(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 694 680**

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

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2006** **PCT/US2006/009708**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **19.10.2006** **WO06110259**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2006** **E 06769782 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018** **EP 1859592**

(54) Título: **Transmisión de señal piloto para un sistema de comunicación inalámbrica de división ortogonal de frecuencia**

(30) Prioridad:

17.03.2005 US 83693

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.12.2018

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

GOROKHOV, ALEXEI;
NAGUIB, AYMAN, FAWZY;
SUTIVONG, ARAK;
GORE, DHANANJAY, ASHOK y
JI, TINGFANG

(74) Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 694 680 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

Transmisión de señal piloto para un sistema de comunicación inalámbrica de división ortogonal de frecuencia

Antecedentes

I. Campo

[0001] El presente documento se refiere en general a la comunicación inalámbrica y, entre otras cosas, a la transmisión de información piloto en un sistema de comunicación inalámbrica de división ortogonal de frecuencia.

II. Antecedentes

[0002] Un sistema de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA) utiliza la multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM). La OFDM es una técnica de modulación multiportadora que particiona el ancho de banda global del sistema en múltiples (N) subportadoras de frecuencia ortogonales. Estas subportadoras también se pueden llamar tonos, bins y canales de frecuencia. Cada subportadora puede modularse con datos. Se pueden enviar hasta N símbolos de modulación en las N subportadoras totales en cada período de símbolo de OFDM. Estos símbolos de modulación se convierten en el dominio de tiempo con una transformada rápida de Fourier inversa de N puntos (IFFT) para generar un símbolo transformado que contenga N chips o muestras del dominio de tiempo.

[0003] En un sistema de comunicación de salto de frecuencia, los datos se transmiten en diferentes subportadoras de frecuencia en diferentes intervalos de tiempo, que pueden denominarse "períodos de salto". Estas subportadoras de frecuencia pueden proporcionarse mediante multiplexación por división ortogonal de frecuencia, otras técnicas de modulación multiportadora, o algunas otras construcciones. Con el salto de frecuencia, la transmisión de datos salta de subportadora a subportadora de una manera pseudoaleatoria. Este salto proporciona diversidad de frecuencia y permite que la transmisión de datos resista mejor los efectos de ruta nocivos, tales como la interferencia de banda estrecha, el atasco, el desvanecimiento, etc.

[0004] Un sistema OFDMA puede soportar múltiples estaciones móviles simultáneamente. Para un sistema OFDMA de salto de frecuencia, puede enviarse una transmisión de datos para una estación móvil dada en un canal de "tráfico" que esté asociado con una secuencia de salto de frecuencia (FH) específica. Esta secuencia de FH indica la subportadora específica que se usará para la transmisión de datos en cada período de salto. Se pueden enviar múltiples transmisiones de datos para múltiples estaciones móviles simultáneamente en múltiples canales de tráfico que estén asociados con diferentes secuencias de FH. Estas secuencias de FH pueden definirse como ortogonales entre sí de modo que solo un canal de tráfico, y por tanto solo una transmisión de datos, use cada subportadora en cada período de salto. Mediante el uso de secuencias de FH ortogonales, las múltiples transmisiones de datos no interfieren en general entre sí mientras disfrutan de los beneficios de la diversidad de frecuencia.

[0005] Normalmente, se necesita una estimación precisa de un canal inalámbrico entre un transmisor y un receptor con el fin de recuperar los datos enviados a través del canal inalámbrico. La estimación de canal se realiza típicamente enviando un piloto desde el transmisor y midiendo el piloto en el receptor. La señal piloto se compone de símbolos piloto que son conocidos a *priori* tanto por el transmisor como por el receptor. El receptor puede estimar por tanto la respuesta del canal basándose en los símbolos recibidos y en los símbolos conocidos.

[0006] Parte de cada transmisión desde cualquier estación móvil particular hasta la estación base, a menudo denominada transmisión de "enlace inverso", durante un período de salto se asigna a la transmisión de símbolos piloto. En general, el número de símbolos piloto determina la calidad de la estimación de canal y, por lo tanto, el rendimiento de la tasa de error del paquete. Sin embargo, el uso de símbolos piloto causa una reducción en la velocidad de transferencia de datos de transmisión efectiva que se puede lograr. Es decir, a medida que se asigna más ancho de banda a la información piloto, el ancho de banda se vuelve menos disponible para la transmisión de datos.

[0007] Un tipo de sistema FH-OFDMA es un sistema de salto bloqueado donde se asignan múltiples estaciones móviles a un grupo contiguo de frecuencias y de periodos de símbolo. En un sistema de este tipo, es importante que la información piloto se reciba de manera fiable desde la estación móvil, mientras que al mismo tiempo se reduce el ancho de banda que se asigna a la información piloto, ya que el bloque tiene una cantidad limitada de símbolos y tonos disponibles para su uso tanto para piloto como para transmisión de datos.

[0008] Se presta más atención al documento US2004131007. El documento describe esquemas de transmisión piloto adecuados para su uso en sistemas inalámbricos multiportadoras (por ejemplo, OFDM). Estos esquemas de transmisión piloto pueden utilizar la frecuencia, el tiempo o la ortogonalidad de frecuencia y de tiempo para lograr la ortogonalidad entre los pilotos transmitidos por múltiples estaciones base en el enlace descendente. La ortogonalidad de frecuencia se logra transmitiendo pilotos en conjuntos disjuntos de subbandas. La ortogonalidad de tiempo se logra transmitiendo pilotos usando diferentes códigos ortogonales (por ejemplo, Códigos Walsh). Los pilotos también pueden estar codificados con diferentes códigos de cifrado, que se usan para aleatorizar la interferencia piloto y para permitir la identificación de los transmisores de estos pilotos. La cancelación de la interferencia piloto se puede realizar para

mejorar el rendimiento ya que las subbandas usadas para la transmisión de datos por un transmisor también se pueden usar para la transmisión piloto por otro transmisor. La interferencia piloto se estima y luego se resta de los símbolos recibidos para obtener símbolos cancelados por piloto que tengan una calidad mejorada.

[0009] También se presta atención al artículo de KISHIYAMA Y ET AL: "Investigation of optimum pilot channel structure for VSF-OFCDM broadband wireless access in forward link [Investigación de la estructura óptima del canal piloto para el acceso inalámbrico de banda ancha VSF-OFCDM en el enlace directo]" VTC 2003-SPRING. LA 57ª. CONFERENCIA SEMIANNUAL DEL IEEE SOBRE TECNOLOGÍA VEHICULAR. ACTAS. JEJU, COREA, DEL 22 AL 25 DE ABRIL DE 2003, CONFERENCIA DEL IEEE SOBRE TECNOLOGÍA VEHICULAR, NUEVA YORK, NY: IEEE, EE. UU., Vol. VOL. 4 DE 4. CONF. 57, 22 de abril de 2003 (2003-04-22), páginas 139-144, XP010862089 ISBN: 0-7803-7757-5. El documento analiza estructuras multiplexadas por tiempo, multiplexadas por código y multiplexadas por frecuencia para un canal piloto en VSF-OFCDMA y el impacto en el rendimiento del enlace de radio.

[0010] Finalmente, se llama la atención sobre el documento US 2003072255 que describe un procedimiento y un aparato para realizar la adquisición, la sincronización y la selección de célula dentro de un sistema de comunicación MIMO-OFDM. Se realiza una sincronización gruesa para determinar una ventana de búsqueda. Luego se realiza una sincronización fina midiendo correlaciones entre subconjuntos de muestras de señal, cuya primera muestra de señal se encuentra dentro de la ventana de búsqueda, y valores conocidos. Las correlaciones se realizan en el dominio de frecuencia de la señal recibida. En un sistema OFDM de múltiples salidas, cada antena del transmisor OFDM tiene un valor conocido único. El valor conocido se transmite como pares de símbolos piloto consecutivos, transmitiéndose cada par de símbolos piloto en el mismo subconjunto de frecuencias de subportadoras dentro de la trama OFDM.

SUMARIO

[0011] De acuerdo con la presente invención, se proporcionan un procedimiento para la comunicación inalámbrica, como se expone en la reivindicación 1, un aparato de comunicación inalámbrica, como se expone en las reivindicaciones 21 y 47. Los modos de realización de la invención se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

[0012] En un modo de realización, se proporcionan patrones de símbolos piloto para símbolos piloto transmitidos desde una estación móvil o una estación base. El patrón permite una recepción y una demodulación mejoradas de los símbolos piloto transmitidos.

[0013] En modos de realización adicionales, se proporcionan esquemas para mejorar la capacidad de multiplexar símbolos piloto sin interferencia y/o desviar desde diferentes estaciones móviles en un mismo sector de una estación base en las mismas frecuencias y en los mismos intervalos de tiempo en un sistema OFDM.

[0014] En otros modos de realización, se proporcionan esquemas para reducir la desviación o la interferencia para símbolos piloto transmitidos desde diferentes estaciones móviles en células vecinas en las mismas frecuencias y en los mismos intervalos de tiempo en un sistema OFDM.

[0015] En otros modos de realización, se proporcionan procedimientos para alterar patrones de símbolos piloto. Además, en otros modos de realización, se proporcionan procedimientos para generar símbolos piloto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0016] Las características, la naturaleza y las ventajas de los presentes modos de realización pueden resultar más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se tome junto con los dibujos, en los que los mismos caracteres de referencia se identifican de manera correspondiente en todos ellos, y en los que:

la Fig. 1 ilustra un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple de acuerdo con un modo de realización;

la Fig. 2 ilustra un esquema de asignación de espectro para un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple de acuerdo con un modo de realización;

la Fig. 3A ilustra un diagrama de bloques de un esquema de asignación piloto de acuerdo con un modo de realización;

la Fig. 3BA ilustra un diagrama de bloques de un esquema de asignación piloto de acuerdo con otro modo de realización;

la Fig. 4A ilustra un esquema de cifrado de símbolos piloto de acuerdo con un modo de realización;

la Fig. 4B ilustra un esquema de cifrado de símbolos piloto de acuerdo con otro modo de realización;

la Fig. 5 ilustra una estación base con múltiples sectores en un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple de acuerdo con un modo de realización;

la Fig. 6 ilustra un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple de acuerdo con un modo de realización;

la Fig. 7 ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de un sistema transmisor y de un sistema receptor en un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple de múltiples entradas y múltiples salidas;

la Fig. 8 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento de generación de símbolos piloto de acuerdo con un modo de realización. y

la Fig. 9 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento de alteración de patrones de símbolos piloto de acuerdo con un modo de realización.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0017] Con referencia a la Fig. 1, se ilustra un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple de acuerdo con un modo de realización. Una estación base 100 incluye múltiples grupos de antenas 102, 104 y 106, cada uno de los cuales incluye una o más antenas. En la Fig. 1, solo se muestra una antena para cada grupo de antenas 102, 104 y 106, sin embargo, se pueden utilizar múltiples antenas para cada grupo de antenas que corresponde a un sector de la estación base 100. La estación móvil 108 está en comunicación con la antena 104, donde la antena 104 transmite información a la estación móvil 108 a través del enlace directo 114 y recibe información desde la estación móvil 108 a través del enlace inverso 112. La estación móvil 110 está en comunicación con la antena 106, donde la antena 106 transmite información a la estación móvil 110 a través del enlace directo 118 y recibe información desde la estación móvil 110 a través del enlace inverso 116.

[0018] Cada grupo de antenas 102, 104 y 106 y/o el área en la que están diseñadas para comunicarse se denomina a menudo sector de la estación base. En el modo de realización, los grupos de antenas 102, 104 y 106 están diseñados para comunicarse con estaciones móviles en un sector, sectores 120, 122 y 124, respectivamente, de las áreas cubiertas por la estación base 100.

[0019] Una estación base puede ser una estación fija usada para comunicarse con los terminales y también puede denominarse punto de acceso, nodo B, o con alguna otra terminología. Una estación móvil también se puede llamar estación móvil, equipo de usuario (UE), dispositivo de comunicación inalámbrica, terminal, terminal de acceso o con alguna otra terminología.

[0020] Con referencia a la Fig. 2, se ilustra un esquema de asignación de espectro para un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple. Una pluralidad de símbolos OFDM 200 se asigna a lo largo de T periodos de símbolo y S subportadoras de frecuencia. Cada símbolo OFDM 200 comprende un período de símbolo de los T períodos de símbolo y un subportador de tono o frecuencia de las S subportadoras.

[0021] En un sistema de salto de frecuencia OFDM, se pueden asignar uno o más símbolos 200 a una estación móvil dada. En un modo de realización de un esquema de asignación como se muestra en la Fig. 2, una o más regiones de salto, por ejemplo, la región de salto 202, de símbolos a un grupo de estaciones móviles para la comunicación a través de un enlace inverso. Dentro de cada región de salto, la asignación de símbolos se puede aleatorizar para reducir la interferencia potencial y proporcionar diversidad de frecuencia contra los efectos de ruta nocivos.

[0022] Cada región de salto 202 incluye símbolos 204 que están asignados a la una o más estaciones móviles que están en comunicación con el sector de la estación base y asignadas a la región de salto. En otros modos de realización, cada región de salto se asigna a una o más estaciones móviles. Durante cada período de salto, o trama, la ubicación de la región de salto 202 dentro de los T períodos de símbolo y de las S subportadoras varía de acuerdo con una secuencia de salto. Además, la asignación de los símbolos 204 para las estaciones móviles individuales dentro de la región de salto 202 puede variar para cada período de salto.

