

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 527**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2004 E 10012069 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 2282438**

54 Título: **Esquemas de transmisión de piloto para sistemas de comunicación inalámbrica de múltiples portadoras**

30 Prioridad:

07.01.2003 US 438601 P
07.02.2003 US 359811

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

04.11.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SMEE, JOHN E.;
WALTON, JAY RODNEY y
MALLADI, DURGA PRASAD

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 791 527 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

Esquemas de transmisión de piloto para sistemas de comunicación inalámbrica de múltiples portadoras

5 ANTECEDENTES

I. Campo

10 [0001] La presente invención se refiere en general a la comunicación y, de forma más específica, a esquemas de transmisión de piloto, para sistemas de comunicación inalámbrica de múltiples portadoras.

II. Antecedentes

15 [0002] Un sistema de comunicación de múltiples portadoras emplea múltiples portadoras para la transmisión de datos a un único punto final. Estas múltiples portadoras pueden emplearse, por ejemplo, en el contexto de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) o algunas otras técnicas de modulación de múltiples portadoras. El OFDM divide eficazmente el ancho de banda global del sistema en un número de (N) subbandas ortogonales, que también se denominan tonos, bins de frecuencia y subcanales de frecuencia. Con OFDM, cada subbanda se asocia con una portadora respectiva en la que pueden modularse datos.

20 [0003] En un sistema de comunicación inalámbrica, los datos a transmitir se procesan (por ejemplo, codifican y modulan) en un transmisor y se aumentan en frecuencia a una señal de portadora de radio frecuencia (RF) para generar una señal RF modulada. La señal modulada por RF se transmite a través de un canal inalámbrico y puede llegar a un receptor a través de una serie de rutas de propagación. Las características de las rutas de propagación típicamente varían con el tiempo debido a un número de factores tales como, por ejemplo, la atenuación, las múltiples rutas y la interferencia externa. En consecuencia, la señal modulada de RF transmitida puede experimentar diferentes condiciones de canal (por ejemplo, diferentes efectos de atenuación y múltiples rutas) y puede estar asociada con diferentes ganancias complejas y relaciones señal/ruido (SNR) con el tiempo.

25 [0004] En un sistema de comunicación inalámbrica, un piloto se transmite a menudo desde un transmisor (por ejemplo, una estación base) a un receptor (p.ej., un terminal) para ayudar al receptor a realizar una serie de funciones. El piloto típicamente se genera basándose en símbolos conocidos y se procesa de una manera conocida. El receptor puede utilizar el piloto para la estimación del canal, la adquisición de temporización y frecuencia, la desmodulación de datos coherente, las mediciones de intensidad de la señal recibida, etc.

30 [0005] El diseño de un esquema de transmisión de piloto para un sistema de comunicación de múltiples portadoras presenta varios retos. Como una consideración, dado que la transmisión de piloto representa una sobrecarga en el sistema, es deseable minimizar la transmisión de piloto en la medida de lo posible y al mismo tiempo proporcionar el rendimiento deseado. Como otra consideración, los pilotos deben transmitirse de tal manera que los receptores en el sistema puedan detectar y distinguir los pilotos transmitidos por los transmisores individuales en el sistema. Además, el esquema de transmisión de piloto necesita abordar la dimensionalidad adicional creada por los múltiples operadores del sistema de múltiples portadores.

35 [0006] Por tanto, existe una necesidad en la técnica para esquemas de transmisión de piloto para sistemas de comunicación de múltiples portadoras.

40 [0007] Se llama la atención sobre el documento WO 01/76110 A que describe que la información de estado del canal (CSI) puede ser utilizada por un sistema de comunicaciones para precondicionar las transmisiones entre las unidades transmisoras y las unidades receptoras. En un aspecto, los conjuntos de subcanales separados se asignan a las antenas transmisoras ubicadas en una unidad transmisora. Los símbolos de piloto se generan y transmiten en un subconjunto de los subcanales separados. Al recibir los símbolos de piloto transmitidos, las unidades receptoras determinan el CSI para los subcanales separados que llevan símbolos de piloto. Se informa sobre estos valores de CSI a la unidad transmisora, que utilizará estos valores de CSI para generar estimaciones de CSI para los subcanales separados que no llevaban símbolos de piloto. La cantidad de información necesaria para informar sobre CSI en el enlace inverso se puede minimizar aún más mediante técnicas de compresión y técnicas de asignación de recursos.

BREVE EXPLICACIÓN

60 [0008] De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento y un aparato, como se expone en las reivindicaciones independientes. Los modos de realización preferentes de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes. El alcance de la invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas. Los modos de realización que no se hallan completamente dentro del alcance de las reivindicaciones se deben interpretar como ejemplos útiles para entender la invención.

65

[0009] Los esquemas de transmisión de piloto adecuados para su uso en sistemas de comunicación inalámbrica de múltiples portadoras (por ejemplo, sistemas OFDM) se proporcionan en el presente documento. Estos esquemas de transmisión de piloto pueden utilizar ortogonalidad de frecuencia, ortogonalidad de tiempo u ortogonalidad de frecuencia y tiempo para lograr la ortogonalidad entre los pilotos transmitidos por múltiples estaciones base en el enlace descendente. La ortogonalidad de frecuencia puede lograrse transmitiendo pilotos desde diferentes estaciones base en conjuntos separados de subbandas. La ortogonalidad de tiempo puede lograrse transmitiendo pilotos usando diferentes códigos ortogonales (por ejemplo, códigos de Walsh). Los pilotos también pueden estar aleatorizados con diferentes códigos de aleatorización, que se usan para aleatorizar la interferencia de piloto y para permitir la identificación de los transmisores de estos pilotos.

[0010] Los esquemas de transmisión de piloto descritos en el presente documento facilitan de manera eficiente tanto la estimación de canal como la detección de piloto. Estos esquemas permiten a los terminales en el sistema obtener estimaciones de canal de banda ancha de alta calidad y estimaciones de intensidad de piloto para estaciones base en el sistema, que pueden usarse para realizar desmodulación de datos coherente, transferencia suave y transferencia dura, como se describe a continuación.

[0011] En el presente documento también se proporcionan técnicas para estimar y cancelar la interferencia de piloto. La cancelación de la interferencia de piloto se puede realizar para mejorar el rendimiento ya que las subbandas usadas para la transmisión de datos o piloto mediante un transmisor también se pueden usar para la transmisión de piloto mediante otro transmisor (es decir, un transmisor "interferente"). La interferencia de piloto puede estimarse obteniendo una estimación del canal hacia la fuente interferente, generando el piloto de la misma manera que el transmisor interferente y multiplicando el piloto generado con la estimación del canal. A continuación, la interferencia de piloto se resta de los símbolos recibidos para obtener símbolos cancelados por piloto que tengan una calidad mejorada.

[0012] A continuación también se describen en más detalle diversos aspectos y modos de realización de la invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0013] Las características, la naturaleza y las ventajas de la presente invención resultarán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se toma en consideración junto con los dibujos, en la totalidad de los cuales unos caracteres de referencia iguales identifican a los correspondientes componentes iguales, y en los que:

La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrica de acceso múltiple y múltiples portadoras;

la FIG. 2A muestra una estructura de subbanda OFDM;

la FIG. 2B muestra T conjuntos separados de subbandas basadas en la estructura de subbanda OFDM mostrada en la FIG. 2A;

las FIGS. 3A y 3B muestran asignaciones a modo de ejemplo de subbandas para un grupo de 3 células de 9 sectores y un grupo de 7 células de 21 sectores, respectivamente, para lograr la ortogonalidad de frecuencia;

las FIGS. 4A y 4B muestran asignaciones a modo de ejemplo de códigos ortogonales para lograr la ortogonalidad de tiempo para un grupo de 1 célula de 3 sectores con una antena y dos antenas por sector, respectivamente;

las FIGS. 4C y 4D muestran asignaciones a modo de ejemplo de subbandas y códigos ortogonales para un grupo de 3 células de 9 sectores y un grupo de 7 células de 21 sectores, respectivamente, para lograr la ortogonalidad de frecuencia y tiempo;

la FIG. 5 muestra una disposición de sistema a modo de ejemplo mediante el cual se asigna un código de aleatorización diferente a cada grupo de 7 células;

las FIGS. 6A y 6B muestran la transmisión de pilotos desde múltiples sectores para un esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona y un esquema de transmisión de piloto continua síncrona, respectivamente;

la FIG. 7 muestra un diagrama de bloques de una estación base y un terminal;

la FIG. 8 muestra un diagrama de bloques de un modulador dentro de la estación base;

Las FIGS. 9A y 9B muestran diagramas de bloques de dos modos de realización de un desmodulador dentro del terminal; y

la FIG. 10 muestra un diagrama de bloques de un cancelador de interferencia de piloto en el desmodulador.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0014] La expresión "a modo de ejemplo" se usa en el presente documento para significar "que sirve de ejemplo, caso o ilustración". No ha de considerarse necesariamente que cualquier modo de realización o diseño descritos en el presente documento como "a modo de ejemplo" sea preferente o ventajoso con respecto a otros modos de realización o diseños.

[0015] La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples portadoras y acceso múltiple 100 que soporta varios usuarios y es capaz de implementar los esquemas de transmisión de piloto descritos en el presente documento. El sistema 100 incluye varias estaciones base 110 que soportan comunicación para varios terminales 120. Una estación base es una estación fija que es utilizada para la comunicación con los terminales y también puede denominarse punto de acceso, nodo B, o alguna otra terminología.

[0016] Como se muestra en la FIG. 1, varios terminales 120 pueden estar dispersos por todo el sistema, y cada terminal puede ser fijo (es decir, estacionario) o móvil. Un terminal también puede denominarse estación móvil, estación remota, equipo de usuario (UE), dispositivo de comunicación inalámbrica, terminal de acceso o alguna otra terminología. Cada terminal puede comunicarse con una o posiblemente múltiples estaciones base en el enlace descendente y/o el enlace ascendente en cualquier momento dado. El enlace descendente (es decir, enlace directo) se refiere al enlace de comunicación desde la estación base hasta el terminal, y el enlace ascendente (es decir, enlace inverso) se refiere al enlace de comunicación desde el terminal hasta la estación base. En la FIG. 1, los terminales 120a a 120o reciben pilotos, señalización y posiblemente transmisión de datos específicos de usuarios desde las estaciones base 110a a 110g.

[0017] Un controlador del sistema A (no mostrado en la FIG. 1) típicamente se acopla a las estaciones base 110 y puede estar diseñado para realizar un número de funciones tales como (1) la coordinación y control para las estaciones base acopladas al mismo, (2) el enrutamiento de datos entre estas estaciones base, y (3) acceso y control de los terminales servidos por estas estaciones base.

[0018] El sistema 100 puede ser un sistema celular o algún otro tipo de sistema inalámbrico. El sistema 100 también puede diseñarse para implementar cualquiera de los estándares y diseños para acceso múltiple por división de código (CDMA), acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), etc. Los estándares CDMA incluyen IS-95, cdma2000, IS-856, W-CDMA y TS-CDMA, y los estándares TDMA incluyen GSM. Estos estándares son bien conocidos en la técnica.

[0019] Cada estación base 110 en el sistema proporciona cobertura para un área geográfica particular 102. El área de cobertura de cada estación base puede definirse, por ejemplo, como el área sobre la cual los terminales pueden alcanzar un grado particular de servicio (GoS). El tamaño y la forma del área de cobertura de cada estación base típicamente dependen de varios factores, como el terreno, las obstrucciones, etc. Para simplificar, el área de cobertura de cada estación base a menudo está representada por un hexágono ideal. La estación base y/o su área de cobertura también se denominan a menudo "célula", dependiendo del contexto en el que se usa el término.

[0020] En una implementación típica del sistema, para aumentar la capacidad, el área de cobertura de cada estación base puede dividirse en múltiples sectores. Si cada célula se divide en tres sectores, entonces cada sector de una célula sectorizada suele estar representado por una cuña ideal de 120 ° que es 1/3 de la célula. En un despliegue real, el área de cobertura de cada estación base a menudo tiene una forma diferente del hexágono ideal, y la forma de cada sector a menudo es diferente de la cuña ideal de 120°. Por otra parte, los sectores de una célula sectorizada típicamente se superponen en los bordes. Cada sector puede ser servido por un subsistema transceptor base (BTS) correspondiente. Para una célula sectorizada, la estación base para esa célula a menudo incluye todas las BTS que sirven a los sectores de esa célula. El término "sector" también se usa a menudo para referirse a una BTS y/o a su área de cobertura dependiendo del contexto en el que se use el término.

[0021] Por simplicidad, la siguiente descripción supone que cada célula se divide en tres sectores y sus BTS están situados dentro de la estación base para la célula. Esta estación base está ubicada en el centro de la célula. Igualmente, por simplicidad, en la siguiente descripción, el término "estación base" se usa genéricamente tanto para una estación fija que da servicio a una célula como para una estación fija que da servicio a un sector.

[0022] Para un sistema CDMA, el piloto transmitido por cada estación base se propaga espectralmente a través de todo el ancho de banda del sistema antes de la transmisión sobre el canal inalámbrico. En un terminal, el piloto transmitido por cada estación base puede recibirse con una baja relación señal/ruido (SNR). Sin embargo, el funcionamiento de eliminación de propagación complementaria realizada por el terminal proporciona una ganancia de procesamiento en la que se basa la recuperación del piloto en presencia de una gran cantidad de ruido e

interferencia. Para un sistema de múltiples portadoras, típicamente no es factible realizar un procesamiento de espectro de propagación de secuencia directa para el piloto, como se usa en CDMA. A continuación se deben utilizar otros medios para transmitir el piloto desde cada estación base de modo que pueda ser detectado fácilmente por los terminales en el sistema.

[0023] Los esquemas de transmisión de piloto adecuados para su uso en sistemas de comunicación de múltiples portadoras, como el que se muestra en la FIG. 1, se proporcionan en el presente documento. Como se señaló anteriormente, los pilotos se transmiten para admitir diversas funciones que pueden ser necesarias para el adecuado funcionamiento del sistema, como la adquisición de temporización y frecuencia, la estimación de canales, la desmodulación de datos coherente, etc. OFDM o alguna otra técnica de modulación de múltiples portadoras pueden proporcionar las múltiples portadoras. Los esquemas de transmisión de piloto descritos en el presente documento son adecuados para su uso en el enlace descendente, pero también pueden usarse para el enlace ascendente.

[0024] Para mayor claridad, los esquemas de transmisión de piloto se describen específicamente para el enlace descendente de un sistema OFDM. Este sistema OFDM tiene N subbandas ortogonales. Cada estación base puede transmitir un símbolo OFDM en cada período de símbolo OFDM, como se describe a continuación.

I. Construcciones de transmisión de piloto

[0025] La tabla 1 enumera tres "construcciones" que pueden utilizarse para esquemas de transmisión de piloto.

Tabla 1

Construcciones	Descripción
Ortogonalidad de frecuencia	Transmisión de pilotos en diferentes conjuntos separados de subbandas mediante diferentes estaciones base para lograr la ortogonalidad en el dominio de frecuencia para las transmisiones de piloto.
Ortogonalidad de tiempo	Uso de diferentes códigos ortogonales (por ejemplo, códigos de Walsh) para los pilotos mediante diferentes estaciones base para lograr la ortogonalidad en el dominio del tiempo para las transmisiones de piloto.
Códigos de aleatorización	Uso de diferentes códigos de aleatorización para los pilotos mediante diferentes estaciones base para la aleatorización de la interferencia de piloto y la identificación de la estación base.

Los "códigos" ortogonales y de aleatorización también se denominan "secuencias" en la siguiente descripción. Cada una de las construcciones enumeradas en la tabla 1 se describe con más detalle a continuación. El procesamiento en la estación base y el terminal para estas construcciones también se describe a continuación.

[0026] Se pueden diseñar varios esquemas de transmisión de piloto basados en cualquiera o en cualquier combinación de estas construcciones. Por ejemplo, un esquema de transmisión de piloto puede emplear (1) ortogonalidad de frecuencia y tiempo, (2) ortogonalidad de frecuencia y códigos de aleatorización, (3) ortogonalidad de frecuencia, ortogonalidad de tiempo y códigos de aleatorización, o (4) alguna otra combinación.

1. Ortogonalidad de frecuencia

[0027] La ortogonalidad de frecuencia puede utilizarse para evitar la interferencia resultante de la transmisión simultánea de pilotos mediante múltiples estaciones base. Para la ortogonalidad de frecuencia, los pilotos son transmitidos por múltiples estaciones base en diferentes conjuntos de subbandas que están "separados" (donde se describe separadamente a continuación) para evitar interferencias. La ortogonalidad de frecuencia se puede lograr de varias maneras, algunas de las cuales se describen a continuación.

[0028] La FIG. 2A muestra una estructura de subbanda OFDM 200 que puede usarse para el sistema de múltiples portadoras 100. El sistema tiene un ancho de banda global del sistema de W MHz, que se divide en N subbandas ortogonales usando OFDM. En un sistema OFDM típico, solo M de las N subbandas totales se usan para la transmisión de piloto y de datos, donde $M < N$. Las subbandas $N - M$ restantes no se usan para la transmisión de piloto/datos y sirven como subbandas de protección para permitir que el sistema cumpla con los requisitos de la máscara espectral. Las M subbandas utilizables incluyen las subbandas F a $F + M - 1$, donde F es un número entero típicamente seleccionado de modo que las M subbandas utilizables estén centradas en el medio de la banda operativa.

[0029] La FIG. 2A también muestra un modo de realización de la división de las M subbandas utilizables para la transmisión de piloto. En este modo de realización, las M subbandas utilizables se dividen inicialmente en K grupos, y cada grupo incluye T subbandas consecutivas. En general, K, T y M pueden ser cualquier número entero mayor

que uno y $K \cdot T \leq M$. A continuación, las T subbandas de cada grupo se asignan a T conjuntos de manera que la subbanda i-ésima de cada grupo se asigna al conjunto i-ésimo.

