin embargo, si las estaciones base son asíncronas, entonces la señal piloto TDM 1 desde cada estación base puede observar interferencia desde otras estaciones base, y las prestaciones de detección para la correlación retardada se degradan debido a la interferencia. La duración de la señal piloto TDM 1 puede ser extendida para dar cuenta de la interferencia y lograr las prestaciones de detección deseadas (p. ej., la probabilidad de detección deseada para la señal piloto TDM 1).

4. Sistema

La **FIG. 5** muestra un diagrama de bloques de una estación base 110x y un terminal 120x, que son una estación base y un terminal en el sistema 100. En la estación base 110x, un procesador de datos de transmisión 510 recibe distintos tipos de datos (p. ej., datos de tráfico / paquetes y datos de sobregasto / control) y procesa (p. ej., codifica, intercala y correlaciona con símbolos) los datos recibidos para generar símbolos de datos. Según 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 señal piloto (que son datos que son 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 (p. ej., M-PSK, M-QAM, etc.).

Un modulador de OFDM 520 multiplexa los símbolos de datos sobre las sub-bandas adecuadas y realiza la modulación de OFDM sobre los símbolos multiplexados para generar símbolos de OFDM. Un procesador de señales piloto de transmisión 530 genera señales piloto TDM 1 y 2 en el dominio del tiempo (según se muestra en la FIG. 5) o el dominio de la frecuencia. Un multiplexador (Mux) 532 recibe y multiplexa las señales piloto TDM 1 y 2 procedentes del procesador de señales piloto de transmisión 530 con los símbolos de OFDM procedentes del modulador de 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 acondiciona adicionalmente (p. ej., amplifica, filtra y aumenta la frecuencia) las señales analógicas para generar una señal modulada. La estación base 110x transmite luego la señal modulada desde una antena 536 a los terminales en el sistema.

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

El demodulador de OFDM 560 realiza la demodulación de OFDM sobre las muestras recibidas, en base a la información de temporización desde la unidad 580, y obtiene datos y símbolos piloto recibidos. El demodulador de OFDM 560 también realiza la detección (o el filtrado apareado) sobre los símbolos de datos recibidos con una estimación de canal (p. ej., una estimación de respuesta de frecuencia) y obtiene símbolos de datos detectados, que son estimaciones de los símbolos de datos enviados por la estación base 110x. El demodulador de OFDM 560 suministra los símbolos de datos detectados a un procesador de datos de recepción (RX) 570. El procesador de datos de RX 570 procesa (p. ej., decorrelaciona símbolos, desintercala y descodifica) los símbolos de datos detectados y proporciona datos descodificados. El procesador de datos de RX 570 y / o el controlador 590 pueden usar la información de temporización para recuperar distintos tipos de datos enviados por la estación base 110x. En general, el procesamiento por parte del demodulador de OFDM 560 y del procesador de datos de RX 570 es complementario, respectivamente, para el procesamiento por parte del modulador de OFDM 520 y del procesador de datos de transmisión 510, en la estación base 110x.

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

La **FIG. 6** muestra un diagrama de bloques de una realización del procesador de señales piloto de transmisión 530 en la estación base 110x. Para esta realización, el procesador de señales piloto de transmisión 530 genera las señales piloto TDM 1 y 2 en el dominio del tiempo. Dentro del procesador de señales piloto de transmisión 530, un generador PN1 612 genera la secuencia PN1 asignada a la estación base 110x, y un generador PN2 614 genera la secuencia PN2 asignada a la estación base 110x. Cada generador PN puede ser implementado, por ejemplo, con un registro de desplazamiento de retro-alimentación lineal (LFSR) que implementa un polinomio generador para la secuencia PN. Los generadores PN 612 y 614 pueden ser inicializados con los valores adecuados, correspondientes a las secuencias PN1 y PN2 asignadas a la estación base 110x. Un multiplexador 616 recibe las salidas desde los generadores PN 612 y 614 y proporciona la salida desde cada generador PN en el momento adecuado, según lo determinado por una señal TDM_Ctrl.

Las señales piloto TDM también pueden ser generadas en el dominio de la frecuencia, según lo descrito anteriormente. En este caso, las secuencias PN1 y PN2, respectivamente procedentes de los generadores 612 y 614, pueden ser proporcionadas al modulador de OFDM 520, y usadas para multiplicar los símbolos piloto del dominio de la frecuencia, o las muestras del dominio del tiempo para las señales piloto TDM.

La **FIG. 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 señales piloto TDM 1 710 y un procesador de señales piloto TDM 2 740. Dentro del procesador de señales piloto TDM 1 710, un correlacionador retardado 720 realiza la correlación retardada sobre las muestras recibidas y proporciona un resultado de correlación retardada $C(n)$ para cada periodo de muestreo. Un detector de señales piloto, o valores máximos, 722 detecta la presencia de la señal piloto TDM 1 en la señal recibida, en base a los resultados de correlación retardada y, si se detecta una señal, determina el valor máximo de la correlación retardada. Un detector de errores de frecuencia 724 estima el error de frecuencia en las muestras recibidas, en base a la fase del resultado de la correlación retardada en el valor máximo detectado, según se muestra en la ecuación (8), y proporciona la estimación del error de frecuencia. Una unidad de corrección de errores de frecuencia 726 realiza la corrección de errores de frecuencia sobre las muestras recibidas y proporciona muestras con frecuencia corregida. Un correlacionador directo 730 realiza la correlación directa sobre las muestras con frecuencia corregida (según se muestra en la FIG. 7) o las muestras recibidas (no mostradas) para distintos desplazamientos temporales en la ventana de incertidumbre, que está centrada en la ubicación de valor máximo detectada, y proporciona resultados de correlación directa para la señal piloto TDM 1. Un detector de valores máximos 732 detecta los K_2 ejemplos más potentes de la señal piloto TDM 1 dentro de la ventana de incertidumbre.

Dentro del procesador de señales piloto TDM 2 720, un correlacionador directo 750 realiza la correlación directa sobre las muestras recibidas, o con frecuencia corregida, para distintas hipótesis de señal piloto-2, determinadas por los K_2 ejemplos más potentes de señales piloto TDM 1 detectadas, procedentes del detector de valores máximos 732, y proporciona resultados de correlación directa para estas hipótesis de señal piloto-2. Un detector de señales piloto 752 detecta la presencia de la señal piloto TDM 2 realizando la comparación normalizada mostrada en la ecuación (13). El detector de señal piloto 752 proporciona la identidad así como la temporización de cada estación base detectada, como la salida del detector.

La **FIG. 8A** muestra un diagrama de bloques de una realización del correlacionador retardado 720 para la señal piloto TDM 1. Dentro del correlacionador retardado 720, un registro de desplazamiento 812 (de longitud L_1) recibe y almacena la muestra $r(n)$ recibida para cada periodo n de muestreo y proporciona una muestra recibida retardada $r(n-L_1)$, que ha sido retardada en L_1 periodos de muestreo. Un almacén temporal de muestras también puede ser usado en lugar del registro de desplazamiento 812. Una unidad 816 también obtiene la muestra recibida $r(n)$ y proporciona una muestra recibida conjugada compleja $r^*(n)$. Para cada periodo n de muestreo, un multiplicador 814 multiplica la muestra recibida retardada $r(n-L_1)$ procedente del registro de desplazamiento 812 por la muestra recibida conjugada compleja $r^*(n)$ procedente 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 periodo n de muestreo, el registro de desplazamiento 822 recibe y almacena el resultado de correlación $c(n)$ desde el multiplicador 814 y proporciona un resultado de correlación $c(n-N_1)$ que ha sido retardado en N_1 periodos de muestreo. Para cada periodo n de muestreo, el sumador 824 recibe y suma la salida $C(n-1)$ de un registro 826 al resultado $c(n)$ del multiplicador 814, resta además el resultado retardado $c(n-N_1)$ al 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 recurrente o deslizante de los N_1 resultados de correlación más recientes, $c(n)$ a $c(n - N_1 + 1)$. Esto se logra sumando el resultado de correlación más reciente $c(n)$ procedente del multiplicador 814 y restando el resultado de correlación $c(n - N_1)$ proveniente de N_1 periodos de muestreo antes, que está proporcionado por el registro de desplazamiento 822.

