

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 524 981**

51 Int. Cl.:

H04J 11/00 (2006.01)

H04B 1/692 (2011.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2006** **E 06801101 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.10.2014** **EP 1922830**

54 Título: **Multiplexación por división de código en un sistema de acceso múltiple por división en frecuencia de portadora única**

30 Prioridad:

08.08.2005 US 706639 P

22.08.2005 US 710503 P

22.08.2005 US 710428 P

10.05.2006 US 431969

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

16.12.2014

73 Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)

5775 MOREHOUSE DRIVE

SAN DIEGO, CA 92121-1714, US

72 Inventor/es:

PALANKI, RAVI;

KHANDEKAR, AAMOD y

SUTIVONG, ARAK

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 524 981 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

Multiplexación por división de código en un sistema de acceso múltiple por división en frecuencia de portadora única

Antecedentes

I. Campo

- 5 La presente divulgación se refiere, en general, a las comunicaciones y, más específicamente, a técnicas de transmisión en un sistema de comunicación inalámbrica.

II. Antecedentes

10 Un sistema de acceso múltiple puede comunicarse concurrentemente con múltiples terminales en los enlaces directo e inverso. El enlace directo (o enlace descendente) se refiere al enlace de comunicación desde las estaciones base a los terminales, y el enlace inverso (o enlace ascendente) se refiere al enlace de comunicación desde los terminales a las estaciones base. Múltiples terminales pueden transmitir datos simultáneamente en el enlace inverso y/o recibir datos en el enlace directo. Esto, a menudo, se consigue multiplexando las múltiples transmisiones de datos en cada enlace para que sean ortogonales entre sí en el dominio de tiempo, frecuencia y/o código. Por ejemplo, las transmisiones de datos para diferentes terminales pueden hacerse ortogonales usando diferentes
15 códigos ortogonales en un sistema de acceso múltiple por división de código (CDMA), transmitiendo en diferentes intervalos de tiempo en un sistema de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA) y transmitiendo en diferentes subbandas de frecuencia en un sistema de acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA) o un sistema de acceso múltiple por división en frecuencia ortogonal (OFDMA).

20 Los terminales pueden transmitir diversos tipos de datos tales como, por ejemplo, datos de tráfico, señalización y piloto. Los datos de tráfico se refieren a datos enviados mediante una aplicación (por ejemplo, datos de voz o paquetes), señalización se refiere a datos enviados para soportar operación de sistema (por ejemplo, datos de control) y piloto se refiere a datos que se conocen a priori por tanto un transmisor como un receptor. Los diferentes tipos de datos pueden tener diferentes requisitos y pueden transmitirse de diferentes maneras, por ejemplo, a diferentes velocidades y en diferentes intervalos de tiempo. Puesto que la señalización y el piloto representan tara,
25 es deseable para los terminales transmitir la señalización y piloto tan eficazmente como sea posible.

Existe, por lo tanto, la necesidad en la técnica de técnicas de transmisión eficaces en un sistema de acceso múltiple. ZTE: "EUTRA Multiple Access Scheme for Downlink and Uplink", borrador del 3GPP, R1-050390 describe ventajas/desventajas de diversos esquemas de acceso múltiple inalámbrico que pueden usarse para enlace descendente/enlace ascendente para la evolución de UTRA.

Sumario

30 Se describen técnicas para transmitir eficazmente diferentes tipos de datos en un sistema de acceso múltiple por división en frecuencia de portadora única (SC-FDMA) en el presente documento. Se exponen aspectos de la invención en las reivindicaciones independientes. El sistema de SC-FDMA puede utilizar (1) FDMA intercalado (IFDMA) para transmitir en subbandas de frecuencia que están distribuidas a través de una banda de frecuencia o ancho de banda de sistema global (2) FDMA localizado (LFDMA) para transmitir en un grupo de subbandas
35 adyacentes o (3) FDMA mejorado (EFDMA) para transmitir datos y piloto en múltiples grupos de subbandas adyacentes. IFDMA se denomina también FDMA distribuido, y LFDMA se denomina también FDMA de banda estrecha, FDMA clásico y FDMA.

40 En un ejemplo, un transmisor (por ejemplo, un terminal) genera símbolos de modulación para diferentes tipos de datos (por ejemplo, datos de tráfico, señalización y piloto) y realiza multiplexación por división de código (CDM) en uno o más tipos de datos. CDM puede aplicarse a datos de tráfico, señalización, piloto o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, el transmisor puede aplicar CDM en la señalización y/o piloto enviados en subbandas de frecuencia y periodos de símbolo que se usan también mediante al menos un otro transmisor. Para aplicar CDM a un tipo de datos dado (por ejemplo, señalización), el transmisor realiza ensanchamiento en los símbolos de modulación para ese tipo de datos con un código de ensanchamiento asignado (por ejemplo, un código de Walsh).
45 CDM puede aplicarse a través de símbolos, a través de muestras, a través de tanto muestras como símbolos, a través de subbandas de frecuencia y así sucesivamente, como se describe a continuación. El transmisor puede realizar también aleatorización después del ensanchamiento. El transmisor genera símbolos de SC-FDMA de la misma o diferente duración de símbolo para datos de tráfico, señalización y piloto y transmite los símbolos de SC-FDMA a un receptor. El receptor realiza el procesamiento complementario para recuperar los datos transmitidos.
50

Diversos aspectos y realizaciones de la invención se describen en mayor detalle a continuación.

Breve descripción de los dibujos

Las características y la naturaleza de la presente invención se harán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se toman junto con los dibujos en los que caracteres de referencia similares se identifican correspondientemente en la misma.

- 5 La Figura 1 muestra un sistema con múltiples transmisores y un receptor.
 La Figura 2A muestra una estructura de subbanda ejemplar para IFDMA.
 La Figura 2B muestra una estructura de subbanda ejemplar para LFDMA.
 La Figura 2C muestra una estructura de subbanda ejemplar para EFDMA.
 La Figura 3A muestra la generación de un símbolo de IFDMA, LFDMA o EFDMA.
 10 La Figura 3B muestra la generación de un símbolo de IFDMA.
 La Figura 4 muestra un esquema de salto de frecuencia (FH).
 La Figura 5 muestra un esquema de transmisión con CDM a través de símbolos.
 La Figura 6 muestra transmisiones para dos transmisores con códigos de ensanchamiento de 2 segmentos.
 La Figura 7 muestra un esquema de transmisión con CDM a través de muestras.
 15 La Figura 8 muestra un esquema de transmisión con CDM a través de muestras y símbolos.
 La Figura 9 muestra el uso de diferentes duraciones de símbolo para diferentes tipos de datos.
 La Figura 10 muestra un procedimiento para transmitir símbolos de SC-FDMA con CDM.
 La Figura 11 muestra un procedimiento para recibir símbolos de SC-FDMA enviados con CDM.
 La Figura 12 muestra un diagrama de bloques de un transmisor.
 20 La Figura 13 muestra un diagrama de bloques de un receptor.
 La Figura 14 muestra un diagrama de bloques de un procesador espacial de recepción (RX).

Descripción detallada

- La palabra “ejemplar” se usa en el presente documento para significar “que sirve como un ejemplo, caso o ilustración”. Cualquier realización o diseño descrito en el presente documento como “ejemplarmente” no ha de interpretarse necesariamente como preferido o ventajoso sobre otras realizaciones o diseños.

- Las técnicas de transmisión descritas en el presente documento pueden usarse para diversos sistemas de comunicación. Por ejemplo, estas técnicas pueden usarse para un sistema de SC-FDMA que utilice IFDMA, LFDMA o EFDMA, un sistema de OFDMA que utilice multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM), otros sistemas de FDMA, otros sistemas basados en OFDM y así sucesivamente. Los símbolos de modulación se envían en el dominio de tiempo con IFDMA, LFDMA y EFDMA y en el dominio de frecuencia con OFDM. En general, las técnicas pueden usarse para un sistema que utilice uno o más esquemas de multiplexación para los enlaces directo e inverso. Por ejemplo, el sistema puede utilizar (1) SC-FDMA (por ejemplo, IFDMA, LFDMA o EFDMA) para tanto los enlaces directo como inverso (2) una versión de SC-FDMA (por ejemplo, LFDMA) para un enlace y otra versión de SC-FDMA (por ejemplo, IFDMA) para el otro enlace, (3) SC-FDMA para el enlace inverso y OFDMA para el enlace directo, o (4) alguna otra combinación de esquemas de multiplexación. Puede usarse SC-FDMA, OFDMA, algún otro esquema de multiplexación o una combinación de los mismos para que cada enlace consiga el rendimiento deseado. Por ejemplo, SC-FDMA y OFDMA pueden usarse para un enlace dado, usándose SC-FDMA para algunas subbandas y usándose OFDMA en otras subbandas. Puede ser deseable usar SC-FDMA en el enlace inverso para conseguir PAPR inferior y para relajar los requisitos del amplificador de potencia para los terminales. Puede ser deseable usar OFDMA en el enlace directo para conseguir potencialmente capacidad de sistema superior.