5 [0030] La FIG. 2B muestra los T conjuntos de subbandas generadas basándose en la partición mostrada en la FIG. 2A. Las K subbandas en cada uno de los T conjuntos se muestran en los cuadros sombreados. Para este modo de realización, las K subbandas en cada conjunto se distribuyen uniforme/equitativamente entre las M subbandas utilizables, y las subbandas consecutivas en el conjunto están separadas por T subbandas. Los T conjuntos de subbandas pueden asignarse a T células o T sectores para la transmisión de piloto. Cada célula o sector solo transmite piloto en las subbandas del conjunto asignado a esa célula/sector.

10 [0031] Como un ejemplo específico, el sistema de múltiples portadoras puede tener 512 subbandas que se asignan índices de 1 a 512. De estas 512 subbandas, se pueden asignar 50 subbandas para la transmisión de piloto en cada sector. A continuación, las 512 subbandas se pueden usar para formar 9 conjuntos de 50 subbandas (es decir, $T = 9$ y $K = 50$), como se muestra en la tabla 2.

15

Tabla 2

Conjunto	Subbandas
1	10, 20, 30, ... 500
2	11, 21, 31, ... 501
3	12, 22, 32, ... 502
4	13, 23, 33, ... 503
5	14, 24, 34, ... 504
6	15, 25, 35, ... 505
7	16, 26, 36, ... 506
8	17, 27, 37, ... 507
9	18, 28, 38, ... 508

Los 9 conjuntos de subbandas pueden asignarse a 9 sectores diferentes para la transmisión de piloto.

20

[0032] En general, las M subbandas utilizables pueden asignarse a los T conjuntos de diversas maneras, y esto está dentro del alcance de la invención. Los T conjuntos pueden incluir el mismo o diferente número de subbandas. Además, las subbandas en cada conjunto pueden distribuirse de manera uniforme o no uniforme a través de las M subbandas utilizables. Los T conjuntos de subbandas están "separados" entre sí para evitar interferencias. Los conjuntos de subbandas están separados, ya que cada una de las M subbandas utilizables se asigna como máximo a un conjunto. Cada conjunto incluye además un número suficiente de subbandas para permitir que los terminales caractericen el canal basándose en la transmisión de piloto solo en estas subbandas. En general, el número de conjuntos a formar y el número de subbandas que se incluirán en cada conjunto (es decir, los valores específicos para T y K) pueden depender de varios factores, tales como:

25

30

- el número de subbandas utilizables en el sistema;
- el ancho de banda de propagación de retardo o coherencia del sistema, que determina el espacio máximo entre subbandas piloto consecutivas en cada conjunto para evitar la degradación del rendimiento;
- el tamaño del grupo para el que se debe lograr la ortogonalidad de frecuencia; y
- si la ortogonalidad de tiempo también se utiliza para la transmisión de piloto.

35

40 [0033] El prefijo cíclico para símbolos OFDM (descritos a continuación) puede definirse para incluir C_p muestras, donde C_p se selecciona adecuadamente basándose en la propagación de retardo del sistema de tal manera que el

prefijo cíclico contiene una parte significativa de todas las energías multitrayecto. Para evitar la degradación del rendimiento, el número de subbandas en cada conjunto (K) puede seleccionarse de manera tal que $K \geq C_p$, y estas subbandas pueden distribuirse equitativamente a través del ancho de banda operativo del sistema. En este caso, el número máximo de conjuntos separados que se pueden formar es N/C_p . Por ejemplo, si $N = 256$ y $C_p = 16$, se pueden formar hasta 16 conjuntos de subbandas. También se puede formar un número menor de conjuntos separados, y cada conjunto incluye más de C_p subbandas. En este caso, la inclusión de más de la cantidad mínima requerida de subbandas puede permitir que el piloto sea recibido con una calidad de señal más alta y, por lo tanto, se puede obtener una estimación del canal mejorada y una estimación de la intensidad de piloto. De forma alternativa, también puede formarse un mayor número de conjuntos separados, con cada conjunto incluyendo menos de C_p subbandas. En este caso, la inclusión de menos de la cantidad mínima requerida de subbandas puede dar como resultado una caracterización inadecuada de la selectividad de frecuencia de la banda operativa, y puede producirse una degradación del rendimiento.

[0034] Por simplicidad, la siguiente descripción supone que cada uno de los T conjuntos de subbandas incluyen K subbandas, las subbandas en cada conjunto están distribuidas de manera uniforme y están separadas por T subbandas (como se muestra en la FIG. 2B), y $K \cdot T = M$. El número de conjuntos a formar depende del tamaño del grupo para el cual se desea la ortogonalidad de frecuencia, como se describe a continuación.

[0035] La FIG. 3A muestra una asignación de subbanda a modo de ejemplo para lograr la ortogonalidad de frecuencia para un grupo con 3 células, donde cada célula incluye 3 sectores (es decir, un grupo de 3 células de 9 sectores). A cada uno de los 9 sectores en el grupo se le asigna uno de los 9 conjuntos de subbandas (que pueden formarse, por ejemplo, como se muestra en la tabla 2). El conjunto de subbandas asignadas a cada sector se indica mediante la referencia numérica junto a la flecha en la FIG. 3A. A continuación, cada sector transmitirá su piloto solo en las subbandas de su conjunto asignado. Los 9 sectores en el grupo pueden transmitir simultáneamente sus pilotos en 9 conjuntos separados de subbandas mientras logran la ortogonalidad en el dominio de la frecuencia y evitan la interferencia.

[0036] La FIG. 3B muestra una asignación de subbanda a modo de ejemplo para lograr la ortogonalidad de frecuencia para un grupo con 7 células, donde cada célula incluye 3 sectores (es decir, un grupo de 7 células de 21 sectores). A cada uno de los 21 sectores en el grupo se le asigna uno de los 21 conjuntos de subbandas. Los 21 sectores en el grupo pueden transmitir simultáneamente sus pilotos, en 21 conjuntos separados de subbandas mientras se logra la ortogonalidad en el dominio de la frecuencia y se evita la interferencia.

[0037] En general, un grupo puede definirse para incluir cualquier número de células, y cada célula puede comprender cualquier número de sectores. Como ejemplos, un grupo puede definirse para incluir 1, 2, 3, 7 o 19 células. El tamaño del grupo puede depender de varios factores, como los enumerados anteriormente.

[0038] La ortogonalidad de frecuencia también se puede lograr para un sistema que emplea múltiples antenas en cada sector para transmisión de piloto y de datos para lograr diversidad espacial y mejorar la fiabilidad. Por ejemplo, cada sector puede transmitir datos desde dos antenas utilizando un esquema de diversidad de transmisión espacio-tiempo (STTD) o un esquema Alamouti. El esquema STTD se describe en 3G TS 25.211 y en la Solicitud de Patente provisional de Estados Unidos n.º de serie 60/421 309, titulada "MIMO WLAN System [Sistema WLAN MIMO]", presentada el 25 de octubre de 2002, asignada al cesionario de la presente solicitud. El esquema Alamouti se describe mediante S.M. Alamouti en un artículo titulado "A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications", IEEE JSAC, octubre de 1998. Para un sistema con sectores que tienen múltiples antenas, a cada antena se le puede asignar un conjunto de subbandas diferente.

2. Ortogonalidad de tiempo

[0039] La ortogonalidad de tiempo se puede lograr "cubriendo" el piloto de cada célula o sector con un código ortogonal diferente. En un terminal, el piloto de cada célula/sector puede recuperarse "descubriendo" la señal recibida con el mismo código ortogonal utilizado por esa célula/sector. El cubrimiento es un proceso mediante el cual un símbolo de piloto o datos dado (o un conjunto de Q símbolos de piloto/datos con valores conocidos) a transmitir se multiplica por todos los Q chips de una secuencia ortogonal de Q chips para obtener Q símbolos cubiertos, que a continuación se procesan y se transmiten. El descubrimiento es un proceso complementario por el cual los símbolos recibidos se multiplican por (a) los chips Q de la misma secuencia ortogonal de Q chips y (b) el conjugado complejo del símbolo de piloto o datos (o el conjugado complejo de los símbolos de piloto/datos Q) para obtener Q símbolos descubiertos, que a continuación se acumulan para obtener una estimación del símbolo de piloto o datos transmitido. El cubrimiento y el descubrimiento son conocidos en la técnica y también se describen a continuación. El descubrimiento elimina o cancela los pilotos transmitidos por otras células/sectores que utilizan diferentes códigos ortogonales para sus pilotos. De esta manera, se puede lograr la ortogonalidad entre las transmisiones de piloto de múltiples células/sectores.

[0040] La eficacia de la ortogonalización de piloto a través del cubrimiento depende de tener el conocimiento de la temporización para las estaciones base. La ortogonalidad de tiempo se puede lograr para sectores de la misma célula, ya que estos sectores se pueden hacer funcionar de forma síncrona. Las células en cada grupo o todas las

células en el sistema también se pueden hacer funcionar de forma síncrona para permitir que se logre la ortogonalidad de tiempo para los pilotos transmitidos por estas células.

5 [0041] La ortogonalidad de tiempo se puede lograr con varios tipos de códigos ortogonales, tales como los códigos de Walsh y los códigos del factor de propagación variable ortogonal (OVSF). La longitud de los códigos ortogonales utilizados para el cubrimiento de piloto depende del número de códigos ortogonales requeridos, lo cual a su vez depende del tamaño del grupo durante el cual se debe lograr la ortogonalidad. Por ejemplo, si se desea la ortogonalidad de tiempo para una célula con 3 sectores, entonces se necesitan 3 códigos ortogonales (es decir, un código para cada sector) y cada código ortogonal tendría una longitud de 4 chips.

10 [0042] La tabla 3 enumera cuatro códigos de Walsh de 4 chips que pueden asignarse a hasta cuatro sectores, células o antenas diferentes.

Tabla 3

15

Códigos de Walsh	Valores
$W_1(n)$	1 1 1 1
$W_2(n)$	1 1 -1 -1
$W_3(n)$	1 -1 1 -1
$W_4(n)$	1 -1 -1 1

20 Se puede asignar un código de Walsh específico a cada sector o cada antena de una célula determinada. Un valor de "-1" para el código de Walsh puede indicar una inversión del símbolo de piloto (es decir, $p_k(n) \Rightarrow -p_k(n)$) y un valor de "1" puede indicar que no hay inversión. Se puede aplicar el mismo código de Walsh a cada una de las subbandas utilizadas para la transmisión de piloto. Para cada subbanda piloto, los cuatro chips del código de Walsh se aplican a cuatro símbolos de piloto que se transmitirán en cuatro períodos de símbolos OFDM consecutivos. La longitud del código de Walsh es, por lo tanto, $T_w = 4 \cdot T_{sym}$, donde T_{sym} denota un período de símbolo OFDM. Si la transmisión de piloto es más larga que cuatro períodos de símbolo OFDM, entonces el mismo código de Walsh puede repetirse tantas veces como sea necesario. Un código de Walsh también se conoce como una secuencia de Walsh o un símbolo de Walsh, y T_w denota un período de símbolo de Walsh.

30 [0043] La FIG. 4A muestra una asignación de código ortogonal a modo de ejemplo para lograr la ortogonalidad de tiempo para una célula con tres sectores (es decir, un grupo de 1 célula de 3 sectores). A cada uno de los tres sectores en la célula se le asigna un código ortogonal diferente. Los tres códigos ortogonales asignados a los 3 sectores están etiquetados como A, B y C. Como se indica en la FIG. 4A, los tres sectores de la célula pueden usar el mismo conjunto de subbandas. La ortogonalidad se logra en el dominio del tiempo para las transmisiones de piloto de estos tres sectores mediante el uso de diferentes códigos ortogonales.

35 [0044] La FIG. 4B muestra una asignación de código ortogonal a modo de ejemplo para lograr la ortogonalidad de tiempo para una célula con tres sectores, y cada sector emplea dos antenas para la transmisión de piloto y de datos. A cada uno de los tres sectores de la célula se le asignan dos códigos ortogonales, un código para cada antena. Los tres pares de códigos ortogonales asignados a los tres sectores están etiquetados como A/B, C/D y E/F. La célula de 3 sectores requeriría un total de seis códigos ortogonales, y cada código ortogonal puede tener a continuación una longitud de 8 chips.

40 [0045] La propiedad de ortogonalidad de tiempo puede verse degradada por variaciones temporales en las rutas de propagación entre las estaciones base y el terminal. Por lo tanto, es deseable usar códigos ortogonales cortos para que las rutas de propagación sean esencialmente constantes durante la duración de los códigos ortogonales.

45 **3. Frecuencia combinada y ortogonalidad de tiempo**

[0046] Puede utilizarse una combinación de ortogonalidad de frecuencia y tiempo para la transmisión de piloto. En un modo de realización, la ortogonalidad de frecuencia se logra para múltiples células en un grupo, y la ortogonalidad de tiempo se logra para múltiples sectores dentro de cada célula.

50 [0047] La FIG. 4C muestra una asignación de código y subbanda a modo de ejemplo para lograr la ortogonalidad de frecuencia y tiempo para un grupo de 3 células de 9 sectores. A cada una de las tres células en el grupo se le asigna un conjunto de subbandas diferente para lograr la ortogonalidad de frecuencia entre las tres células. A los tres sectores de cada célula también se les asignan tres códigos ortogonales diferentes para lograr la ortogonalidad de tiempo entre los tres sectores. Cada sector de cada célula transmitirá su piloto utilizando su código ortogonal asignado y solo en las subbandas del conjunto asignado a su célula. A continuación se logra la ortogonalidad para las transmisiones de piloto de los nueve sectores en este grupo y se evita la interferencia.

55

[0048] La FIG. 4D muestra una asignación de código y subbanda a modo de ejemplo para lograr la ortogonalidad de frecuencia y tiempo para un grupo de 7 células de 21 sectores. A cada una de las siete células del grupo se le asigna un conjunto de subbandas diferente. A los tres sectores de cada célula también se les asignan diferentes códigos ortogonales. A continuación, cada sector de cada célula transmitiría su piloto utilizando su código ortogonal asignado y solo en las subbandas asignadas.

[0049] La ortogonalidad de frecuencia y tiempo también puede lograrse de otras maneras, y esto se encuentra dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, a varias células se les puede asignar los mismos conjuntos de subbandas pero diferentes códigos ortogonales. Como otro ejemplo, se pueden asignar múltiples conjuntos de subbandas a múltiples sectores de la misma célula, y se pueden asignar diferentes códigos ortogonales a diferentes células en el grupo.

[0050] Para un sistema con sectores que tienen múltiples antenas, la ortogonalidad se puede lograr para las transmisiones de piloto desde las múltiples antenas de diversas maneras. En un modo de realización, a cada célula se le asigna un conjunto de subbandas, y a cada antena en la célula se le asigna un código ortogonal diferente. Si cada sector incluye dos antenas, entonces a cada sector se le puede asignar un par de códigos ortogonales, como se muestra en la FIG. 4B. En otro modo de realización, a los múltiples sectores de una célula se les asignan diferentes códigos ortogonales, y a las múltiples antenas de cada sector se les asignan diferentes conjuntos de subbandas. Se pueden usar los mismos conjuntos de subbandas para todos los sectores de la misma célula, y las antenas que tienen asignado el mismo conjunto de subbandas tienen asignados diferentes códigos ortogonales. Por ejemplo, para una célula de 3 sectores con cada sector que incluye dos antenas, se pueden asignar dos conjuntos de subbandas (por ejemplo, los conjuntos 1 y 2) a las dos antenas de cada célula, y a los tres sectores se les pueden asignar códigos ortogonales A, B y C. A un sector de la célula se le puede asignar emparejamientos de conjuntos de subbandas/códigos ortogonales de 1-A y 2-A, al segundo sector se le puede asignar 1-B y 2-B, y al tercer sector se le puede asignar 1-C y 2-C.

4. Códigos de aleatorización

[0051] Puede utilizarse un código de aleatorización para aleatorizar la interferencia de piloto y para permitir la identificación de la estación base. Se puede asignar un código de aleatorización diferente a cada sector, cada célula o cada grupo. El código de aleatorización puede ser una secuencia de número pseudoaleatorio (PN) o alguna otra secuencia única. El código de aleatorización puede aplicarse al piloto en el dominio de frecuencia (por ejemplo, antes del cubrimiento del código ortogonal), como se describe a continuación. El código de aleatorización también puede aplicarse en el dominio del tiempo (por ejemplo, después del procesamiento OFDM), en cuyo caso la velocidad del código de aleatorización no debe ser mayor que la velocidad del símbolo OFDM para preservar la ortogonalidad de frecuencia. El procesamiento complementario es realizado por el terminal para recuperar el piloto. A continuación se describe el procesamiento en la estación base y en el terminal para aleatorizar y desaleatorizar.

[0052] La FIG. 5 muestra una disposición de sistema a modo de ejemplo 500 mediante la cual se asigna un código de aleatorización diferente a cada grupo de 7 células. Cada grupo en la disposición está delineado por una gruesa línea continua. Se muestra un grupo a modo de ejemplo con siete células sombreadas. Para este modo de realización, a las siete células en cada grupo se les asignan diferentes conjuntos de subbandas (que están etiquetados del 1 al 7), y a los tres sectores en cada célula se les asignan diferentes códigos ortogonales (que están etiquetados como A, B y C). La transmisión de piloto de cada sector en la disposición se puede identificar mediante (1) el conjunto de subbandas asignadas a la célula a la que pertenece el sector, (2) el código ortogonal asignado al sector y (3) el código de aleatorización asignado al grupo al que pertenece el sector. También se pueden desarrollar otras disposiciones de sistemas con diferentes asignaciones de subbandas, códigos ortogonales y códigos de aleatorización, y esto está dentro del alcance de la invención.

[0053] Como se muestra en la FIG. 5, los terminales en un sector dado recibirán interferencia de piloto de solo otros sectores que tienen asignado el mismo conjunto de subbandas y el mismo código ortogonal. Por ejemplo, los terminales en un sector etiquetado como 1-A recibirán interferencia de piloto de solo otros sectores etiquetados como 1-A en la disposición.