La **FIG. 8B** muestra un diagrama de bloques de una realización del correlacionador directo 730 para la señal piloto TDM 1. Dentro del correlacionador directo 730, un almacén temporal 842 almacena las muestras recibidas. Cuando el valor máximo de la correlación retardada para la señal piloto TDM 1 ha sido detectado, un generador de ventanas 832 determina la ventana de incertidumbre y proporciona controles para evaluar cada una de las hipótesis de señal piloto-1. El generador 832 proporciona un desplazamiento temporal y una secuencia PN1 para cada hipótesis de señal piloto-1. El almacén temporal 842 proporciona la secuencia adecuada de muestras (conjugadas) para cada hipótesis de señal piloto-1, en base al desplazamiento temporal indicado. Un generador de PN 834 genera la secuencia PN1 adecuada en el desplazamiento temporal indicado. Un multiplicador 844 multiplica las muestras provenientes del almacén temporal 842 por la secuencia PN1 procedente del generador de PN 834. Para cada hipótesis de señal piloto-1, un acumulador 846 acumula los N_{1d} resultados procedentes del multiplicador 844 y proporciona el resultado de correlación directa para esa hipótesis.

El correlacionador directo 750 para la señal piloto TDM 2 puede ser implementado de manera similar al correlacionador directo 730 para la señal piloto TDM 1, si bien con las siguientes diferencias. El generador 832 genera los controles para evaluar los K_2 ejemplos de señal piloto TDM 1 detectada, procedentes del detector de valores máximos 732, en lugar de los K_1 desplazamientos temporales dentro de la ventana de incertidumbre. El generador de PN 834 genera la secuencia PN2 adecuada, en lugar de la secuencia PN1. El acumulador 846 realiza la acumulación sobre N_2 muestras, en lugar de N_{1d} muestras.

Las técnicas de adquisición de señales descritas en la presente memoria pueden ser implementadas por diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas pueden ser implementadas en hardware, software o una combinación de los mismos. Para una implementación en hardware, las unidades de procesamiento usadas para generar y transmitir la(s) señal(es) piloto TDM pueden ser implementadas dentro de uno o más circuitos integrados específicos para la aplicación (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), formaciones de compuertas programables en el terreno (FPGA), procesadores, controladores, micro-controladores, microprocesadores, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en la presente memoria, o una combinación de los mismos. Las unidades de procesamiento usadas para realizar la adquisición también pueden ser implementadas dentro de uno o más ASIC, DSP, etc.

Para una implementación en software, las técnicas de adquisición de señales pueden ser implementadas con módulos (p. ej., procedimientos, funciones, etc.) que realicen las funciones descritas en la presente memoria. Los códigos de software pueden ser almacenados en una unidad de memoria (p. ej., la unidad de memoria 542 o 592 en la FIG. 5) y ejecutados por un procesador (p. ej., el controlador 540 o 590). La unidad de memoria puede ser implementada dentro del procesador, o ser externa al procesador, en cuyo caso puede estar comunicativamente acoplada con el procesador mediante diversos medios, según se conoce en la técnica.

Según se usa en la presente memoria, el OFDM también puede incluir una arquitectura de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA), donde múltiples usuarios comparten los canales del OFDM.

Los encabezamientos están incluidos en la presente memoria para referencia y para ayudar a localizar ciertas secciones. Estos encabezamientos no están concebidos para limitar el ámbito de los conceptos descritos a continuación de los mismos, y estos conceptos pueden tener aplicabilidad en otras secciones en toda la extensión de la especificación entera.

La anterior descripción de las realizaciones divulgadas se proporciona para permitir a cualquier persona experta en la técnica hacer o usar la presente invención. Diversas modificaciones para estas realizaciones serán inmediatamente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en la presente memoria pueden ser aplicados a otras realizaciones sin apartarse del ámbito de la invención. Por tanto, la presente invención no está concebida para limitarse a las realizaciones mostradas en la presente memoria, sino que ha de acordársele el más amplio ámbito congruente con los principios y características novedosas divulgadas en la presente memoria.

Aspectos adicionales:

En un aspecto, un procedimiento de transmisión de señales piloto en un sistema de comunicación, que comprende obtener una secuencia de números pseudo-aleatorios (PN) para identificar unívocamente a una entidad transmisora; generar una primera señal piloto multiplexada por división del tiempo (TDM); generar una segunda señal piloto TDM con la secuencia PN; transmitir la primera señal piloto TDM en una primera parte de cada intervalo de transmisión; y transmitir la segunda señal piloto TDM en una segunda parte de cada intervalo de transmisión. En el procedimiento, la generación de la primera señal piloto TDM puede comprender generar una secuencia piloto, y generar la primera señal piloto TDM con múltiples instancias de la secuencia piloto. En el procedimiento, la generación de la primera señal piloto TDM puede comprender generar la primera señal piloto TDM en el dominio de la frecuencia con un primer conjunto de símbolos piloto para un primer conjunto de sub-bandas de frecuencia, y la generación de la segunda señal piloto TDM puede comprender generar la segunda señal piloto TDM en el dominio de la frecuencia con un segundo conjunto de símbolos piloto para un segundo conjunto de sub-bandas de frecuencia. En el procedimiento, la obtención de la secuencia PN puede comprender identificar la secuencia PN entre un conjunto de posibles secuencias PN para la segunda señal piloto TDM. En el procedimiento, la transmisión de la segunda señal piloto TDM puede comprender transmitir la segunda señal piloto TDM en la segunda parte, después de la primera parte, de cada intervalo de transmisión.

En un aspecto, un procedimiento de transmisión de señal piloto en un sistema de comunicación, que comprende generar una primera señal piloto multiplexada por división del tiempo (TDM) con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios (PN); generar una segunda señal piloto TDM con una segunda secuencia PN; transmitir la primera señal piloto TDM en una primera parte de cada intervalo de transmisión; y transmitir la segunda señal piloto TDM en una segunda parte de cada intervalo de transmisión. En el procedimiento, la generación de la primera señal piloto TDM puede comprender generar la primera señal piloto TDM con la primera secuencia PN en el dominio del tiempo, y la generación de la segunda señal piloto TDM puede comprender generar la segunda señal piloto TDM con la segunda secuencia PN en el dominio del tiempo. En el procedimiento, la generación de la primera señal piloto TDM puede comprender generar la primera señal piloto TDM en el dominio de la frecuencia con un primer conjunto de símbolos piloto para un primer conjunto de sub-bandas de frecuencia, y la generación de la segunda señal piloto TDM puede comprender generar la segunda señal piloto TDM en el dominio de la frecuencia con un segundo conjunto de símbolos

piloto para un segundo conjunto de sub-bandas de frecuencia. En el procedimiento, la generación de la primera señal piloto TDM puede comprender generar una primera secuencia piloto con la primera secuencia PNM, y generar la primera señal piloto TDM con una pluralidad de ejemplos de la primera secuencia piloto. En el procedimiento, la generación de la primera secuencia piloto puede comprender generar la primera secuencia piloto con la primera secuencia PN y con una longitud igual a la longitud de la primera secuencia PN: En el procedimiento, la generación de la primera señal piloto TDM puede comprender generar la primera señal piloto TDM con una primera secuencia PN distinta para cada uno entre una pluralidad de intervalos de transmisión. En el procedimiento, la generación de la primera señal piloto TDM puede comprender identificar la primera secuencia PN entre un conjunto de primeras secuencias PN, correspondiendo la primera secuencia PN a un desplazamiento de código seleccionado entre una pluralidad de posibles desplazamientos de código, y generar la primera señal piloto TDM con la primera secuencia PN. En el procedimiento, la generación de la segunda señal piloto TDM puede comprender generar una segunda secuencia piloto con una segunda secuencia PN, y generar la segunda señal piloto TDM con al menos un ejemplo de la segunda secuencia piloto. En el procedimiento, la generación de la segunda secuencia piloto puede comprender generar la segunda secuencia piloto con la segunda secuencia PN y con una longitud igual a la longitud de la segunda secuencia PN. En el procedimiento, la generación de la segunda secuencia piloto puede comprender generar la segunda secuencia piloto con la segunda secuencia PN y con una longitud mayor que la primera secuencia piloto. El procedimiento puede además comprender generar una tercera señal piloto TDM con una tercera secuencia PN; y transmitir la tercera señal piloto TDM en una tercera parte de cada intervalo de transmisión. El procedimiento puede además comprender generar una señal piloto multiplexada por división de la frecuencia (FDM); y transmitir la señal piloto FDM en una tercera parte de cada intervalo de transmisión. El procedimiento puede además comprender generar una señal piloto multiplexada por división de la frecuencia (FDM) con la segunda secuencia PN; y transmitir la señal piloto FDM en una tercera parte de cada intervalo de transmisión. El procedimiento puede además comprender generar una señal piloto multiplexada por división de la frecuencia (FDM) con una tercera secuencia PN; y transmitir la señal piloto FDM en una tercera parte de cada intervalo de transmisión. El procedimiento puede además comprender identificar la primera secuencia PN entre un conjunto de M1 posibles primeras secuencias PN; e identificar la segunda secuencia PN entre un conjunto de M2 posibles segundas secuencias PN asociadas a la primera secuencia PN, donde M1 es uno o más, y M2 es mayor que uno. El procedimiento puede además comprender identificar la segunda secuencia PN asignada a una estación base que transmite las señales piloto TDM primera y segunda, en donde las estaciones base vecinas en los sistemas tienen asignadas distintas segundas secuencias PN. En el procedimiento, la generación de la segunda señal piloto TDM puede comprender seleccionar la segunda secuencia PN entre una pluralidad de segundas secuencias PN asignadas a una estación base, en donde cada una entre la pluralidad de segundas secuencias PN corresponde a un valor distinto de datos.