- Las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para los enlaces directo e inverso. Las técnicas pueden usarse también para (1) un sistema de acceso múltiple ortogonal en el que todos los usuarios en una celda o sector dado son ortogonales en tiempo, frecuencia y/o código y (2) un sistema de acceso múltiple cuasi-ortogonal en el que múltiples usuarios en la misma celda o sector pueden transmitir simultáneamente en la misma frecuencia al mismo tiempo. Un sistema de SC-FDMA cuasi-ortogonal soporta acceso múltiple por división espacial (SDMA), que usa múltiples antenas localizadas en diferentes puntos en el espacio para soportar transmisiones simultáneas para múltiples usuarios.

- La **Figura 1** muestra un sistema 100 de SC-FDMA con múltiples (M) transmisores 110a a 110m y un receptor 150. Por simplicidad, cada transmisor 110 está equipado con una única antena 134 y el receptor 150 está equipado con múltiples (R) antenas 152a a 152r. Para el enlace inverso, cada transmisor 110 puede ser parte de un terminal, y el receptor 150 puede ser parte de una estación base. Para el enlace directo, cada transmisor 110 puede ser parte de una estación base, y el receptor 150 puede ser parte de un terminal. Una estación base es generalmente una estación fija y puede denominarse también un sistema transceptor base (BTS), un punto de acceso o alguna otra terminología. Un terminal puede ser fijo o móvil y puede ser un dispositivo inalámbrico, un teléfono celular, un asistente digital personal (PDA), una tarjeta de módem inalámbrico y así sucesivamente.

En cada transmisor 110, un procesador 120 de transmisión (TX) de datos y piloto codifica, intercala, datos y señalización de tráfico de mapas de símbolo y genera símbolos de datos. Los mismos o diferentes esquemas de codificación y modulación pueden usarse para datos de tráfico y señalización, que se denominan de manera

colectiva "datos" en porciones de la descripción a continuación. El procesador 120 genera también símbolos piloto y multiplexa los símbolos de datos y los símbolos piloto. Como se usa en el presente documento, un símbolo de datos es un símbolo de modulación para datos, un símbolo piloto es un símbolo de modulación para piloto, un símbolo de modulación es un valor complejo para un punto en una constelación de señal (por ejemplo, para PSK o QAM) y un símbolo es un valor complejo. Un procesador 122 de CDM de TX realiza ensanchamiento para cada tipo de dato a transmitirse con CDM. Un modulador 130 de SC-FDMA realiza modulación de SC-FDMA (por ejemplo, para IFDMA, LFDMA o EFDMA) y genera símbolos de SC-FDMA. Un símbolo de SC-FDMA puede ser un símbolo de IFDMA, un símbolo de LFDMA o un símbolo de EFDMA. Un símbolo de SC-FDMA de datos es un símbolo de SC-FDMA para datos y un símbolo de SC-FDMA piloto es un símbolo de SC-FDMA para piloto. Una unidad 132 de transmisor (TMTR) procesa (por ejemplo, convierte a analógico, amplifica, filtra y convierte aumentando la frecuencia) los símbolos de SC-FDMA y genera una señal modulada de frecuencia de radio (RF), que se transmite mediante la antena 134.

En el receptor 150, R antenas 152a a 152r reciben las señales moduladas de RF, desde los transmisores 110a a 110m, y cada antena proporciona una señal recibida a una unidad 154 de receptor asociada (RCVR). Cada unidad 154 de receptor acondiciona (por ejemplo, filtra, amplifica, convierte reduciendo la frecuencia y digitaliza) su señal recibida y proporciona muestras de entrada a un demultiplexor 156 asociado (Demux). Cada demultiplexor 156 proporciona muestras de entrada para símbolos de SC-FDMA enviados con CDM a un demodulador 160 de SC-FDMA (Demod) y proporciona muestras de entrada para símbolos de SC-FDMA enviados sin CDM a un procesador 170 espacial de RX. El demodulador 160 de SC-FDMA realiza demodulación de SC-FDMA en las muestras de entrada y proporciona símbolos recibidos. Un procesador 162 de CDM de RX realiza el desensanchamiento complementario y proporciona símbolos de datos detectados. Un procesador 164 de datos de RX procesa los símbolos de datos detectados para recuperar los datos enviados con CDM.

El procesador 170 espacial de RX realiza procesamiento espacial de receptor para cada subbanda usada mediante múltiples transmisores y separa los símbolos de datos enviados mediante estos transmisores. El procesador 170 espacial de RX demultiplexa también los símbolos de SC-FDMA detectados para cada transmisor. Un demodulador 172 de SC-FDMA realiza demodulación de SC-FDMA en los símbolos de SC-FDMA detectados para cada transmisor y proporciona estimaciones de símbolo de datos para ese transmisor, que son estimaciones de los símbolos de datos enviados mediante el transmisor. Un procesador 174 de datos de RX desmapea, desintercala y decodifica las estimaciones de símbolo de datos para cada transmisor y proporciona datos decodificados para ese transmisor. En general, el procesamiento mediante el receptor 150 es complementario al procesamiento mediante los transmisores 110a a 110m.

Los controladores 140a a 140m y el controlador 180 dirigen la operación de diversas unidades de procesamiento en los transmisores 110a a 110m y el receptor 150, respectivamente. Las memorias 142a a 142m y la memoria 182 almacenan códigos de programa y datos para los transmisores 110a a 110m y el receptor 150, respectivamente.

El sistema 100 puede utilizar IFDMA, LFDMA o EFDMA para la transmisión. La generación de estructuras y símbolos de subbanda para IFDMA, LFDMA y EFDMA se describe a continuación.

La **Figura 2A** muestra una estructura 200 de subbanda ejemplar para IFDMA. El ancho de banda del sistema global de BW MHz se subdivide en múltiples (K) subbandas ortogonales que se les da los índices de 1 a K, donde K puede ser cualquier valor entero. El espaciado entre subbandas adyacentes es BW/K MHz. Por simplicidad, la siguiente descripción supone que todas las K subbandas totales se pueden usar para la transmisión. Para la estructura 200 de subbanda, las K subbandas están dispuestas en S entrelazados disjuntos o no solapantes. Los S entrelazados están disjuntos en que cada una de las K subbandas pertenece a únicamente un entrelazado. En una realización, cada entrelazado contiene N subbandas que están distribuidas uniformemente a través de las K subbandas totales, las subbandas consecutivas en cada entrelazado están espaciadas separadas por S subbandas, y el entrelazado u contiene la subbanda u como la primera subbanda, donde $K = S \cdot N$ y $u \in \{1, \dots, S\}$. En general, una estructura de subbanda puede incluir cualquier número de entrelazados, cada entrelazado puede contener cualquier número de subbandas, y los entrelazados pueden contener el mismo o diferentes números de subbandas. Adicionalmente, N puede o puede no ser un entero divisor de K, y las N subbandas pueden o pueden no estar distribuidas uniformemente a través de las K subbandas totales.

La **Figura 2B** muestra una estructura 210 de subbanda ejemplar para LFDMA. Para la estructura 210 de subbanda, las K subbandas totales están dispuestas en S grupos no solapantes. En una realización, cada grupo contiene N subbandas que son adyacentes entre sí, y el grupo v contiene las subbandas $(v-1) \cdot N + 1$ a $v \cdot N$, donde v es el índice de grupo y $v \in \{1, \dots, S\}$. N y S para la estructura 210 de subbanda pueden ser lo mismo o diferentes de N y S para la estructura 200 de subbanda. En general, una estructura de subbanda puede incluir cualquier número de grupos, cada grupo puede contener cualquier número de subbandas, y los grupos pueden contener el mismo o diferente número de subbandas.

La **Figura 2C** muestra una estructura 220 de subbanda ejemplar para EFDMA. Para la estructura 220 de subbanda, las K subbandas totales están dispuestas en S conjuntos no solapantes, incluyendo cada conjunto G grupos de subbandas. En una realización, las K subbandas totales están distribuidas para los S conjuntos como sigue. Las K subbandas totales se subdividen en primer lugar en múltiples intervalos de frecuencia, conteniendo cada intervalo de

frecuencia $K' = K / G$ subbandas consecutivas. Cada intervalo de frecuencia se subdivide adicionalmente en S grupos, incluyendo cada grupo V subbandas consecutivas. Para cada intervalo de frecuencia, las primeras V subbandas se asignan al conjunto 1, las siguientes V subbandas se asignan al conjunto 2 y así sucesivamente, y las últimas V subbandas se asignan al conjunto S . El conjunto s , para $s = 1, \dots, S$, incluye las subbandas que tienen los índices k que satisfacen lo siguiente: $(s-1) \cdot V \leq k \text{ módulo } (K/G) < s \cdot V$. Cada conjunto contiene G grupos de V subbandas consecutivas, o un total de $N = G \cdot V$ subbandas. En general, una estructura de subbanda puede incluir cualquier número de conjuntos, cada conjunto puede contener cualquier número de grupos y cualquier número de subbandas, y los conjuntos pueden contener el mismo o diferente número de subbandas. Para cada conjunto, los grupos pueden contener el mismo o diferente número de subbandas y pueden distribuirse uniformemente o no uniformemente a través del ancho de banda del sistema.