[0023] La secuencia de salto puede ser pseudoaleatoria, aleatoria o, de acuerdo con una secuencia predeterminada, seleccionar la ubicación de la región de salto 202 para cada período de salto. Las secuencias de salto para diferentes sectores de la misma estación base están diseñadas para ser ortogonales entre sí para evitar la interferencia "intracelular" entre la estación móvil que se comunica con la misma estación base. Además, las secuencias de salto para cada estación base pueden ser pseudoaleatorias con respecto a las secuencias de salto para las estaciones base cercanas. Esto puede ayudar a aleatorizar la interferencia "intercelular" entre las estaciones móviles en comunicación con diferentes estaciones base.

[0024] En el caso de una comunicación de enlace inverso, algunos de los símbolos 204 de una región de salto 202 se asignan a símbolos piloto que se transmiten desde las estaciones móviles a la estación base. La asignación de símbolos piloto a los símbolos 204 debería soportar preferentemente acceso múltiple por división espacial (SDMA), donde las señales de diferentes estaciones móviles que se superponen en la misma región de salto pueden separarse debido a múltiples antenas receptoras en un sector o estación base, siempre que haya suficiente diferencia de firmas espaciales correspondientes a diferentes estaciones móviles. Para extraer y demodular de forma más precisa señales

de diferentes estaciones móviles, los respectivos canales de enlace inverso se deben estimar con precisión. Por lo tanto, puede desearse que los símbolos piloto en el enlace inverso permitan separar firmas piloto de diferentes estaciones móviles en cada antena receptora dentro del sector para aplicar posteriormente el procesamiento de múltiples antenas a los símbolos piloto recibidos de diferentes estaciones móviles.

[0025] El salto en bloque se puede utilizar tanto para el enlace directo como para el enlace inverso, o solo para el enlace inverso dependiendo del sistema. Debería observarse que, mientras que la Fig. 2 representa la región de salto 200 que tiene una longitud de siete periodos de símbolos, la longitud de la región de salto 200 puede ser cualquier cantidad deseada, puede variar de tamaño entre períodos de salto o entre diferentes regiones de salto en un periodo de salto dado.

[0026] Cabe destacar que, aunque el modo de realización de la Fig. 2 se describe con respecto a la utilización de saltos de bloques, la ubicación del bloque no necesita alterarse entre periodos de salto consecutivos o en absoluto.

[0027] Con referencia a las Figs. 3A y 3B, se ilustran diagramas de bloques de esquemas de asignación piloto de acuerdo con varios modos de realización. Las regiones de salto 300 y 320 están definidas por T periodos de símbolos mediante S subportadoras o tonos. La región de salto 300 incluye los símbolos piloto 302, y la región de salto 320 incluye los símbolos piloto 322, con los períodos de símbolos restantes y las combinaciones de tonos disponibles para los símbolos de datos y para otros símbolos. En un modo de realización, las ubicaciones de símbolos piloto para cada una de las regiones de salto, es decir, un grupo de N_S tonos contiguos sobre N_T símbolos OFDM consecutivos, deberían tener tonos piloto situados cerca de los bordes de la región de salto. Esto es en general porque los canales típicos en aplicaciones inalámbricas son funciones de tiempo y de frecuencia relativamente lentas, de modo que una aproximación de primer orden del canal, por ejemplo una expansión de Taylor de primer orden, a través de la región de salto en tiempo y en frecuencia proporciona información para estimar el canal para una estación móvil dada. Como tal, se prefiere estimar un par de parámetros de canal para la recepción y la demodulación apropiadas de los símbolos de las estaciones móviles, en concreto, el componente constante del canal, un término de orden cero de una expansión de Taylor, y el componente lineal, una expansión de Taylor de término de primer orden, del canal a través del tiempo y de la frecuencia del canal. En general, la precisión de la estimación del componente constante es independiente de la ubicación del piloto. La precisión de estimación del componente lineal se logra en general preferentemente con tonos piloto situados en los bordes de la región de salto.

[0028] Los símbolos piloto 302 y 322 están dispuestos en clústeres de símbolos piloto contiguos 304, 306, 308 y 310 (Fig. 3A) y 324, 326, 328 y 330 (Fig. 3B). En un modo de realización, cada clúster 304, 306, 308 y 310 (Fig. 3A) y 324, 326, 328 y 330 (Fig. 3B) dentro de una región de salto, tiene un número fijo, y a menudo el mismo número, de símbolos piloto dentro de una región de salto dada. La utilización de los clústeres 304, 306, 308 y 310 (Fig. 3A) y 324, 326, 328 y 330 (Fig. 3B) de símbolos piloto contiguos puede, en un modo de realización, tener en cuenta el efecto de la interferencia de usuario múltiple causada por la interferencia entre portadoras que resulta de altos diferenciales Doppler y/o de retardos de símbolos. Además, si los símbolos piloto de estaciones móviles programadas en una misma región de salto se reciben a niveles de potencia sustancialmente diferentes, las señales de una estación móvil más fuerte pueden crear una cantidad significativa de interferencia para una estación móvil más débil. La cantidad de interferencia es más alta en los bordes, por ejemplo, en la subportadora 1 y en la subportadora S, de la región de salto y también en los símbolos OFDM de borde, por ejemplo, los períodos de símbolo 1 y T, cuando la fuga se causa por un exceso de retardo, es decir, cuando la porción de la energía de canal concentrada en las llaves que exceden el prefijo cíclico de los símbolos OFDM se vuelve significativa. Por lo tanto, si los símbolos piloto se ubican exclusivamente en los bordes de una región de salto, puede haber degradación en la precisión de estimación de canal y una desviación en la estimación de interferencia. Por lo tanto, como se representa en las Figs. 3A y 3B, los símbolos piloto se colocan cerca de los bordes de la región de salto, sin embargo, evitando la situación en la que todos los símbolos piloto están en los bordes de la región de salto.

[0029] Con referencia a la Fig. 3A, una región de salto 300 está compuesta por símbolos piloto 302. En el caso de canales con una selectividad de frecuencia pronunciada en lugar de selectividad de tiempo, los símbolos piloto 302 están ubicados en grupos de símbolos piloto contiguos 304, 306, 308 y 310 con cada clúster de símbolos piloto 304, 306, 308 y 310 abarcando periodos de símbolo múltiples y un tono de frecuencia. El tono de frecuencia se elige preferentemente para estar cerca de los bordes de la gama de frecuencia de la región de salto 300, sin embargo, no exactamente en el borde. En el modo de realización de la Fig. 3A, ninguno de los símbolos piloto 302 en un clúster dado está en los tonos de frecuencia de borde y en cada clúster sólo el símbolo piloto puede estar en un período de símbolo de borde.

[0030] Una razón detrás de una forma "horizontal" de los clústeres de símbolos piloto contiguos de símbolos piloto 302 es que, para canales con mayor selectividad de frecuencia, el componente de primer orden (lineal) puede ser más fuerte en el dominio de frecuencia que en el dominio de tiempo.

[0031] Cabe destacar que uno o más símbolos piloto en cada clúster, en el modo de realización de la Fig. 3A, pueden estar en un tono diferente que uno o más símbolos piloto en un clúster diferente. Por ejemplo, el clúster 304 puede estar en el tono S y el clúster 306 puede estar en el tono S-1.

[0032] Con referencia a la Fig. 3B, en el caso de canales con una selectividad de tiempo pronunciada en lugar de con una selectividad de frecuencia, los símbolos piloto 322 están dispuestos en los clústeres 324, 326, 328 y 330 de símbolos piloto contiguos que abarcan múltiples tonos de frecuencia pero tienen un mismo período de símbolo de la región de salto 320. Los símbolos OFDM en los bordes de la región de salto 320, aquellos que tienen un tono máximo, por ejemplo, un tono S o un tono mínimo, por ejemplo, tono 1, de la gama de frecuencias que define las S subportadoras, pueden incluirse como parte de los símbolos piloto, ya que puede haber símbolos piloto 322 que estén en los bordes de la región de salto 320. Sin embargo, en el modo de realización mostrado en la Fig. 3B, solo se puede asignar un símbolo piloto en cada clúster a las subportadoras de frecuencia máxima o mínima.

[0033] En el modo de realización representada en la Fig. 3B, un canal con una selectividad de tiempo más alta puede tener un patrón típico que se puede obtener mediante una rotación de 90° del patrón elegido para canales con selectividad de frecuencia más alta (Fig. 3A).

[0034] Cabe destacar que uno o más símbolos piloto en cada clúster, en el modo de realización de la Fig. 3B, se pueden asignar a un período de símbolos diferente de uno o más símbolos piloto en un clúster diferente. Por ejemplo, el clúster 324 puede estar en un período de símbolo T diferente del clúster 326.

[0035] Adicionalmente, como se representa en los modos de realización de las Figs. 3A y 3B, se proporcionan patrones piloto de modo que los clústeres 304, 306, 308 y 310 (Fig. 3A) y 324, 326, 328 y 330 (Fig. 3B) son preferentemente simétricos con respecto al centro de la región de salto. La simetría de los clústeres con respecto al centro de la región de salto puede proporcionar una estimación simultánea mejorada del canal con respecto a las respuestas de tiempo y de frecuencia del canal.

[0036] Cabe destacar que, aunque las Figs. 3A y 3B representan cuatro clústeres de símbolos piloto por región de salto, se puede utilizar una cantidad menor o mayor de clústeres en cada región de salto. Además, el número de símbolos piloto por clúster de símbolos piloto también puede variar. El número total de símbolos piloto y de grupos de símbolos piloto es una función del número de símbolos piloto requeridos por la estación base para demodular con éxito los símbolos de datos recibidos en el enlace inverso y estimar el canal entre la estación base y la estación móvil. Además, cada clúster no necesita tener el mismo número de símbolos piloto. El número de estaciones móviles que pueden multiplexarse en una sola región de salto puede, en un modo de realización, ser igual al número de símbolos piloto en una región de salto.

[0037] Además, mientras que las Figs. 3A y 3B representan grupos de símbolos piloto diseñados para canales que tengan selectividad de frecuencia o selectividad de tiempo; el patrón piloto puede ser de tal manera que existan grupos para canales selectivos de frecuencia así como clústeres para canales selectivos de tiempo en el mismo patrón piloto, por ejemplo, algunos clústeres dispuestos en el patrón de clústeres 304, 306, 308 o 310 y algunos clústeres dispuestos en el patrón de clústeres 324, 326, 328 o 330.

[0038] En algunos modos de realización, el patrón piloto elegido para utilizarse puede basarse en las condiciones para las cuales se está optimizando el canal. Por ejemplo, para canales que pueden tener movimiento de alta velocidad, por ejemplo, vehículos, de estaciones móviles, puede preferirse un patrón de piloto selectivo en el tiempo, mientras que, para el movimiento a baja velocidad de la estación móvil, por ejemplo, peatones, puede utilizarse un patrón de piloto selectivo de frecuencia. En otro modo de realización, el patrón piloto puede elegirse basándose en las condiciones del canal, una determinación hecha después de un número predeterminado de períodos de salto.

[0039] Con referencia a las Figs. 4A y 4B, se ilustran los esquemas de asignación piloto de acuerdo con otros modos de realización. En la Fig. 4A, las regiones de salto 400 incluyen símbolos piloto $C_{1,q}$, $C_{2,q}$, y $C_{3,q}$, dispuestos en el clúster 402; $C_{4,q}$, $C_{5,q}$, y $C_{6,q}$, dispuestos en el clúster 404; $C_{7,q}$, $C_{8,q}$ y $C_{9,q}$, dispuestos en el clúster 406; y $C_{10,q}$, $C_{11,q}$ y $C_{12,q}$ dispuestos en el clúster 408. En un modo de realización, con el fin de mejorar la diversidad espacial en regiones de salto donde múltiples estaciones móviles proporcionen símbolos piloto superpuestos, los símbolos piloto de diferentes estaciones móviles deberían multiplexarse de tal manera sobre el mismo período y tono de símbolo OFDM de modo que los símbolos piloto sean sustancialmente ortogonal cuando se reciban en las antenas del clúster de la estación base.

[0040] En la Fig. 4A, cada uno de los símbolos piloto $C_{1,q}$, $C_{2,q}$, $C_{3,q}$, $C_{4,q}$, $C_{5,q}$, $C_{6,q}$, $C_{7,q}$, $C_{8,g}$, $C_{9,q}$, $C_{10,q}$, $C_{11,q}$ y $C_{12,q}$ están asignados a múltiples estaciones móviles de la región de salto 400, es decir, cada período de símbolo incluye múltiples símbolos piloto, desde un número de estaciones de estación móvil diferentes. Cada uno de los símbolos piloto en un clúster de símbolos piloto, por ejemplo, el clúster 402, 404, 406 y 408, se genera y transmite de tal manera que un receptor de los símbolos pilotos en el clúster , por ejemplo, la estación base, puede recibirlos de modo que sean ortogonales con respecto a los símbolos piloto de cada estación móvil en el mismo clúster. Esto puede hacerse aplicando un desplazamiento de fase predeterminado, por ejemplo, una función escalar para multiplicar cada una de las muestras que constituyen los símbolos piloto transmitidos por cada una de las estaciones móviles. Para proporcionar ortogonalidad, los productos internos de los vectores que representan la secuencia de las funciones escalares en cada clúster para cada estación móvil pueden ser cero.