En un aspecto, un procedimiento de transmisión de señal piloto en un sistema de comunicación, que comprende generar una pluralidad de señales piloto multiplexadas por división del tiempo (TDM) con una pluralidad de secuencias de números pseudo-aleatorios (PN), una secuencia PN para cada señal piloto TDM; y transmitir la pluralidad de señales piloto TDM en una pluralidad de intervalos temporales de cada intervalo de transmisión con transmisión de señal piloto TDM. El procedimiento puede además comprender identificar una secuencia PN para cada una entre la pluralidad de señales piloto TDM, entre un conjunto de secuencias PN disponibles para la señal piloto TDM. El procedimiento puede además comprender identificar una primera secuencia PN para una primera señal piloto TDM entre un conjunto de secuencias PN disponibles para la primera señal piloto TDM; y para cada señal piloto TDM restante entre la pluralidad de señales piloto TDM, determinar un subconjunto de secuencias PN asociadas a una secuencia PN usada para otra señal piloto TDM transmitida en un intervalo temporal anterior, e identificar una secuencia PN para las señales piloto TDM restantes entre el subconjunto de secuencias PN.

En un aspecto, un aparato en un sistema de comunicación, que comprende una operación de procesador para generar una primera señal piloto multiplexada por división del tiempo (TDM) con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios (PN) y para generar una segunda señal piloto TDM con una segunda secuencia PN; y un multiplexador operativo para multiplexar la primera señal piloto TDM en una primera parte de cada intervalo de transmisión, y para multiplexar la segunda señal piloto TDM en una segunda parte de cada intervalo de transmisión. En el aparato, el procesador puede estar operativo para generar una primera secuencia piloto con la primera secuencia PN, generar la primera señal piloto TDM con una pluralidad de ejemplos de la primera secuencia piloto, generar una segunda secuencia piloto con la segunda secuencia PN, y generar la segunda señal piloto TDM con al menos un ejemplo de la segunda secuencia piloto. En el aparato, el procesador puede estar operativo para identificar la primera secuencia PN entre un conjunto de M1 posibles primeras secuencias PN y para identificar la segunda secuencia PN entre un conjunto de M2 posibles segundas secuencias PN asociadas a la primera secuencia PN, donde M1 es uno o más y M2 es mayor que uno. El aparato puede además comprender una unidad transmisora, operativa para transmitir las señales piloto TDM primera y segunda, alineadas en el tiempo con las señales piloto TDM primera y segunda procedentes de al menos otra estación base. El aparato puede además comprender una unidad transmisora operativa para transmitir las señales piloto TDM primera y segunda asincrónicamente con respecto a las señales piloto TDM primera y segunda, procedentes de al menos otra estación base. El aparato puede además comprender una unidad transmisora, operativa para transmitir las señales piloto TDM primera y segunda, escalonadas en el tiempo con respecto a las señales piloto

TDM primera y segunda procedentes de al menos otra estación base. En el aparato, las señales piloto TDM primera y segunda para cada estación base pueden ser transmitidas en un intervalo temporal asignado a la estación base. En el aparato, las estaciones base vecinas en el sistema pueden usar la misma primera secuencia PN y la misma segunda secuencia PN. En el aparato, las estaciones base vecinas en el sistema pueden tener asignadas distintas segundas secuencias PN. En el aparato, el sistema de comunicación puede utilizar el multiplexado por división ortogonal de frecuencia (OFDM).

En un aspecto, un aparato en un sistema de comunicación, que comprende medios para generar una primera señal piloto multiplexada por división del tiempo (TDM) con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios (PN); medios para generar una segunda señal piloto TDM con una segunda secuencia PN; medios para transmitir la primera señal piloto TDM en una primera parte de cada intervalo de transmisión; y medios para transmitir la segunda señal piloto TDM en una segunda parte de cada intervalo de transmisión. En el aparato, los medios para generar la primera señal piloto TDM pueden comprender medios para generar una primera secuencia piloto con la primera secuencia PN y medios para generar la primera señal piloto TDM con una pluralidad de ejemplos de la primera secuencia piloto, y los medios para generar la segunda señal piloto TDM pueden comprender medios para generar una segunda secuencia piloto con la segunda secuencia PN y medios para generar la segunda señal piloto TDM con al menos un ejemplo de la segunda secuencia piloto. En el aparato, las estaciones base vecinas en el sistema pueden tener asignadas distintas segundas secuencias PN.

En un aspecto, un procedimiento de realización de la adquisición en un sistema de comunicación, que comprende realizar una primera correlación sobre muestras recibidas, para detectar una primera señal piloto multiplexada por división del tiempo (TDM), compuesta por una pluralidad de ejemplos de una primera secuencia piloto y, si se detecta la primera señal piloto TDM, realizar una segunda correlación sobre las muestras recibidas, para detectar una segunda señal piloto TDM, compuesta por al menos un ejemplo de una segunda secuencia piloto. En el procedimiento, la realización de la primera correlación sobre las muestras recibidas puede comprender realizar la primera correlación sobre las muestras recibidas con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios (PN), y realizar la segunda correlación sobre las muestras recibidas puede comprender realizar la segunda correlación sobre las muestras recibidas con una segunda secuencia PN: En el procedimiento, la realización de la primera correlación puede comprender realizar una correlación retardada entre las muestras recibidas y las muestras recibidas retardadas. En el procedimiento, la realización de la primera correlación puede comprender, para cada periodo de muestreo, realizar una correlación retardada entre las muestras recibidas y las muestras recibidas retardadas, calcular una métrica de correlación retardada, comparar la métrica de correlación retardada con un umbral, y declarar la detección de la primera señal piloto TDM si la métrica de correlación retardada supera el umbral. El procedimiento puede además comprender, si se detecta la primera señal piloto TDM, detectar un valor máximo en los resultados de la correlación retardada, para distintos periodos de muestreo, y proporcionar la ubicación del valor máximo como una ubicación estimada de la primera señal piloto TDM. El procedimiento puede además comprender promediar los resultados de correlación de la primera correlación para una pluralidad de intervalos de transmisión. El procedimiento puede además comprender obtener un umbral adaptable en base a las muestras recibidas; y detectar la primera señal piloto TDM en base al umbral adaptable. El procedimiento puede además comprender detectar la primera señal piloto TDM en base al umbral fijo. El procedimiento puede además comprender detectar la primera señal piloto TDM en base al más alto resultado de correlación proporcionado por la primera correlación en cada intervalo de transmisión. En el procedimiento, la realización de la segunda correlación puede comprender realizar la correlación directa sobre las muestras recibidas con al menos una segunda secuencia PN hipotética. En el procedimiento, la realización de la segunda correlación puede comprender realizar la correlación directa sobre las muestras recibidas para al menos una hipótesis, correspondiendo cada hipótesis a un desplazamiento temporal específico y a una segunda secuencia PN hipotética para la segunda señal piloto TDM, calcular una métrica de correlación directa para cada una de dichas al menos una hipótesis, comparar la métrica de correlación directa para cada hipótesis con un umbral, y declarar la detección de la segunda señal piloto TDM si la métrica de correlación directa, para una cualquiera de dichas al menos una hipótesis, supera el umbral. El procedimiento puede además comprender, si se detecta la primera señal piloto TDM, realizar una tercera correlación sobre las muestras recibidas para identificar al menos un ejemplo de la primera secuencia piloto. En el procedimiento, la realización de la tercera correlación sobre las muestras recibidas puede comprender realizar la tercera correlación sobre las muestras recibidas en el dominio del tiempo con un primer número pseudo-aleatorio (PN), usado para generar la primera señal piloto TDM. En el procedimiento, la realización de la tercera correlación sobre las muestras recibidas puede comprender realizar la tercera correlación sobre las muestras recibidas en el dominio de la frecuencia con un primer número pseudo-aleatorio (PLN), usado para generar la primera señal piloto TDM. En el procedimiento, la realización de la tercera correlación puede comprender realizar la correlación directa entre las muestras recibidas y al menos una primera secuencia PN hipotética, para una pluralidad de desplazamientos temporales, identificar los K mayores resultados de la correlación directa, obtenidos para la pluralidad de desplazamientos temporales, y dicha al menos una primera secuencia PN, donde K es un entero de valor uno o más, y proporcionar K ejemplos detectados de la primera secuencia piloto, correspondientes a los K mayores resultados de la correlación directa, estando cada ejemplo detectado de la primera secuencia piloto asociado a un desplazamiento temporal específico y a una primera secuencia PN específica. El procedimiento puede además comprender identificar