Un sistema de SC-FDMA puede utilizar también una combinación de IFDMA, LFDMA y/o EFDMA. Por ejemplo, pueden formarse múltiples entrelazados para cada grupo de subbanda, y cada entrelazado puede asignarse a uno o más usuarios para la transmisión. Como otro ejemplo, pueden formarse múltiples grupos de subbanda, y cada grupo de subbanda puede asignarse a uno o más usuarios para la transmisión. IFDMA, LFDMA, EFDMA y variantes y combinaciones de los mismos pueden considerarse como diferentes versiones de SC-FDMA. En general, las técnicas descritas en el presente documento pueden usarse para cualquier estructura de subbanda con cualquier número de conjuntos de subbanda y donde cada conjunto de subbanda puede incluir cualquier número de subbandas que pueden disponerse de cualquier manera. Para cada conjunto de subbanda, (1) las subbandas pueden distribuirse individualmente y uniformemente o no uniformemente a través del ancho de banda del sistema, (2) las subbandas pueden estar adyacentes entre sí en un grupo, o (3) las subbandas pueden distribuirse en múltiples grupos, donde cada grupo puede localizarse en cualquier lugar en el ancho de banda del sistema y puede contener una o múltiples subbandas.

La **Figura 3A** muestra la generación de un símbolo de IFDMA para un entrelazado, un símbolo de LFDMA para un grupo de subbanda o un símbolo de EFDMA para un conjunto de subbanda. Una secuencia original de N símbolos de modulación a transmitirse en un periodo de símbolo en el entrelazado, grupo de subbanda o conjunto de subbanda se indica como $\{d_1, d_2, d_3, \dots, d_N\}$ (bloque 310). La secuencia original se transforma al dominio de frecuencia con una transformada de Fourier discreta de N puntos (DFT) para obtener una secuencia de N valores de dominio de frecuencia (bloque 312). Los N valores de dominio de frecuencia se mapean en las N subbandas usadas para transmisión, y se mapean $K-N$ valores de cero en las restantes $K-N$ subbandas para generar una secuencia de K valores (bloque 314). Las N subbandas usadas para transmisión están en un grupo de subbandas adyacentes para LFDMA (como se muestra en la Figura 3A), están en un entrelazado con las subbandas distribuidas a través de las K subbandas totales para IFDMA (no mostrado en la Figura 3A), y están en un conjunto de múltiples grupos de subbandas para EFDMA (también no mostrado en la Figura 3A). La secuencia de K valores se transforma a continuación al dominio de tiempo con una transformada de Fourier discreta inversa de K puntos (IDFT) para obtener una secuencia de K muestras de salida de dominio de tiempo (bloque 316).

Las C últimas muestras de salida de la secuencia se copian al inicio de la secuencia para formar un símbolo de IFDMA, LFDMA o EFDMA que contiene $K + C$ muestras de salida (bloque 318). Las C muestras de salida copiadas se denominan a menudo un prefijo cíclico o intervalo de guarda y C es la longitud del prefijo cíclico. El prefijo cíclico se usa para combatir interferencia entre símbolos (ISI) producida por el desvanecimiento selectivo de frecuencia, que es una respuesta de frecuencia que varía a través del ancho de banda del sistema.

La **Figura 3B** muestra la generación de un símbolo de IFDMA para un entrelazado para el caso en el que N es un divisor entero de K y las N subbandas están distribuidas uniformemente a través de las K subbandas totales. Una secuencia original de N símbolos de modulación a transmitirse en un periodo de símbolo en las N subbandas en el entrelazado u se indica como $\{d_1, d_2, d_3, \dots, d_N\}$ (bloque 350). La secuencia original se replica S veces para obtener una secuencia extendida de K símbolos de modulación (bloque 352). Los N símbolos de modulación se envían en el dominio de tiempo y ocupan de manera colectiva N subbandas en el dominio de frecuencia. Las S copias de la secuencia original dan como resultado las N subbandas ocupadas espaciándose separadas por S subbandas, con $S-1$ subbandas de potencia cero separando subbandas ocupadas adyacentes. La secuencia extendida tiene un espectro de frecuencia peine que ocupa el entrelazado 1 en la Figura 2A.

La secuencia extendida se multiplica con una rampa de fase para obtener una secuencia traducida en frecuencia de K muestras de salida (bloque 354). Cada muestra de salida en la secuencia traducida en frecuencia puede generarse como sigue:

$$x_n = d_n \cdot e^{-j2\pi(n-1)(u-1)/K}, \quad \text{para } n = 1, \dots, K, \quad \text{Ec (1)}$$

donde d_n es el n -ésimo símbolo de modulación en la secuencia extendida, x_n es la n -ésima muestra de salida en la secuencia traducida en frecuencia y u es el índice de la primera subbanda en el entrelazado. La multiplicación con la rampa de fase $e^{-j2\pi(n-1)(u-1)/K}$ en el dominio de tiempo da como resultado la secuencia traducida en frecuencia que ocupa el entrelazado u en el dominio de frecuencia. Las últimas C muestras de salida de la secuencia traducida en frecuencia se copian al inicio de la secuencia traducida en frecuencia para formar un símbolo de FDMA que contiene

K+C muestras de salida (bloque 356).

El procesamiento mostrado en la Figura 3A puede usarse para generar símbolos de IFDMA, LFDMA y EFDMA para cualquier valor de N y K. El procesamiento mostrado en la Figura 3B puede usarse para generar un símbolo de IFDMA para el caso en el que N es un divisor entero de K y las N subbandas están distribuidas uniformemente a través de las K subbandas totales. La generación del símbolo de IFDMA en la Figura 3B no requiere una DFT o una IDFT y puede por lo tanto usarse siempre que sea posible. Los símbolos de IFDMA, LFDMA y EFDMA pueden generarse también de otras maneras.

Las K + C muestras de salida de un símbolo de SC-FDMA (que puede ser un símbolo de IFDMA, LFDMA o EFDMA) se transmiten en K + C periodos de muestra, una muestra de salida en cada periodo de muestra. Un periodo de símbolo de SC-FDMA (o simplemente, un periodo de símbolo) es la duración de un símbolo de SC-FDMA y es igual a K + C periodos de muestra. Un periodo de muestra se denomina también un periodo de segmento.

Como se usa genéricamente en el presente documento, un conjunto de subbanda es un conjunto de subbandas, que puede ser un entrelazado para IFDMA, un grupo de subbanda para LFDMA o un conjunto de múltiples grupos de subbanda para EFDMA. Para el enlace inverso, S usuarios pueden transmitir simultáneamente en S conjuntos de subbanda (por ejemplo, S entrelazados o S grupos de subbanda) a una estación base sin interferirse entre sí. Para el enlace directo, la estación base puede transmitir simultáneamente en los S conjuntos de subbanda a S usuarios sin interferencia.

La **Figura 4** muestra un esquema 400 de salto de frecuencia (FH) que puede usarse para el enlace directo y/o inverso. El salto de frecuencia puede proporcionar diversidad de frecuencia y aleatorización de interferencia. Con el salto de frecuencia, puede asignarse a un usuario un canal de tráfico que está asociado con un patrón de salto que indica que el conjunto o conjuntos de subbanda, si los hubiera, para usar en cada intervalo de tiempo. Un patrón de salto se denomina también un patrón de FH o secuencia y un intervalo de tiempo se denomina también un periodo de salto. Un intervalo de tiempo es la cantidad de tiempo transcurrido en un conjunto de subbanda dado y típicamente abarca múltiples periodos de símbolo. El patrón de salto puede seleccionar pseudo-aleatoriamente diferentes conjuntos de subbanda en diferentes intervalos de tiempo.

En una realización, se define un conjunto de canal para cada enlace. Cada conjunto de canal contiene S canales de tráfico que son ortogonales entre sí de modo que no se mapean dos canales de tráfico al mismo conjunto de subbanda en cualquier intervalo de tiempo dado. Esto evita la interferencia dentro de la celda/sector entre usuarios asignados a canales de tráfico en el mismo conjunto de canal. Cada canal de tráfico se mapea a una secuencia específica de bloques de tiempo-frecuencia en base al patrón de salto para ese canal de tráfico. Un bloque de tiempo-frecuencia es un conjunto específico de subbandas en un intervalo de tiempo específico. Para esta realización, hasta S usuarios pueden asignarse a los S canales de tráfico y serían ortogonales entre sí. Múltiples usuarios pueden asignarse también al mismo canal de tráfico, y estos usuarios solapantes compartirían la misma secuencia de bloques de tiempo-frecuencia.

En otra realización, pueden definirse múltiples conjuntos de canales para cada enlace. Cada conjunto de canal contiene S canales de tráfico ortogonales. Los S canales de tráfico en cada conjunto de canal pueden ser pseudo-aleatorios con respecto a los S canales de tráfico en cada uno de los restantes conjuntos de canales. Esto aleatoriza la interferencia entre usuarios asignados con los canales de tráfico en diferentes conjuntos de canales.