[0054] Cada código de aleatorización $S_i(n)$ es una secuencia única de chips de código, donde n es el índice de chip para la secuencia. En un modo de realización, cada chip de código de codificación es un valor complejo con la forma $s_i(n) + js_i(n)i$, donde $s_i(n)$ y $\hat{s}_i(n)$ pueden tomar un valor de +1 o -1. En otros modos de realización, los códigos de aleatorización pueden definirse de otras maneras y con valores reales o complejos para los chips de código.

[0055] La aleatorización se puede realizar de varias maneras, dependiendo de las características del canal inalámbrico. En general, el canal debe ser esencialmente constante durante todo el tiempo en que se aplica cada chip de aleatorización. El intervalo de tiempo durante el cual el canal es esencialmente constante a menudo se denomina tiempo de coherencia y se puede denotar como τ . La longitud del código ortogonal se denota como T_w , donde $T_w = 4 \cdot T_{\text{sym}}$ para las secuencias de Walsh de 4 chips que se muestran en la tabla 3.

5 **[0056]** Para un primer esquema de aleatorización, si el tiempo de coherencia del canal es mucho mayor que la longitud del código ortogonal (es decir, $\tau \gg T_w$), el código de aleatorización se puede aplicar a través de múltiples secuencias ortogonales. En particular, cada chip de código de aleatorización puede aplicarse a una secuencia ortogonal de longitud T_w . El mismo chip de aleatorización puede aplicarse a cada una de las K subbandas utilizadas para la transmisión de piloto. Para las secuencias a modo de ejemplo de Walsh que se muestran en la tabla 3, cada chip de código de aleatorización se aplica a cuatro chips de código de Walsh que se aplican a cuatro símbolos de piloto para transmitir en cuatro períodos de símbolo OFDM consecutivos.

10 **[0057]** Para el esquema de primera aleatorización, para recuperar el piloto de un sector determinado, un terminal puede realizar descubrimiento de códigos ortogonales seguido de desaleatorización de código de aleatorización utilizando el código ortogonal y el código de aleatorización asignado a ese sector. El terminal también puede realizar una integración coherente sobre toda o parte de la secuencia de aleatorización para recuperar el piloto y discriminar sectores "cocanal" (es decir, sectores que tienen asignados los mismos conjuntos de subbandas pero diferentes códigos ortogonales y/o códigos de aleatorización). La integración coherente se refiere a un proceso mediante el cual varios símbolos de valores complejos se combinan de una manera para tener en cuenta su información de fase.

15 **[0058]** Para un segundo esquema de aleatorización, si el tiempo de coherencia del canal es corto de tal manera que los terminales son capaces de realizar la integración coherente sobre solo una única secuencia ortogonal (o un símbolo de Walsh), entonces cada chip de código de aleatorización se puede aplicar a un chip de código ortogonal. Se pueden usar los mismos o diferentes chips de código de aleatorización para las K subbandas piloto. Por ejemplo, para las secuencias a modo de ejemplo de Walsh de 4 chips que se muestran en la tabla 3, el código de aleatorización puede definirse con una longitud de $4 \cdot K$. Los primeros K chips de código de aleatorización pueden usarse para las K subbandas piloto para el primer chip de código de Walsh, los siguientes K chips de código de aleatorización pueden usarse para las K subbandas piloto para el segundo chip de código de Walsh, los siguientes K chips de código de aleatorización pueden usarse para las K subbandas piloto para el tercer chip de código de Walsh, y los últimos K chips de código de aleatorización pueden usarse para las K subbandas piloto para el cuarto y último chip de código de Walsh.

20 **[0059]** Para el segundo esquema de aleatorización, la misma secuencia de aleatorización puede ser utilizada por todas las estaciones base para las cuales se ha de alcanzar el tiempo de ortogonalidad. La aleatorización proporciona aleatorización de interferencia de piloto. Dado que la misma secuencia de aleatorización es utilizada por múltiples estaciones base, cada estación base puede identificarse por su código ortogonal asignado, posiblemente el código de aleatorización y su conjunto asignado de subbandas piloto.

25 **[0060]** Para ambos esquemas de aleatorización, para recuperar el piloto, un terminal puede obtener una estimación piloto para cada subbanda piloto tal como se describe a continuación. El receptor puede entonces obtener (1) una estimación de la respuesta del canal para cada una de una serie de subbandas piloto y de datos basándose en las estimaciones piloto para todas las K subbandas piloto y (2) una estimación de la potencia de piloto recibida como la suma de la magnitud al cuadrado de las estimaciones piloto para todas las K subbandas piloto. El procesamiento mediante el terminal para el piloto se describe con más detalle a continuación.

30 **II. Esquemas de transmisión de piloto**

35 **[0061]** Los pilotos pueden ser transmitidos por las estaciones base en el enlace descendente de varias maneras para facilitar tanto la detección de piloto como la estimación del canal. La detección de piloto se puede usar para facilitar la sincronización del sistema (adquisición de frecuencia y temporización), transferencia dura y transferencia suave. La estimación de canal se puede utilizar para facilitar la desmodulación de datos coherente. La tabla 4 enumera cuatro esquemas de transmisión de piloto a modo de ejemplo para sistemas de comunicación de múltiples portadoras.

40 50 Tabla 4

Temporización del sistema	Estructura piloto	
	Ráfagas de TDM	Continuas
Síncronas	Esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona: todos los sectores del sistema transmiten los pilotos en los mismos intervalos de tiempo designados.	Esquema de transmisión de piloto síncrono continuo: cada sector transmite continuamente su piloto en un conjunto designado de subbandas basándose en la temporización del sistema.
Asíncrono	Esquema de transmisión de piloto de ráfagas asíncrona: los pilotos se transmiten por parte de sectores en intervalos de tiempo determinados basándose en su temporización individual.	Esquema de transmisión de piloto continua asíncrona: cada sector transmite continuamente su piloto en un conjunto designado de subbandas basándose en su temporización.

- 5 **[0062]** Para una estructura piloto de ráfagas, cada sector transmite su piloto en ráfagas en intervalos o ranuras de tiempo designados (en lugar de continuamente). Cada sector puede transmitir piloto y datos de manera multiplexada por división de tiempo (TDM). Para una estructura piloto continua, cada sector transmite continuamente su piloto en su conjunto asignado de subbandas piloto. Cada sector puede transmitir datos sobre las subbandas utilizables restantes no designadas para la transmisión de piloto.
- 10 **[0063]** Para un sistema síncrono, se sincroniza la temporización de todos los sectores de todas las células en el sistema (por ejemplo, basándose en el tiempo GPS o alguna otra fuente de temporización común). Para un sistema asíncrono, la temporización de todos los sectores de cada célula puede sincronizarse, pero la temporización de diferentes células en el sistema no está sincronizada.
- 15 **[0064]** Para un esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona, los sectores y las células en el sistema son síncronos y transmiten sus pilotos en ráfagas en las mismas ranuras de tiempo designadas. Para este esquema, todos los sectores transmiten sus pilotos al mismo tiempo, pero los pilotos se ortogonalizan mediante el uso de conjuntos separados de subbandas piloto y/o códigos ortogonales. Los datos no se transmiten durante los períodos de transmisión de piloto. Un terminal puede obtener estimaciones de canal de mayor calidad para diferentes sectores porque no se recibe interferencia de la transmisión de datos. Además, la estimación del canal para un sector dado puede mejorarse aún más cancelando la interferencia de los pilotos transmitidos en el mismo conjunto de subbandas piloto por parte de otros sectores, utilizando las técnicas de cancelación de interferencia de piloto descritas a continuación.
- 20 **[0065]** La **FIG. 6A** muestra la transmisión de pilotos desde múltiples sectores para el esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona. Para este esquema, los sectores transmiten sus pilotos en conjuntos separados de subbandas en ráfagas de una duración de tiempo particular, T_{pilot} , con un espacio de tiempo particular, T_{int} , entre ráfagas. Como se indica en la **FIG. 6A**, la sincronización de los sectores se sincroniza de manera que las ráfagas piloto estén aproximadamente alineadas en el momento de su transmisión. Cada sector puede transmitir datos en todas las subbandas utilizables en el período de tiempo entre ráfagas piloto. (Por simplicidad, la frecuencia y el tiempo no están dibujados a escala en las **FIGS. 6A** y **6B**.)
- 30 **[0066]** Para un esquema de transmisión de piloto continua síncrona, los sectores y células en el sistema son síncronas, y cada sector transmite continuamente sus pilotos en un conjunto designado de subbandas piloto. Para este esquema, los pilotos de diferentes sectores se pueden ortogonalizar aún más mediante el uso de diferentes códigos ortogonales. Para cada sector, los datos no se transmiten en el conjunto de subbandas designadas para la transmisión de piloto.
- 35 **[0067]** La **FIG. 6B** muestra la transmisión de pilotos desde múltiples sectores para el esquema de transmisión de piloto continua síncrona. Para este esquema, los sectores transmiten continuamente sus pilotos en conjuntos separados de subbandas. Cada sector puede transmitir datos en otras subbandas no designadas para la transmisión de piloto. Como se indica en la **FIG. 6B**, la sincronización de los sectores está sincronizada.
- 40 **[0068]** Para un esquema de transmisión de piloto de ráfagas asíncrono, los sectores en el sistema transmiten sus pilotos en ráfagas en ranuras de tiempo designadas y utilizando conjuntos separados de subbandas piloto. Los sectores dentro de cada célula pueden ortogonalizar aún más sus pilotos mediante el uso de diferentes códigos ortogonales. Sin embargo, debido a que las células no están sincronizadas, los pilotos de diferentes células pueden llegar en diferentes momentos a un terminal, que necesitaría realizar una búsqueda de estas ráfagas piloto. Además, debido a que las células no están sincronizadas, la transmisión de datos desde sectores en una célula puede interferir con la transmisión de piloto desde sectores en otras células, y viceversa.
- 45 **[0069]** Para un esquema de transmisión de piloto continua asíncrona, los sectores y células en el sistema no están sincronizados, y cada sector transmite continuamente sus pilotos en un conjunto designado de subbandas piloto. Nuevamente, los sectores dentro de cada célula pueden ortogonalizar sus pilotos mediante el uso de diferentes códigos ortogonales. Debido a que las células no están sincronizadas, un terminal necesitaría determinar la temporización de cada sector a recuperar.
- 50 **[0070]** Para el esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona, el piloto para cada sector experimenta una degradación mínima de la interferencia cocanal, es decir, la interferencia de otros sectores que tienen asignado el mismo conjunto de subbandas piloto y código ortogonal. Para el esquema de transmisión de piloto síncrono continuo, el piloto para cada sector experimenta degradación causada por la interferencia cocanal debido a la transmisión de datos en las subbandas piloto por parte de sectores adyacentes. Para los esquemas de transmisión de piloto de ráfagas/continua asíncrona, el piloto para cada sector experimenta degradación de la interferencia cocanal debido a la transmisión de datos más la interferencia entre portadoras causada por la temporización del símbolo OFDM no síncrono, donde la interferencia entre portadoras no está presente en la ausencia de múltiples rutas.
- 55
- 60

[0071] El procesamiento de receptor en un terminal para cada uno de estos esquemas de transmisión de piloto se describe con más detalle a continuación.

5 [0072] Independientemente del esquema de transmisión de piloto seleccionado para su uso, las subbandas piloto pueden asignarse a los sectores de varias maneras. En un modo de realización, el conjunto de subbandas asignadas a cada sector para la transmisión de piloto es fijo. En otro modo de realización, cada sector transmite sus pilotos en diferentes conjuntos de subbandas a diferentes intervalos de tiempo. Este modo de realización puede permitir que los terminales obtengan mejores estimaciones del canal para el sector.

10

III. Sistema

[0073] La FIG. 7 muestra un diagrama de bloques de un modo de realización de una estación base 110x y un terminal 120x en un sistema de comunicación de múltiples portadoras 100. Para simplificar, la estación base 110x realiza el procesamiento para un sector e incluye una antena.

15

[0074] En el enlace descendente, en la estación base 110x, un procesador de datos de transmisión (TX) 714 recibe datos de tráfico desde una fuente de datos 712 y señalización y otros datos desde un controlador 730. El procesador de datos TX 714 formatea, codifica, intercala y modula (es decir, asigna símbolos) los datos para proporcionar símbolos de modulación de datos, o simplemente símbolos de datos. Un modulador (MOD) 720 recibe y multiplexa los símbolos de datos con símbolos de piloto, lleva a cabo el procesamiento requerido y proporciona un flujo de símbolos OFDM. A continuación se describe el procesamiento mediante el modulador 720. A continuación, una unidad transmisora (TMTR) 722 procesa el flujo de símbolos OFDM para proporcionar una señal de enlace descendente, que a continuación se transmite desde una antena 724 a los terminales.

20

25

[0075] En el terminal 120x, las señales de enlace descendente transmitidas por múltiples estaciones base para múltiples sectores son recibidas por una antena 752. La señal recibida es procesada (por ejemplo, amplificada, filtrada, reducida en frecuencia y digitalizada) por una unidad receptora (RCVR) 754 para proporcionar muestras. A continuación, un desmodulador (DESMOD) 760 procesa las muestras de manera complementaria a la realizada por el modulador 720 para proporcionar estimaciones de intensidad de piloto y estimaciones de símbolos de datos para el (los) sector(es) que se está(n) recuperando. Un procesador de datos de recepción (RX) 762 procesa adicionalmente (por ejemplo, desasigna símbolos, desintercala y descodifica) las estimaciones de símbolos de datos para proporcionar datos descodificados, que pueden proporcionarse a un colector de datos 764 para almacenamiento y/o un controlador 770 para procesamiento adicional.

30

35

[0076] El procesamiento para el enlace ascendente puede ser el mismo que, o diferente a, el procesamiento para el enlace descendente. Los datos y la señalización son procesados (por ejemplo, codificados, intercalados y modulados) por un procesador de datos TX 784 para proporcionar símbolos de datos, que se multiplexan con símbolos de piloto y se procesan adicionalmente mediante un modulador 790 para proporcionar símbolos de transmisión. El modulador 790 puede realizar procesamiento OFDM, procesamiento CDMA, etc., dependiendo de la técnica de modulación particular utilizada para el enlace ascendente. Una unidad transmisora 792 procesa adicionalmente los símbolos de transmisión para generar una señal de enlace descendente, que se transmite después desde la antena 752.

40

45

[0077] En la estación base 110x, las señales de enlace ascendente desde los terminales son recibidas por la antena 724, y la señal recibida es procesada por una unidad receptora 738 para proporcionar muestras. Las muestras son procesadas adicionalmente por un desmodulador 740 para proporcionar estimaciones de símbolos de datos, que posteriormente son procesadas por un procesador de datos RX 742 para proporcionar datos descodificados para cada terminal que se está recuperando. Los datos descodificados se pueden proporcionar a un colector de datos 744 para su almacenamiento y/o a un controlador 730 para su procesamiento adicional.

50

[0078] Los controladores principales 730 y 770 controlan el funcionamiento de varias unidades de procesamiento en la estación base y el terminal, respectivamente. Unidades de memoria 732 y 772 almacenan datos y códigos de programa usados por los controladores 730 y 770, respectivamente.

55

1. Procesamiento de piloto de estación base

[0079] La FIG. 8 muestra un diagrama de bloques de un modo de realización de modulador 720. En este modo de realización, la transmisión de piloto ocurre en un conjunto de K subbandas piloto asignadas al i-ésimo sector. Los símbolos de piloto están cubiertos con un código Walsh de N_w chips $W(n)$ y son aleatorizados con un código de aleatorización $S(n)$ que se asignan al i-ésimo sector.

60

[0080] En general, el mismo símbolo de piloto puede ser utilizado para todas las subbandas piloto o diferentes símbolos de piloto pueden utilizarse para diferentes subbandas piloto. Un símbolo de piloto es un símbolo de modulación obtenido de un esquema de modulación particular (por ejemplo, BPSK, QPSK o M-QAM), es decir, un valor complejo correspondiente a un punto en una constelación de señal para el esquema de modulación. Además,

65

5 todos los sectores pueden usar los mismos símbolos de piloto o diferentes sectores pueden usar diferentes símbolos de piloto. En un modo de realización, se define un conjunto específico de símbolos de piloto M para las M subbandas utilizables en el sistema. Los símbolos de piloto utilizados por cada sector dependen entonces del conjunto de subbandas piloto asignadas a ese sector. En cualquier caso, los terminales del sistema tienen un conocimiento *a priori* de los símbolos de piloto utilizados por los sectores del sistema.

10 **[0081]** Dentro del modulador 720, los símbolos de piloto $p_i(n)$ a ser transmitida por el *i*-ésimo *i* sector se proporcionan a un desmultiplexor (desmultiplexores) 812 y se desmultiplexan en K subflujos de símbolos de piloto para las K subbandas piloto. Para cada período de símbolo OFDM, se puede transmitir el mismo símbolo de piloto en todas las K subbandas piloto o se puede transmitir un conjunto de K símbolos de piloto en las K subbandas piloto. En cualquier caso, cada uno de los K subflujos de símbolos de piloto se proporciona a un procesador 820 de subbanda piloto TX respectivo que procesa los símbolos de piloto para su subbanda piloto asignada.

15 **[0082]** Dentro de cada procesador de subbanda piloto TX 820, los símbolos de piloto $p_{i,k}(n)$ para la *k*-ésima subbanda piloto asignada se proporcionan a un multiplicador complejo 822 y se multiplican con un segmento del código de aleatorización $S_{i,k}(n)$ para la *k*-ésima subbanda piloto. La aleatorización se puede realizar de varias maneras. Por ejemplo, la aleatorización puede ser tal que cada chip de código de aleatorización se aplique a (1) toda la secuencia Walsh $W_i(n)$ para cada una de las K subbandas piloto (para el primer esquema de aleatorización descrito anteriormente), (2) un chip de código de Walsh en una subbanda piloto (para el segundo esquema de aleatorización descrito anteriormente), (3) un chip de código de Walsh para todas las K subbandas piloto, o (4) alguna otra combinación de chip(s) de código de Walsh y subbanda(s) piloto.