un transmisor de las señales piloto TDM primera y segunda, en base a una secuencia de números pseudo-aleatorios (PN), usada para la segunda correlación, para detectar la segunda señal piloto TDM. El procedimiento puede además comprender identificar un transmisor de las señales piloto TDM primera y segunda en base a un intervalo temporal en el cual se detectan las señales piloto TDM primera y segunda. El procedimiento puede además comprender, si se detecta la primera señal piloto TDM, realizar una tercera correlación sobre las muestras recibidas para detectar una señal piloto multiplexada por división de la frecuencia (FDM), enviada por una pluralidad de sub-bandas de frecuencia. El procedimiento puede además comprender estimar el error de frecuencia en las muestras recibidas, en base al resultado de la primera correlación; y corregir el error de frecuencia estimado. El procedimiento puede además comprender, si se detecta la segunda señal piloto TDM, descodificar un canal de control para verificar la detección de la segunda señal piloto TDM. El procedimiento puede además comprender identificar un valor de datos asociado a una secuencia de números pseudo-aleatorios (PN), usada para la segunda correlación.

En un aspecto, un aparato en un sistema de comunicación, que comprende un primer correlacionador, operativo para realizar una primera correlación sobre muestras recibidas, para detectar una primera señal piloto multiplexada por división del tiempo (TDM), compuesta por una pluralidad de ejemplos de una primera secuencia piloto; y un segundo correlacionador operativo, si se detecta la primera señal piloto TDM, para realizar una segunda correlación sobre las muestras recibidas, para detectar una segunda señal piloto TDM compuesta por al menos un ejemplo de una segunda secuencia piloto. En el aparato, el primer correlacionador puede estar operativo para realizar la primera correlación sobre las muestras recibidas con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios (PN), y el segundo correlacionador puede estar operativo para realizar la segunda correlación sobre las muestras recibidas con una segunda secuencia PN. El aparato puede además comprender un tercer correlacionador operativo, si se detecta la primera señal piloto TDM, para realizar una tercera correlación sobre las muestras recibidas, para identificar al menos un ejemplo de la primera secuencia piloto.

En un aspecto, un aparato en un sistema de comunicación, que comprende medios para realizar una primera correlación sobre muestras recibidas, para detectar una primera señal piloto multiplexada por división del tiempo (TDM), compuesta por una pluralidad de ejemplos de una primera secuencia piloto; y medios, si se detecta la primera señal piloto TDM, para realizar una segunda correlación sobre las muestras recibidas, para detectar una segunda señal piloto TDM, compuesta por al menos un ejemplo de una segunda secuencia piloto. En el aparato, los medios para realizar la primera correlación sobre las muestras recibidas pueden comprender medios para realizar la primera correlación sobre las muestras recibidas con una primera secuencia de números pseudo-aleatorios (PN), y los medios para realizar la segunda correlación sobre las muestras recibidas pueden comprender medios para realizar la segunda correlación sobre las muestras recibidas con una segunda secuencia PN. El aparato puede además comprender medios, si se detecta la primera señal piloto TDM, para realizar una tercera correlación sobre las muestras recibidas, para identificar al menos un ejemplo de la primera secuencia piloto.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de transmisión de señales piloto multiplexadas por división del tiempo, TDM, en un sistema de comunicación (100), que comprende:
- identificar una primera secuencia de números pseudo-aleatorios, PN, entre un primer conjunto de posibles secuencias PN para una primera señal piloto TDM (222);
- 10 generar la primera señal piloto TDM (222) con la primera secuencia PN;
- identificar una segunda secuencia PN entre un segundo conjunto de posibles secuencias PN para una segunda señal piloto TDM (224),
- 15 en donde el primer conjunto de secuencias PN es distinto al segundo conjunto de secuencias PN y el par de la primera secuencia PN y la segunda secuencia PN está asociado a una identidad de una entidad transmisora (110);
- generar la segunda señal piloto TDM (224) con una segunda secuencia PN;
- 20 transmitir la primera señal piloto TDM (222) en una primera parte de cada intervalo de transmisión para las señales piloto TDM primera y segunda (222, 224); y
- transmitir la segunda señal piloto TDM (224) en una segunda parte de cada dicho intervalo de transmisión.
- 25 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la generación de la primera señal piloto TDM (222) comprende
- generar una secuencia piloto, y
- 30 generar la primera señal piloto TDM (222) con al menos un ejemplo de la secuencia piloto.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la generación de la segunda señal piloto TDM (224) comprende
- 35 generar una secuencia piloto con la segunda secuencia PN, y
- generar la segunda señal piloto TDM (224) con al menos un ejemplo de la secuencia piloto.
- 40 4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la generación de la primera señal piloto TDM (222) comprende generar la primera señal piloto TDM (222) en el dominio de la frecuencia con un primer conjunto de símbolos piloto para un primer conjunto de sub-portadoras, y en el que la generación de la segunda señal piloto TDM (224) comprende generar la segunda señal piloto TDM (224) en el dominio de la frecuencia, en base a un segundo conjunto de símbolos piloto para un segundo conjunto de sub-portadoras.
- 45 5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la transmisión de la segunda señal piloto TDM (224) comprende transmitir la segunda señal piloto TDM (224) en la segunda parte, siguiente a la primera parte, de cada dicho intervalo de transmisión.
- 50 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la generación de la primera señal piloto TDM (222) comprende generar un primer símbolo de OFDM que comprende la primera señal piloto TDM (222), y en el que la generación de la segunda señal piloto TDM (224) comprende generar un segundo símbolo de OFDM que comprende la segunda señal piloto TDM (224).
- 55 7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la generación del primer símbolo de OFDM comprende
- aplicar una secuencia piloto a múltiples sub-portadoras, y generar el primer símbolo de OFDM que comprende la secuencia piloto aplicada a las múltiples sub-portadoras.
- 60 8. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la generación del segundo símbolo de OFDM comprende
- aplicar la segunda secuencia PN a múltiples sub-portadoras, y

generar el segundo símbolo de OFDM, que comprende la segunda secuencia PN aplicada a las múltiples sub-portadoras.

- 5 9. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la transmisión de la primera señal piloto TDM (222) comprende transmitir el primer símbolo de OFDM en un primer periodo de símbolos de cada dicho intervalo de transmisión, y en el que la transmisión de la segunda señal piloto TDM (224) comprende la transmisión del segundo símbolo de OFDM en un segundo periodo de símbolos de cada dicho intervalo de transmisión.
- 10 10. Un aparato de comunicación inalámbrica, que comprende:
- 15 medios para identificar una primera secuencia de números pseudo-aleatorios, PN, entre un primer conjunto de posibles secuencias PN para una primera señal piloto multiplexada por división del tiempo, TDM (222);
- medios para generar la señal piloto TDM (222) con la primera secuencia PN;
- 20 medios para identificar una segunda secuencia PN a partir de un segundo conjunto de posibles secuencias PN para una segunda señal piloto TDM (224), en donde el primer conjunto de secuencias PN es distinto al segundo conjunto de secuencias PN, y el par de la primera secuencia PN y la segunda secuencia PN está asociado a una identidad de una entidad transmisora (110);
- 25 medios para generar la segunda señal piloto TDM (224) con la segunda secuencia PN;
- medios para transmitir la primera señal piloto TDM (222) en una primera parte de cada intervalo de transmisión para las señales piloto TDM primera y segunda (222, 224); y
- 30 medios para transmitir la segunda señal piloto TDM (224) en una segunda parte de cada dicho intervalo de transmisión.
- 30 11. El aparato de la reivindicación 10, en el que el medio para generar la primera señal piloto TDM (222) comprende
- medios para generar una secuencia piloto, y
- medios para generar la primera señal piloto TDM (222) con al menos un ejemplo de la secuencia piloto.
- 35 12. El aparato de la reivindicación 10, en el que el medio para generar la segunda señal piloto TDM (224) comprende
- medios para generar una secuencia piloto con la segunda secuencia PN, y
- 40 medios para generar la segunda señal piloto TDM (224) con al menos un ejemplo de la secuencia piloto.
- 45 13. El aparato de la reivindicación 10, en el que el medio para generar la primera señal piloto TDM (222) comprende medios para generar la primera señal piloto TDM (222) en el dominio de la frecuencia con un primer conjunto de símbolos piloto para un primer conjunto de sub-portadoras, y en el que el medio para generar la segunda señal piloto TDM (224) comprende medios para generar la segunda señal piloto TDM (224) en el dominio de la frecuencia con un segundo conjunto de símbolos piloto para un segundo conjunto de sub-portadoras.
- 50 14. El aparato de la reivindicación 10, en el que el medio para transmitir la segunda señal piloto TDM (224) comprende medios para transmitir la segunda señal piloto TDM (224) en la segunda parte, siguiente a la primera parte, de cada dicho intervalo de transmisión.
15. Un programa de ordenador para realizar un procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.