[0041] Además, en algunos modos de realización, se prefiere que los símbolos piloto de cada clúster sean

ortogonales a los símbolos piloto de cada uno de los otros clústeres de la región de salto. Esto se puede proporcionar de la misma manera que se proporciona la ortogonalidad para los símbolos piloto dentro de cada clúster desde una estación móvil diferente, utilizando una secuencia diferente de funciones escalares para los símbolos piloto de cada estación móvil en cada clúster de símbolos piloto. La determinación matemática de la ortogonalidad se puede realizar seleccionando una secuencia de múltiplos escalares para cada uno de los símbolos piloto para un clúster particular para la estación móvil particular cuyo vector sea ortogonal, por ejemplo, el producto interno es cero, con respecto a un vector que representa el secuencia de múltiplos escalares usados para los símbolos piloto de las otras estaciones móviles en todos los clústeres y de la misma estación móvil en los otros clústeres.

[0042] En un modo de realización, el número de estaciones móviles que pueden recibir soporte, donde se proporciona la ortogonalidad de los símbolos piloto a través de cada uno de los grupos, es igual al número de símbolos piloto que se proporcionan por clúster de símbolos piloto.

[0043] En los modos de realización de las Figs. 4A y 4B, el usuario q - ésimo de Q usuarios que solapan, $1 \leq q \leq Q$, usa la secuencia S del tamaño N_P, donde N_P es el número total de tonos piloto (en las Figs. 4A y 4B, $N_P = 12$):

$$\mathbf{S}_q = [\mathbf{S}_{1,q} \ldots \mathbf{S}_{N_P,q}]^T, \qquad 1 \leq q \leq Q, \qquad (1)$$

aquí (T) indica la transposición de la matriz que contiene las secuencias. Como se analizó anteriormente, las secuencias de funciones escalares, en cada clúster de símbolos piloto, deberían ser diferentes para diferentes estaciones móviles a fin de obtener estimaciones consistentes de los respectivos canales a través de la reducción de la interferencia entre los símbolos piloto. Además, las secuencias deberían ser linealmente independientes, como tal, se prefiere que ninguna secuencia o vector sea una combinación lineal de las secuencias restantes. Matemáticamente, esto puede definirse en que la matriz $N_P \times Q$

$$\mathbf{S} = [\mathbf{S}_1 \ldots \mathbf{S}_Q] \qquad (2)$$

es de rango completo de columna. Cabe destacar en la expresión (2) anterior la matriz $Q \leq N_P$. Es decir, el número de estaciones móviles superpuestas no debe exceder el número total de símbolos piloto en la región de salto.

[0044] En base a lo anterior, cualquier conjunto de secuencias Q con un rango completo $\boldsymbol{S}$ permite una estimación de canal consistente. Sin embargo, en otro modo de realización, la precisión de la estimación real puede depender de las propiedades de correlación de **S**. En un modo de realización, como puede determinarse utilizando la ecuación (1), el rendimiento puede mejorarse cuando dos secuencias sean mutuamente (cuasi-) ortogonales en presencia del canal. Matemáticamente, esta condición puede definirse por

$$\sum_{k=1}^{N_p} \mathbf{H}_k \mathbf{S}_{k,p}^* \mathbf{S}_{k,q} \approx 0 \quad \text{para todos} \quad 1 \leq p, q \leq Q, \qquad (3)$$

donde $\mathbf{H}_k$ es una ganancia de canal compleja correspondiente al k-ésimo símbolo piloto, $1 \leq k \leq N_p$. En un canal invariante de tiempo y frecuencia $\boldsymbol{H}_1 = \boldsymbol{H}_2 = \ldots = \boldsymbol{H}_{Np}$), condición (3) se reduce al requisito de secuencias mutuamente ortogonales:

$$\sum_{k=1}^{N_p} \mathbf{S}_{k,p}^* \mathbf{S}_{k,q} \approx 0 \quad \text{para todos} \quad 1 \leq p, q \leq Q, \qquad (4)$$

hacer cumplir esta condición para cualquier posible realización del canal a partir de un conjunto típico de canales puede ser poco práctico. De hecho, la expresión (3) puede satisfacerse cuando un canal exhiba una selectividad de tiempo y de frecuencia limitada, que es el caso de canales peatonales con una dispersión de retardo relativamente pequeña. Sin embargo, las condiciones pueden ser sustancialmente diferentes en canales y/o canales de vehículos con una dispersión de retardo significativa, lo que da como resultado una degradación del rendimiento.

[0045] Como se analizó con respecto a las Figs. 3A y 3B, los patrones de asignación piloto consisten en unos pocos clústeres de símbolos piloto colocados cerca de los bordes de la región de salto, donde cada clúster es contiguo en el tiempo (Fig. 3A) y/o la frecuencia (Fig. 3B). Dado que las variaciones de canal dentro de cada clúster son en general limitadas, debido a la naturaleza contigua de los símbolos piloto en el tiempo y en la frecuencia y a la continuidad del canal en el tiempo y en la frecuencia. Por lo tanto, hacer diferentes secuencias ortogonales sobre cada clúster permite que se cumpla la condición (3). Un posible inconveniente de esta solución es que el número de estaciones móviles superpuestas que pueden ser ortogonales sobre cada clúster está limitado al tamaño del clúster, indicado aquí N_c. En el ejemplo mostrado en las Figs. 4A y 4B, $N_C = 3$, y por lo tanto hasta $Q = 3$ estaciones móviles pueden separarse ortogonalmente en dicho modo de realización. De hecho, un número bastante pequeño de Q es suficiente en muchos escenarios prácticos. Cuando $Q > N_C$, puede ser difícil mantener todas las estaciones móviles ortogonales sobre cada clúster, ya que puede haber alguna interferencia entre símbolos. Por lo tanto, la ortogonalidad aproximada puede ser suficiente, con alguna pérdida de rendimiento de tiempo y/o con canales que varían en frecuencia si $Q > N_C$.

[0046] En un modo de realización, un conjunto de parámetros de diseño para las secuencias de funciones escalares **S** = [**S**$_1$... S_Q] se puede definir por:

✷ Cualquiera de las dos secuencias es ortogonal en todo el conjunto de símbolos piloto, satisfaciendo de ese modo

$$\sum_{k=1}^{N_p} \mathbf{S}_{k,p}^{*} \mathbf{S}_{k,q} = 0 \quad \text{para todos} \quad 1 \le p,q \le Q, \qquad (5)$$

✷ Los grupos posteriores de N_c secuencias son de tal manera que dos secuencias dentro de un grupo son mutuamente ortogonales sobre cualquier clúster de pilotos:

$$\sum_{k=1}^{N_C} \mathbf{S}_{k+lN_C,p}^{*} \mathbf{S}_{k+lN_C,q} = 0, \quad nN_C + 1 \le p,q \le \min\{(n+1)N_C, Q\}, 0 \le n < \frac{Q}{N_C}, 0 \le l < M_C. \qquad (6)$$

✷ Todos los elementos $\mathbf{S}_{k,q}$ de todas las secuencias tienen valores absolutos sustancialmente iguales, por ejemplo, aproximadamente la misma potencia.

donde M_C indica el número total de clústeres de tamaño N_C, de modo que el número de pilotos $N_P = M_C N_C$.

[0047] En un modo de realización, las secuencias **S** = [**S**$_1$ ... **S**$_Q$] se crean usando las funciones exponenciales de modo que la misma energía por símbolo proporcionado por cada secuencia. Además, en este modo de realización, los N_C grupos de secuencias pueden hacerse mutuamente ortogonales dentro de cada clúster, independientemente del tamaño del clúster, ya que los exponentes no están limitados a múltiplos particulares, y con las secuencias usadas en cada otro clúster en todos los símbolos piloto, (i) definiendo secuencias exponenciales dentro de cada clúster; y (ii) poblando las porciones intra- clústeres a través de clústeres. Esto se puede ver en la ecuación (7) donde una base de $N \times N$ de Transformada de Fourier Discreta (DFT) se define.

$$\mathbf{F}(N) = \begin{bmatrix} \mathbf{F}_{1,1}(N) & \mathbf{F}_{1,2}(N) & \cdots & \mathbf{F}_{1,N}(N) \\ \mathbf{F}_{2,1}(N) & \mathbf{F}_{2,1}(N) & \ddots & \mathbf{F}_{2,N}(N) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{F}_{N,1}(N) & \mathbf{F}_{N,2}(N) & \cdots & \mathbf{F}_{N,N}(N) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ e^{i2\pi\frac{1}{N}} & e^{i2\pi\frac{2}{N}} & \ddots & e^{i2\pi\frac{(N-1)2}{N}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e^{i2\pi\frac{N-1}{N}} & e^{i2\pi\frac{2(N-1)}{N}} & \cdots & e^{i2\pi\frac{(N-1)(N-1)}{N}} \end{bmatrix} \qquad (7)$$

[0048] La expresión (7) anterior puede escribirse en forma de bloque compacto de la siguiente manera:

$$\mathbf{S} = [\mathbf{S}_1, \ldots, \mathbf{S}_Q] = \langle \mathbf{F}(M_C) \otimes \mathbf{F}(N_C) \rangle_{:,1:Q} \qquad (8)$$

donde $\langle \cdot \rangle_{:,1:Q}$ indica bloque de matriz atravesado por las columnas 1 a Q de la matriz original. Una forma más general de **S** se puede dar por

$$\mathbf{S} = [\mathbf{S}_1, \ldots, \mathbf{S}_Q] = \langle \mathbf{V} \otimes \mathbf{U} \rangle_{:,1:Q} \qquad (9)$$

donde ***U*** es una matriz unitaria arbitraria $N_C \times N_C$ ($\mathbf{U}^*\mathbf{U} = \mathbf{I}_{NP}$) y ***V*** es una matriz unitaria arbitraria $M_C \times M_C$ ($\mathbf{U}^*\mathbf{U} = \mathbf{I}_{MC}$).

[0049] En un modo de realización, el número de estaciones móviles que pueden recibir soporte, donde se proporciona la ortogonalidad de los símbolos piloto a través de cada uno de los grupos, es igual al número de símbolos piloto que se proporcionan por clúster de símbolos piloto.

[0050] En un modo de realización, las funciones exponenciales utilizadas para multiplicar las muestras de los símbolos piloto se generan utilizando una función de transformada de Fourier discreta, que es bien conocida. En modos de realización donde se usa la función de transformada de Fourier discreta para generar los símbolos para su transmisión, se aplica un desplazamiento de fase adicional durante la formación de los símbolos usando la función de transformada de Fourier discreta para generar los símbolos para su transmisión.

[0051] En los modos de realización de las Figs. 4A y 4B, los productos internos de los vectores que representan la secuencia de las funciones escalares en cada clúster para cada estación móvil pueden ser cero. Sin embargo, en otros modos de realización, este no es el caso. Puede estar dispuesto de modo que solo se proporcione cuasi-ortogonalidad entre las secuencias de las funciones escalares en cada matriz unitaria para cada estación móvil.

[0052] Además, en esas situaciones, cuando el número de estaciones móviles asignadas a la región de salto es menor que el número de símbolos piloto asignados a la región de salto, los desplazamientos escalares todavía pueden decodificarse en la estación base para utilizarse para realizar una estimación de interferencia. Por lo tanto, estos

símbolos piloto se pueden utilizar para la estimación de la interferencia ya que son ortogonales o cuasi ortogonales con respecto a los símbolos piloto por las otras estaciones móviles asignadas a la región de salto.

[0053] Con referencia a la Fig. 5, se ilustra una estación base con múltiples sectores en un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple de acuerdo con un modo de realización. Una estación base 500 incluye múltiples grupos de antenas de las antenas 502, 504 y 506. En la Fig. 5, solo se muestra una antena para cada grupo de antenas 502, 504 y 506, sin embargo, se pueden utilizar múltiples antenas. Las múltiples antenas de cada grupo de antenas 502, 504 y 506 pueden utilizarse para proporcionar diversidad espacial en la estación base a señales transmitidas desde estaciones móviles en un sector correspondiente, además de la diversidad espacial proporcionada a las diferentes ubicaciones físicas de los diferentes estaciones móviles.

[0054] Cada grupo de antenas 502, 504 y 506 de la estación base 500 está configurado para comunicarse con estaciones móviles en un sector que cubrirá la estación base 500. En el modo de realización de la Fig. 5, el grupo de antenas 502 cubre el sector 514, el grupo de antenas 504 cubre el sector 516, y el grupo de antenas 506 cubre el sector 518. Dentro de cada sector, como se describe con respecto a la Fig. 4, los símbolos piloto transmitidos desde las estaciones móviles pueden demodularse con precisión y utilizarse para la estimación de canal, y otra funcionalidad, en la estación base debido a la ortogonalidad o a la ortogonalidad aproximadamente entre todos los clústeres de símbolos piloto entre sectores.