20 **[0083]** Por lo tanto, los K segmentos de chips de código de aleatorización utilizados por los K procesadores de subbanda piloto TX 820a a 820k pueden ser iguales o diferentes dependiendo del esquema de aleatorización particular que se está aplicando. Para el primer esquema de aleatorización, se utiliza la misma secuencia de código de aleatorización para cada una de las K subbandas piloto, y cada chip de código de aleatorización se aplica a N_w símbolos de piloto consecutivos manteniendo constante el chip de código de aleatorización durante N_w períodos de símbolos OFDM consecutivos. Para el segundo esquema de aleatorización, la secuencia de aleatorización $S_i(n)$ se divide en K segmentos de código de aleatorización (por ejemplo, como se describió anteriormente para el segundo esquema de aleatorización), un segmento para cada una de las K subbandas piloto. A continuación, cada chip de código de aleatorización se aplica a un símbolo de piloto para una subbanda piloto.

25 **[0084]** Los símbolos de piloto aleatorizados del multiplicador 822 se proporcionan a continuación a un multiplicador 824 y se cubren con el código de Walsh $W_i(n)$. El cubrimiento se realiza multiplicando N_w símbolos de piloto aleatorizados para ser transmitidos en N_w períodos de símbolos OFDM consecutivos con los chips N_w del código de Walsh $W_i(n)$, donde $N_w = 4$ para los códigos de Walsh a modo de ejemplo mostrados en la tabla 3. A continuación, los símbolos de piloto cubiertos se escalan mediante un multiplicador 826 con una ganancia G_{pilot} , que determina la cantidad de potencia de transmisión a utilizar para la transmisión de piloto. Típicamente, la potencia de transmisión total P_{total} para cada sector o cada antena está limitada, por ejemplo, por requisitos reglamentarios y/o limitaciones del amplificador de potencia. Una parte de esta potencia de transmisión total P_{total} se asigna para la transmisión de piloto y la potencia restante se puede utilizar para la transmisión de datos. La cantidad de potencia utilizada para la transmisión de piloto, P_{pilot} , puede seleccionarse para acelerar la detección/adquisición del piloto por parte de los terminales en el sector mientras se minimiza la interferencia de piloto en la transmisión de datos por parte de otros sectores. La potencia de piloto P_{pilot} puede ser fija para variable, y la ganancia G_{pilot} se determina basándose en la potencia de piloto P_{pilot} . A continuación, los símbolos de piloto procesados de los K procesadores de subbandas piloto TX 820a a 820k se proporcionan a un conmutador $M \times N$ 848.

30 **[0085]** Los símbolos de datos $d_i(n)$ a ser transmitidos por el *i*-ésimo sector se proporcionan a un desmultiplexor 832 y se desmultiplexan en hasta (M-K) subflujos de símbolos de datos para las hasta (M-K) subbandas para ser utilizadas para la transmisión de datos. Cada símbolo de datos también es un símbolo de modulación obtenido de un esquema de modulación particular (por ejemplo, BPSK, QPSK o M-QAM). Se pueden usar los mismos o diferentes esquemas de modulación para los símbolos de piloto y de datos. Cada subflujo de símbolo de datos se proporciona a un procesador de subbanda de datos TX respectivo 840 que procesa los símbolos de datos para la subbanda de datos asignada. Cada procesador 840 puede realizar cubrimiento Walsh, aleatorización, escalado, algún otro procesamiento, o ningún procesamiento en absoluto. Los símbolos de datos procesados de los (M-K) procesadores de subbandas de datos 840a a 840q también se proporcionan al conmutador 848.

35 **[0086]** El conmutador 848 ordena los símbolos de piloto procesados desde los K procesadores de subbanda de piloto TX 820 y los símbolos de datos procesados desde los (M-K) procesadores de subbanda de datos TX 840 de manera que estos símbolos se proporcionan a sus subbandas piloto y de datos designadas. El conmutador 848 también proporciona un valor de señal de cero para cada subbanda no utilizada. Para cada período de símbolo OFDM, el conmutador 848 proporciona a una unidad de transformada rápida inversa de Fourier (IFFT) 850 un conjunto de N símbolos de salida (compuestos de ceros y símbolos de piloto y de datos procesados) para las N subbandas totales.

[0087] Dentro de la unidad IFFT 850, los N símbolos para cada período de símbolos OFDM se transforman al dominio del tiempo usando una transformada rápida inversa de Fourier para obtener un símbolo de "transformada" que comprende N muestras de dominio de tiempo. Para combatir la interferencia entre símbolos (ISI) causada por la atenuación selectiva de frecuencia, una parte de cada símbolo transformado se repite mediante un generador de prefijo cíclico 852 para formar un símbolo OFDM correspondiente que comprende $N+C_p$ muestras, donde C_p es el número de muestras que se repiten. La parte repetida a menudo se denomina prefijo cíclico. Un período de símbolo OFDM corresponde a la duración de un símbolo OFDM. El generador de prefijo cíclico 852 proporciona un flujo de símbolos de OFDM para la transmisión por una antena.

[0088] Si el sector está equipado con múltiples antenas, entonces el mismo procesamiento de piloto que se muestra en la FIG. 8 pueden realizarse para cada una de las antenas. En particular, los símbolos de piloto para cada antena están cubiertos con el código de Walsh, son aleatorizados con el código de aleatorización y multiplexados en el conjunto de K subbandas piloto asignadas a esa antena. Dependiendo del esquema de transmisión de piloto específico que se implemente, se pueden asignar los mismos o diferentes códigos de Walsh a las múltiples antenas, se pueden usar los mismos o diferentes códigos de aleatorización para las antenas, y se pueden usar los mismos o diferentes conjuntos de subbandas para las antenas. Los símbolos de datos pueden procesarse de acuerdo con el esquema STTD o Alamouti para la transmisión a través de múltiples antenas, como se describe en la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos n.º de serie 60/421 309 mencionada anteriormente.

2. Procesamiento de piloto de terminal

[0089] La FIG. 9A muestra un diagrama de bloques de un modo de realización de un desmodulador 760a, que puede usarse para el esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona descrito anteriormente mediante el cual los sectores transmiten sus pilotos en ráfagas en ranuras de tiempo designadas. Para cada ráfaga de piloto, el desmodulador 760a puede realizar el procesamiento para recuperar los pilotos transmitidos desde múltiples sectores.

[0090] Dentro del desmodulador 760a, los símbolos OFDM recibidos se proporcionan a una unidad de eliminación de prefijo cíclico 912, que elimina el prefijo cíclico añadido a cada símbolo OFDM para obtener un símbolo transformado recibido correspondiente. A continuación, una unidad FFT 914 transforma cada símbolo transformado recibido al dominio de la frecuencia para obtener N símbolos recibidos para las N subbandas totales. Un conmutador $N \times M$ 916 proporciona los símbolos recibidos para cada conjunto de K subbandas piloto a un conjunto respectivo 918 de K procesadores de subbandas piloto RX 920aa a 920ak, un procesador 920 para cada subbanda piloto en el conjunto. Para el esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona, los pilotos se reciben de múltiples sectores en conjuntos separados de subbandas. A continuación, se puede usar un conjunto de procesadores de subbanda piloto RX para realizar el procesamiento de piloto para cada sector que se va a recuperar. Dado que múltiples sectores (por ejemplo, desde diferentes células o grupos) pueden transmitir en el mismo conjunto de subbandas con diferentes códigos ortogonales, también se pueden usar múltiples conjuntos de procesadores de subbandas piloto RX para procesar un conjunto dado de subbandas piloto. Por simplicidad, solo se muestra un conjunto de procesadores de subbanda piloto RX en la FIG. 9A para cada conjunto de subbandas piloto.

[0091] El procesamiento de piloto mediante el terminal es complementario al procesamiento de piloto realizado por el sector y es más dependiente de las características del canal. Para mejorar el rendimiento de detección de piloto y una mejor discriminación de los pilotos transmitidos por diferentes sectores, es deseable realizar una integración coherente durante tantos períodos de símbolos OFDM y tantas subbandas piloto como sea posible. Sin embargo, la cantidad de integración coherente que se puede realizar en el dominio de tiempo y el dominio de frecuencia depende del tiempo de coherencia y el ancho de banda de coherencia, respectivamente, del canal. En particular, la duración de la integración coherente (es decir, el número de símbolos OFDM sobre los que se puede realizar la integración coherente) debe ser menor que el tiempo de coherencia del canal (es decir, la duración del tiempo durante el cual el canal es esencialmente constante). Además, el intervalo de frecuencias que abarca las subbandas que pueden agregarse coherentemente debe ser menor que el ancho de banda coherente del canal. El ancho de banda coherente es la banda en la que el canal es esencialmente constante y está relacionado con la propagación de retardo del canal.

[0092] El procesamiento de piloto mostrado en la FIG. 9A realiza una integración coherente durante un único período de símbolo de Walsh y una única subbanda piloto. Por simplicidad, el procesamiento de piloto para un determinado sector l se describe a continuación. Dentro de cada procesador de subbanda piloto RX 920 utilizado para el sector l , los símbolos recibidos $r_k(n)$ para la k -ésima subbanda piloto asignada se proporcionan a un multiplicador 922 y se multiplican con el código de Walsh $W_l(n)$ para el sector l . A continuación, los símbolos descubiertos se proporcionan a un multiplicador complejo 924 y se multiplican por el conjugado complejo de los chips de código de aleatorización, $S_{i,k}^*(n)$, utilizado para la k -ésima subbanda en el n -ésimo período de símbolo OFDM por parte del sector l . La desaleatorización se realiza de manera complementaria a la aleatorización realizada por el sector l . Para el primer esquema de aleatorización, cada chip de código de aleatorización se aplica a N_w símbolos descubiertos consecutivos manteniendo el chip de código de aleatorización constante durante N_w períodos de símbolos OFDM consecutivos. Para el segundo esquema de aleatorización, se utiliza un segmento de código de

aleatorización para cada una de las K subbandas piloto, y cada chip de código de aleatorización se aplica a un símbolo descubierto del multiplicador 922 en una subbanda piloto. A continuación, los símbolos desaleatorizados del multiplicador 924 se proporcionan a un multiplicador complejo 926 y se multiplican con el conjugado complejo de los

5 símbolos de piloto, $P_{i,k}^*(n)$, se transmiten en la k -ésima subbanda en el n -ésimo período de símbolo OFDM por parte del sector i . A continuación, las salidas del multiplicador 926 se acumulan a lo largo de cada período de símbolo de Walsh mediante un acumulador (ACC) 928 para proporcionar una estimación piloto $\hat{p}_{i,k}(n)$ para ese período de símbolo de Walsh.

10 **[0093]** Los multiplicadores 922, 924 y 926 funcionan a la velocidad de símbolo OFDM (es decir, $1/T_{\text{sym}}$). El acumulador 928 realiza la acumulación a la velocidad de símbolo OFDM, pero proporciona una estimación piloto para cada período de símbolo de Walsh y también se borra al comienzo de cada período de símbolo de Walsh. El filtro 930 y la unidad 932 funcionan a la velocidad de símbolo de Walsh (es decir, $1/T_w$ o $1/4T_{\text{sym}}$ para la secuencia de Walsh de 4 chips).

15 **[0094]** Las estimaciones de piloto $\hat{p}_{i,k}(n)$ del acumulador 928 pueden filtrarse adicionalmente mediante un filtro 930 para proporcionar una estimación $\hat{h}_{i,k}(n)$ del canal para la k -ésima subbanda de piloto para el sector i . El filtro 930 puede implementarse con un acumulador, un filtro de respuesta de impulso finito (FIR), un filtro de respuesta de impulso infinito (IIR) o algún otro tipo de filtro. Una unidad 932 calcula la magnitud al cuadrado de las estimaciones piloto $\hat{p}_{i,k}(n)$ del acumulador 928 para proporcionar una estimación de la intensidad de piloto $|\hat{p}_{i,k}(n)|^2$ para la k -ésima subbanda asignada para el sector i .

20 **[0095]** Para cada período de símbolo OFDM de transmisión de piloto, un sumador 934 recibe y suma las estimaciones de intensidad de piloto $|\hat{p}_{i,k}(n)|^2$ para todas las K subbandas piloto del sector i para obtener una estimación de la intensidad de piloto $|\hat{p}_i(n)|^2$ para ese período de símbolo OFDM. A continuación, un acumulador 938 acumula las estimaciones de intensidad de piloto $|\hat{p}_i(n)|^2$ para una parte o el intervalo completo de transmisión de piloto para proporcionar una estimación final de la intensidad de piloto $|\hat{p}_i|^2$ para el sector i . Por ejemplo, el acumulador 938 puede realizar la acumulación durante una ráfaga de piloto completa. El acumulador 928 realiza una integración coherente y el acumulador 938 realiza una integración no coherente.

30 **[0096]** La integración coherente también puede realizarse durante múltiples períodos de símbolo de Walsh, si lo permite el tiempo de coherencia del canal inalámbrico. En este caso, se pueden acumular estimaciones piloto para múltiples períodos de símbolos de Walsh (por ejemplo, mediante el acumulador 928), y se puede proporcionar la estimación resultante para filtrar 930 y la unidad 932. La integración coherente también puede realizarse sobre múltiples subbandas piloto (por ejemplo, algunas o todas las K subbandas piloto), si lo permite el ancho de banda de coherencia del canal inalámbrico. En este caso, las estimaciones piloto del acumulador 928 para múltiples subbandas piloto pueden acumularse (por ejemplo, mediante otro acumulador no mostrado en la FIG. 9), la magnitud puede aumentarse al cuadrado y pueden proporcionarse al sumador 934. El intervalo de frecuencias que abarca las subbandas piloto sobre las cuales se puede realizar una integración coherente debe ser menor que el ancho de banda de coherencia del canal inalámbrico. Se puede realizar integración coherente en el dominio de la frecuencia para obtener una estimación mejorada de la intensidad de piloto, pero las estimaciones del canal se obtienen normalmente para subbandas individuales. También se puede realizar integración coherente también durante múltiples períodos de símbolos de Walsh y múltiples subbandas piloto, si lo permite el tiempo de coherencia y el ancho de banda de coherencia del canal inalámbrico, para proporcionar una estimación mejorada de la intensidad de piloto.

45 **[0097]** El procesamiento de piloto descrito anteriormente ofrece estimaciones de canal para las K subbandas piloto para el sector i . Las estimaciones de canal para las $M - K$ subbandas restantes para el sector i pueden obtenerse basándose (por ejemplo, mediante interpolación) en las estimaciones de canal para el sector de K subbandas piloto i . Una técnica para estimar las estimaciones de canal para todas las M subbandas basadas en estimaciones de canal para K subbandas se describe en la Solicitud de Patente de Estados Unidos n.º de serie 60/422 362, titulada "Channel Estimation for OFDM Communication Systems [Estimación de canal para sistemas de comunicación OFDM]", presentada el 29 de octubre de 2002, y la Patente de Estados Unidos Solicitud n.º de serie 60/427 896, titulada "Reduced Complexity Channel Estimation for Wireless Communication Systems [Estimación de canal de complejidad reducida para sistemas de comunicación inalámbrica]", presentada el 19 de noviembre de 2002, ambas asignadas al cesionario de la presente solicitud. Las estimaciones de canal pueden usarse para la desmodulación de datos y posiblemente para otros fines.

60 **[0098]** Las estimaciones de canal para todos o un subconjunto de las M subbandas utilizables para el sector i se pueden utilizar para llevar a cabo la desmodulación coherente de datos para una transmisión los datos recibidos desde el sector i . También se pueden obtener estimaciones de canales para múltiples sectores en los sistemas. Para cada sector, el procesamiento de piloto se realiza con la secuencia Walsh $W(n)$, el código de aleatorización $S(n)$ y los símbolos de piloto $p_i(n)$ utilizados por ese sector.

65 **[0099]** El procesamiento de piloto descrito anteriormente también proporciona una estimación de intensidad de piloto para el sector i . Se pueden obtener estimaciones de la intensidad de piloto para múltiples sectores en los sistemas.

Las estimaciones de la intensidad de piloto para múltiples sectores pueden usarse para determinar el mejor sector para recibir transmisión de datos, para pasar de un sector a otro sector (por ejemplo, para un terminal móvil) y posiblemente para otros fines.

5 **[0100]** Para el esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona, el desmodulador 760a realiza el procesamiento de piloto solo durante los intervalos de tiempo cuando los sectores transmiten los pilotos. Las estimaciones de canal para uno o múltiples sectores pueden usarse para realizar una desmodulación de datos coherente de transmisión de datos recibida desde uno o múltiples sectores durante el período de tiempo entre ráfagas piloto.

10 **[0101]** La FIG. 9A muestra una técnica de procesamiento de piloto a modo de ejemplo que puede realizar el terminal. También pueden utilizarse otras técnicas de procedimientos de piloto, y esto se encuentra dentro del alcance de la invención. Por simplicidad, solo se muestra el procesamiento de piloto para el desmodulador 760a en la FIG. 9A. El procesamiento de datos puede ser realizado por el desmodulador 760a de la manera descrita a continuación.

15 **[0102]** La FIG. 9B muestra un diagrama de bloques de un modo de realización de un desmodulador 760b, que puede usarse para el esquema de transmisión de piloto síncrono continuo descrito anteriormente por el cual cada sector transmite continuamente su piloto en un conjunto designado de subbandas piloto y datos en las subbandas restantes. En la siguiente descripción, el desmodulador 760b recupera el piloto y los datos transmitidos por un sector dado i .

20 **[0103]** Dentro del desmodulador 760b, los símbolos OFDM recibidos son procesados por la unidad de eliminación de prefijo cíclico 912 y la unidad FFT 914 de la manera descrita anteriormente. El conmutador 916 proporciona los símbolos recibidos para las K subbandas piloto a los K procesadores de subbandas piloto RX 920a a 920k y los símbolos recibidos para las $M - K$ subbandas restantes a los $M - K$ canceladores de interferencia de piloto 940a a 940q.

25 **[0104]** Cada procesador de subbanda piloto RX 920 realiza el procesamiento de piloto para una subbanda piloto para el sector i de la manera descrita anteriormente para la FIG. 9A. Sin embargo, dado que las subbandas piloto para el sector i pueden usarse como subbandas de datos por parte de otros sectores, la integración coherente se puede realizar durante un intervalo de tiempo más largo (por ejemplo, múltiples períodos de símbolos de Walsh) para cancelar la interferencia debida a símbolos de datos de otros sectores para que se puedan obtener estimaciones piloto más precisas $\hat{p}_{i,k}(n)$. El intervalo de tiempo de integración coherente está dictado por, y debería ser menor que, el tiempo de coherencia del canal.