La Figura 4 muestra un mapeo ejemplar del canal de tráfico 1 a una secuencia de bloques de tiempo-frecuencia. Los canales de tráfico 2 a S pueden mapearse a versiones desplazadas vertical y circularmente de la secuencia de bloque de tiempo-frecuencia para el canal de tráfico 1. Por ejemplo, el canal de tráfico 2 puede mapearse al conjunto de subbanda 2 en el intervalo de tiempo 1, el conjunto de subbanda 5 en el intervalo de tiempo 2 y así sucesivamente.

En general, múltiples usuarios pueden solapar en una manera determinística (por ejemplo, compartiendo el mismo canal de tráfico), una manera pseudo-aleatoria (por ejemplo, usando dos canales de tráfico pseudo-aleatorios) o una combinación de ambas.

Con SC-FDMA cuasi-ortogonal, múltiples transmisores pueden transmitir en un bloque de tiempo-frecuencia dado. Los datos de tráfico, señalización y/o piloto para estos transmisores pueden multiplexarse usando CDM, multiplexación por división en el tiempo (TDM), multiplexación por división en frecuencia (FDM), multiplexación por división en frecuencia localizada (LFDMA) y/o algún otro esquema de multiplexación.

La **Figura 5** muestra un esquema 500 de transmisión con CDM aplicada a través de los símbolos. Se mapean múltiples (Q) transmisores al mismo bloque de tiempo-frecuencia y se asignan Q diferentes códigos de ensanchamiento. Los códigos de ensanchamiento pueden ser códigos de Walsh, códigos de OVSA, códigos ortogonales, códigos pseudo-aleatorios y así sucesivamente. Cada código de ensanchamiento es una secuencia de L segmentos que se indica como $\{c_1, c_2, \dots, c_L\}$, donde $L \geq Q$. CDM puede aplicarse en (1) los símbolos de modulación antes de la modulación de SC-FDMA o (2) los símbolos de SC-FDMA después de la modulación de SC-FDMA. Para CDM antes de la modulación de SC-FDMA, se replica una secuencia de símbolos de modulación $\{d_{t,1}, d_{t,2}, \dots, d_{t,N}\}$ L veces, y las L secuencias replicadas se multiplican con los L segmentos de un código de

ensanchamiento asignado para generar L secuencias de símbolos de modulación escalados. Un símbolo de SC-FDMA se genera a continuación para cada secuencia de símbolos de modulación escalados y se transmite en un periodo de símbolo. Para CDM después de la modulación de SC-FDMA, un símbolo de SC-FDMA X_t que contiene K+C muestras de salida se replica L veces, y los L símbolos de SC-FDMA replicados se multiplican con los L segmentos del código de ensanchamiento para generar L símbolos de SC-FDMA escalados $X_1 \cdot c_1$ a $X_L \cdot c_L$, que se transmiten en L periodos de símbolo.

Para el ejemplo mostrado en la Figura 5, el primer símbolo de SC-FDMA X_1 se multiplica con los L segmentos c_1 a c_L y se transmite en los periodos de símbolo 1 a L, el siguiente símbolo de SC-FDMA X_2 se multiplica con los L segmentos c_1 a c_L y se transmite en los periodos de símbolo L + 1 a 2L y así sucesivamente. Cada símbolo de SC-FDMA X_t puede ser para datos de tráfico, señalización, piloto o una combinación de los mismos.

Para CDM a través de periodos de símbolo, se supone que el canal inalámbrico es estático a través de los L periodos de símbolo usados para transmitir un símbolo de SC-FDMA. Para recuperar el símbolo de SC-FDMA X_t , el receptor multiplica los L símbolos de SC-FDMA escalados recibidos para ese símbolo de SC-FDMA con los L segmentos del código de ensanchamiento asignado. El receptor a continuación acumula los L símbolos de SC-FDMA resultantes para obtener un símbolo de SC-FDMA recibido para el símbolo de SC-FDMA X_t .

La **Figura 6** muestra transmisiones ejemplares para dos transmisores con códigos de ensanchamiento de 2 segmentos. Para el ejemplo mostrado en la Figura 6, cada transmisor transmite la señalización en los periodos de símbolo 1 y 2, a continuación los datos de tráfico en los periodos de símbolo 3 a $t-1$, a continuación el piloto en los periodos de símbolo t y $t+1$, a continuación datos de tráfico en los periodos de símbolo $t+2$ a T. Cada transmisor genera símbolos de SC-FDMA de la manera normal, por ejemplo, como se muestra en la Figura 3A o 3B. Se asigna al transmisor 1 un código de ensanchamiento de $\{+1, +1\}$, multiplica el símbolo de SC-FDMA para la señalización con $+1$ y $+1$ para generar dos símbolos de SC-FDMA escalados, y transmite estos dos símbolos de SC-FDMA escalados en los periodos de símbolo 1 y 2. El transmisor 1 multiplica también el símbolo de SC-FDMA para el piloto con $+1$ y $+1$ para generar dos símbolos de SC-FDMA escalados y transmite estos dos símbolos de SC-FDMA escalados en los periodos de símbolo t y $t+1$. Al transmisor 2 se asigna un código de ensanchamiento de $\{+1, -1\}$, multiplica el símbolo de SC-FDMA para señalizar con $+1$ y -1 para generar dos símbolos de SC-FDMA escalados y transmite estos dos símbolos de SC-FDMA escalados en los periodos de símbolo 1 y 2. El transmisor 2 multiplica también el símbolo de SC-FDMA para el piloto con $+1$ y -1 para generar dos símbolos de SC-FDMA escalados y transmite estos dos símbolos de SC-FDMA escalados en los periodos de símbolo t y $t+1$. Para el ejemplo mostrado en la Figura 6, los transmisores 1 y 2 transmiten símbolos de SC-FDMA para los datos de tráfico sin CDM.

La Figura 6 muestra transmisión de datos de tráfico, señalización y piloto en un bloque de tiempo-frecuencia. En general, cualquier tipo de dato puede transmitirse en un bloque de tiempo-frecuencia dado. Por ejemplo, los datos de tráfico y piloto pueden transmitirse en cada bloque de tiempo-frecuencia asignado a un transmisor y la señalización puede transmitirse según sea necesario, por ejemplo, periódicamente en cada j -ésimo bloque de tiempo-frecuencia, donde j puede ser cualquier valor entero.

La **Figura 7** muestra un esquema 700 de transmisión con CDM aplicada a través de muestras. Pueden enviarse D símbolos de modulación en un conjunto de N subbandas en un periodo de símbolo, donde $D \geq 1$ y D puede o puede no ser un divisor entero de N. Cada símbolo de modulación puede ser para datos de tráfico, señalización o piloto. Cada símbolo de modulación se replica L veces, y los L símbolos replicados se multiplican con los L segmentos del código de ensanchamiento asignado para generar L símbolos de modulación escalados. Por simplicidad, la Figura 7 muestra la transmisión de un símbolo de SC-FDMA en un periodo de símbolo, siendo D un divisor entero de N, o $D = N / L$. El primer símbolo de modulación d_1 se multiplica con los L segmentos c_1 a c_L para obtener L símbolos de modulación escalados $s_1 = d_1 \cdot c_1$ a $s_L = d_1 \cdot c_L$, el siguiente símbolo de modulación d_2 se multiplica con los L segmentos c_1 a c_L para obtener L símbolos de modulación $s_{L+1} = d_2 \cdot c_1$ a $s_{2L} = d_2 \cdot c_L$, y así sucesivamente, y el último símbolo de modulación $d_{N/L}$ se multiplica con los L segmentos c_1 a c_L para obtener L símbolos de modulación escalados $s_{N-L+1} = d_{N/L} \cdot c_1$ a $s_N = d_{N/L} \cdot c_L$. Un símbolo de SC-FDMA puede generarse en base a los N símbolos de modulación escalados s_1 a s_N . Si $L = N$, entonces se envía un símbolo de modulación a través de todas las N muestras en un periodo de símbolo.

Para recuperar un símbolo de modulación dado d_n , el receptor multiplica los L símbolos de modulación escalados recibidos para ese símbolo de modulación con los L segmentos del código de ensanchamiento asignado. El receptor a continuación acumula los L símbolos resultantes para obtener un símbolo de modulación recibido para el símbolo de modulación d_n .

La **Figura 8** muestra un esquema 800 de transmisión con CDM aplicada a través de muestras y símbolos. Puede enviarse un símbolo de modulación d en un conjunto de N subbandas en múltiples periodos de símbolo. El símbolo de modulación se replica L veces y se multiplica con todos los L segmentos del código de ensanchamiento asignado para generar L símbolos de modulación escalados. Por simplicidad, la Figura 8 muestra el caso en el que L es un múltiplo entero de N, y el símbolo de modulación se envía en L / N periodos de símbolo. El símbolo de modulación d se multiplica con los primeros N segmentos c_1 a c_N del código de ensanchamiento asignado para obtener N símbolos de modulación escalados $s_1 = d \cdot c_1$ a $s_N = d \cdot c_N$ para el primer símbolo de SC-FDMA, se multiplica con los siguientes N segmentos c_{N+1} a c_{2N} para obtener N símbolos de modulación escalados $s_{N+1} = d \cdot c_{N+1}$ a $s_{2N} = d \cdot c_{2N}$ para el

segundo símbolo de SC-FDMA y así sucesivamente, y se multiplica con los últimos N segmentos c_{L-N+1} a c_L para obtener N símbolos de modulación escalados $s_{L-N+1} = d \cdot c_{L-N+1}$ a $s_L = d \cdot c_L$ para el último símbolo de SC-FDMA. Un símbolo de SC-FDMA puede generarse para cada secuencia de N símbolos de modulación escalados.