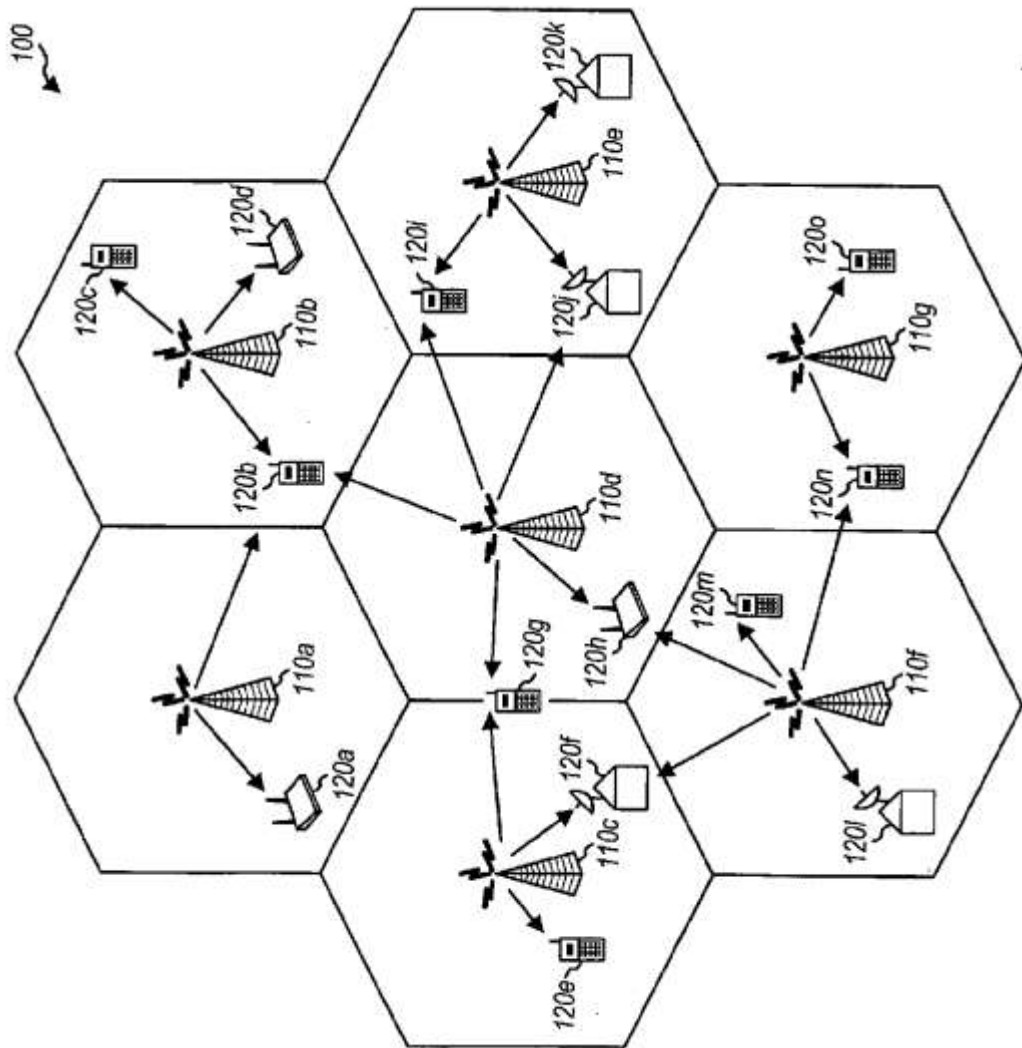


FIG. 1

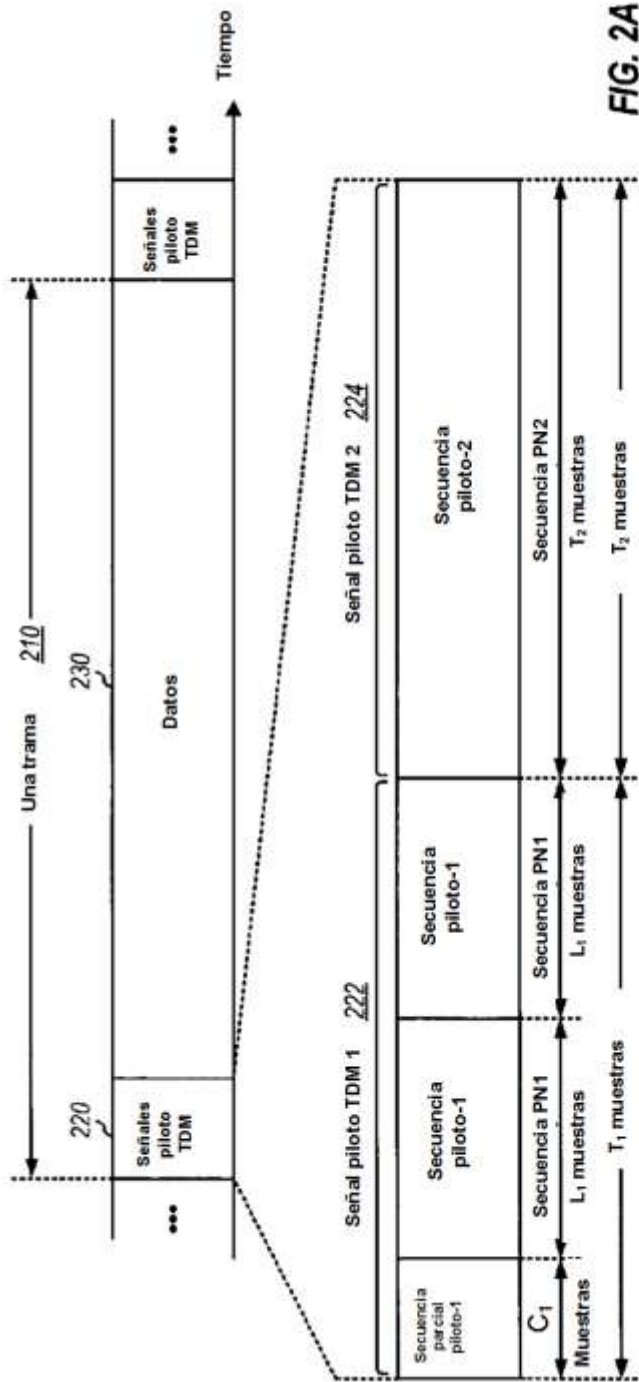


FIG. 2A

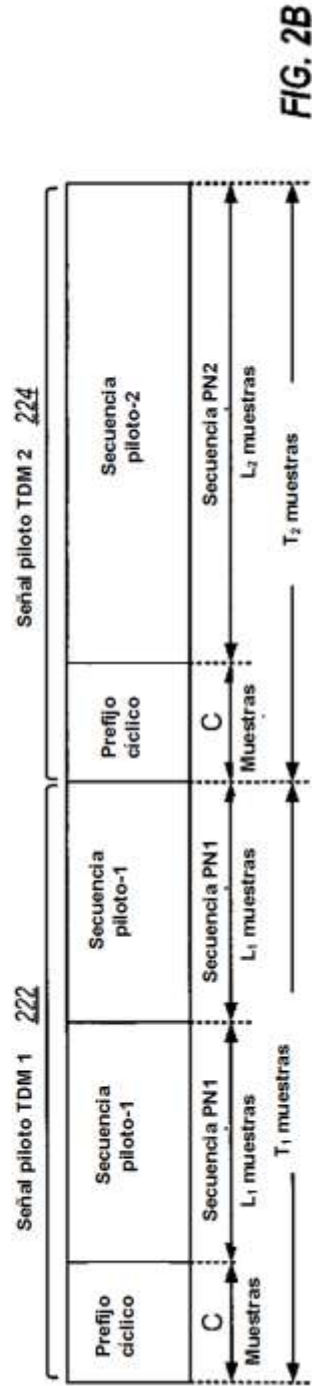
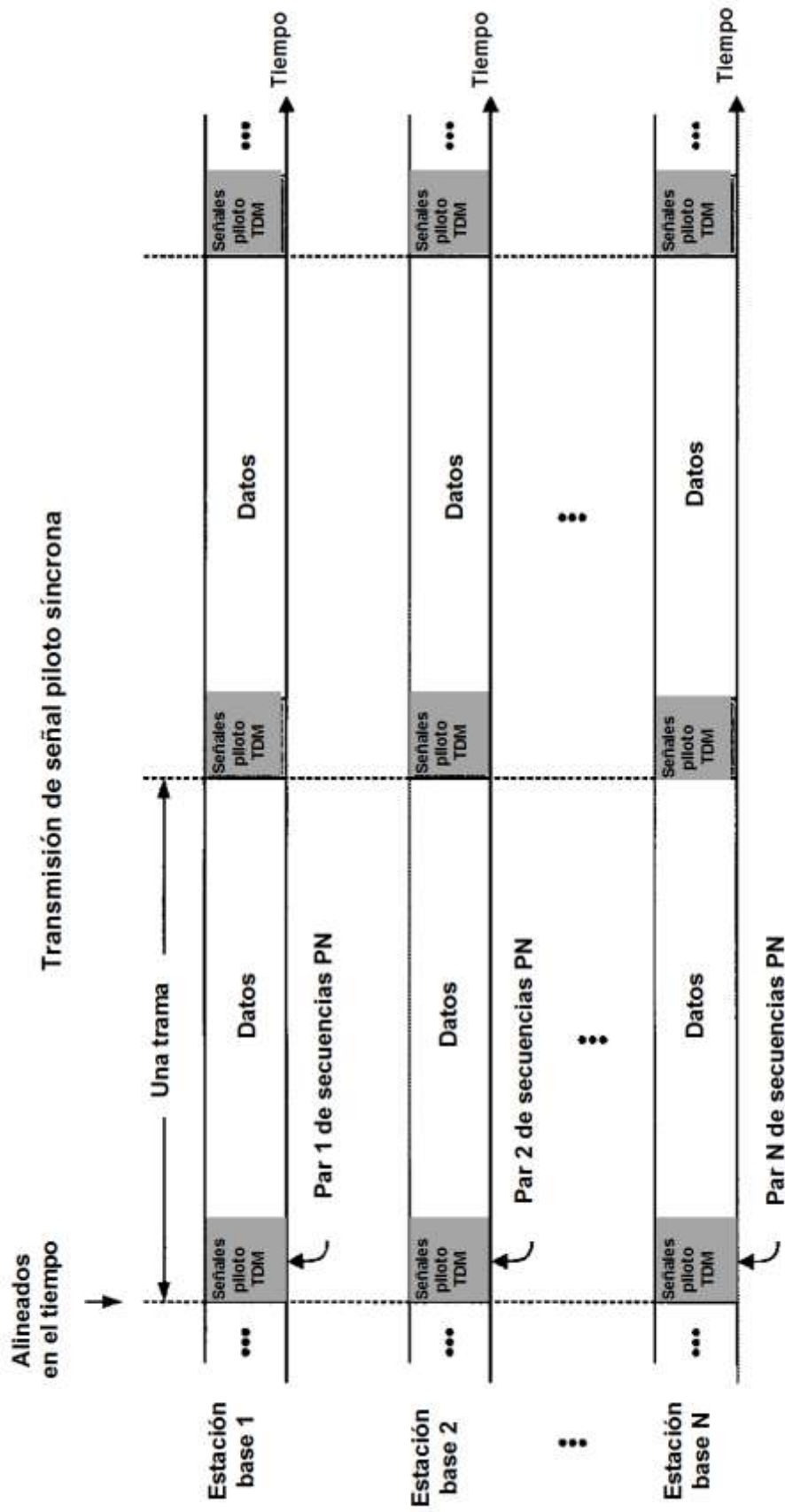