30 **[0105]** Dentro de cada procesador de subbanda piloto RX 920, los multiplicadores 922, 924 y 926 funcionan a la velocidad de símbolo OFDM (es decir, $1/T_{\text{sym}}$) y realizan la multiplicación con la secuencia de Walsh $W_i(n)$, el código de aleatorización $S_i(n)$, y los símbolos de piloto $p_i(n)$ utilizados por el sector i . El acumulador 928 funciona a la velocidad de símbolo OFDM y acumula las salidas del multiplicador 926 en uno o (preferentemente) múltiples períodos de símbolo de Walsh para proporcionar una estimación piloto $\hat{p}_{i,k}(n)$ para cada intervalo de acumulación. El filtro 930 funciona a la velocidad de acumulación y filtra la estimación piloto $\hat{p}_{i,k}(n)$ para proporcionar una estimación de canal $\hat{h}_i(k)$ para la subbanda k del sector i . Las estimaciones de canal para todas las K subbandas piloto pueden procesarse adicionalmente (por ejemplo, interpolarse) para obtener estimaciones de canal para subbandas de datos, como se describió anteriormente. La unidad 932, el sumador 934 y el acumulador 938 funcionan a la tasa de acumulación y proporcionan una estimación de la intensidad de piloto $|\hat{p}_i|^2$ para el sector i .

35 **[0106]** Para un esquema de transmisión de piloto continua, el desmodulador 760b puede realizar el procesamiento de piloto en todo momento durante una sesión de comunicación. Las estimaciones de canal para el sector i pueden usarse para realizar una desmodulación de datos coherente de una transmisión de datos recibida en las subbandas de datos del sector i . El procesamiento de datos se puede realizar como se describe a continuación.

40 **[0107]** Por simplicidad, solo un conjunto de K procesadores de subbandas piloto RX 920 y un conjunto de $M - K$ canceladores de interferencia de piloto 940 se muestran en la FIG. 9B. El desmodulador 760b también puede diseñarse con múltiples conjuntos de procesadores de subbanda piloto RX y múltiples conjuntos de $M - K$ canceladores de interferencia de piloto para procesar simultáneamente transmisiones de piloto y de datos desde múltiples sectores.

45 **[0108]** Los desmoduladores 760a y 760b también se pueden usar para realizar el procesamiento de piloto para los esquemas de transmisión de piloto asíncrona de ráfagas/continua descritos anteriormente. Si los sectores son asíncronos, entonces el terminal necesitaría determinar el tiempo de cada sector a recuperar. Esto se puede lograr mediante el uso de un correlacionador deslizante, similar al utilizado para los sistemas CDMA. El procesamiento para cada sector se llevaría a cabo de acuerdo con el tiempo de ese sector. En particular, el funcionamiento FFT, el descubrimiento con la secuencia de Walsh $W_i(n)$ y la desaleatorización con el código de aleatorización $S_i(n)$ se realizan de acuerdo con el tiempo para que se recupere el sector. Además, se puede realizar una integración coherente durante un período de tiempo más largo (por ejemplo, múltiples períodos de símbolos de Walsh) para

cancelar la interferencia debido a los símbolos de datos transmitidos por otros sectores de modo que se puedan obtener estimaciones piloto más precisas $\hat{p}_{i,k}(n)$ para el sector que debe recuperarse.

[0109] Para el esquema de transmisión de piloto de ráfagas asíncrona, el procesamiento de piloto para cada sector puede realizarse (1) a intervalos de tiempo cuando el piloto es transmitido por el sector y (2) basándose en la temporización para ese sector. Para el esquema de transmisión de piloto continua asíncrona, el procesamiento de piloto para cada sector puede realizarse en todo momento basándose en la temporización para ese sector.

3. Cancelación de interferencia de piloto terminal

[0110] Como se describió anteriormente, las transmisiones de piloto de los sectores en el sistema pueden ser tales que las subbandas usadas para la transmisión de piloto por parte de un sector dado i también pueden usarse para transmisiones de piloto por parte de otros sectores. Para este sector i , las transmisiones de piloto de otros sectores en sus subbandas piloto representan interferencia que, si se cancela efectivamente, puede dar como resultado estimaciones de canal mejoradas y una estimación de intensidad de piloto para el sector i . Además, las subbandas utilizadas para la transmisión de datos por parte del sector i también pueden usarse para transmisiones de piloto por parte de otros sectores (por ejemplo, para los esquemas de transmisión de piloto continua). Para este sector i , las transmisiones de piloto de otros sectores en sus subbandas de datos representan una interferencia que, si se cancela efectivamente, puede dar como resultado un mejor rendimiento de los datos.

[0111] Por ejemplo, un terminal puede recibir transmisión de datos del sector 1 cuyos pilotos se transmiten en el conjunto de subbandas 1 (por ejemplo, subbandas 10, 20, 30,... 500, para el sistema OFDM a modo de ejemplo mostrado en la tabla 2 y la FIG. 2B). El terminal también tiene conocimiento de los pilotos transmitidos por otros sectores. Algunos de estos otros pilotos no se transmitirán en el conjunto de subbandas 1. Por ejemplo, un sector 2 contiguo puede transmitir pilotos en el conjunto de subbandas 2 (por ejemplo, subbandas 11, 21, 31,..., 501). Típicamente, el sector 1 transmite datos a terminales en su área de cobertura usando casi todas las subbandas utilizables que no están en el conjunto de subbandas 1. Por lo tanto, las subbandas del conjunto 2 (que se utilizan para la transmisión de piloto por parte del sector 2) pueden usarse como subbandas de datos por parte del sector 1. La transmisión de piloto en las subbandas del conjunto 2 por parte del sector 2 actuará como interferencia en la transmisión de datos en estas mismas subbandas por parte del sector 1.

[0112] El terminal típicamente tiene conocimiento de la transmisión de piloto en el conjunto de subbandas 2 por parte del sector 2. A continuación, el terminal puede estimar la interferencia de piloto del sector 2 en las subbandas en el conjunto 2. Las estimaciones de interferencia de piloto se pueden obtener (1) estimando el canal del sector 2 al terminal para cada una de las subbandas en el conjunto 2, (2) generando símbolos de piloto procesados (es decir, aleatorizados y cubiertos) para cada subbanda en el conjunto 2 de la misma manera que lo realizó el sector 2, y (3) escalando estos símbolos de piloto procesados con la estimación del canal. A continuación, la estimación de interferencia de piloto para cada subbanda en el conjunto 2 para el sector 2 se resta de los símbolos recibidos para la misma subbanda para obtener los símbolos cancelados por piloto para esa subbanda.

[0113] En general, la cancelación de interferencia de piloto puede realizarse siempre que las subbandas utilizadas para el piloto de enlace descendente o la transmisión de datos por parte de un sector también se utilicen para la transmisión de piloto de enlace descendente por parte de otro sector, siendo conocido el piloto por el terminal. Típicamente, el terminal tendrá conocimiento de los pilotos transmitidos por otros sectores porque esta información se utiliza para facilitar la transferencia asistida por terminal entre los sectores. El terminal típicamente mide la potencia del piloto recibido de su sector de servicio actual y los pilotos recibidos de otros sectores cercanos que son candidatos para la transferencia. A continuación, el terminal puede utilizar las mediciones de potencia de piloto para solicitar una transferencia a un sector de servicio mejor.

[0114] La cancelación de interferencia de piloto puede realizarse para una subbanda piloto para obtener una estimación piloto de mayor calidad que tenga interferencia debida a la eliminación de pilotos de otros sectores. Por ejemplo, para el esquema de transmisión de piloto de ráfagas síncrona, todos los sectores transmiten sus pilotos al mismo tiempo, en cuyo caso se puede realizar la cancelación de interferencia de piloto para obtener estimaciones de canal mejoradas para un sector seleccionado. La cancelación de interferencia de piloto también se puede realizar para una subbanda de datos para obtener una estimación de símbolo de datos de mayor calidad que tenga interferencia debido a la eliminación de pilotos de otros sectores. Para mayor claridad, la cancelación de interferencia de piloto se describe a continuación para una subbanda de datos.

[0115] Con referencia de nuevo a la FIG. 9B, los símbolos recibidos para cada una de las (M-K) subbandas de datos se proporcionan a un cancelador de interferencia de piloto respectivo 940. Cada cancelador 940 estima la interferencia de piloto recibida por el terminal de cada uno de los sectores interferentes que han sido designados para la cancelación. A continuación, cada cancelador 940 (1) obtiene las estimaciones de interferencia de piloto totales para todos los sectores interferentes designados y (2) cancela las estimaciones de interferencia de piloto totales de los símbolos recibidos para proporcionar los símbolos cancelados por piloto para la subbanda de datos asignada.

[0116] La FIG. 10 muestra un diagrama de bloques de un modo de realización de un cancelador de interferencia de piloto 940x, que se puede usar para cada uno de los canceladores de interferencia de piloto 940a a 940q en la FIG. 9. La cancelación de la interferencia de piloto se realiza en el dominio de la frecuencia, después de la transformada rápida de Fourier. El cancelador 940x realiza la cancelación de interferencia de piloto para una subbanda de datos.

[0117] Dentro del cancelador de interferencia de piloto 940x, los símbolos recibidos para la subbanda asignada se proporcionan a los L estimadores de interferencia de piloto 1020a a 1020l, donde L puede ser cualquier número entero cero o mayor. Cada estimador 1020 estima la interferencia de piloto en una k -ésima subbanda asignada desde un j -ésimo sector interferente asignado y proporciona la estimación de interferencia de piloto $\tilde{p}_{i,k}(n)$ para su subbanda y sector asignados.

[0118] Dentro de cada estimador 1020, los símbolos recibidos $r_k(n)$ para la k -ésima subbanda asignada se proporcionan a un multiplicador 1022 y se multiplican por el código de Walsh $W_j(n)$ utilizado por el j -ésimo sector interferente. A continuación, la salida del multiplicador 1022 se multiplica mediante un multiplicador complejo 1024

por el conjugado complejo de los chips de código de aleatorización, $S_{j,k}^*(n)$, utilizado para la k -ésima subbanda por el j -ésimo sector interferente. A continuación los símbolos desaleatorizados del multiplicador 1024 se multiplican mediante un multiplicador 1026 por el conjugado complejo de los símbolos de piloto, $p_{j,k}^*(n)$, y se transmiten en la k -ésima subbanda por parte del j -ésimo sector interferente.

[0119] A continuación, las salidas del multiplicador 1026 se acumulan sobre cada período de símbolo de Walsh mediante un acumulador 1028 para proporcionar una estimación piloto $p_{j,k}(n)$ para la k -ésima subbanda en ese período de símbolo de Walsh. Las estimaciones piloto del acumulador 1028 se filtran adicionalmente mediante un filtro 1030 para proporcionar una estimación de canal $\hat{h}_{j,k}(n)$ para el j -ésimo sector interferente para la k -ésima subbanda. El filtro 1030 puede implementarse con un acumulador, un filtro FIR o un filtro IIR. La respuesta del filtro 1030 (por ejemplo, la duración de la acumulación) puede depender de la velocidad de atenuación del canal.

[0120] Para obtener las estimaciones de interferencia de piloto $\tilde{p}_{i,k}(n)$ para el j -ésimo sector interferente, los símbolos de piloto $p_{i,k}(n)$ utilizados por el j -ésimo sector se (1) multiplican por los chips de código de aleatorización $S_{j,k}(n)$ mediante un multiplicador 1034, (2) se cubren con el código de Walsh $W_j(n)$ mediante un multiplicador 1036, y (3) se multiplican por la estimación del canal $\hat{h}_{j,k}(n)$ mediante un multiplicador 1038. A continuación, las estimaciones de interferencia de piloto de todos los estimadores asignados 1020 se suman mediante un sumador 1042 para obtener las estimaciones de interferencia de piloto totales $\tilde{p}_k(n)$ para la k -ésima subbanda. A continuación, las estimaciones de interferencia de piloto totales $\tilde{p}_k(n)$ se restan de los símbolos recibidos $r_k(n)$ mediante un sumador 1044 para obtener los símbolos cancelados por piloto para la k -ésima subbanda.

[0121] Con referencia de nuevo a la FIG. 9, los símbolos cancelados por piloto de los canceladores de interferencia de piloto 940a a 940q para las M - K subbandas de datos se proporcionan a los M - K procesadores de subbanda de datos RX 980a a 980q, respectivamente. Cada procesador 980 procesa los símbolos cancelados por piloto para la subbanda de datos asignada de una manera que es complementaria a la realizada por el procesador 840 en la FIG. 8. Cada procesador 980 también puede realizar una desmodulación de datos coherente calculando un producto de punto de los símbolos cancelados por piloto con la estimación de canal para la subbanda de datos asignada para proporcionar estimaciones de símbolos de datos $\hat{d}_{i,k}(n)$, que son estimaciones de los símbolos de datos transmitidos en esa subbanda. Las estimaciones de canal para las subbandas de datos para el i -ésimo sector que se está recuperando pueden obtenerse basándose en las estimaciones de canal obtenidas para las subbandas piloto (por ejemplo, usando interpolación).

[0122] Un multiplexor 990 recibe y multiplexa las estimaciones de símbolos de datos de los procesadores de subbanda de datos RX 980a a 980q para proporcionar las estimaciones de símbolos de datos $\hat{d}_i(n)$ para el i -ésimo sector que se está recuperando.

[0123] La técnica de cancelación de interferencia de piloto descrita anteriormente puede extenderse directamente al caso de múltiples antenas de recepción en el terminal. En este caso, se puede realizar el mismo procesamiento de piloto para la señal recibida obtenida de cada antena de terminal. Los símbolos cancelados por piloto para cada antena pueden además desmodularse de manera coherente con la estimación del canal para proporcionar estimaciones de símbolos de datos para esa antena. A continuación, las estimaciones de los símbolos de datos de todas las antenas se pueden ponderar y combinar para proporcionar las estimaciones de símbolos de datos finales, que a continuación se pueden descodificar.

[0124] Las técnicas de cancelación de transmisión de piloto e interferencia de piloto descritas en el presente documento pueden implementarse por diversos medios. Por ejemplo, el procesamiento para la transmisión de piloto en el punto de acceso y el procesamiento para la detección de piloto y la cancelación de la interferencia de piloto en el terminal pueden implementarse en hardware, software o una combinación de los mismos. Para una implementación en hardware, los elementos usados para procesar los pilotos para transmisión/recepción y para cancelación de interferencia de piloto 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 compuertas programables in situ (FPGA), procesadores, controladores, microcontroladores, microprocesadores, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en el presente documento o una combinación de los mismos.

5
[0125] Para una implementación en software, el procesamiento para transmisión/recepción de piloto y cancelación de interferencia de piloto pueden implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, etc.) que realizan las funciones descritas en el presente documento. Los códigos de software se pueden almacenar en una unidad de memoria (por ejemplo, las unidades de memoria 732 y 772 en la FIG. 47, y ejecutarse mediante un procesador (por ejemplo, los controladores 730 y 770). La unidad de memoria se puede implementar dentro del procesador o ser externa al procesador, pudiéndose acoplar en este caso de forma comunicativa al procesador por medio de diversos medios, como se conoce en la técnica.

10
[0126] Los títulos se incluyen en el presente documento para referencia y para facilitar la localización de ciertas secciones. Estos títulos no pretenden limitar el alcance de los conceptos descritos bajo los mismos, y estos conceptos pueden tener aplicabilidad en otras secciones a lo largo de toda la memoria descriptiva.

15
[0127] 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 a los expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en el presente documento se pueden aplicar a otros modos de realización sin apartarse del alcance de la presente invención. Por lo tanto, la presente invención no pretende limitarse a los modos de realización mostradas en el presente documento, sino que se le concede el alcance más amplio compatible con las reivindicaciones.