5 Para recuperar el símbolo de modulación d enviado a través de símbolos y muestras, el receptor multiplica los L símbolos de modulación escalados recibidos para ese símbolo de modulación con los L segmentos del código de ensanchamiento asignado. El receptor a continuación acumula los L símbolos resultantes para obtener un símbolo de modulación recibido para el símbolo de modulación d .

10 Las Figuras 5 a 8 muestran diversos esquemas para aplicar CDM en el dominio de tiempo. Pueden implementarse también otros esquemas para aplicar CDM en el dominio de tiempo. Por ejemplo, puede aplicarse CDM a través de muestras en únicamente una porción de un símbolo de SC-FDMA, por ejemplo, las primeras L muestras del símbolo de SC-FDMA. Como otro ejemplo, puede aplicarse CDM a través de símbolos para algunos índices de muestra y no aplicarse para otros índices de muestra. Como otro ejemplo más, puede aplicarse CDM en múltiples símbolos de modulación, y cada símbolo de modulación puede enviarse a través de tanto muestras como símbolos.

15 Puede aplicarse también CDM a través de subbandas en el dominio de frecuencia. Pueden enviarse D símbolos de modulación en un conjunto de N subbandas en un periodo de símbolo, donde $D > 1$ y D pueden o pueden no ser un divisor entero de N. Puede realizarse una DFT de D puntos en los D símbolos de modulación para obtener D valores de dominio de frecuencia. Cada valor de dominio de frecuencia se replica a continuación L veces, y los L valores replicados se multiplican con los L segmentos del código de ensanchamiento asignado para generar L valores escalados. Se obtiene un total de N valores escalados para los D valores de dominio de frecuencia y se mapean en las N subbandas usadas para la transmisión. Se mapean valores de cero en las subbandas restantes. Se realiza a continuación una IDFT de K puntos en los K valores escalados y valores de cero para generar K muestras de salida de dominio de tiempo. Se forma un símbolo de SC-FDMA anexando un prefijo cíclico a las K muestras de salida. CDM a través de las subbandas es similar a CDM a través de las muestras mostrado en la Figura 7, aunque con el eje vertical representando la subbanda (en lugar del periodo de muestra) y representando $J1$ a JN/L los D valores de dominio de frecuencia (en lugar de los símbolos de modulación).

25 Para CDM a través de subbandas, se supone que el canal inalámbrico es estático a través de las L subbandas usadas para transmitir un valor de dominio de frecuencia, que son las subbandas en las que se aplica el código de ensanchamiento de L segmentos. Para recuperar los D símbolos de modulación, el receptor obtiene $K + C$ muestras de entrada para el símbolo de SC-FDMA, retira el prefijo cíclico, realiza una DFT de K puntos en K muestras de entrada para obtener K valores recibidos, y conserva N valores recibidos para las N subbandas usadas para la transmisión. El receptor a continuación multiplica los L valores recibidos para cada valor de dominio de frecuencia transmitido con los L segmentos del código de ensanchamiento, y acumula los L valores resultantes para obtener un valor de dominio de frecuencia recibido para el valor de dominio de frecuencia transmitido. El receptor a continuación realiza una IDFT de D puntos en los D valores de dominio de frecuencia recibidos para obtener D símbolos de modulación recibidos.

En general, puede aplicarse CDM en el dominio de tiempo (por ejemplo, como se muestra en las Figuras 5 a 8) o en el dominio de frecuencia. Aplicar CDM en el dominio de tiempo puede dar como resultado una relación de potencia de pico a media (PAPR) inferior que aplicar CDM en el dominio de frecuencia.

40 Un transmisor puede realizar aleatorización en los símbolos de modulación escalados y/o no escalados. A cada transmisor puede asignarse un código de aleatorización que es pseudo-aleatorio con respecto a los códigos de aleatorización asignados a otros transmisores. El transmisor m puede multiplicar cada símbolo de modulación (escalado o no escalado) con un segmento de un código de aleatorización asignado S_m antes de la modulación de SC-FDMA. La aleatorización aleatoriza la interferencia producida por el transmisor m a otros transmisores que transmiten en el mismo bloque de tiempo-frecuencia. La aleatorización también permite al receptor estimar la interferencia desde otras celdas en base a los códigos de ensanchamiento no asignados (por ejemplo, si diferentes sectores usan diferentes códigos de aleatorización, y todos los transmisores en un sector usan el mismo código de aleatorización), como se describe a continuación. La aleatorización puede realizarse en todos los tipos de datos, en ciertos tipos de datos, en datos enviados con CDM y así sucesivamente.

45 En la descripción anterior, los símbolos de SC-FDMA para diferentes tipos de datos tienen la misma duración, y cada símbolo de SC-FDMA se transmite en $K + C$ periodos de muestra. Los símbolos de SC-FDMA de diferentes duraciones pueden generarse para diferentes tipos de datos.

50 La **Figura 9** muestra un esquema 900 de transmisión con diferentes duraciones de símbolo para diferentes tipos de datos. Para el esquema 900 de transmisión, un símbolo de SC-FDMA para datos de tráfico está compuesto de N_T muestras de salida que se transmiten en N_T periodos de muestra, un símbolo de SC-FDMA para señalización está compuesto de N_S muestras de salida que se transmiten en N_S periodos de muestra y un símbolo de SC-FDMA para el piloto está compuesto de N_P muestras de salida que se transmiten en N_P periodos de muestra, donde N_T , N_S y N_P puede cada uno ser cualquier valor entero. Por ejemplo, N_T puede ser igual a $K + C$, N_S puede ser igual a $K / M_S + C$ y N_P puede ser igual a $K / M_P + C$, donde M_S y M_P pueden cada uno ser cualquier valor entero. Como un ejemplo, un símbolo de SC-FDMA acortado para el piloto puede tener la mitad de duración de un símbolo de SC-FDMA normal

para datos de tráfico (sin contar el prefijo cíclico). En este caso, existen $K/2$ subbandas “más anchas” totales para el piloto, teniendo cada subbanda más ancha dos veces la anchura de una subbanda “normal” para datos de tráfico. Como un ejemplo específico, K puede ser igual a 512, C puede ser igual a 32, N_T puede ser igual a $K + C = 544$, N_S puede ser igual a $K/2 + C = 288$, y N_P puede ser también igual a $K/2 + C = 288$. Puede generarse un símbolo de SC-FDMA con N_T , N_S o N_P muestras de salida, por ejemplo, como se muestra en la Figura 3A.

Para LFDMA, un símbolo de SC-FDMA acortado y un símbolo de SC-FDMA normal pueden ocupar la misma porción del ancho de banda del sistema. Para IFDMA, no hay mapeo directo entre las subbandas más anchas para un símbolo de SC-FDMA acortado y las subbandas normales para un símbolo de SC-FDMA normal, para un entrelazado dado. Pueden formarse N subbandas más anchas con múltiples entrelazados y dividirse en múltiples subconjuntos de subbandas más anchas, que pueden asignarse a múltiples transmisores asignados a estos entrelazados. Cada transmisor puede generar un símbolo de IFDMA acortado con los símbolos de modulación mapeados en el subconjunto asignado de subbandas más anchas.

CDM puede aplicarse a símbolos de SC-FDMA de diferentes duraciones. Para el ejemplo mostrado en la Figura 9, puede generarse un símbolo de SC-FDMA acortado para el piloto y enviarse usando CDM en L periodos de símbolo acortados para reducir la cantidad de tara del piloto. Puede generarse también un símbolo de SC-FDMA acortado para señalización y enviarse usando CDM en L periodos de símbolo acortados. Los datos de tráfico pueden enviarse usando símbolos de SC-FDMA normales.

En general, CDM puede aplicarse a cualquier tipo de dato, por ejemplo, datos de tráfico, señalización y/o piloto. Por ejemplo, CDM puede aplicarse a señalización y piloto pero no a datos de tráfico, como se muestra en la Figura 6. Como otro ejemplo, CDM puede aplicarse a señalización (por ejemplo, para un canal de control), pero no a datos de tráfico o piloto. CDM puede aplicarse también a una porción de un intervalo de tiempo (como se muestra en la Figura 6) o a través de todo un bloque de tiempo-frecuencia (por ejemplo, como se muestra en la Figura 5). CDM puede aplicarse también de manera selectiva, por ejemplo, aplicarse bajo pobres condiciones de canal y no aplicarse bajo buenas condiciones de canal.