[0055] Sin embargo, puede existir interferencia intra-sector para estaciones móviles cerca del límite de un sector, por ejemplo, la estación móvil 510 que está cerca de un límite de los sectores 514 y 516. En dicho caso, los símbolos piloto de la estación móvil 510 pueden tener potencias menores que los símbolos piloto de otras estaciones móviles en ambos sectores 514 y 516. En una situación de este tipo, la estación móvil 510 podría beneficiarse eventualmente de la recepción en ambos sectores de antenas, especialmente cuando su canal hacia el sector de servicio, es decir, el sector 516 puede desvanecerse si se aumenta la potencia desde la antena 504. Con el fin de beneficiarse completamente de la recepción desde la antena 502 del sector 514, debe proporcionarse una estimación precisa del canal de la estación móvil 510 entre la antena 502 del sector 514. Sin embargo, si se usan las mismas o sustancialmente las mismas secuencias para los múltiplos escalares de los símbolos piloto en diferentes sectores con el presente diseño piloto, los símbolos piloto transmitidos por la estación móvil 510 pueden colisionar con los símbolos piloto transmitidos por la estación móvil 508 que está programada en el sector 514 en la misma región de salto que la estación móvil 510 está programada en el sector 516. Además, en algunos casos dependiendo de la estrategia de control de potencia utilizada por la estación base para controlar las estaciones móviles, el nivel de potencia de los símbolos de la estación móvil 508 puede exceder sustancialmente el nivel de señal de la estación móvil 510 en el grupo de antenas 502 del sector 514, especialmente cuando la estación móvil 508 está cerca de la estación base 500.

[0056] Con el fin de combatir la interferencia intra-sector que pueda surgir, se pueden usar códigos de cifrado para las estaciones móviles. El código de cifrado puede ser exclusivo para estaciones móviles individuales o puede ser el mismo para cada una de las estaciones móviles que se comunican con un sector individual. En un modo de realización, estos códigos de cifrado específicos permiten que el grupo de antenas 502 vea un canal compuesto de las estaciones móviles 508 y 510.

[0057] En el caso en el que se asigne una única estación móvil a una región de salto completa, pueden proporcionarse secuencias de cifrado específicas del usuario de manera que cada estación móvil en un sector dado hace uso de la misma secuencia piloto; la construcción de estas secuencias se describe con respecto a las Figs. 4A y 4B. En el ejemplo de la Fig. 5, las estaciones móviles 508, 510 y 512 pueden tener diferentes secuencias de cifrado específicas de usuario y, por lo tanto, se puede lograr una estimación de canal suficiente.

[0058] Cuando múltiples estaciones móviles estén, o puedan estar, asignadas a una misma región de salto, se pueden utilizar dos enfoques para reducir la interferencia intra-clúster. En primer lugar, se pueden utilizar secuencias de cifrado específicas del usuario si el tamaño de clúster N_c es mayor o igual que el número de estaciones móviles superpuestas en cada sector Q multiplicado por el número de sectores en la célula. Si este es el caso, se pueden asignar conjuntos distintos de Q diferentes códigos de cifrado específicos del usuario a diferentes sectores.

[0059] Sin embargo, si el tamaño de clúster N_C es menor que el número de estaciones móviles superpuestas en cada sector Q veces el número de sectores en la célula, esto puede ser importante si el objetivo del diseño del sistema es mantener N_C para mantener un piloto limitado por encima, los códigos de cifrado específicos del usuario pueden no ser efectivos para reducir la interferencia entre células. En dichos casos, se puede utilizar una secuencia de cifrado específica del sector junto con la secuencia de cifrado específica del usuario.

[0060] Una secuencia de cifrado específica de sector es una secuencia $\boldsymbol{X}_S = [\boldsymbol{X}_{1,s},...,\boldsymbol{X}_{Nps}]^T$ de N_P funciones complejas que multiplican los respectivos elementos de las secuencias $\mathbf{S} = [\mathbf{S}_1...\mathbf{S}_Q]$, para todas las estaciones móviles en un mismo sector. En una célula que consta de S sectores, se puede utilizar un conjunto de S secuencias de cifrado específicas de sectores $\boldsymbol{X}_1,...,\boldsymbol{X}_S$ para multiplicar las secuencias $\mathbf{S} = [\mathbf{S}_1...\mathbf{S}_Q]$ de las estaciones móviles. En un caso de este tipo, las estaciones móviles dentro de diferentes sectores, por ejemplo los sectores 514 y 516 que pueden tener estaciones móviles que utilizan las mismas secuencias de cifrado $\mathbf{S} = [\mathbf{S}_1...\mathbf{S}_Q]$ específicas de usuario pueden diferir debido a diferentes secuencias de cifrado específicas de sector $\boldsymbol{X}_{s1}$ y $\boldsymbol{X}_{s2}$ utilizado para multiplicar la secuencia

de cifrado específica de usuario.

[0061] De manera similar al cifrado específico de usuario, se prefiere que todas las entradas de $\boldsymbol{X}_{1,...,}\boldsymbol{X}_S$ tengan valores absolutos aproximadamente iguales para mantener aproximadamente igual potencia entre los símbolos piloto. En otros modos de realización, se prefiere que las entradas de $\boldsymbol{X}_{1,...,}\boldsymbol{X}_S$ sean de tal manera que cualquier par de símbolos piloto en un clúster de símbolos piloto, que corresponda a cualquiera de las dos combinaciones de usuario y de las secuencias específicas y del sector específico de cifrado, satisfaga, debería satisfacer la condición (3). Una forma de aproximarse a la elección de los contenidos de cada secuencia específica de sector $\boldsymbol{X}_1...,\boldsymbol{X}_S$ consiste en una búsqueda exhaustiva de secuencias tales como los elementos de cada secuencia se toman de una constelación de módulo constante (PSK) tales como QPSK, 8-PSK. El criterio de selección puede basarse en la variación del error de estimación de canal del "peor caso" correspondiente a la "peor" combinación de estaciones móviles de diferentes sectores y diferentes cifrados específicos de usuario que se basan en el entorno de canal potencial. El error de estimación de canal puede calcularse analíticamente basándose en las propiedades estadísticas del canal. Específicamente, una pista de la matriz de covarianza de una estimación de canal que asume una estructura de correlación de canal basándose en un modelo de desvanecimiento anticipado y en parámetros tales como la velocidad de la estación móvil, que define la selectividad de tiempo y la dispersión del retardo de propagación que define la selectividad de frecuencia. Las expresiones analíticas para el error de estimación de canal mínimo alcanzable sujeto a una estructura de correlación dada del canal verdadero son conocidas en la técnica. Se pueden usar otros criterios similares para optimizar la elección de $\boldsymbol{X}_1,...,\boldsymbol{X}_S$ también.

[0062] En un modo de realización donde la modulación de amplitud en cuadratura se utiliza como el esquema de modulación, un conjunto de secuencias de cifrado específicas de sector $\mathbf{X}_1,...,\mathbf{X}_s$ que puede utilizarse se muestra en la Tabla 1 a continuación. Cada entrada de la tabla especifica los componentes I y Q de cada $\mathbf{X}_{k,s}$, $1 \leq s \leq S$ y $1 \leq k \leq N_P$ con $S = 3$ y $N_P = 12$.

Tabla 1.

k	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
s = 1	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}
s = 2	{+1,+0}	{+1,+0}	{-1,+0}	{+1,+0}	{+0,-1}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+0,-1}	{+0,+1}	{+0,+1}	{+0,+1}	{+0,+1}
s = 3	{+0,+1}	{-1,+0}	{+1,+0}	{+1,+0}	{+0,+1}	{+0,-1}	{+0,-1}	{+0+1}	{+1,+0}	{+0,-1}	{+1,+0}	{-1,+0}

[0063] En algunos modos de realización, cada célula en una red de comunicación puede utilizar las mismas secuencias para secuencias de cifrado específicas de sector.

[0064] Con referencia a la Fig. 6, se ilustra un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple 600 de acuerdo con otro modo de realización. En el caso de que los mismos conjuntos de secuencias de cifrado específicas de sector y específicas de usuario se utilicen en múltiples células, por ejemplo, las células 602, 604 y 606, la interferencia procedente de las células adyacentes puede conducir a la degradación de la precisión de estimación de canal debido a la colisión de símbolos piloto. Por ejemplo, una estimación de canal dentro del sector de interés puede desviarse por el canal de una estación móvil desde la célula adyacente, estación móvil que tiene el mismo cifrado específico de usuario y específico de sector. Para evitar dicha desviación, se puede utilizar un cifrado específico de célula, además del cifrado específico de usuario y del cifrado específico de sector. Un esquema de cifrado específico de célula puede definirse por $\boldsymbol{Y}_c = [\mathbf{Y}_{1,c},\ldots,\mathbf{Y}_{Np,s}]^T$ que es un vector de funciones escalares que multiplican la secuencia respectiva de símbolos piloto para cada estación móvil en la célula. Las secuencias globales de símbolos piloto $\boldsymbol{Z}_{(q,s,c)} = [\boldsymbol{Z}_{1,(q,s,c)},\ldots,\boldsymbol{Z}_{Np,(q,s,c)}]^T$ que corresponden a una estación móvil con q -ésimo cifrado específico de usuario en el sector s -ésimo de la c -ésima célula puede definirse de la siguiente manera. Si se utiliza el cifrado específico de sector:

$$\boldsymbol{Z}_{k,(q,s,c)} = \mathbf{S}_{k,q} \cdot \boldsymbol{X}_{k,s} \cdot \boldsymbol{Y}_{k,c}, \qquad 1 \le k \le N_P, \quad 1 \le s \le S, \quad c = 1,2,\ldots. \quad (10)$$

Si no se utiliza el cifrado específico de sector:

$$\boldsymbol{Z}_{k,(q,s,c)} = \mathbf{S}_{k,q} \cdot \boldsymbol{Y}_{k,c}, \qquad 1 \le k \le N_P, \quad 1 \le s \le S, \quad c = 1,2,\ldots. \qquad (11)$$

[0065] Como ya se mencionó, el uso del cifrado específico de sector se recomienda cuando $Q > 1$ y no se recomienda cuando $Q = 1$.

[0066] A diferencia del cifrado específico de sector y específico de usuario, no se necesita utilizar ninguna optimización particular de las secuencias de cifrado específicas de célula. Los dos parámetros de diseño que pueden utilizarse son los siguientes:

- Todos los elementos de las secuencias de cifrado específicas de célula tienen el mismo módulo.

- Las secuencias de cifrado específicas de célula difieren sustancialmente para diferentes células.

[0067] En ausencia de una asignación predeterminada de secuencias de cifrado específicas de célula sobre una red de estaciones base, se pueden utilizar secuencias de cifrado específicas de célula (pseudo) aleatoria de alguna constelación de módulo constante (PSK) tales como QPSK, 8-PSK para formar las secuencias específicas de célula $\boldsymbol{Y}$. Para mejorar aún más el cifrado del cifrado específico de célula y evitar malas combinaciones estables de las secuencias de cifrado, el cifrado específico de célula se puede colgar periódicamente de una manera (pseudo) aleatoria. En algunos modos de realización, el cambio periódico puede ser cada trama, supertrama o múltiples tramas o supertramas.

[0068] La Fig. 7 es un diagrama de bloques de un modo de realización de un sistema transmisor 710 y de un sistema receptor 750 en un sistema de MIMO 700. En el sistema transmisor 710, se proporcionan datos de tráfico para varios flujos de datos desde una fuente de datos 712 hasta un procesador de datos de transmisión (TX) 714. En un modo de realización, cada flujo de datos se transmite a través de una respectiva antena transmisora. El procesador de datos de TX 714 formatea, codifica e intercala los datos de tráfico para cada flujo de datos basándose en un sistema de codificación particular seleccionado para ese flujo de datos para proporcionar datos codificados.

[0069] Los datos codificados para cada flujo de datos pueden multiplexarse con datos piloto usando técnicas de OFDM. Los datos piloto son típicamente un patrón de datos conocido que se procesa de una manera conocida y que puede usarse en el sistema receptor para estimar la respuesta de canal. Los datos piloto multiplexados y codificados para cada flujo de datos se modulan a continuación (es decir, se correlacionan con símbolos) basándose en un sistema de modulación particular (por ejemplo, BPSK, QPSK, M-PSK o M-QAM) seleccionado para ese flujo de datos a fin de proporcionar símbolos de modulación. La velocidad de transferencia de datos, la codificación y la modulación para cada flujo de datos pueden determinarse mediante instrucciones proporcionadas por el controlador 130.

[0070] Los símbolos de modulación para todos los flujos de datos se proporcionan a continuación a un procesador de TX 720, que puede procesar además los símbolos de modulación (por ejemplo, para la OFDM). El procesador de TX 720 proporciona después N_T flujos de símbolos de modulación a N_T transmisores (TMTR) 722a a 722t. Cada transmisor 722 recibe y procesa un flujo de símbolos respectivo para proporcionar una o más señales analógicas, y acondiciona además las señales analógicas (por ejemplo, las amplifica, filtra y aumenta su frecuencia) para proporcionar una señal modulada adecuada para la transmisión a través del canal de MIMO. N_T señales moduladas de los transmisores 722a a 722t se transmiten entonces desde N_T antenas 124a a 124t, respectivamente.

[0071] En el sistema receptor 750, las señales moduladas transmitidas se reciben por N_R antenas 752a a 752r y la señal recibida desde cada antena 752 se proporciona a un respectivo receptor (RCVR) 754. Cada receptor 754 acondiciona una respectiva señal recibida (por ejemplo, la filtra, amplifica y reduce su frecuencia), digitaliza la señal acondicionada para proporcionar muestras y procesa además las muestras para proporcionar un flujo de símbolos "recibido" correspondiente.