FIG. 2B



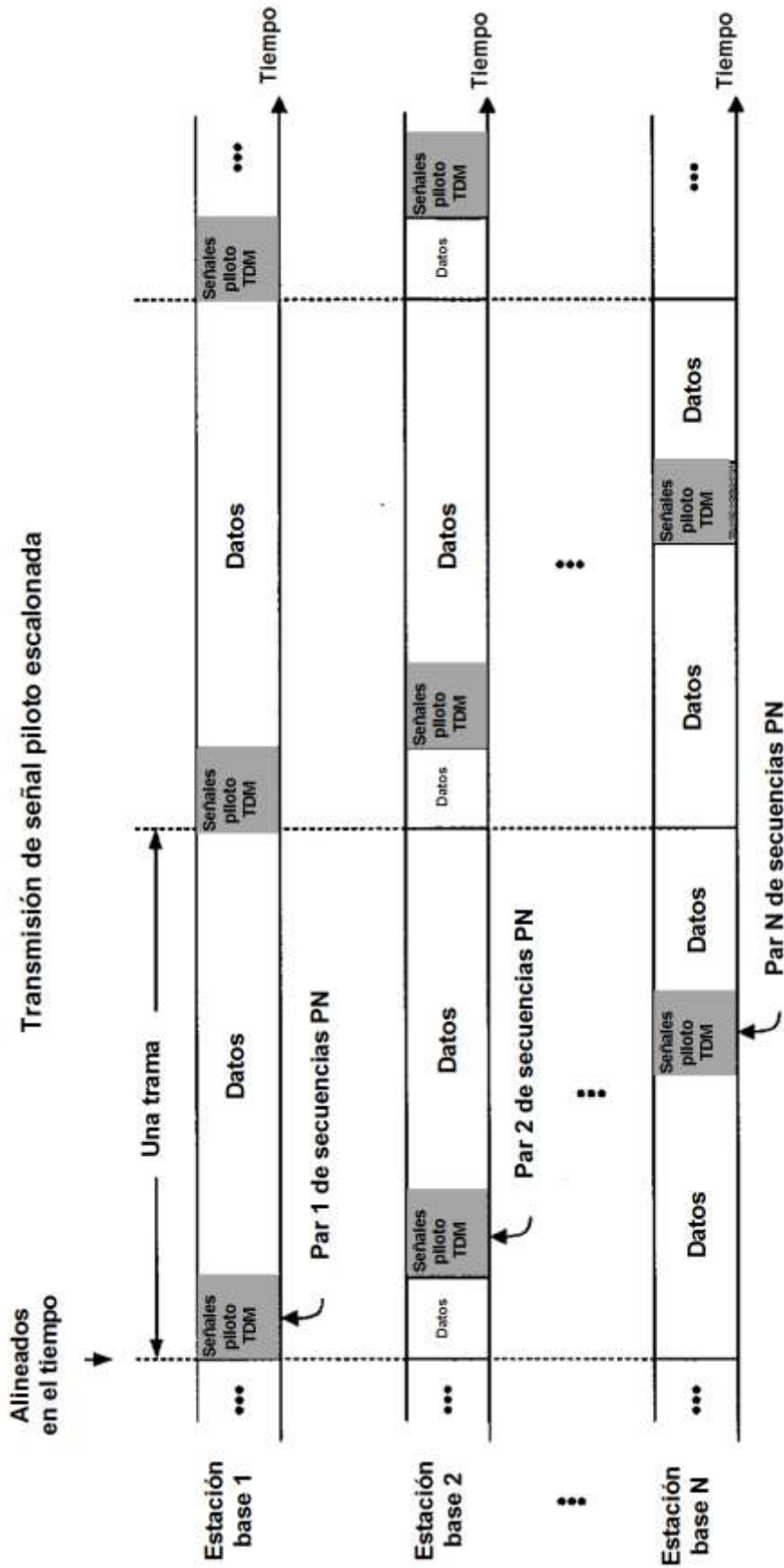


FIG. 3B

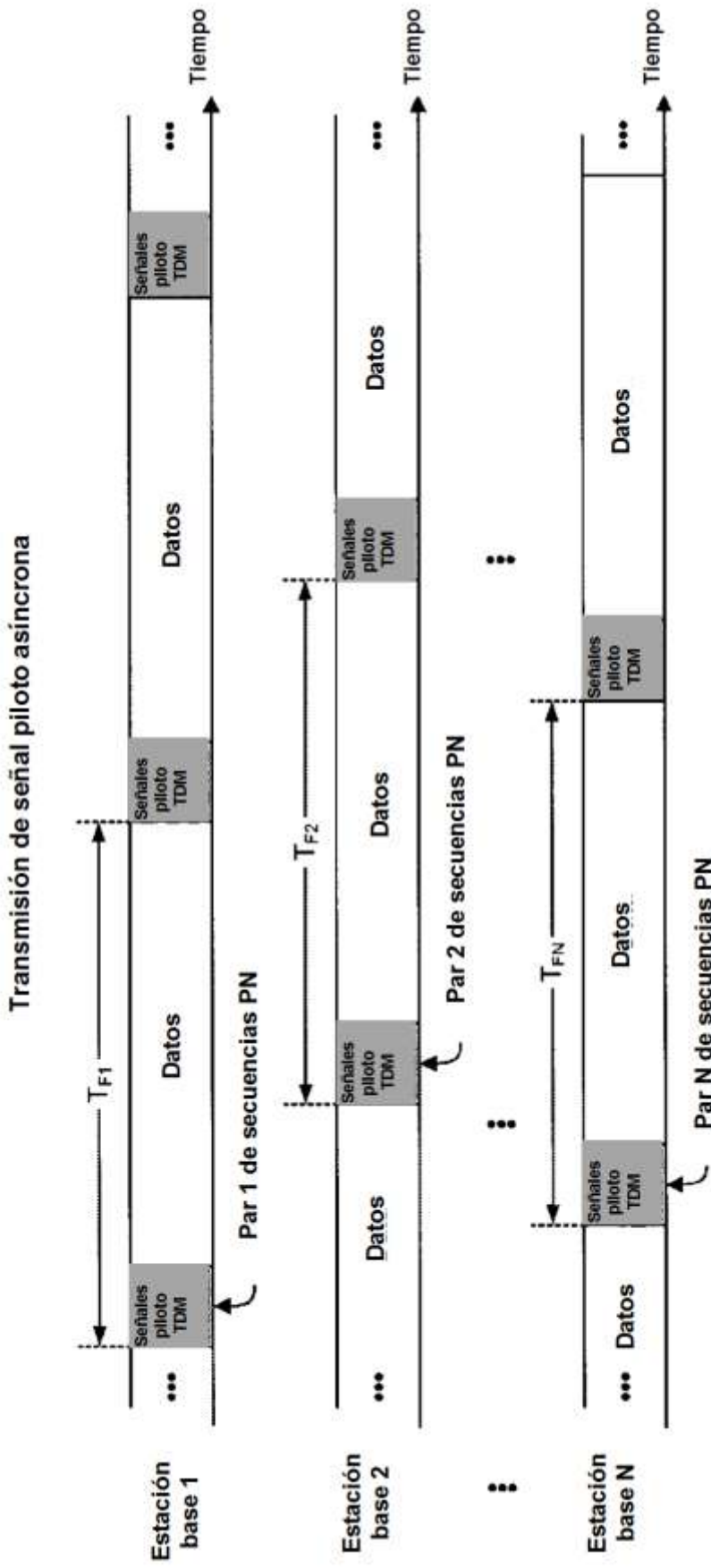


FIG. 3C