CDM puede mejorar la fiabilidad para una transmisión enviada en pobres condiciones de canal. Un transmisor puede restringirse mediante un cierto máximo nivel de potencia de transmisión, que puede imponerse por los organismos reguladores o las limitaciones de diseño. En este caso, un esquema de transmisión de CDM permite al transmisor transmitir un símbolo de SC-FDMA a través de un intervalo de tiempo más largo. Esto permite al receptor recoger más energía para el símbolo de SC-FDMA, que posibilita al receptor realizar detección a una SNR inferior y/u derivar una estimación de canal de calidad superior. CDM puede blanquear también la interferencia producida a otros transmisores, que puede mejorar el rendimiento para esos otros transmisores.

La **Figura 10** muestra un procedimiento 1000 para transmitir símbolos de SC-FDMA con CDM. Se generan los símbolos de modulación para datos de tráfico, señalización y piloto (bloque 1012). CDM se realiza con un código de ensanchamiento asignado C_m en los símbolos de modulación para datos de tráfico, señalización y/o piloto (bloque 1014). CDM puede realizarse para periodos de símbolo usados mediante múltiples transmisores para transmisión. CDM puede realizarse también a través de símbolos, a través de muestras, a través de tanto muestras como símbolos, a través de subbandas y así sucesivamente. Puede realizarse aleatorización con un código de aleatorización asignado S_m después del ensanchamiento (bloque 1016). Los símbolos de SC-FDMA de la misma o diferente duración se generan para datos de tráfico, señalización y piloto (bloque 1018) y se transmiten al receptor.

La **Figura 11** muestra un procedimiento 1100 para recibir símbolos de SC-FDMA transmitidos con CDM. Los símbolos de SC-FDMA se reciben por los datos de tráfico, señalización y piloto enviados mediante múltiples transmisores (bloque 1112). Los datos transmitidos con CDM pueden recuperarse por separado para cada transmisor. El procesamiento para un transmisor m puede realizarse como sigue. Se realiza demodulación de SC-FDMA para obtener símbolos recibidos para el transmisor m (bloque 1114). Se realiza desaleatorización (si es aplicable) en los símbolos recibidos con el código de aleatorización S_m asignado al transmisor m (bloque 1116). Se realiza desensanchamiento en los símbolos de SC-FDMA enviados con CDM en base al código de ensanchamiento C_m asignado al transmisor m (bloque 1118). Puede derivarse una estimación de interferencia en base a los códigos de ensanchamiento no asignados a ningún transmisor (bloque 1120). Puede derivarse una estimación de canal para el transmisor m en base a un piloto recibido para el transmisor (bloque 1122). La estimación del canal y la estimación de la interferencia pueden usarse para la detección de datos (por ejemplo, ecualización), procesamiento espacial de receptor y así sucesivamente (bloque 11-24). Por ejemplo, puede realizarse detección de datos coherentes y no coherentes para la señalización enviada con CDM y puede realizarse procesamiento espacial de receptor para datos de tráfico enviados sin CDM.

El receptor puede derivar una estimación de interferencia durante periodos de símbolo en los que se aplica CDM. Si están disponibles L códigos de ensanchamiento y se asignan Q códigos de ensanchamiento a los transmisores, donde $Q < L$, entonces el receptor puede derivar la estimación de interferencia en base a los $L - Q$ códigos de ensanchamiento no asignados. Por ejemplo, pueden reservarse uno o más códigos de ensanchamiento para la estimación de interferencia y no asignarse a ningún transmisor. Para periodos de símbolo en los que se aplica CDM, el receptor realiza desensanchamiento con cada uno de los Q códigos de ensanchamiento asignados para recuperar las transmisiones enviadas mediante los transmisores. El receptor puede realizar también desensanchamiento con

cada uno de los $L - Q$ códigos de ensanchamiento no asignados para obtener una estimación de interferencia para ese código de ensanchamiento no asignado. Para CDM a través de símbolos, la estimación de interferencia para un código de ensanchamiento no asignado puede derivarse como sigue:

$$N_j = \frac{1}{N \cdot L} \left| \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^L r(t_i, n) \cdot c_{i,j} \right|^2, \quad \text{Ec (2)}$$

- 5 donde $r(t_i, n)$ es un símbolo recibido para el periodo de muestra n en el periodo de símbolo t_i ;
 $c_{i,j}$ es el i -ésimo segmento del j -ésimo código de ensanchamiento no asignado; y
 N_j es una estimación de interferencia para el j -ésimo código de ensanchamiento no asignado.

La ecuación (2) desensancha y acumula los símbolos recibidos a través de L periodos de símbolo t_1 a t_L y promedia
 10 adicionalmente los resultados a través de N periodos de muestra. El receptor puede promediar las estimaciones de
 interferencia para todos los $L - Q$ códigos de ensanchamiento no asignados para obtener una estimación de
 interferencia media $\hat{N}_0$, como sigue:

$$\hat{N}_0 = \frac{1}{L - Q} \cdot \sum_{j=1}^{L-Q} N_j. \quad \text{Ec (3)}$$

El receptor puede derivar también una estimación de interferencia para CDM a través de muestras y CDM a través
 de tanto muestras como símbolos. En general, el receptor puede desensanchar a través de muestras y/o símbolos
 15 de una manera complementaria al ensanchamiento realizado mediante el transmisor y puede a continuación
 acumular los resultados desensanchados a través de las muestras y/o símbolos.

El receptor puede promediar la estimación de interferencia a través de muestras, símbolos y/o subbandas en un
 bloque de tiempo-frecuencia dado para obtener una estimación de interferencia a corto plazo. El receptor puede
 promediar también la estimación de interferencia a través de múltiples bloques de tiempo-frecuencia para obtener
 20 una estimación de interferencia a largo plazo. El receptor puede usar la estimación de interferencia a corto plazo
 para la estimación de canal, detección de datos, procesamiento espacial de receptor y así sucesivamente. El
 receptor puede usar la estimación de interferencia a largo plazo para determinar las condiciones de operación y/o
 para otros fines.

Para la estimación de canal, el receptor obtiene un símbolo de SC-FDMA recibido para cada periodo de símbolo
 25 usado para transmisión de piloto mediante un transmisor dado. El receptor puede retirar el prefijo cíclico del símbolo
 de SC-FDMA recibido, realizar demodulación de SC-FDMA, desaleatorizar y desensanchar, y obtener valores de
 piloto recibidos para las subbandas usadas para transmisión de piloto. Los valores de piloto recibidos pueden
 expresarse como:

$$R_p(k) = H(k) \cdot P(k) + N(k), \quad \text{para } k \in K_p, \quad \text{Ec (4)}$$

- 30 donde $P(k)$ es un valor de piloto transmitido para la subbanda k ;
 $H(k)$ es una ganancia compleja para el canal inalámbrico para la subbanda k ;
 $R_p(k)$ es un valor de piloto recibido para la subbanda k ;
 $N(k)$ es el ruido e interferencia para la subbanda k ; y
 K_p es el conjunto de subbandas usadas para transmisión de piloto.

35 El receptor puede estimar $N(k)$ en base a los códigos de ensanchamiento no asignados, por ejemplo, como se ha
 descrito anteriormente. Como alternativa, $N(k)$ puede suponerse que es ruido Gaussiano blanco aditivo (AWGN) con
 media de cero y una varianza de N_0 .

El receptor puede estimar la respuesta de frecuencia del canal inalámbrico usando una técnica de mínimo error
 cuadrático medio (MMSE) o alguna otra técnica. Para la técnica de MMSE, el receptor puede derivar una estimación
 40 de respuesta de frecuencia inicial para el canal inalámbrico, como sigue:

$$\hat{H}(k) = \frac{R_p(k) \cdot P^*(k)}{|P(k)|^2 + \hat{N}_0}, \quad \text{para } k \in K_p, \quad \text{Ec (5)}$$

donde $\hat{H}(k)$ es una estimación de ganancia de canal para la subbanda k y “*” indica un conjugado complejo. Si $|P(k)| = 1$ para todos los valores de k , entonces la ecuación (5) puede expresarse como:

$$\hat{H}(k) = \frac{R_p(k) \cdot P^*(k)}{1 + \hat{N}_0}, \quad \text{para } k \in K_p. \quad \text{Ec (6)}$$

El receptor puede derivar también una estimación de canal de otras maneras.

- 5 Para detección de datos, el receptor obtiene un símbolo de SC-FDMA recibido para cada periodo de símbolo usado para transmisión de datos mediante el transmisor. El receptor puede retirar el prefijo cíclico del símbolo de SC-FDMA recibido, realizar demodulación de SC-FDMA, desaleatorizar y desensanchar y obtener valores de datos recibidos para las subbandas usadas para la transmisión de datos. Los valores de datos recibidos pueden expresarse como:

$$R_d(k) = H(k) \cdot D(k) + N(k), \quad \text{para } k \in K_d, \quad \text{Ec (7)}$$

donde $D(k)$ es un valor de dato transmitido para la subbanda k ;
 $R_d(k)$ es un valor de dato recibido para la subbanda k ; y
 K_d es el conjunto de subbandas usadas para transmisión de datos.