[0072] Un procesador de datos de RX 760 recibe y procesa entonces los N_R flujos de símbolos recibidos desde N_R receptores 754 basándose en una técnica de procesamiento de receptor particular para proporcionar N_T flujos de símbolos "detectados". El procesamiento por el procesador de datos de RX 760 se describe con más detalle a continuación. Cada flujo de símbolos detectado incluye símbolos que son estimaciones de los símbolos de modulación transmitidos para el flujo de datos correspondiente. El procesador de datos de RX 760 demodula, desintercala y decodifica entonces cada flujo de símbolos detectado para recuperar los datos de tráfico para el flujo de datos. El procesamiento por el procesador de datos de RX 760 es complementario al realizado por el procesador de TX 720 y el procesador de datos de TX 714 en el sistema transmisor 710.

[0073] El procesador de RX 760 puede derivar una estimación de la respuesta de canal entre las N_T antenas transmisoras y N_R receptoras, por ejemplo, basándose en la información piloto multiplexada con los datos de tráfico. El procesador de RX 760 puede identificar los símbolos piloto de acuerdo con patrones piloto almacenados en la memoria, por ejemplo, la memoria 772 que identifica la subportadora de frecuencia y el período de símbolo asignado a cada símbolo piloto. Además, las secuencias de cifrado específicas del usuario, específicas de sector y específicas de célula pueden almacenarse en la memoria de modo que puedan utilizarse por el procesador de RX 760 para multiplicar los símbolos recibidos, de modo que pueda producirse la decodificación adecuada.

[0074] La estimación de respuesta de canal generada por el procesador de RX 760 se puede usar para realizar el espacio, el procesamiento de espacio/tiempo en el receptor, ajustar los niveles de potencia, cambiar las velocidades o los esquemas de modulación u otras acciones. El procesador de RX 760 puede estimar además las relaciones de señal a ruido e interferencia (SNR) de las secuencias de símbolos detectadas, y posiblemente otras características de canal, y proporciona estas cantidades a un controlador 770. El procesador de datos de RX 760 o el controlador 770 pueden derivar además una estimación de la SNR operativa para el sistema. El controlador 770 proporciona a continuación información de estado de canal (CSI), que puede comprender diversos tipos de información con respecto al enlace de comunicación y/o al flujo de datos recibidos. Por ejemplo, la CSI puede comprender solo la SNR de funcionamiento. A continuación, la CSI se procesa mediante un procesador de datos de TX 778, que también recibe datos de tráfico para varios flujos de datos desde una fuente de datos 776, se modula mediante un modulador 780, se acondiciona mediante los transmisores 754a a 754r y se transmite de vuelta al sistema transmisor 710.

[0075] En el sistema transmisor 710, las señales moduladas del sistema receptor 750 se reciben por las antenas 724, acondicionadas por los receptores 722, demoduladas por un demodulador 740, y procesadas por un procesador de datos de RX 742 para recuperar la CSI informada por el sistema receptor. La CSI informada se proporciona entonces al controlador 730 y se usa para (1) determinar las velocidades de transferencia datos y los esquemas de codificación y modulación que se vayan a usar para los flujos de datos y (2) generar diversos controles para el procesador de datos de TX 714 y el procesador de TX 720.

[0076] Los controladores 730 y 770 dirigen el funcionamiento en los sistemas transmisor y receptor, respectivamente. Las memorias 732 y 772 proporcionan almacenamiento para los códigos y datos de programa usados por los controladores 730 y 770, respectivamente. Las memorias 732 y 772 almacenan los patrones de piloto en términos de ubicaciones de clústeres, secuencias de cifrado específicas de usuario, secuencias de cifrado específicas de sector, si se utilizan, y secuencias de cifrado específicas de célula, si se utilizan. En algunos modos de realización, se almacenan múltiples patrones de piloto en cada memoria de modo que el transmisor puede transmitir y el receptor puede recibir patrones de piloto selectivos de frecuencia y patrones piloto selectivos de tiempo. Además, se pueden utilizar patrones de combinación piloto que tengan clústeres orientados para canales selectivos de tiempo y canales selectivos de frecuencia. Esto permite que un transmisor transmita un patrón específico basado en un parámetro, tal como la secuencia aleatoria, o en respuesta a una instrucción de la estación base.

[0077] Los procesadores 730 y 770 pueden entonces seleccionar cuál de los patrones piloto, secuencias de cifrado específicas de usuario, secuencias de cifrado específicas de sector y secuencias de cifrado específicas de célula se deben utilizar en la transmisión de los símbolos piloto.

[0078] En el receptor, se pueden usar diversas técnicas de procesamiento para procesar las N_R señales recibidas para detectar las N_T transmisiones de símbolos transmitidas. Estas técnicas de procesamiento del receptor pueden agruparse en dos categorías principales: (i) técnicas de procesamiento de receptor espacial y de espacio-tiempo (que también se denominan técnicas de ecualización); y (ii) técnica de procesamiento de receptor "anulación/ecualización sucesiva y cancelación de interferencia" (que también se denomina técnica de procesamiento de receptor de "cancelación de interferencia sucesiva" o "cancelación sucesiva").

[0079] Mientras que la Fig. 7 ilustra un sistema de MIMO, el mismo sistema puede aplicarse a un sistema de entrada única de múltiples entradas donde múltiples antenas transmisoras, por ejemplo, las de una estación base, transmiten

una o más secuencias de símbolos a un solo dispositivo de antena, por ejemplo, estación móvil. Además, se puede utilizar un sistema de antena de salida única a entrada única de la misma manera que se describe con respecto a la Fig. 7.

[0080] Con referencia a la Fig. 8, se ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento de generación de símbolos piloto de acuerdo con un modo de realización. Se selecciona una pluralidad de clústeres de símbolos piloto para transmitirse durante una región de salto desde una estación móvil particular, bloque 800. Estos clústeres de símbolos piloto pueden estar todos alineados para la transmisión en una frecuencia selectiva (Fig. 3A), un canal selectivo de tiempo (Fig. 3B) o una combinación de clústeres, algunos de los cuales están alineados para su transmisión en un canal selectivo de frecuencia y en un canal selectivo de tiempo.

[0081] Una vez que se seleccionan los grupos de símbolos piloto, se determina si el clúster de la estación base en el que se está comunicando la estación móvil soporta, o está en comunicación con, múltiples estaciones móviles, bloque 802. Esta determinación puede basarse en el conocimiento predeterminado de la red en la que se encuentra la estación móvil. Alternativamente, esta información puede transmitirse desde el sector para la estación base como parte de su información piloto o de mensajes de difusión.

[0082] Si el clúster no es compatible con la comunicación, o no está actualmente en comunicación con múltiples estaciones móviles, entonces las funciones escalares se aplican a los símbolos piloto que son exclusivos del clúster con el que se está comunicando la estación móvil, bloque 804. En un modo de realización, las funciones escalares para cada sector pueden almacenarse en la estación móvil y utilizarse dependiendo de una señal de identificación de sector que sea parte de su información piloto o de mensajes de difusión.

[0083] Si el clúster admite la comunicación con múltiples estaciones móviles, entonces las funciones escalares se aplican a los símbolos piloto que son exclusivos de la estación móvil, bloque 806. En algunos modos de realización, las funciones escalares para cada estación móvil pueden basarse en su identificador único utilizado para el registro o proporcionado al dispositivo en el momento de la fabricación.

[0084] Después de que las funciones escalares, que son únicas al sector con el que se está comunicando la estación móvil o a la propia estación móvil, se aplican a los símbolos piloto, se aplica otra secuencia de funciones escalares a los símbolos piloto, bloque 808. La secuencia de funciones escalares se refiere a la célula en la que se está comunicando la estación móvil. Esta función escalar puede variar con el tiempo, si a cada célula no se le asignan funciones escalares específicamente conocidas o proporcionadas a las estaciones móviles. Después de esta operación, los símbolos piloto pueden transmitirse desde la estación móvil a la estación base.

[0085] Las funciones escalares analizadas con respecto a la Fig. 8, pueden implicar en un modo de realización un desplazamiento de fase de cada una de las muestras que constituyen los símbolos piloto. Como se analizó con respecto a las Figs. 4A, 4B, 5 y 6 las funciones escalares se seleccionan de modo que cada clúster de símbolos piloto sea ortogonal entre sí, conjunto de símbolos piloto de la misma estación móvil en otros grupos de símbolos piloto y en el mismo y otros clústeres de símbolos piloto para otros estaciones móviles del mismo sector de la estación base.

[0086] Además, los bloques descritos con respecto a la Fig. 8 pueden implementarse cada uno como una o más instrucciones en un medio legible por ordenador, tal como una memoria, que se implementan mediante un procesador, un controlador u otro circuito electrónico.

[0087] Con referencia a la Fig. 9, se ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para alterar los patrones de símbolos piloto de acuerdo con un modo de realización. Se obtiene información sobre las condiciones del canal, bloque 900. La información puede comprender relaciones de SNR en uno o más sectores de las estaciones base, una selectividad del canal en la estación base, el tipo de tráfico deseado, peatonal o vehicular a la cual se optimizará la estación base, diferenciales, u otras características del canal. Además, la información puede referirse a periodos de tiempo, puede formar parte de una operación de mantenimiento regular en la estación base o de la red de estaciones base, puede basarse en una carga incrementada de la estación base o de la red de estaciones base, o a otros tiempos.

[0088] La información se analiza para determinar las condiciones del canal del sector o de la estación base, bloque 902. El análisis puede ser una determinación de si el canal es selectivo de frecuencia, selectivo de tiempo o una combinación de ambos. El análisis se utiliza luego para determinar un patrón de símbolos piloto que se va a transmitir desde estaciones móviles que pueden comunicarse con el sector o con la estación base, bloque 904. Estos clústeres de símbolos piloto pueden estar todos alineados para la transmisión en una frecuencia selectiva (Fig. 3A), un canal selectivo en el tiempo (Fig. 3B) o una combinación de clústeres, algunos de los cuales están alineados para su transmisión en un canal selectivo de frecuencia y en un canal selectivo de tiempo. El patrón de piloto específico seleccionado puede utilizarse por todas las estaciones móviles que se comunican con la estación base o con el sector hasta el momento en que se realiza nuevamente el diagnóstico para la estación base o para el sector.

[0089] Para implementar un patrón piloto específico en estaciones móviles que se comunican en una estación base o en un sector de estación base, se puede enviar una instrucción desde la estación base o desde el sector a las estaciones móviles como parte del procedimiento de inicialización o de configuración. En algunos modos de realización,

la información como patrón de piloto, la secuencia de cifrado específica de usuario, la secuencia de cifrado específica de sector y/o la secuencia de cifrado específica de célula se debe utilizar en un preámbulo de uno o más paquetes de datos que se transmiten desde una estación base a una estación móvil a intervalos regulares o durante la inicialización o la configuración.

[0090] Cabe destacar que el análisis también puede utilizarse para determinar el número de símbolos piloto que se vaya a transmitir en cada clúster de símbolos piloto y en las agrupaciones de símbolos piloto. Además, los bloques descritos con respecto a la Fig. 9 pueden implementarse cada uno como una o más instrucciones en un medio legible por ordenador, tal como una memoria o medios extraíbles, que se implementan mediante un procesador, un controlador u otro circuito electrónico.

[0091] Las técnicas descritas en el presente documento pueden implementarse mediante diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas pueden implementarse en hardware, en software o en una combinación de ambos. Para una implementación de hardware, las unidades de procesamiento dentro de una estación base o de una estación móvil pueden implementarse dentro de uno o más circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD), dispositivos lógicos programables (PLD), matrices de puertas programables por campo (FPGA), procesadores, controladores, microcontroladores, microprocesadores, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en el presente documento, o una combinación de las mismas.

[0092] Para una implementación en software, las técnicas descritas en el presente documento pueden implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, etc.) que lleven a cabo las funciones descritas en el presente documento. Los códigos de software pueden almacenarse en unidades de memoria y ejecutarse mediante procesadores. La unidad de memoria puede implementarse dentro del procesador o ser externa al procesador, en cuyo caso puede acoplarse de forma comunicativa al procesador a través de diversos medios, como se conoce en la técnica.

[0093] La anterior descripción de los modos de realización divulgados se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica realice o use la presente invención. Diversas modificaciones de estos modos de realización resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros modos de realización sin apartarse del alcance de la presente invención, según lo definido por las reivindicaciones adjuntas. Por tanto, la presente invención no pretende limitarse a los modos de realización en el presente documento, sino que se le debe otorgar el alcance más amplio.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para comunicación inalámbrica en una multiplexación por división ortogonal de frecuencia, en lo sucesivo denominado sistema OFDMA, en el que múltiples estaciones móviles están asignadas a un mismo grupo contiguo de frecuencias y de periodos de símbolo, comprendiendo dicho procedimiento:

generar una pluralidad de clústeres de símbolos piloto contiguos (304, 324) que se vayan a transmitir desde un dispositivo de comunicación inalámbrica (108); y

aplicar (804) una de una pluralidad de funciones escalares a cada uno de la pluralidad de clústeres de símbolos piloto contiguos (304, 324).

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de funciones escalares se agrupan en vectores y en el que cada vector es ortogonal entre sí.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la aplicación comprende el desplazamiento de una fase de cada muestra que comprende cada símbolo piloto de acuerdo con la función escalar.

4. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además aplicar otra función escalar de otra pluralidad de funciones escalares a cada uno de la pluralidad de símbolos piloto.