20
25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento para transmitir un piloto en un enlace descendente en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples portadoras (100) que comprende:

 generar símbolos de piloto para la transmisión en un primer conjunto de subbandas, en el que el primer conjunto de subbandas se utiliza para la transmisión de piloto mediante una primera entidad transmisora y está separado de un segundo conjunto de subbandas utilizado para la transmisión de piloto mediante una segunda entidad transmisora, y en el que cada par de subbandas adyacentes en el primer conjunto abarca un intervalo de frecuencias que es menor o igual que un ancho de banda de coherencia de un canal inalámbrico en el sistema;

 procesar los símbolos de piloto para obtener una señal piloto que tenga los símbolos de piloto incluidos en el primer conjunto de subbandas; y

15 transmitir la señal piloto desde la primera entidad transmisora.
- 20 2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

 procesar los símbolos de piloto con un código ortogonal para obtener símbolos de piloto cubiertos, y en el que los símbolos de piloto cubiertos se procesan adicionalmente para obtener la señal piloto.
- 25 3. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además:

 procesar los símbolos de piloto con un código de aleatorización para obtener símbolos de piloto aleatorizados, y en el que los símbolos de piloto aleatorizados se procesan adicionalmente para obtener la señal piloto.
- 30 4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las subbandas en el primer conjunto se distribuyen equitativamente a través de una pluralidad de subbandas que la primera entidad transmisora puede utilizar para la transmisión de piloto y de datos.
- 35 5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las señales piloto se transmiten en ráfagas desde la primera y segunda entidades transmisoras.
- 40 6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que las señales piloto se transmiten con temporización síncrona desde la primera y segunda entidades de transmisión.
- 45 7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el sistema de comunicación de múltiples portadoras implementa multiplexación por división de frecuencia ortogonal, (OFDM).
- 50 8. Un aparato (110) en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples portadoras (100), que comprende:

 medios (812, 820) para generar símbolos de piloto para la transmisión en un primer conjunto de subbandas, en el que el primer conjunto de subbandas se utiliza para la transmisión de piloto mediante una primera entidad transmisora y está separado de un segundo conjunto de subbandas utilizado para la transmisión de piloto mediante una segunda entidad transmisora, y en el que cada par de subbandas adyacentes en el primer conjunto abarca un intervalo de frecuencias que es menor o igual que un ancho de banda de coherencia de un canal inalámbrico en el sistema;

 medios (848) para procesar los símbolos de piloto para obtener una señal piloto que tenga los símbolos de piloto incluidos en el primer conjunto de subbandas; y

 medios (722) para transmitir la señal piloto desde la primera entidad transmisora.
- 55 9. El aparato según la reivindicación 8, que comprende además: medios (824) para procesar los símbolos de piloto con un código ortogonal para obtener símbolos de piloto cubiertos, y en el que los símbolos de piloto cubiertos se procesan adicionalmente para obtener la señal piloto.
- 60 10. El aparato según la reivindicación 8, que comprende además:

 medios para procesar los símbolos de piloto con un código de aleatorización para obtener símbolos de piloto aleatorizados, y en el que los símbolos de piloto aleatorizados se procesan adicionalmente para obtener la señal piloto.
- 65 11. Un medio legible por ordenador para transmitir un piloto en un enlace descendente en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples portadoras, con el medio legible por ordenador que comprende

instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que dicho procesador realice los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