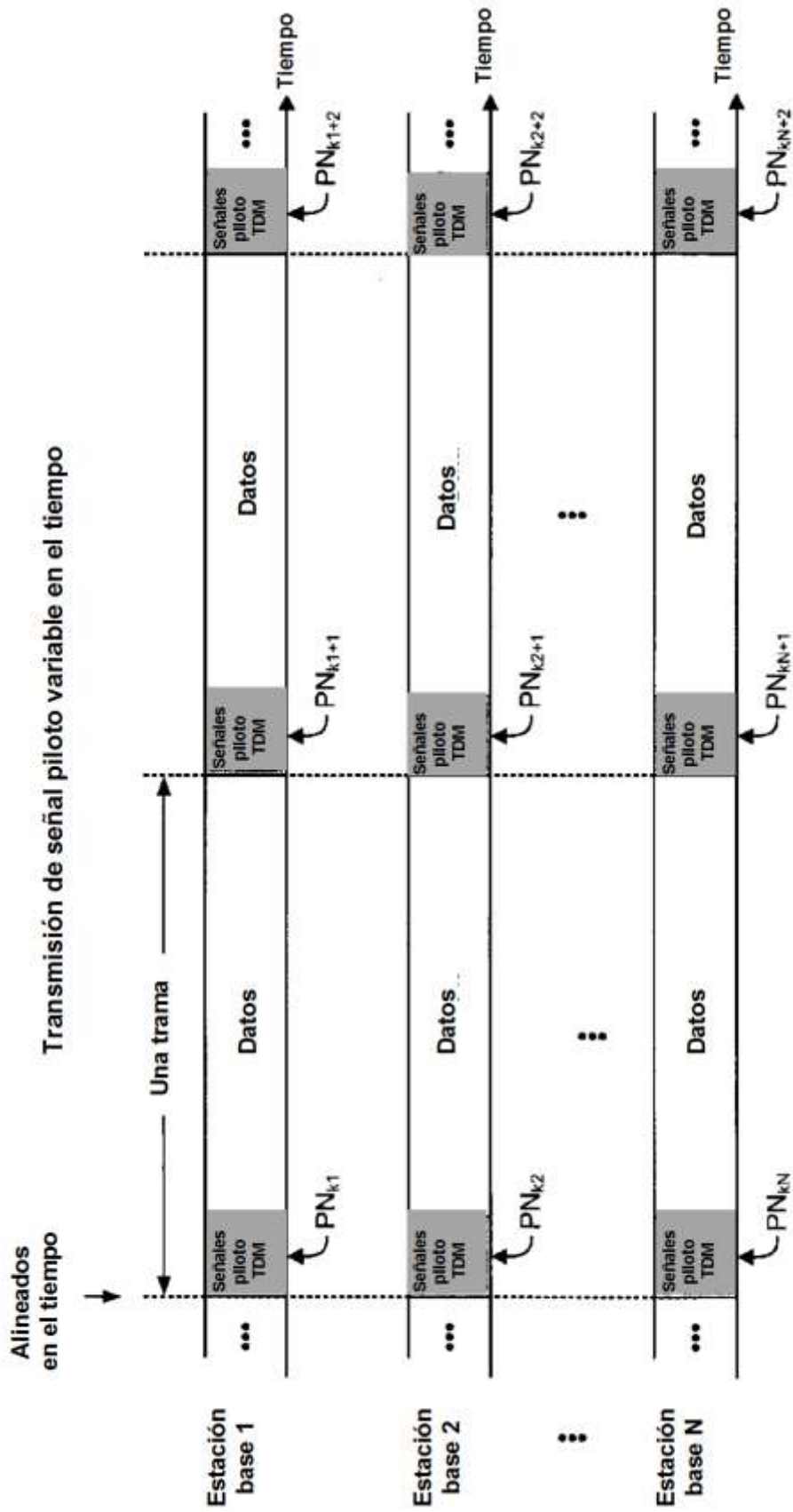


FIG. 3D

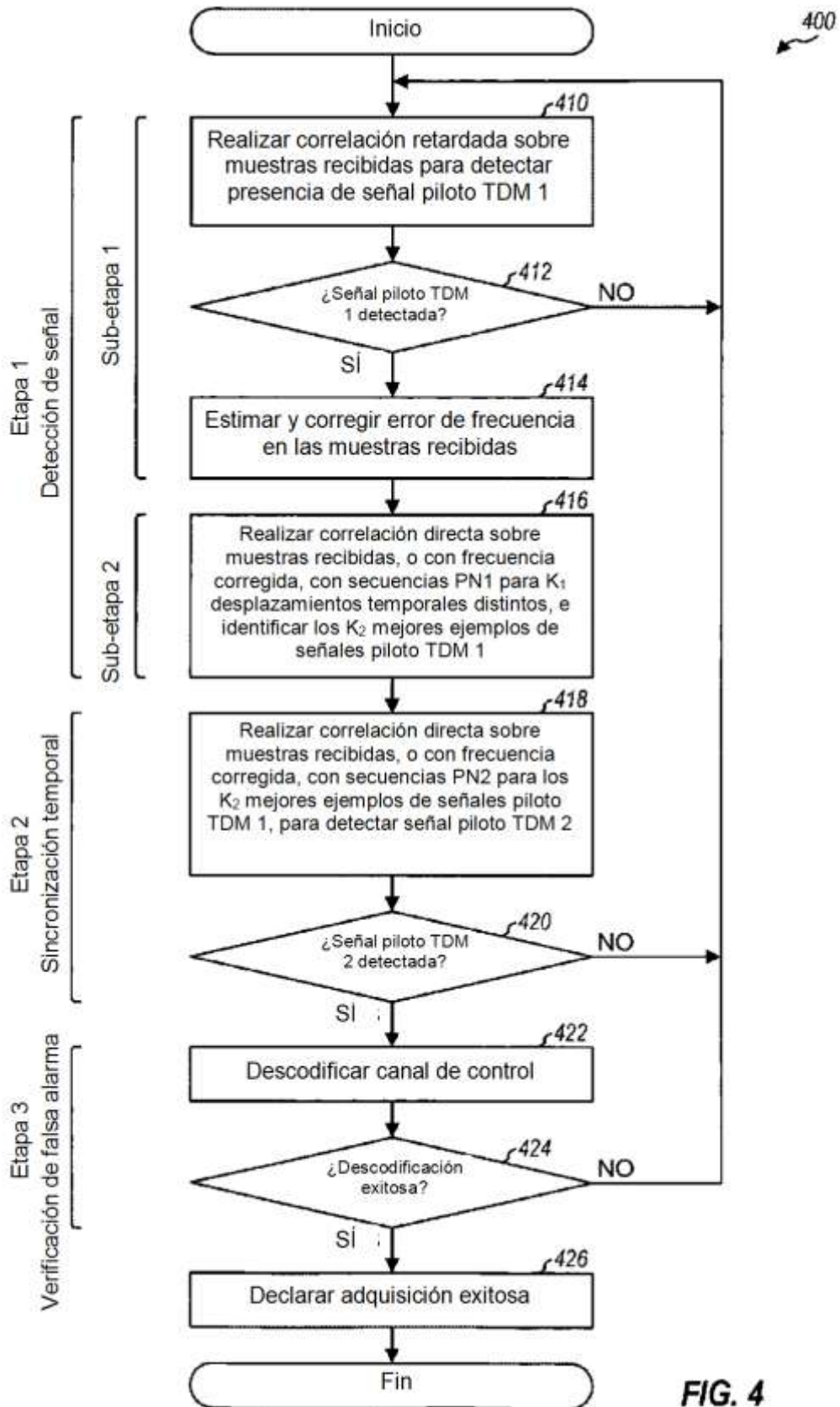


FIG. 4

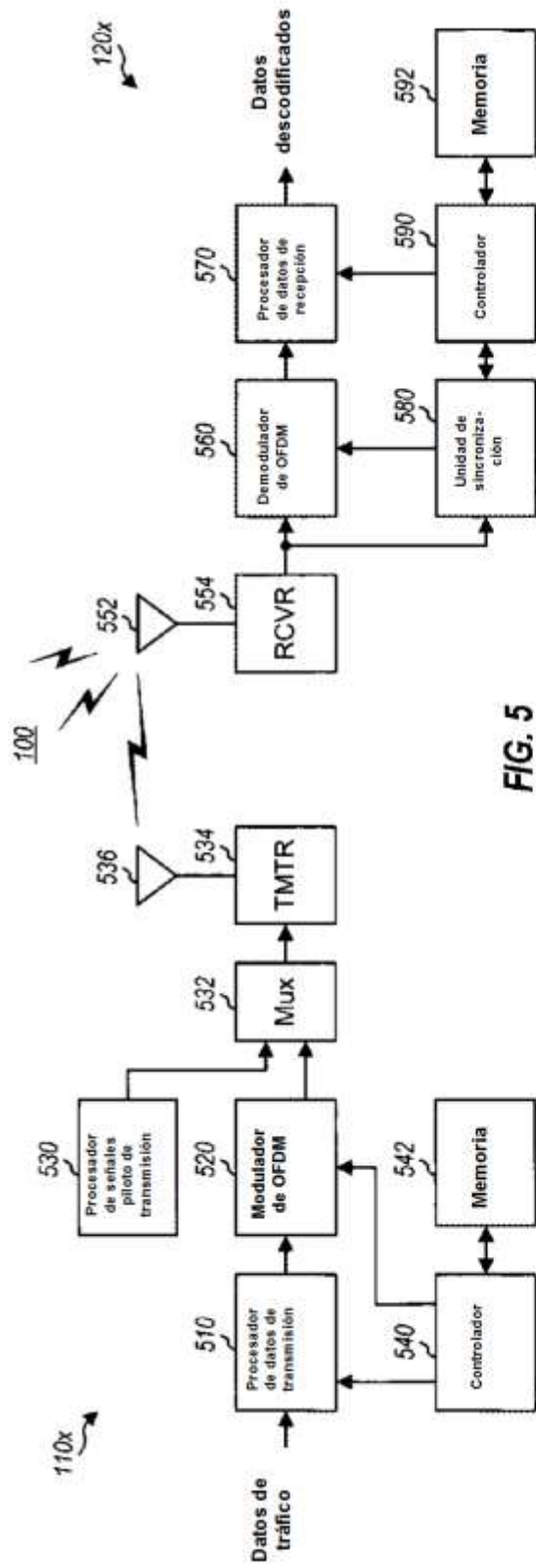