5. El procedimiento según la reivindicación 4, en el que aplicar otra función escalar comprende variar a lo largo del tiempo la otra función escalar aplicada a un símbolo piloto de la pluralidad de símbolos piloto.

6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de símbolos piloto se transmite utilizando una pluralidad de subportadoras entre una frecuencia máxima y una frecuencia mínima, comprendiendo el procedimiento además

agrupar la pluralidad de símbolos piloto en dicha pluralidad de clústeres; y

asignar una frecuencia de transmisión a cada símbolo piloto de cada clúster (304, 324) de modo que al menos a un símbolo piloto de cada clúster se le asigna una subportadora distinta de la frecuencia máxima y de la frecuencia mínima.

7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de funciones escalares comprenden funciones escalares que son exclusivas del dispositivo de comunicación inalámbrica.

8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de funciones escalares comprenden funciones escalares que son exclusivas de un sector (120, 122, 124) de una estación base con la que se comunica el dispositivo de comunicación inalámbrica (108).

9. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de funciones escalares comprende vectores de funciones escalares y en el que cada vector es casi ortogonal entre sí.

10. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que aplicar la pluralidad de funciones escalares comprende utilizar una transformada de Fourier discreta al aplicar las funciones escalares.

11. Un aparato de comunicación inalámbrica para una multiplexación por división ortogonal de frecuencia, en lo sucesivo denominado sistema de OFDMA, en el que múltiples estaciones móviles están asignadas a un mismo grupo contiguo de frecuencias y de periodos de símbolos, comprendiendo dicho aparato:

medios para disponer una pluralidad de símbolos piloto (302) en una pluralidad de clústeres de símbolos piloto contiguos (304, 324); y

medios para aplicar una de una pluralidad de funciones escalares a cada uno de la pluralidad de símbolos piloto en dichos clústeres de símbolos piloto contiguos antes de la transmisión de los símbolos piloto.

12. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 11, en el que los medios para aplicar comprenden medios para aplicar la pluralidad de funciones escalares de modo que cada clúster (301) de símbolos piloto es ortogonal a cada otro clúster (306) de símbolos piloto.

13. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 11, que comprende además medios para aplicar otra función escalar de otra pluralidad de funciones escalares a cada uno de la pluralidad de símbolos piloto.

14. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 13, en el que la aplicación de otra función

escalar comprende variar a lo largo del tiempo la otra función escalar aplicada a un símbolo piloto de la pluralidad de símbolos piloto.

15. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 11, en el que la pluralidad de funciones escalares comprende funciones escalares que son exclusivas del dispositivo de comunicación inalámbrica.

16. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 11, en el que la pluralidad de funciones escalares comprende funciones escalares que son exclusivas de un sector de una estación base con el que se comunica el dispositivo de comunicación inalámbrica.

17. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 11, en el que la pluralidad de símbolos piloto se transmiten utilizando una pluralidad de subportadoras entre una frecuencia máxima y una frecuencia mínima y en el que los medios para organizar comprenden medios para asignar una frecuencia de transmisión a cada símbolo piloto de cada clúster de modo que al menos a un símbolo piloto de cada clúster se le asigna una subportadora que es una distinta de la frecuencia máxima y de la frecuencia mínima.

18. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 11, en el que la pluralidad de símbolos piloto se transmite durante una pluralidad de periodos de símbolos contiguos entre un primer período de símbolos y un último período de símbolos y en el que los medios para organizar comprenden medios para asignar cada símbolo piloto a un período de símbolo de modo que solo se transmite un símbolo piloto de cada clúster durante el primer período de símbolos o el último período de símbolos.

19. Un aparato de comunicación inalámbrica (750) para una multiplexación por división ortogonal de frecuencia, en lo sucesivo denominado sistema OFDMA, en el que múltiples estaciones móviles están asignadas a un mismo grupo contiguo de frecuencias y de períodos de símbolo, dicho aparato, que comprende;

una pluralidad de antenas (752);

una memoria (772) configurada para almacenar una pluralidad de patrones piloto comprendiendo cada uno una pluralidad de clústeres de símbolos piloto contiguos, cada uno de los cuales comprende una pluralidad de símbolos piloto y para almacenar una pluralidad de funciones escalares, siendo ortogonal cada clúster de la pluralidad de clústeres de símbolos piloto contiguos en un mismo patrón piloto a cada uno de los clústeres de la pluralidad de grupos del mismo patrón piloto;

un procesador (760) acoplado con la pluralidad de antenas y la memoria, el procesador configurado para utilizar un patrón piloto de la pluralidad de patrones de piloto para decodificar múltiples símbolos piloto recibidos de una pluralidad de dispositivos inalámbricos en la pluralidad de antenas y para aplicar uno de dichas funciones escalares para cada uno de los símbolos piloto recibidos de los clústeres de dichos patrones piloto.

20. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 19, en el que la pluralidad de patrones de piloto comprende al menos un patrón piloto selectivo de tiempo y al menos un patrón piloto selectivo de frecuencia.

21. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 19, en el que la memoria almacena además una pluralidad de secuencias que son ortogonales a cada secuencia de la pluralidad de secuencias y en el que el procesador instruye selectivamente la multiplicación de los símbolos piloto del patrón piloto con algunas de las secuencias de la pluralidad de secuencias antes de decodificar los símbolos piloto.

22. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 19, en el que la memoria almacena además otra pluralidad de secuencias y en el que el procesador instruye selectivamente la multiplicación de los símbolos piloto del patrón piloto tanto con algunas de las secuencias de la pluralidad de secuencias y como con parte de la otra pluralidad de secuencias antes de decodificar los símbolos piloto.

23. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 22, en el que el procesador genera una instrucción, que se transmitirá desde al menos una de la pluralidad de antenas, que especifica un patrón piloto de la pluralidad de patrones de piloto que se transmitirán al aparato de comunicación inalámbrica.

24. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 19, en el que cada símbolo piloto de cada patrón de símbolos piloto está asignado a una frecuencia dentro de una gama de frecuencias entre una frecuencia máxima y una frecuencia mínima y en el que al menos uno la pluralidad de símbolos piloto de cada uno de la pluralidad de los clústeres se asigna a una subportadora de frecuencias distinta de la frecuencia máxima o de la frecuencia mínima.

25. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 19, en el que cada símbolo piloto de cada patrón de símbolos piloto está asignado a un período de símbolo de una pluralidad de períodos de símbolo contiguos entre un primer período de símbolo y un último período de símbolo y en el que solo uno de la pluralidad de símbolos piloto de cada uno de la pluralidad de clústeres se asigna al primer período de símbolo

o al último período de símbolo.

26. El aparato de comunicación inalámbrica según la reivindicación 19, en el que cada uno de los símbolos piloto de cada clúster se asigna para transmitirse utilizando una subportadora de frecuencia de un grupo de subportadoras de frecuencia contigua que van desde una frecuencia mínima a una frecuencia máxima y durante un período de símbolo de un grupo de periodos de símbolo contiguos que van desde un primer período de símbolo hasta un último período de símbolo y en el que en cada clúster no se asigna más de un símbolo piloto a la frecuencia máxima o a la frecuencia mínima como su subportadora de frecuencia de transmisión o el primer período de símbolo o el último período de símbolo como su período de símbolo de transmisión.

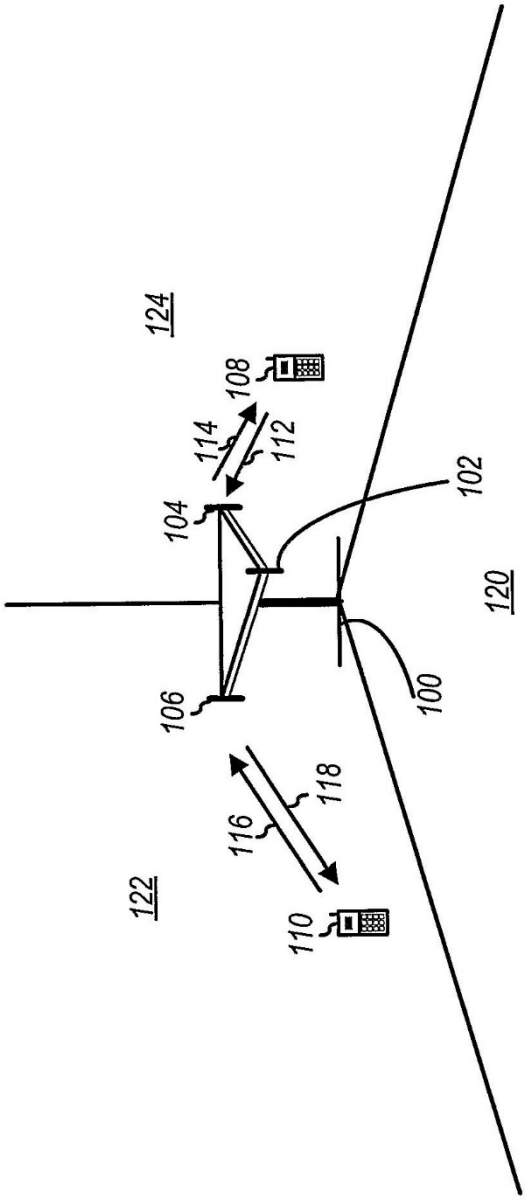

Fig. 1

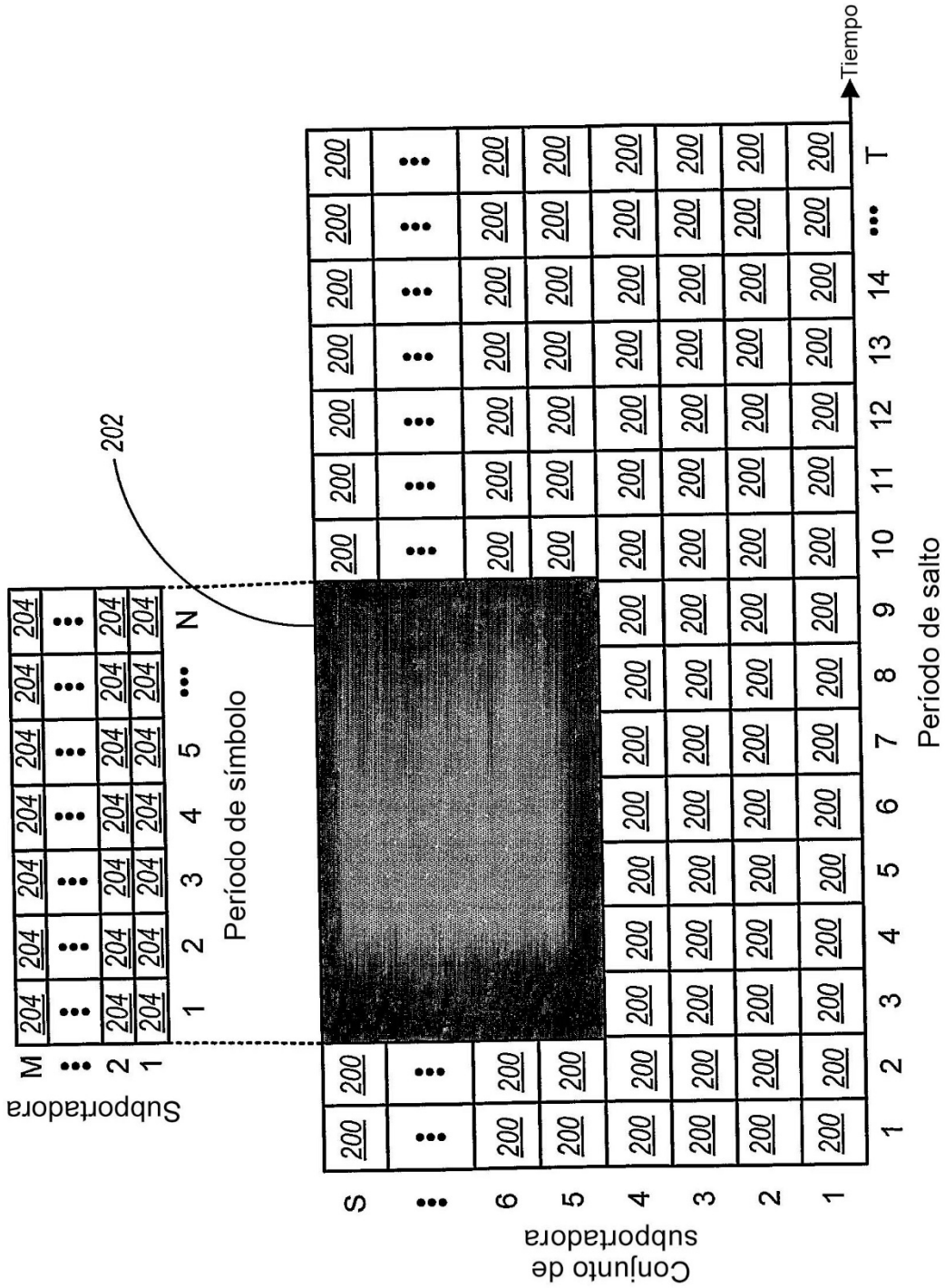
Subportadora
M
2
1
204
1
2
3
4
5
N
Período de símbolo
202
Conjunto de subportadora
S
6
5
4
3
2
1
200
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
T
Período de salto
Tiempo