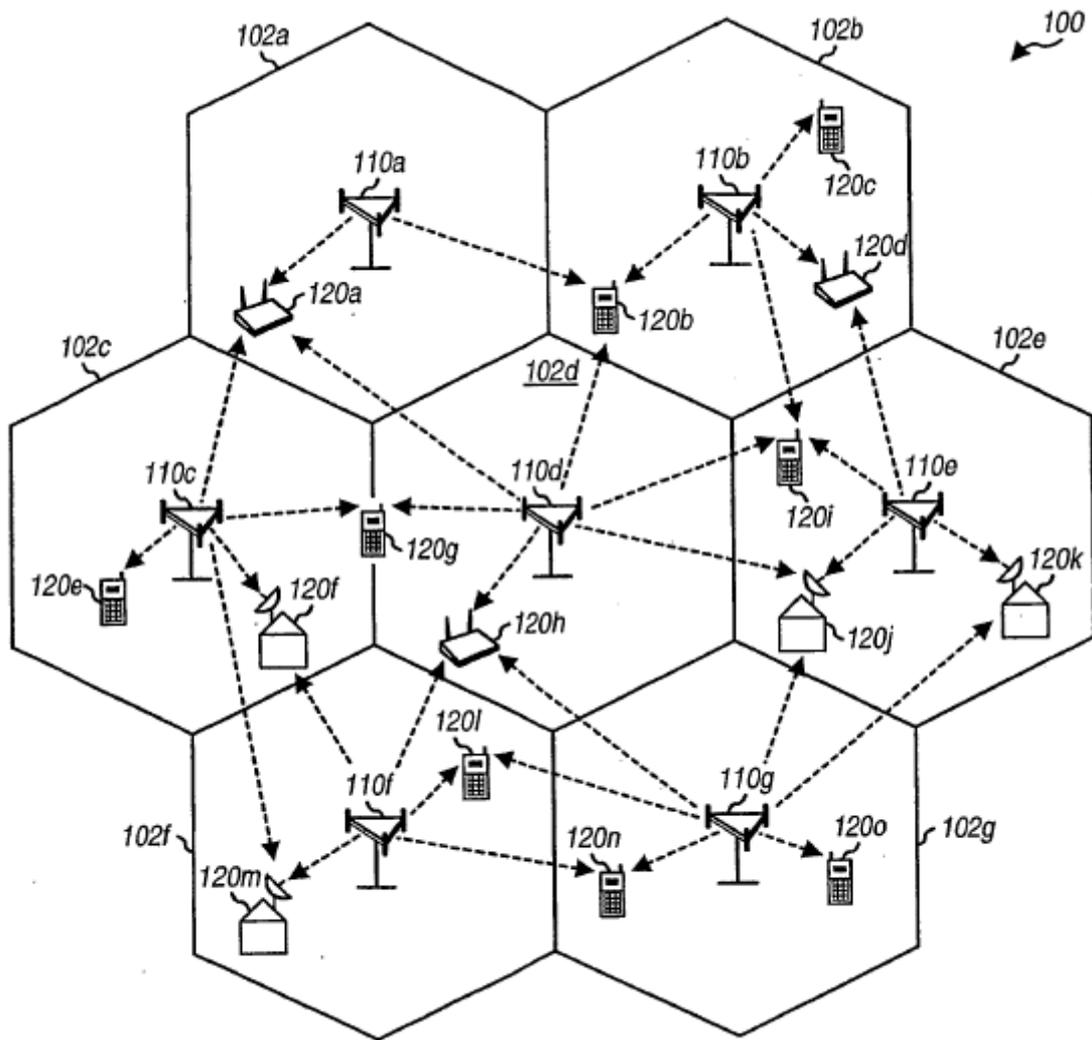


FIG. 1

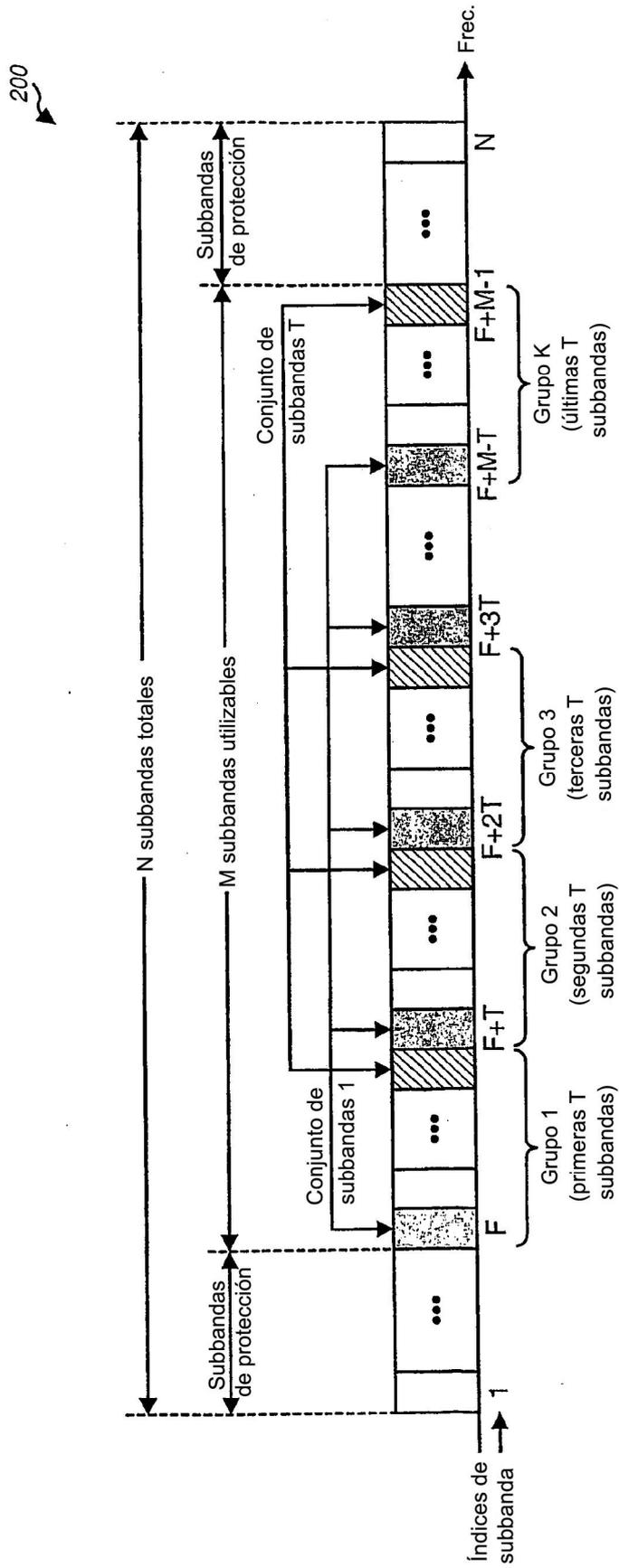


FIG. 2A

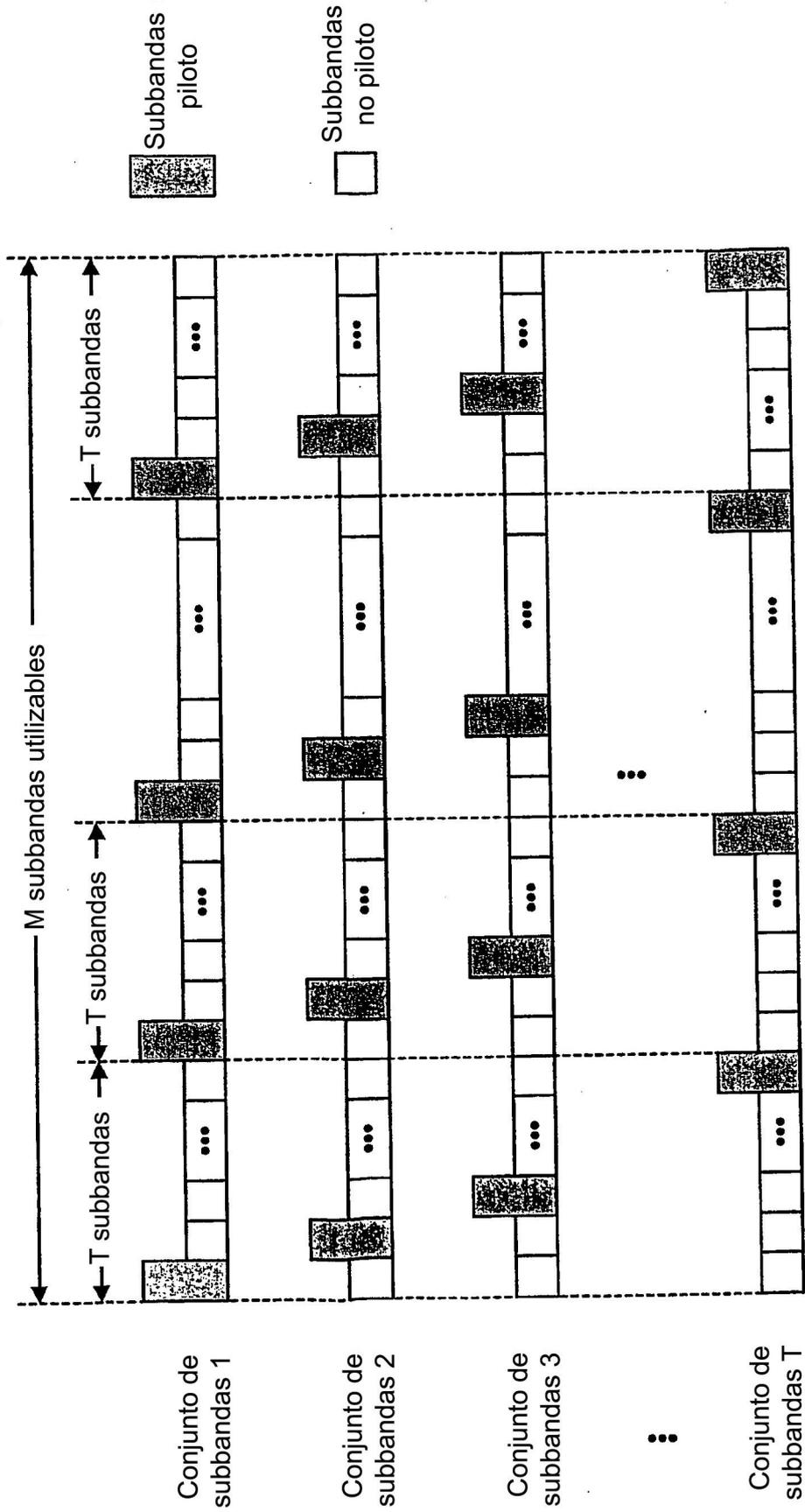


FIG. 2B

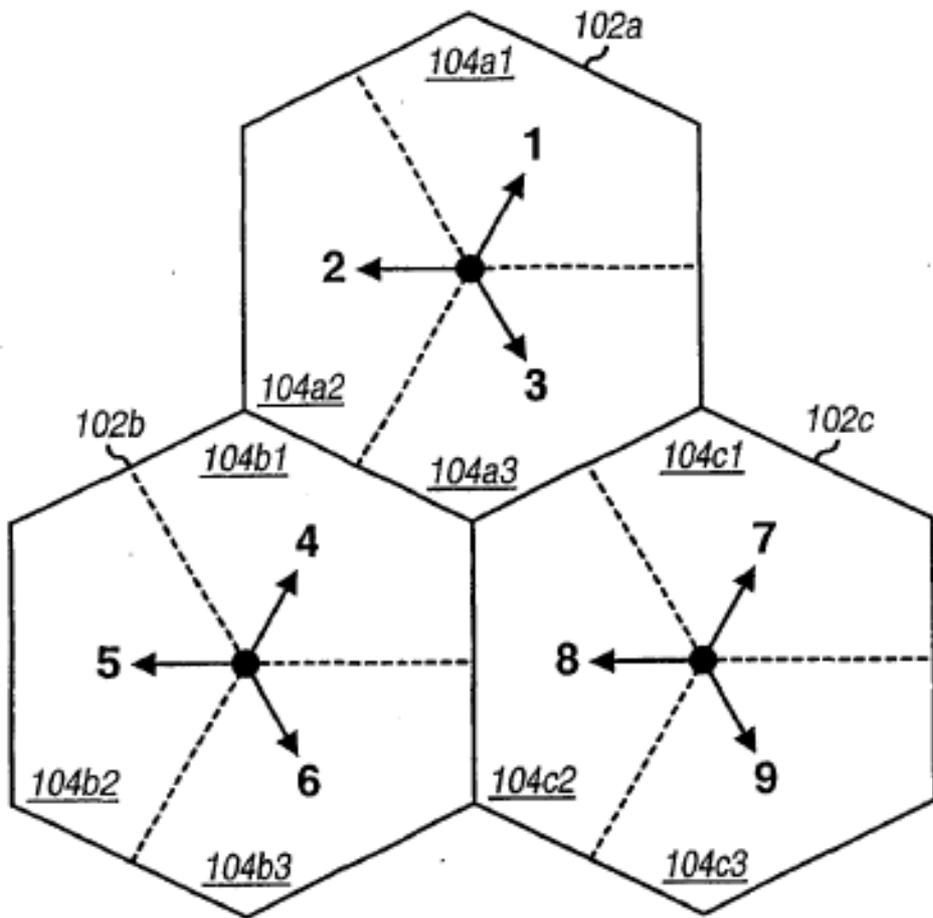


FIG. 3A

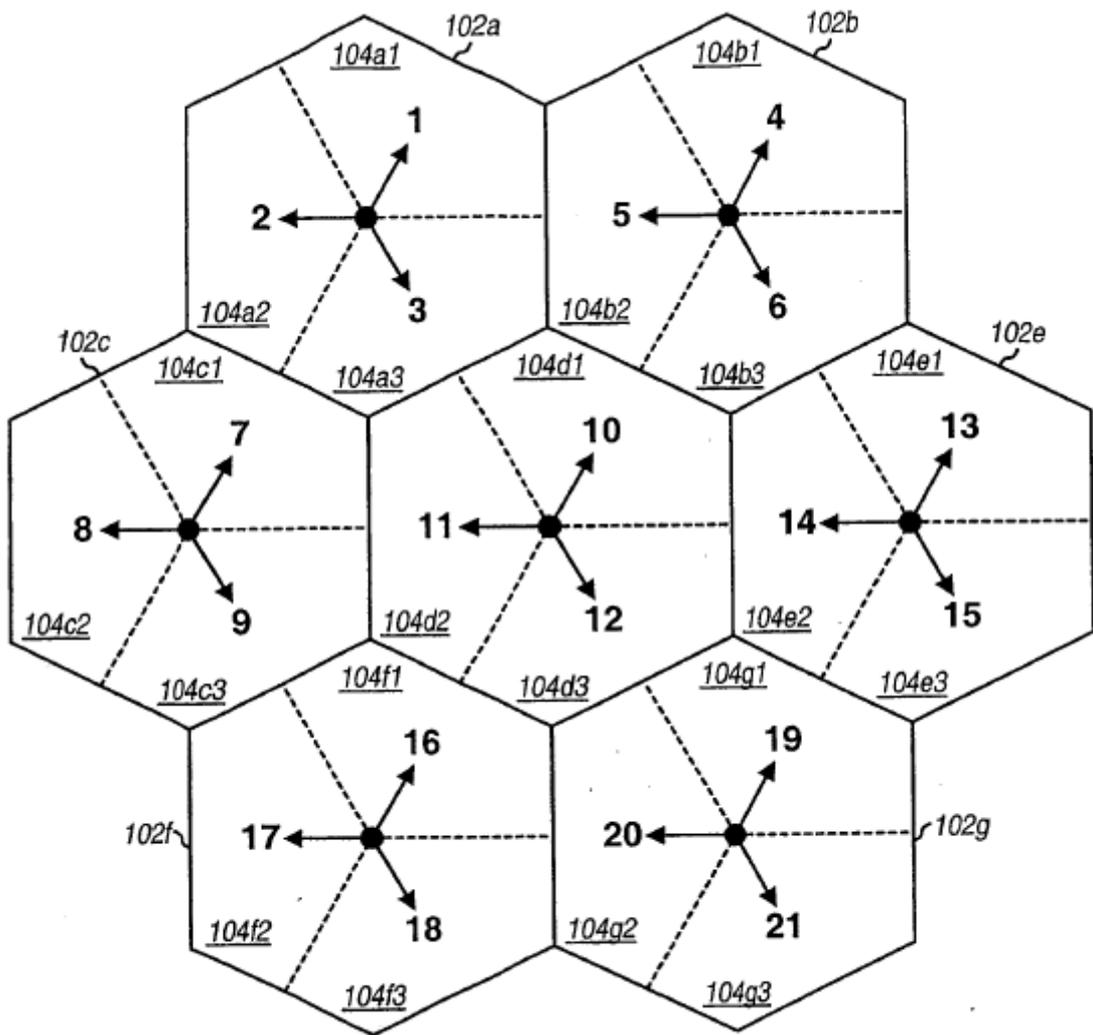


FIG. 3B

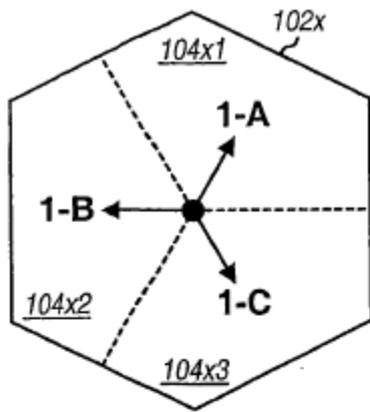


FIG. 4A

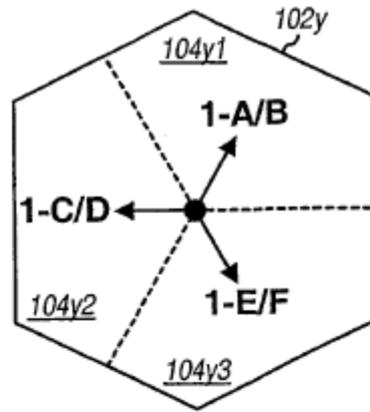


FIG. 4B

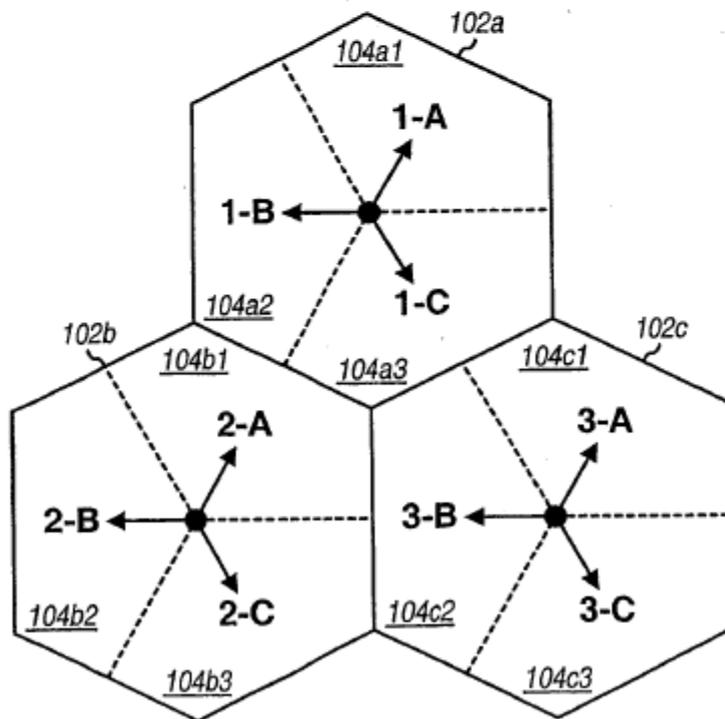


FIG. 4C

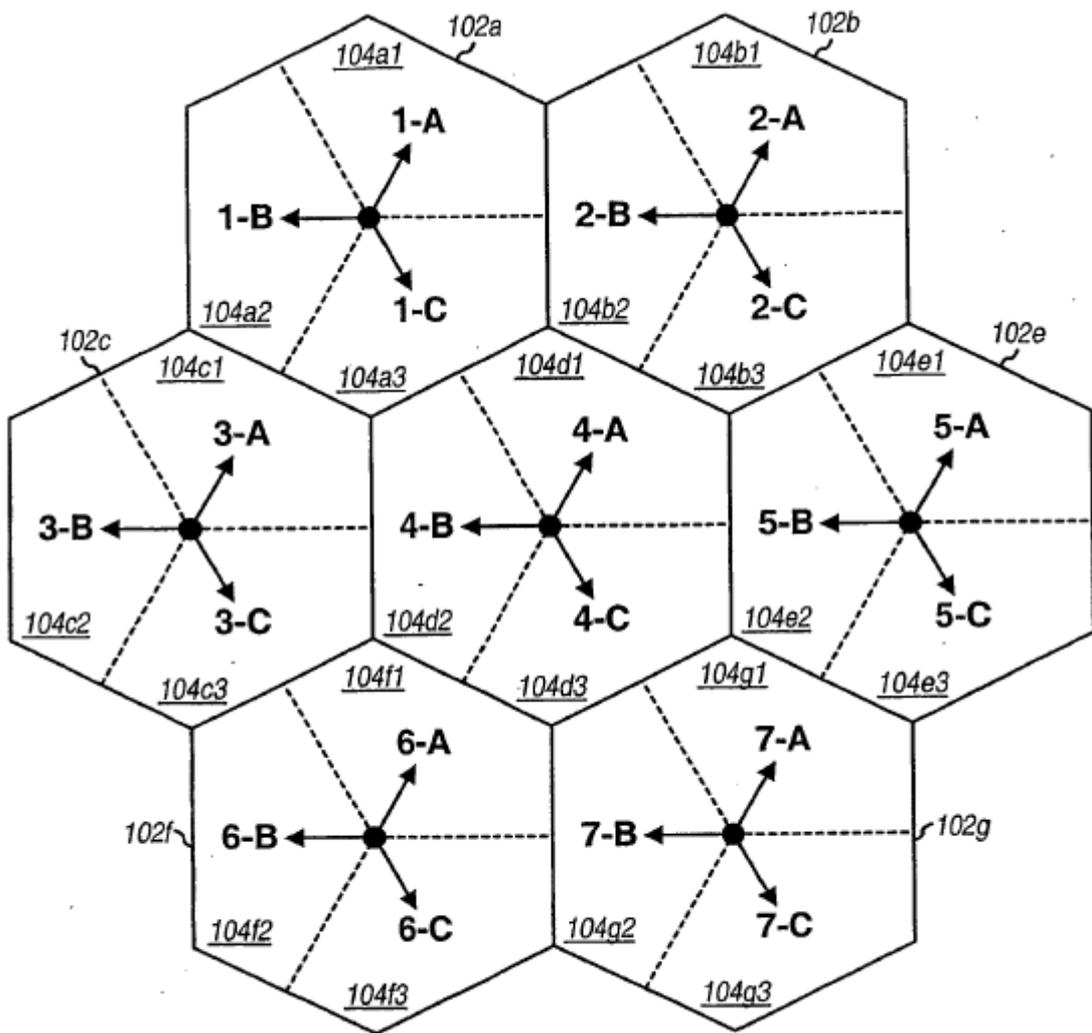