El receptor puede realizar detección de datos (o ecualización) en el dominio de frecuencia en los valores de datos recibidos usando la técnica de MMSE, como sigue:

$$Z_d(k) = \frac{R_d(k) \cdot \hat{H}^*(k)}{|\hat{H}(k)|^2 + \hat{N}_0}, \quad \text{para } k \in K_d, \quad \text{Ec (8)}$$

donde $Z_d(k)$ es un valor de dato detectado para la subbanda k . La ecuación (8) es para detección de datos para una antena. Para múltiples antenas, el receptor puede derivar una matriz de filtro espacial en base a (1) las estimaciones de canal para todos los transmisores que transmiten en el mismo periodo de símbolo y (2) posiblemente la estimación de interferencia. El receptor puede a continuación realizar procesamiento espacial de receptor en base a la matriz de filtro espacial para obtener los valores de datos detectados para cada transmisor. Los valores de datos detectados para todas las subbandas de datos pueden transformarse con una IDFT/IFFT para obtener estimaciones de símbolos de datos.

La **Figura 12** muestra una realización del transmisor 110m. En el procesador 120m de datos de TX y de piloto, un codificador 1212 codifica datos de tráfico en base a un esquema de codificación seleccionado para datos de tráfico. Un intercalador 1214 intercala o reordena los datos de tráfico codificados en base a un esquema de intercalación. Un mapeador 1216 de símbolo mapea los bits de datos intercalados a símbolos de modulación en base a un esquema de modulación seleccionado para datos de tráfico. Un codificador 1222 codifica la señalización en base a un esquema de codificación seleccionado para señalización. Un intercalador 1224 intercala la señalización codificada en base a un esquema de intercalación. Un mapeador 1226 de símbolo mapea los bits de señalización intercalados a símbolos de modulación en base a un esquema de modulación seleccionado para señalización. Un generador 1232 de piloto genera símbolos de modulación para piloto, por ejemplo, en base a una secuencia de polifase que tiene buenas características temporales (por ejemplo, una envolvente de dominio de tiempo constante) y buenas características espectrales (por ejemplo, un espectro de frecuencia plano). Un multiplexor 1238 (Mux) multiplexa los símbolos de modulación para datos de tráfico, señalización y piloto en los periodos de muestra y periodos de símbolo apropiados.

El procesador 122m de CDM de TX realiza ensanchamiento para CDM y aleatorización. En un ensanchador 1240 de CDM, una unidad 1242 de repetición repite símbolos de modulación para enviarse con CDM. Un multiplicador 1244 multiplica los símbolos replicados con los L segmentos de un código de ensanchamiento asignado C_m y proporciona símbolos de modulación escalados. Los mismos o diferentes códigos de ensanchamiento pueden usarse para diferentes tipos de datos. Un multiplexor 1246 recibe los símbolos de modulación no escalados desde el procesador 120m y los símbolos de modulación escalados desde el ensanchador 1240 de CDM, proporciona los símbolos de modulación no escalados si no se aplica CDM, y proporciona los símbolos de modulación escalados si se aplica CDM. Un multiplicador 1248 multiplica los símbolos de modulación desde el multiplexor 1246 con un código de aleatorización asignado S_m y proporciona símbolos de modulación procesados.

En el controlador/procesador 140m, un generador de FH determina el conjunto de subbandas a usar para transmisión en cada intervalo de tiempo, por ejemplo, en base a un patrón de salto asignado al transmisor 110m. El

modulador 130m de SC-FDMA genera símbolos de SC-FDMA para datos de tráfico, señalización y piloto de manera que los símbolos de modulación se envían en las subbandas asignadas.

La **Figura 13** muestra una realización del demodulador 160 de SC-FDMA, procesador 162 de CDM de RX y el procesador 164 de datos de RX en el receptor 150 para datos enviados con CDM. Por simplicidad, la Figura 15 muestra el procesamiento para recuperar los datos enviados mediante un transmisor m .

En el demodulador 160 de SC-FDMA, R demoduladores 1310a a 1310r de SC-FDMA reciben las muestras de entrada desde R demultiplexores 156a a 156r, respectivamente. Cada demodulador 1310 de SC-FDMA realiza demodulación de SC-FDMA en sus muestras de entrada y proporciona símbolos recibidos. En el procesador 162 de CDM de RX, R multiplicadores 1318a a 1318r obtienen los símbolos recibidos desde los demoduladores 1310a a 1310r de SC-FDMA, respectivamente. Para cada antena de recepción, el multiplicador 1318 multiplica los símbolos recibidos con el código de aleatorización S_m asignado al transmisor m . Un desensanchador 1320 de CDM realiza desensanchamiento para el transmisor m . En el desensanchador 1320 de CDM, un multiplicador 1322 multiplica los símbolos desaleatorizados desde el multiplicador 1318 con el código de ensanchamiento C_m asignado al transmisor m . Un acumulador 1324 acumula la salida del multiplicador 1322 a través de la longitud del código de ensanchamiento y proporciona símbolos desensanchados. Un desensanchador 1330 de CDM realiza desensanchamiento para cada código de ensanchamiento no asignado. Un estimador 1332 de interferencia deriva una estimación de interferencia para cada código de ensanchamiento no asignado, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (2).

En el procesador 164 de datos de RX, un combinador 1340 de datos combina los símbolos de desensanche a través de las R antenas de recepción. Un combinador 1342 de interferencia combina las estimaciones de interferencia a través de las R antenas de recepción, por ejemplo, como se muestra en la ecuación (3). El combinador 1340 y/o 1342 pueden realizar combinación de relación máxima (MRC) y pueden dar más peso a símbolos con mayor fiabilidad, por ejemplo, símbolos con menos interferencia. Un detector 1344 de datos realiza detección no coherente para los símbolos de datos enviados con CDM. Aunque no se muestra en la Figura 13, el procesador 164 de datos de RX puede realizar también desintercalación y decodificación si la intercalación y codificación, respectivamente, se realizan mediante el transmisor m para los datos enviados con CDM.

La **Figura 14** muestra una realización del procesador 170 espacial de RX. R unidades 1410a a 1410r de DFT reciben las muestras de entrada desde R demultiplexores 156a a 156r, respectivamente. Cada unidad 1410 de DFT realiza una DFT en las muestras de entrada para cada periodo de símbolo para obtener valores de dominio de frecuencia para ese periodo de símbolo. R demultiplexores/estimadores de canal 1420a a 1420r reciben los valores de dominio de frecuencia desde las unidades 1410a a 1410r de DFT, respectivamente. Cada demultiplexor 1420 proporciona valores de dominio de frecuencia para datos (o valores de datos recibidos) a K procesadores 1432a a 1432k espaciales de subbanda.

Cada estimador 1420 de canal realiza desaleatorización y desensanchamiento en los valores de dominio de frecuencia para el piloto (o valores de piloto recibidos), si el piloto se transmitió con aleatorización y CDM, respectivamente. Cada estimador 1420 de canal deriva una estimación de canal para cada transmisor en base a los valores de piloto recibidos para ese transmisor. Una unidad 1434 de computación de matriz de filtro espacial forma una matriz de respuesta de canal $\underline{H}(k,t)$ para cada subbanda en cada intervalo de tiempo en base las estimaciones de canal para todos los transmisores que usan esa subbanda e intervalo de tiempo. La unidad 1434 de computación a continuación deriva una matriz de filtro espacial $\underline{M}(k,t)$ para cada subbanda de cada intervalo de tiempo en base a la matriz de respuesta de canal $\underline{H}(k,t)$ y usando la técnica de forzado a cero (ZF), MMSE o MRC. La unidad 1434 de computación proporciona K matrices de filtro espacial para las K subbandas en cada intervalo de tiempo.

Cada procesador 1432 espacial de subbanda recibe la matriz de filtro espacial para su subbanda, realiza procesamiento espacial de receptor en los valores de datos recibidos con la matriz de filtro espacial y proporciona valores de datos detectados. Un demultiplexor 1436 mapea los valores de datos detectados para cada transmisor en símbolos de SC-FDMA detectados. Un símbolo de SC-FDMA detectado para un transmisor dado es un símbolo de SC-FDMA que se obtiene mediante el receptor 150 para ese transmisor con la interferencia de los otros transmisores suprimida mediante el procesamiento espacial de receptor. El demodulador 172 de SC-FDMA procesa cada símbolo de SC-FDMA detectado y proporciona estimaciones de símbolo de datos al procesador 174 de datos de RX. El demodulador 172 de SC-FDMA puede realizar IDFT/IFFT, ecualización, desmapeo de las estimaciones de símbolo de datos desde las subbandas asignadas y así sucesivamente. El demodulador 172 de SC-FDMA mapea también las estimaciones de símbolo de datos para los M transmisores en M flujos en base a los canales de tráfico asignados a estos transmisores. Un generador de FH en el controlador 180 determina las subbandas usadas mediante cada transmisor en base al patrón de salto asignado a ese transmisor. El procesador 174 de datos de RX desmapea símbolos, desintercala y decodifica las estimaciones de símbolo de datos para cada transmisor y proporciona los datos decodificados.