FIG. 5

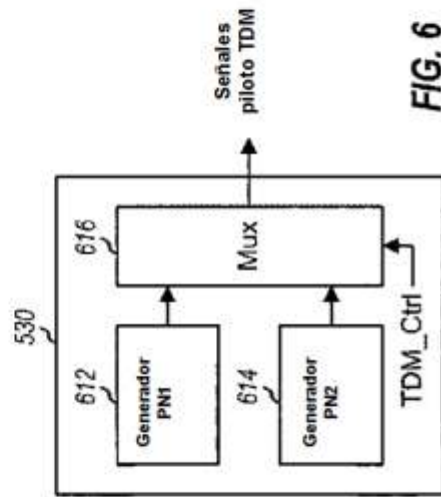


FIG. 6

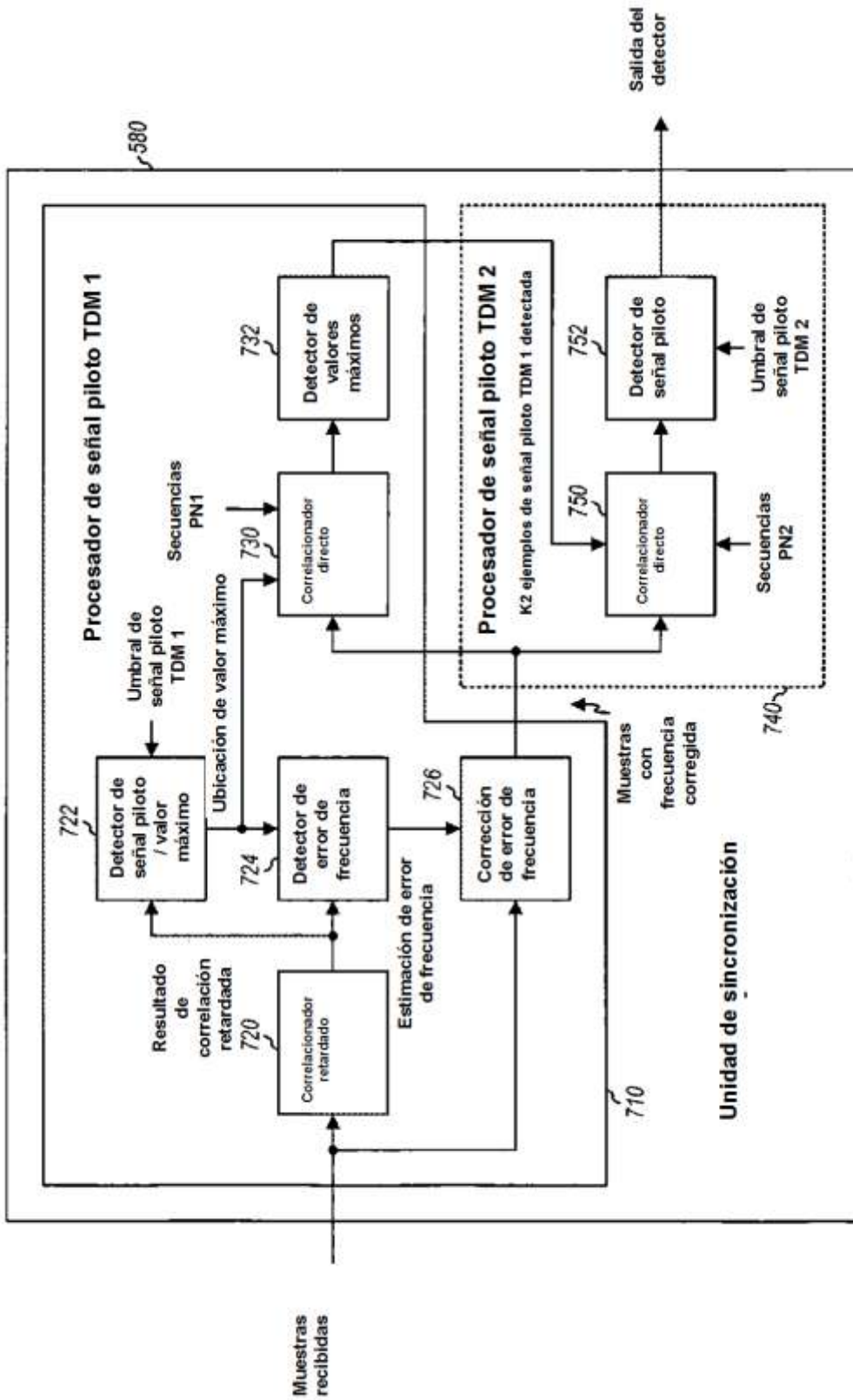


FIG. 7