FIG. 4D

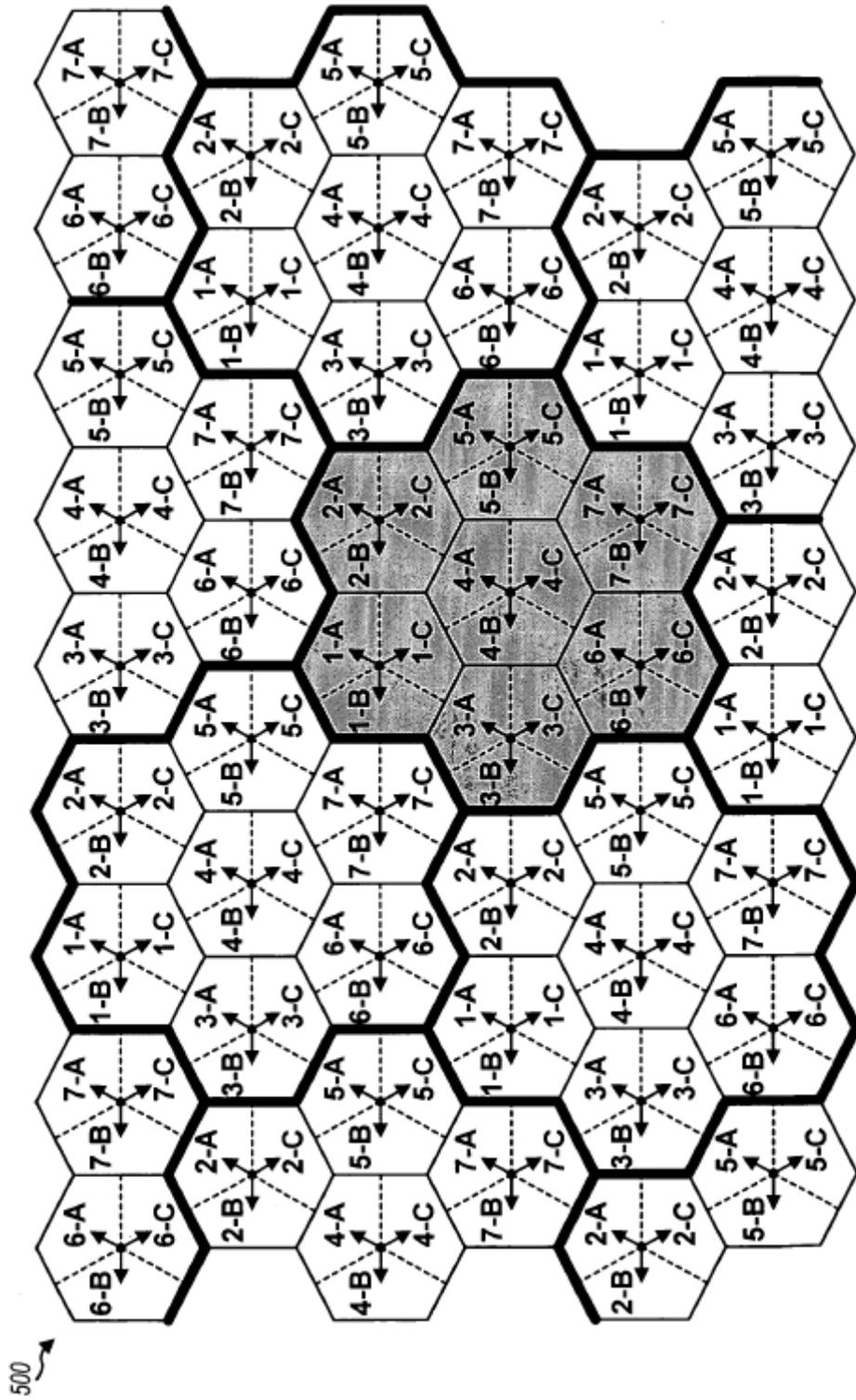


FIG. 5

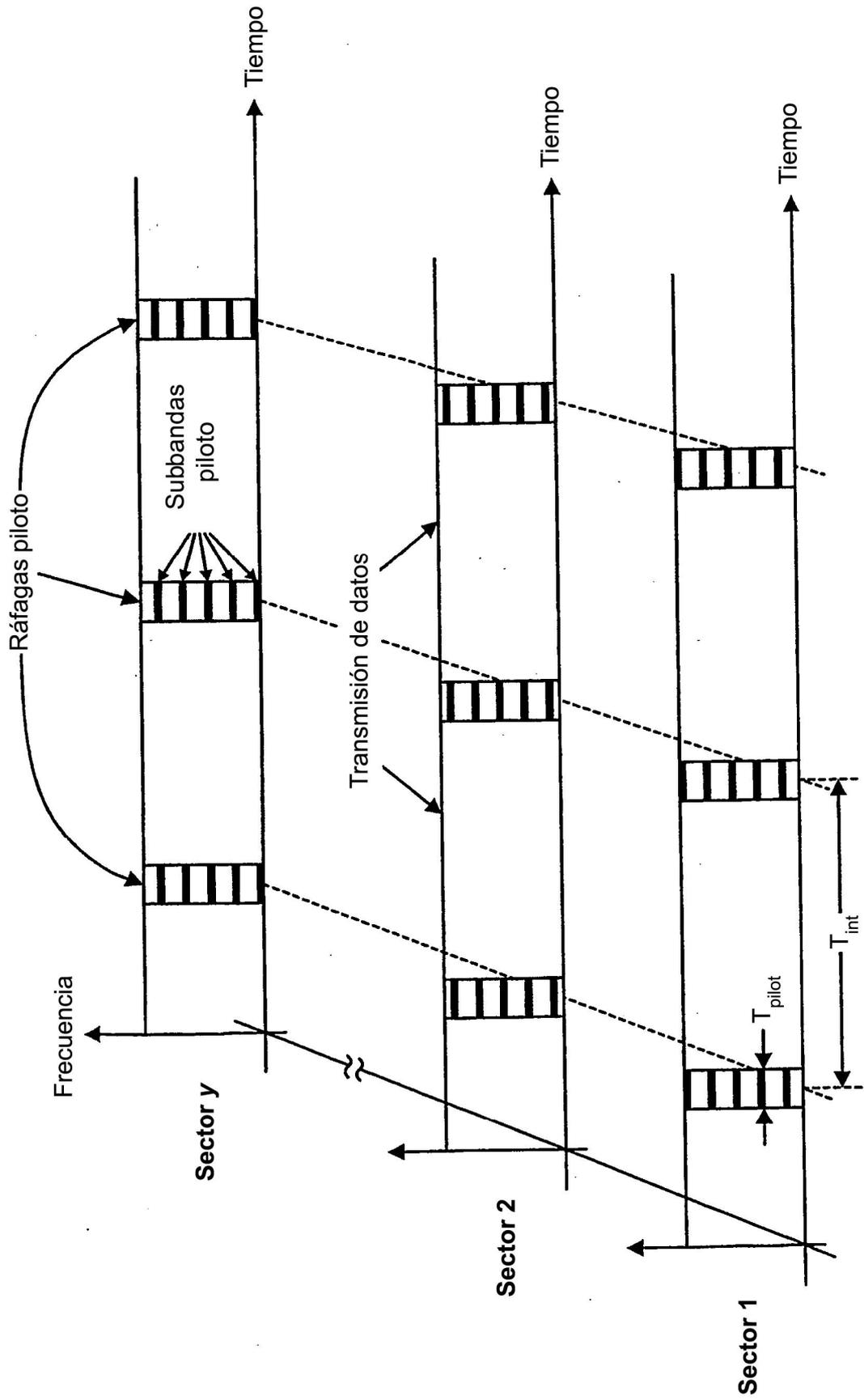


FIG. 6A

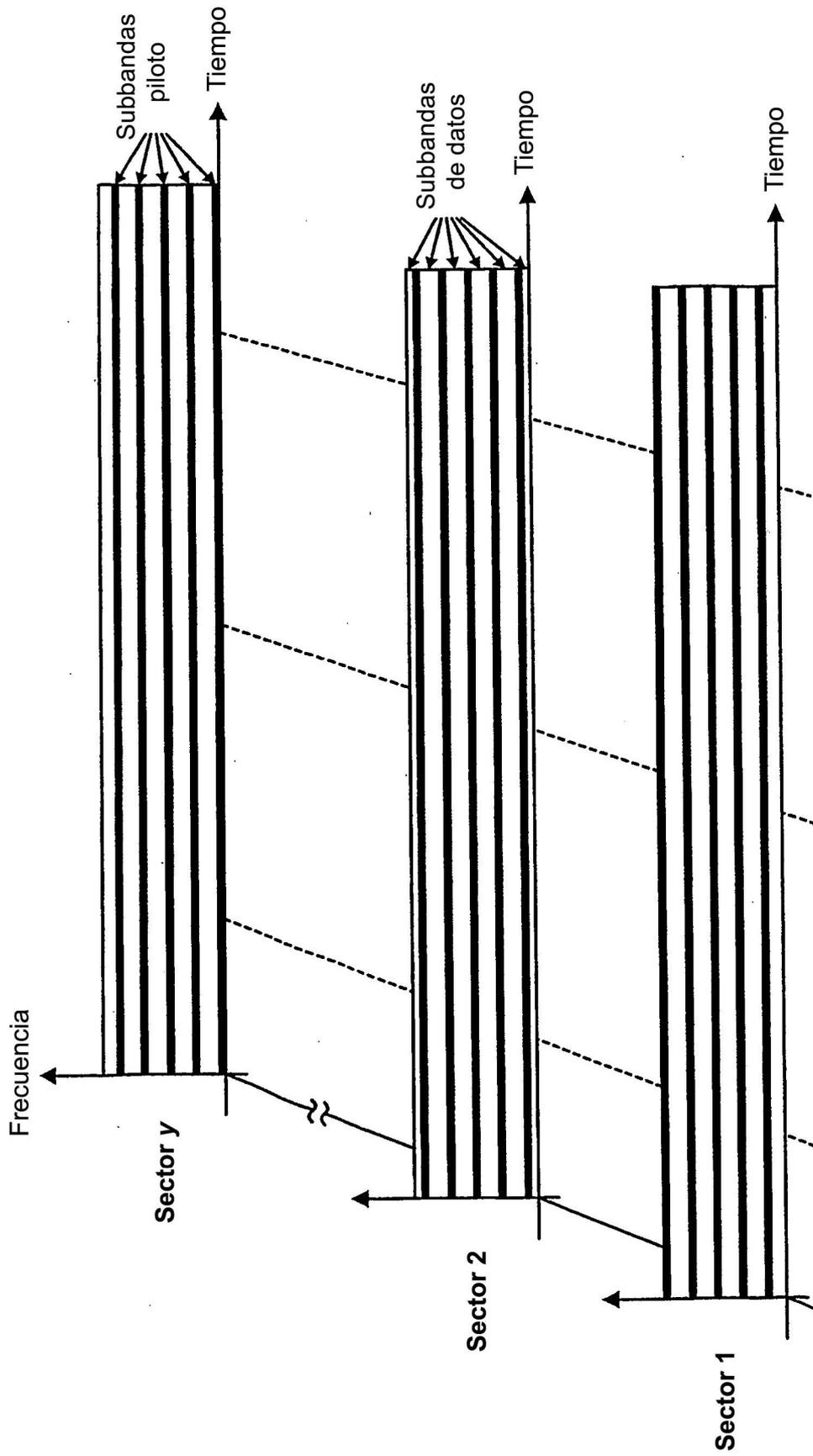


FIG. 6B

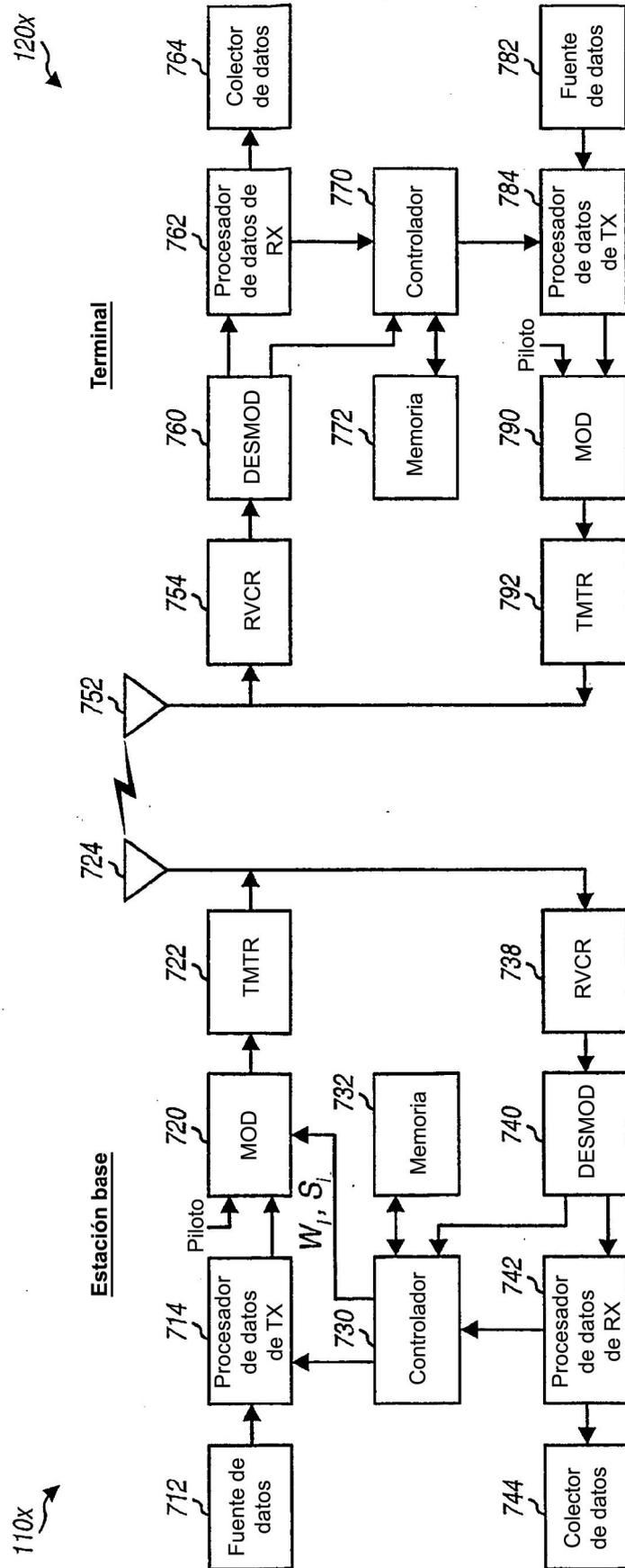


FIG. 7

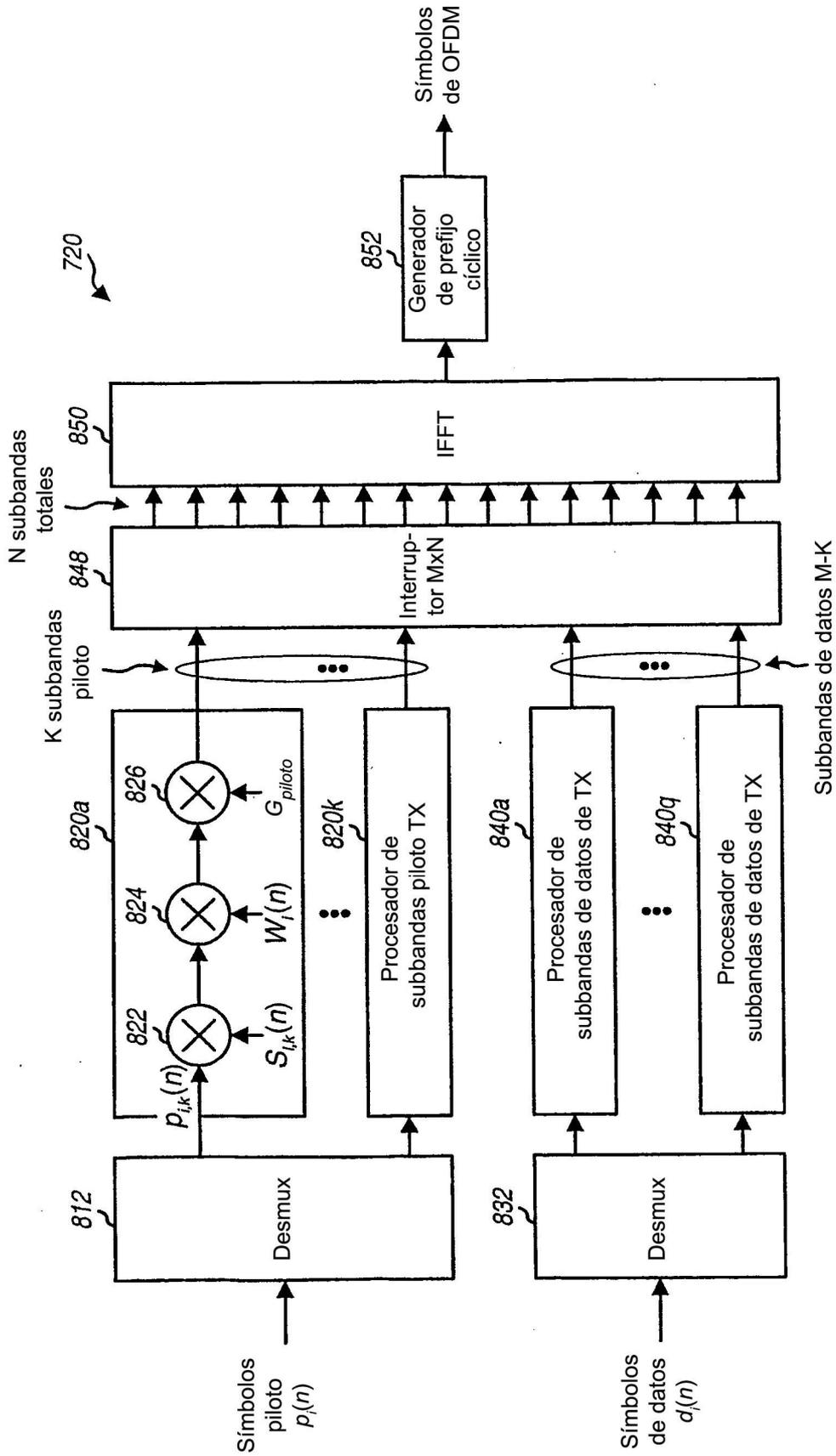


FIG. 8

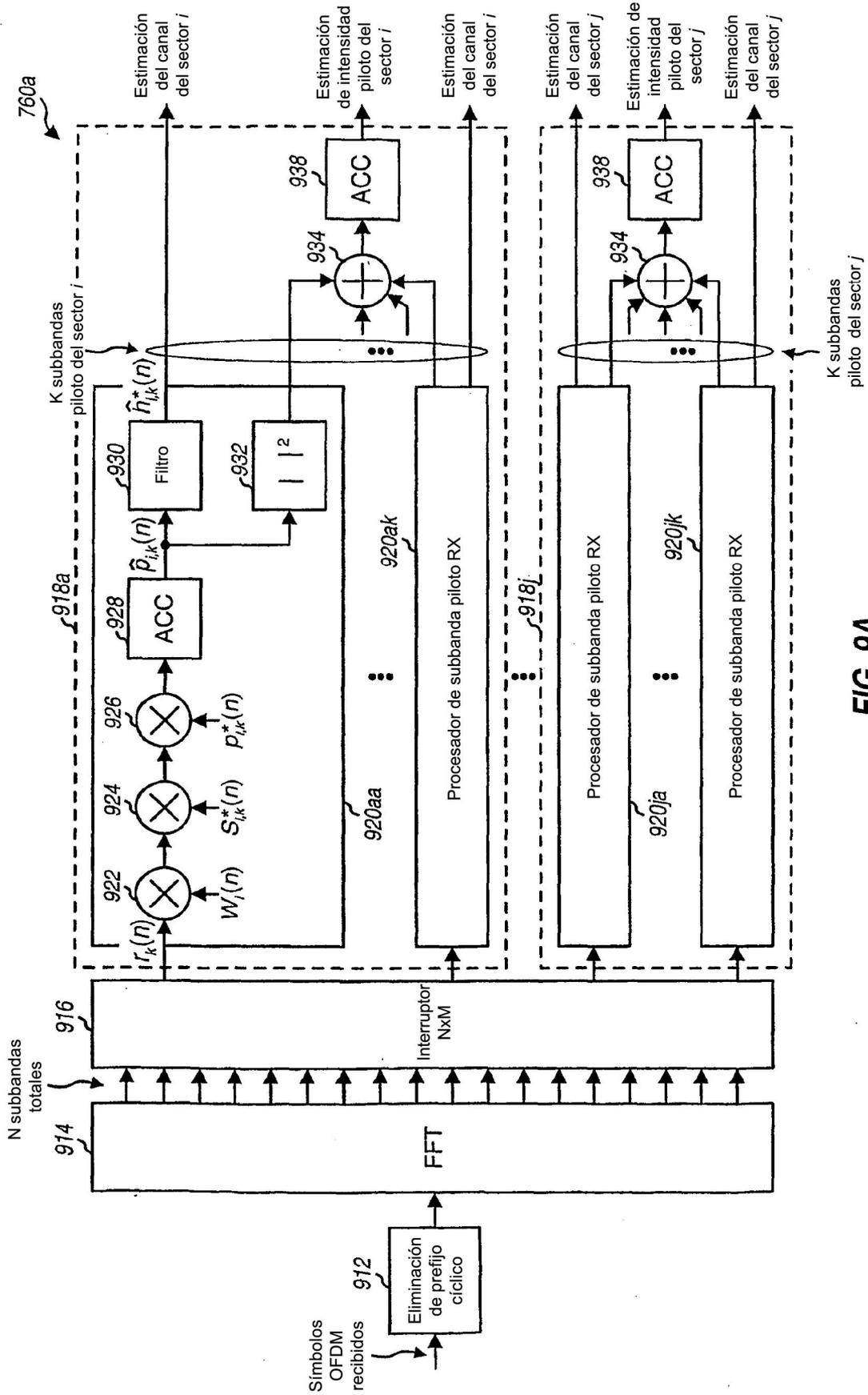


FIG. 9A

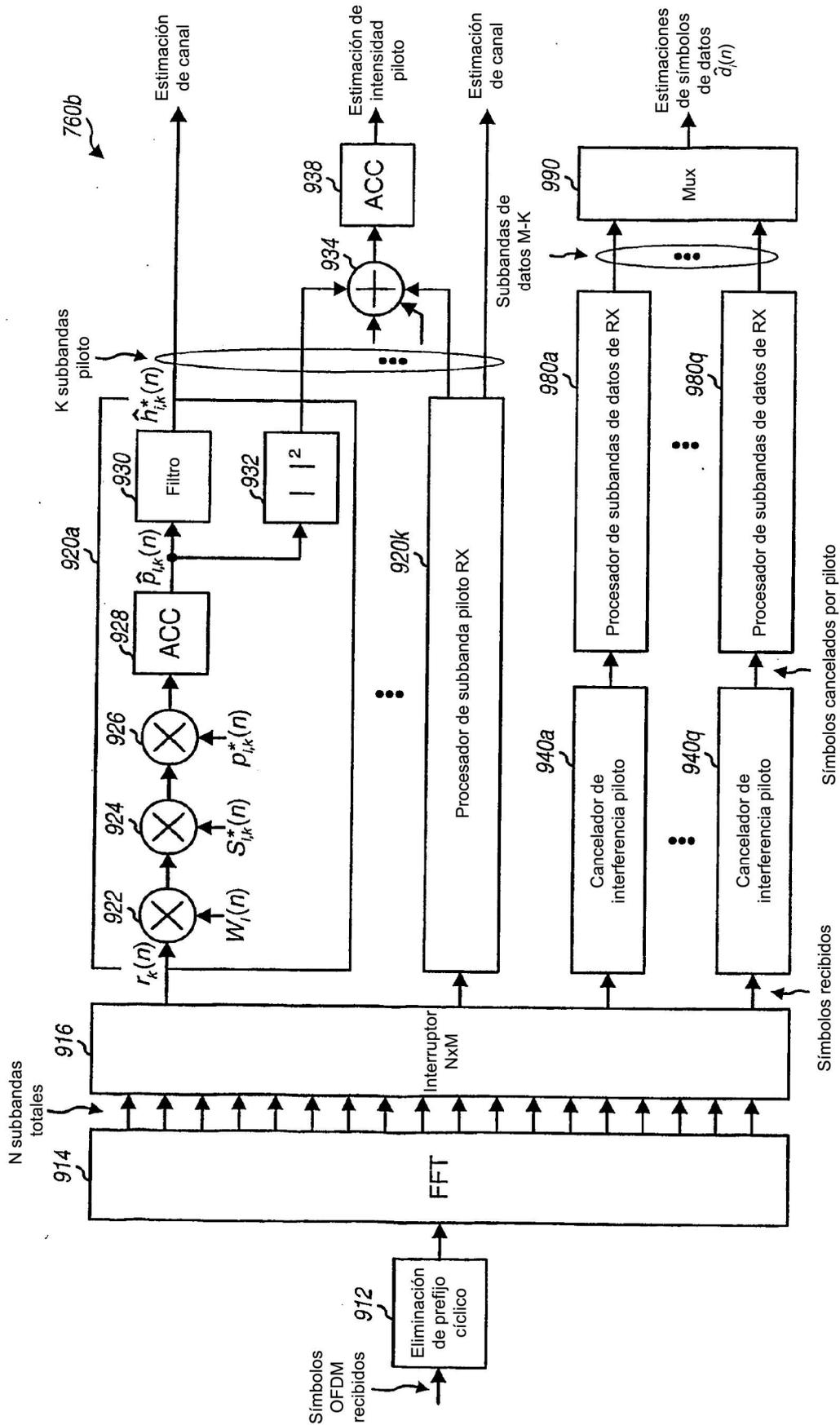


FIG. 9B

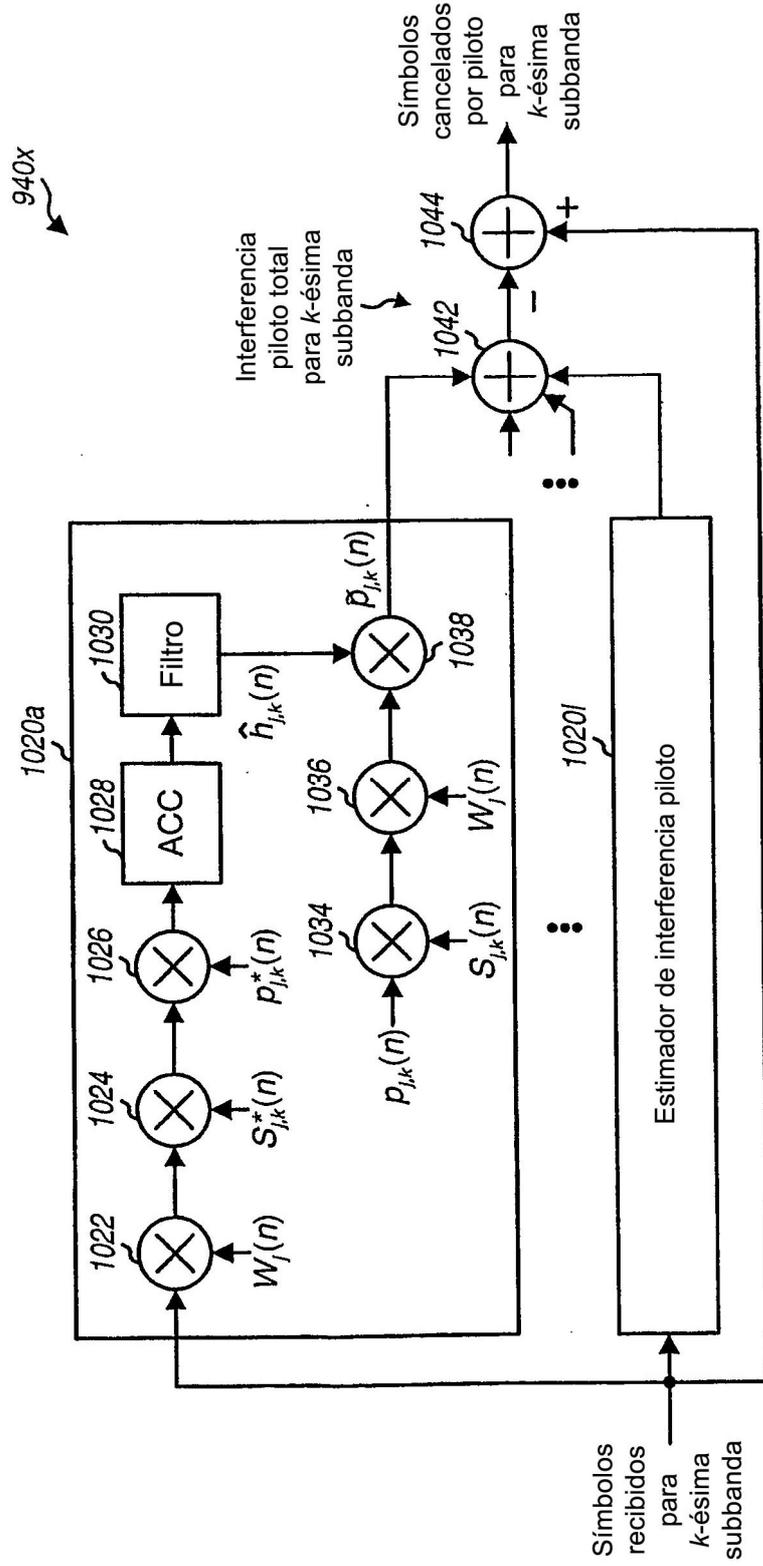


FIG. 10