Fig. 2

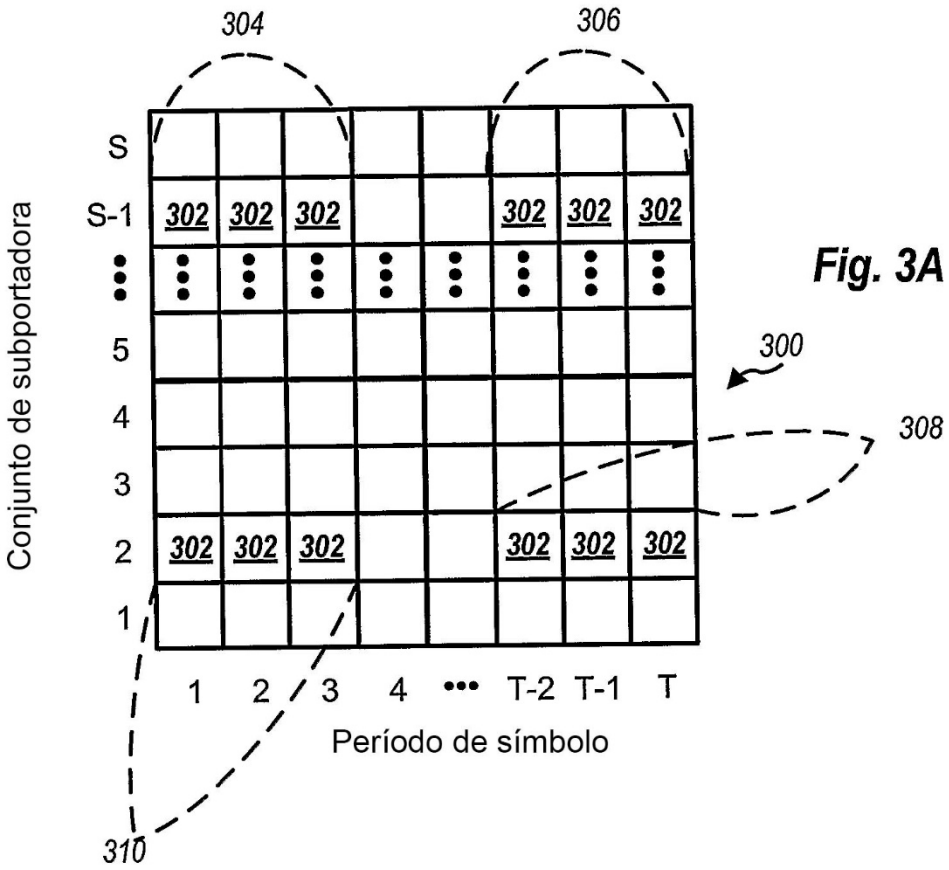
304
306
S
S-1
302
5
4
3
2
1
Conjunto de subportadora
300
308
1 2 3 4 ••• T-2 T-1 T
Período de símbolo
310

Fig. 3A

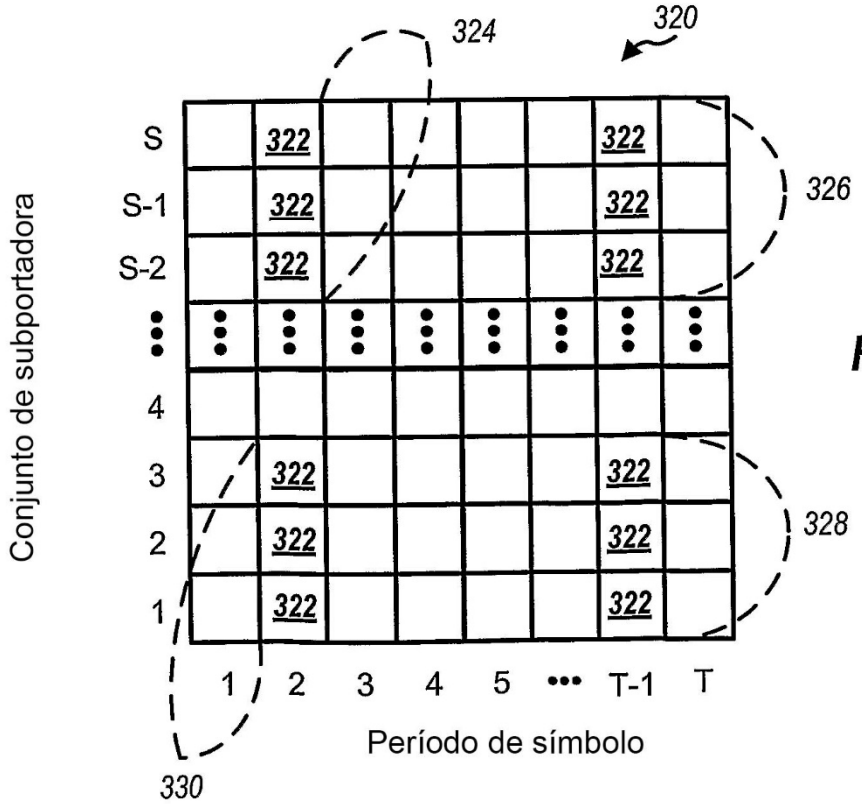
324
320
S
S-1
S-2
322
4
3
2
1
Conjunto de subportadora
326
328
1 2 3 4 5 ••• T-1 T
Período de símbolo
330

Fig. 3B

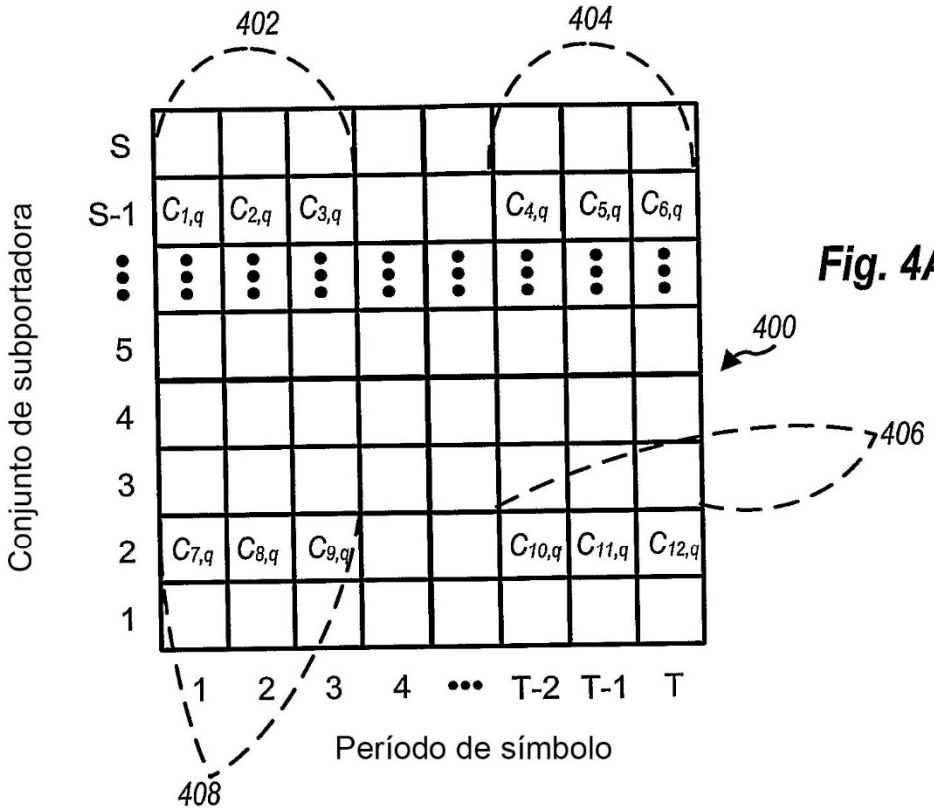
402
404
S
S-1
5
4
3
2
1
$C_{1,q}$ $C_{2,q}$ $C_{3,q}$ $C_{4,q}$ $C_{5,q}$ $C_{6,q}$
$C_{7,q}$ $C_{8,q}$ $C_{9,q}$ $C_{10,q}$ $C_{11,q}$ $C_{12,q}$
Conjunto de subportadora
400
406
1 2 3 4 ••• T-2 T-1 T
Período de símbolo
408

Fig. 4A

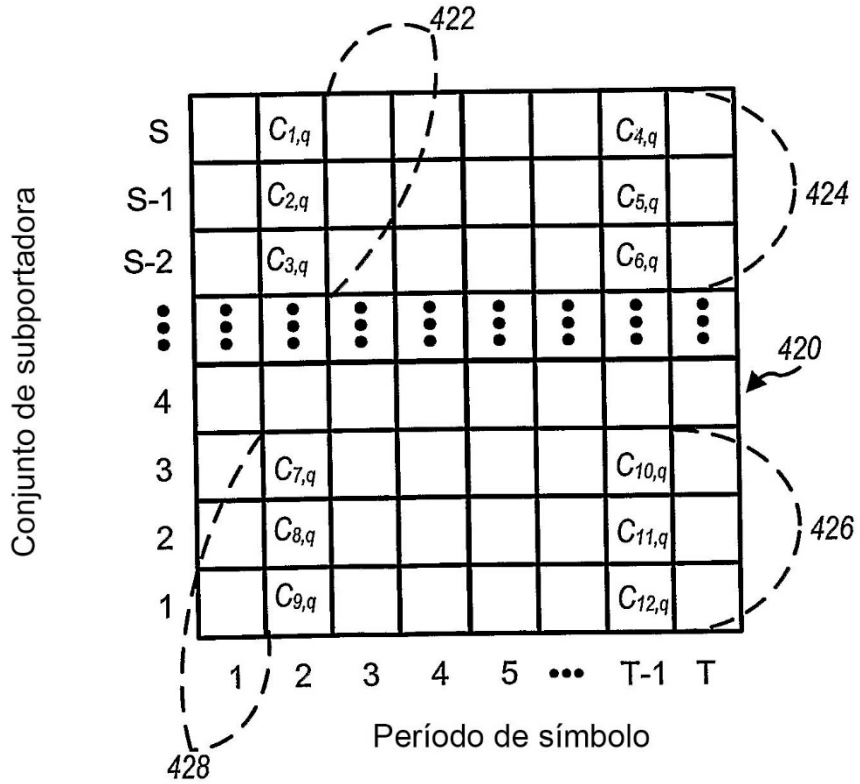
422
S
S-1
S-2
4
3
2
1
$C_{1,q}$ $C_{4,q}$
$C_{2,q}$ $C_{5,q}$
$C_{3,q}$ $C_{6,q}$
$C_{7,q}$ $C_{10,q}$
$C_{8,q}$ $C_{11,q}$
$C_{9,q}$ $C_{12,q}$
Conjunto de subportadora
424
420
426
1 2 3 4 5 ••• T-1 T
Período de símbolo
428

Fig. 4B

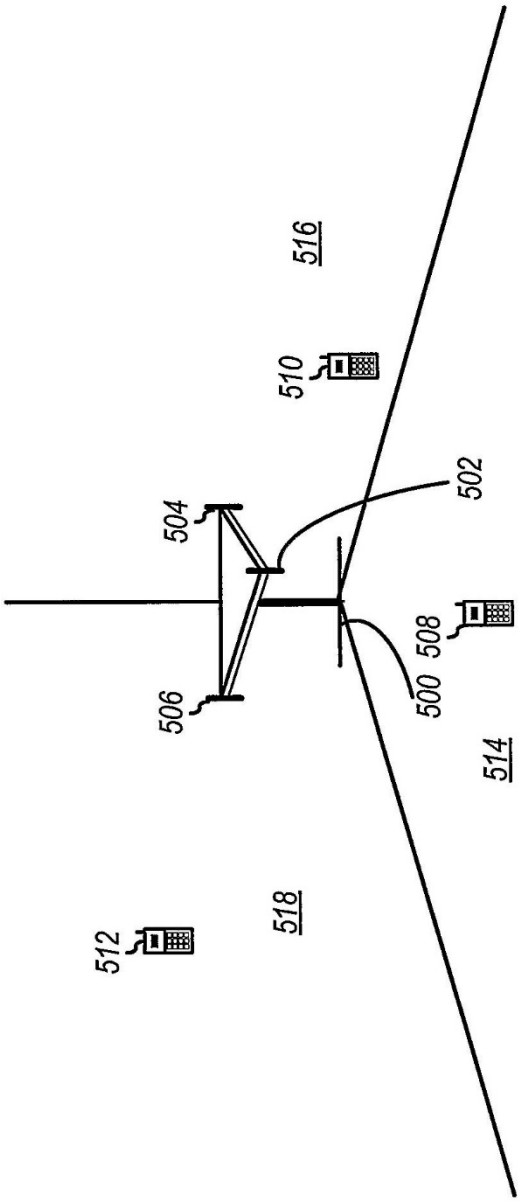

Fig. 5

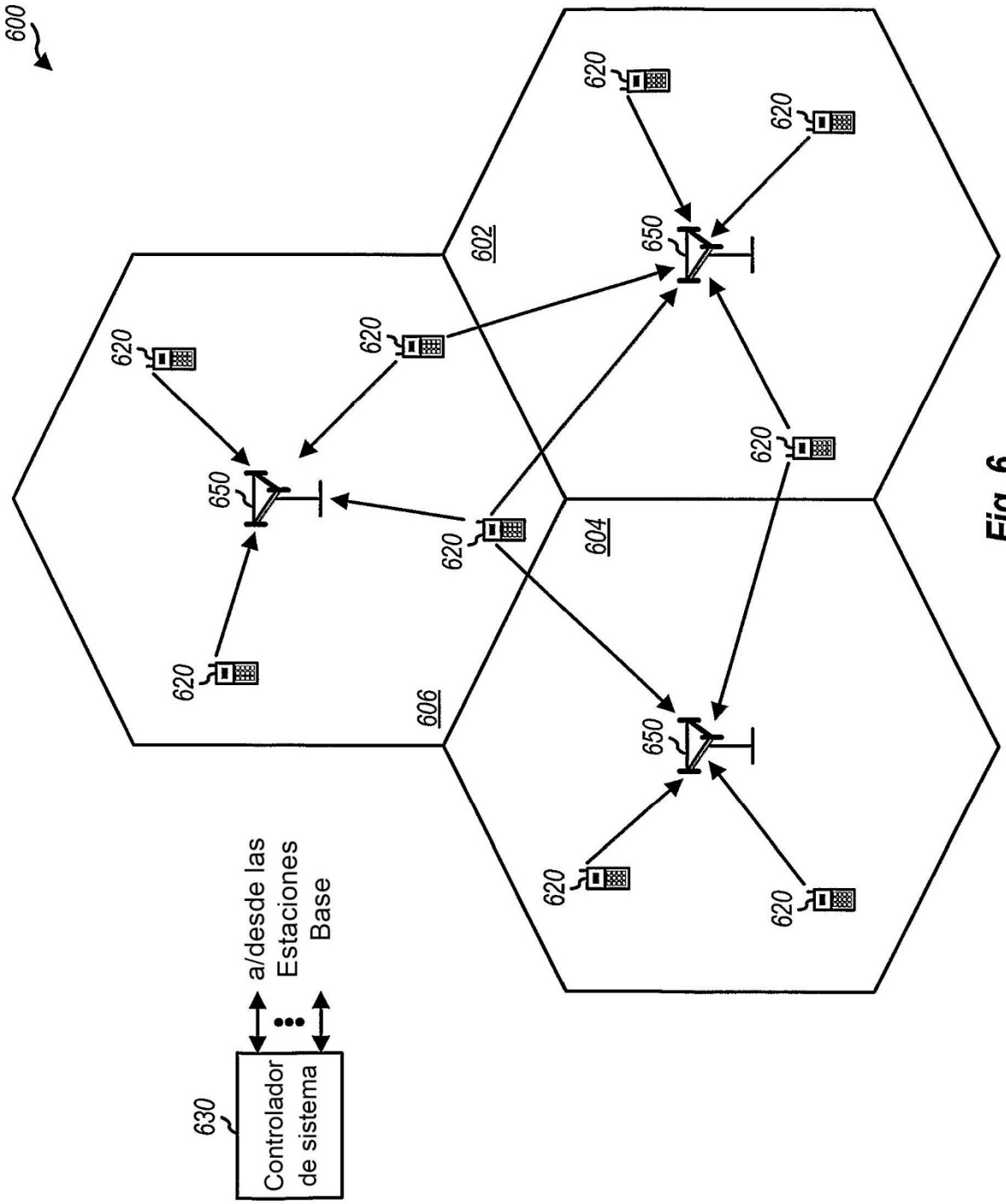
600
620
650
602
604
606
630
Controlador de sistema
a/desde las Estaciones Base

Fig. 6

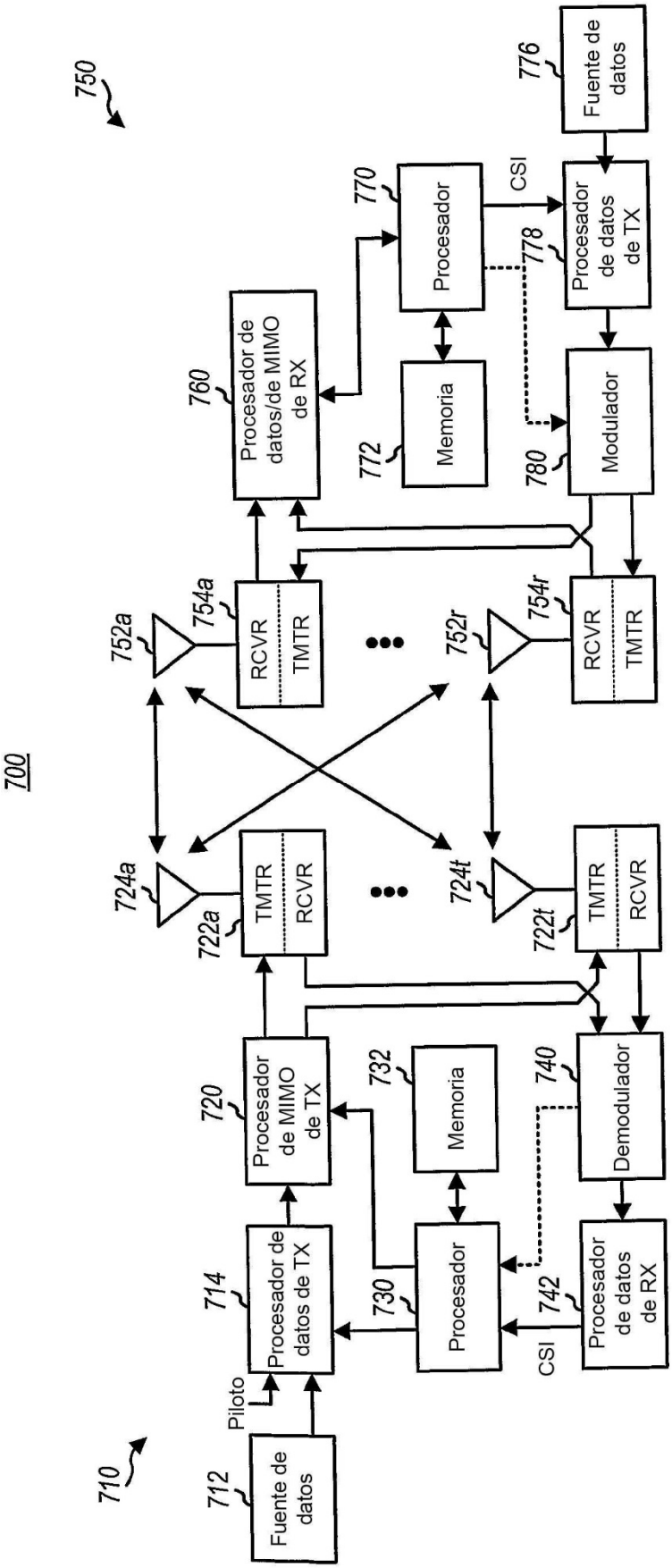
700
710
712
Fuente de datos
Piloto
714
Procesador de datos de TX
720
Procesador de MIMO de TX
722a
TMTR
RCVR
724a
730
Procesador
732
Memoria
CSI
742
Procesador de datos de RX
740
Demodulador
722t
TMTR
RCVR
724t
752a
754a
RCVR
TMTR
752r
754r
RCVR
TMTR
760
Procesador de datos/de MIMO de RX
772
Memoria
770
Procesador
CSI
778
780
Modulador
Procesador de datos de TX
776
Fuente de datos
750

Fig. 7

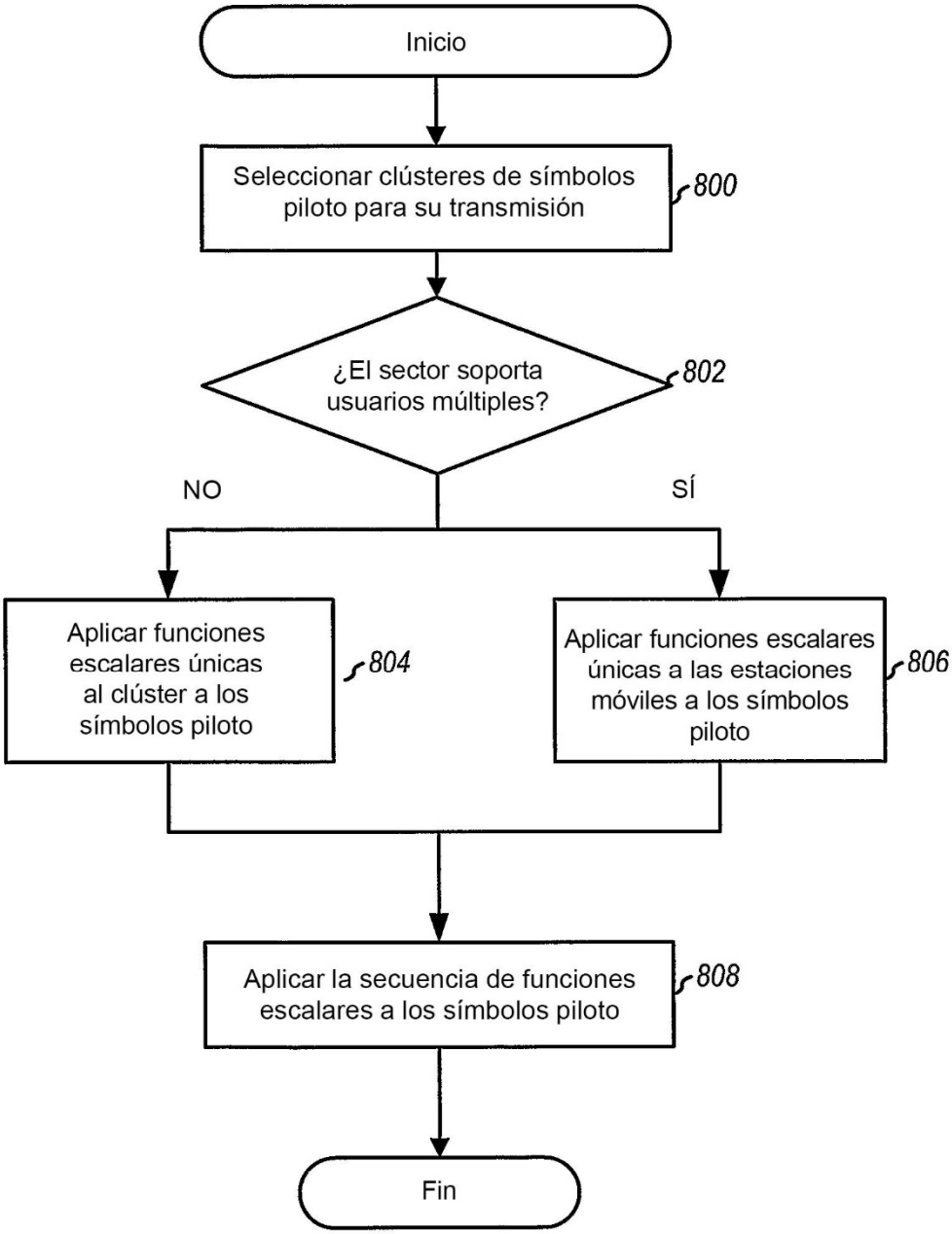
Inicio
Seleccionar clústeres de símbolos piloto para su transmisión
800
¿El sector soporta usuarios múltiples?
802
NO
SÍ
Aplicar funciones escalares únicas al clúster a los símbolos piloto
804
Aplicar funciones escalares únicas a las estaciones móviles a los símbolos piloto
806
Aplicar la secuencia de funciones escalares a los símbolos piloto
808
Fin

Fig. 8

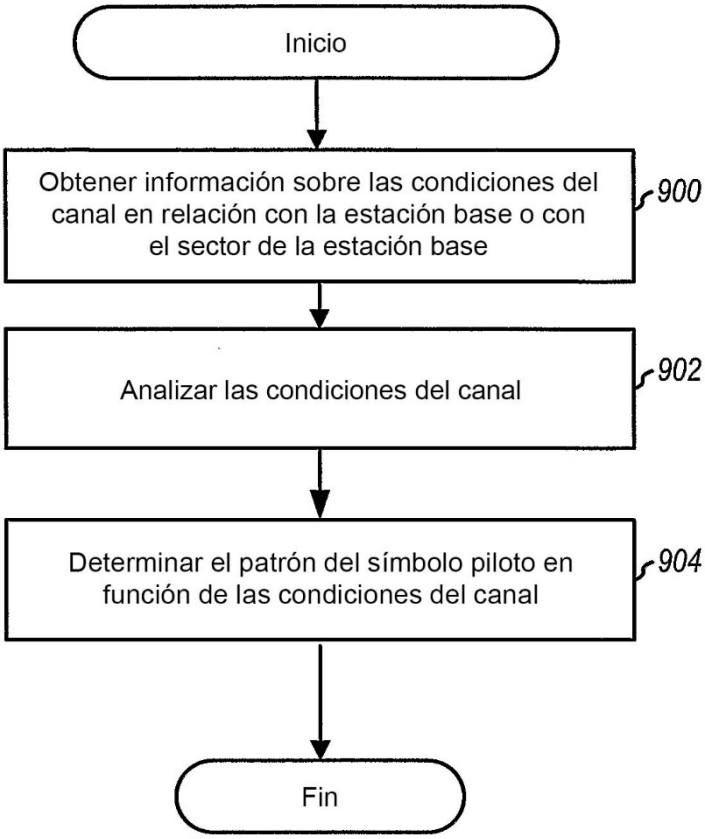
Inicio
Obtener información sobre las condiciones del canal en relación con la estación base o con el sector de la estación base
900
Analizar las condiciones del canal
902
Determinar el patrón del símbolo piloto en función de las condiciones del canal
904
Fin

Fig. 9