Para la realización mostrada en la Figura 14, el procesamiento de receptor incluye procesamiento espacial de receptor y demodulación de SC-FDMA. El procesamiento espacial de receptor opera en valores de dominio de frecuencia. La demodulación de SC-FDMA incluye la DFT/FFT realizada mediante las unidades 1410 de DFT en las muestras de entrada para obtener valores de dominio de frecuencia y la IDFT/IFFT realizada mediante el

demodulador 172 de SC-FDMA en los valores de datos detectados para obtener estimaciones de símbolo de datos. El procesamiento espacial de receptor y la demodulación de SC-FDMA pueden realizarse también de otras maneras.

5 Las técnicas descritas en el presente documento pueden implementarse mediante diversos medios. Por ejemplo, estas técnicas pueden implementarse en hardware, software o una combinación de los mismos. Para una implementación de hardware, las unidades de procesamiento en un transmisor pueden implementarse en uno o más circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC), procesadores de señales digitales (DSP), dispositivos de procesamiento de señal digital (DSPD), dispositivos de lógica programable (PLD), campos de matrices de puertas programables (FPGA), procesadores, controladores, micro-controladores, microprocesadores, dispositivos electrónicos, otras unidades electrónicas diseñadas para realizar las funciones descritas en el presente documento o 10 una combinación de los mismos. Las unidades de procesamiento en un receptor pueden implementarse también con uno o más ASIC, DSP, procesadores y así sucesivamente.

Para una implementación de software, las técnicas pueden implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones y así sucesivamente) que realizan las funciones descritas en el presente documento. Los 15 códigos de software pueden almacenarse en memoria (por ejemplo, la memoria 142 o 182 en la Figura 1) y ejecutarse mediante un procesador (por ejemplo, el controlador 140 o 180). La unidad de memoria puede implementarse en el procesador o externa al procesador.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (110a-110m) de comunicación inalámbrica, que comprende:

medios para generar (120a-120m) N símbolos de modulación;

caracterizado por:

5 medios para ensanchar (122a-122m) los N símbolos de modulación con L segmentos de un código de ensanchamiento a través de L periodos de símbolo para obtener L secuencias de símbolos de modulación escalados que corresponden a los L segmentos, donde L es mayor de uno; y
medios para generar y transmitir (130a-130m, 132a-132m) L símbolos de acceso múltiple por división en
10 frecuencia de portadora única, SC-FDMA, a través de L periodos de símbolo en base a las L secuencias de símbolos de modulación escalados y a un grupo de N subportadoras adyacentes, correspondiendo el grupo de subportadoras adyacentes a un subconjunto de todas las subportadoras disponibles para la transmisión, en el que se genera un símbolo de SC-FDMA para cada secuencia de símbolos de modulación escalados.

2. El aparato (110a-110m) de la reivindicación 1, en el que:

los medios para ensanchar (122a-122m) comprenden:

15 medios para replicar (1242) cada uno de los N símbolos de modulación L veces; y
medios para multiplicar (1244) N·L símbolos de modulación replicados con L segmentos de un código de ensanchamiento para obtener las L secuencias de símbolos de modulación escalados.

3. El aparato (110a-110m) de la reivindicación 1, en el que al menos un otro código de ensanchamiento no está asignado a ningún transmisor.

20 4. El aparato (110a-110m) de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

medios para generar símbolos de modulación para datos de tráfico e información de control; y
medios para ensanchar símbolos de modulación para información de control pero no símbolos de modulación para datos de tráfico.

5. El aparato (110a-110m) de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

25 medios para determinar (140a-140m) diferentes grupos de subportadoras para su uso en la transmisión en diferentes intervalos de tiempo en base a un patrón de salto de frecuencia.

6. Un procedimiento para comunicación inalámbrica, que comprende:

generar (1012) N símbolos de modulación;

caracterizado por:

30 ensanchar (1014) los N símbolos de modulación con L segmentos de un código de ensanchamiento a través de L periodos de símbolo para obtener L secuencias de símbolos de modulación escalados que corresponden a los L segmentos, en el que L es mayor de uno; y
generar y transmitir (1018) L símbolos de acceso múltiple por división en frecuencia de portadora única, SC-FDMA, a través de L periodos de símbolo en base a las L secuencias de símbolos de modulación escalados y
35 un grupo de N subportadoras adyacentes, correspondiendo el grupo de subportadoras adyacentes a un subconjunto de todas las subportadoras disponibles para la transmisión, en el que se genera un símbolo de SC-FDMA para cada secuencia de símbolos de modulación escalados.

7. El procedimiento de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente:

aleatorizar los N símbolos de modulación con un código de aleatorización.

40 8. El procedimiento de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente:

aleatorizar las L secuencias de símbolos de modulación escalados con un código de aleatorización.

9. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que:

el ensanchamiento (1014) comprende:

45 replicar cada uno de los N símbolos de modulación L veces; y
multiplicar los N·L símbolos de modulación replicados con L segmentos de un código de ensanchamiento para obtener L secuencias de símbolos de modulación escalados.

10. El procedimiento de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente:
generar (1012) símbolos de modulación para datos de tráfico e información de control; y
ensanchar (1014) símbolos de modulación para información de control pero no símbolos de modulación para
datos de tráfico.
- 5 11. El procedimiento de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente:
determinar diferentes grupos de subportadoras para usar para transmisión en diferentes intervalos de tiempo en
base a un patrón de salto de frecuencia.
12. Un aparato (150) de comunicación inalámbrica, **caracterizado por:**
medios para recibir (152a-152r, 154a-154r) L símbolos de acceso múltiple por división en frecuencia de portadora
10 única, SC-FDMA, a través de L periodos de símbolo, en el que los L símbolos de SC-FDMA comprenden N
símbolos de modulación ensanchados a través de L periodos de símbolo;
medios para realizar (160) demodulación en los L símbolos de SC-FDMA para obtener L secuencias de símbolos
de modulación escalados que corresponden a L segmentos de un código de ensanchamiento para un grupo de N
15 subportadoras adyacentes usadas para transmisión, cada secuencia de uno de los símbolos de SC-FDMA,
correspondiendo el grupo de subportadoras adyacentes a un subconjunto de todas las subportadoras disponibles
para transmisión; y
medios para desensanchar (162) las L secuencias de símbolos de modulación escalados con los L segmentos
del código de ensanchamiento para recuperar los N símbolos de modulación.
13. El aparato (150) de la reivindicación 12, que comprende adicionalmente:
20 medios para desaleatorizar (1318a-1318r) las L secuencias de símbolos de modulación escalados con un código
de aleatorización.
14. El aparato (150) de la reivindicación 12, que comprende adicionalmente:
medios para derivar (1332a-1332r) una estimación de interferencia en base a al menos un otro código de
ensanchamiento no asignado a ningún transmisor.
- 25 15. El aparato (150) de la reivindicación 14, que comprende adicionalmente:
medios para realizar (1344) detección de datos en base a la estimación de interferencia.
16. El aparato (150) de la reivindicación 14, que comprende adicionalmente:
medios para derivar (1420a-1420r) una estimación de canal; y
medios para realizar detección de datos en base a la estimación de canal y a la estimación de interferencia.
- 30 17. El aparato (150) de la reivindicación 12, que comprende adicionalmente:
medios para obtener (1320a-1320r) símbolos desensanchados para múltiples antenas;
medios para combinar (1340) los símbolos desensanchados a través de las múltiples antenas; y
medios para realizar (1344) detección de datos después de combinar a través de las múltiples antenas.
18. El aparato (150) de la reivindicación 12, que comprende adicionalmente:
35 medios para realizar procesamiento espacial de receptor para símbolos de SC-FDMA transmitidos sin ensanchar
mediante al menos dos transmisores en un periodo de símbolo.
19. El aparato (150) de la reivindicación 12, que comprende adicionalmente:
medios para determinar (180) diferentes grupos de subportadoras usadas para transmisión en diferentes
intervalos de tiempo en base a un patrón de salto de frecuencia.
- 40 20. Un procedimiento para comunicación inalámbrica, **caracterizado por:**
recibir (1112) L símbolos de acceso múltiple por división en frecuencia de portadora única, SC-FDMA, a través
de L periodos de símbolo, en el que los L símbolos de SC-FDMA comprenden N símbolos de modulación
ensanchados a través de L periodos de símbolo;
45 realizar (1114) demodulación en los L símbolos de SC-FDMA para obtener L secuencias de símbolos de
modulación escalados que corresponden a L segmentos de un código de ensanchamiento para un grupo de N
subportadoras adyacentes usadas para transmisión, cada secuencia de uno de los símbolos de SC-FDMA,
correspondiendo el grupo de N subportadoras adyacentes a un subconjunto de todas las subportadoras
disponibles para transmisión; y
desensanchar (1118) las L secuencias de símbolos de modulación escalados con los L segmentos del código de

ensanchamiento para recuperar los N símbolos de modulación.

21. El procedimiento de la reivindicación 20, que comprende adicionalmente:

- 5 obtener símbolos desensanchados para múltiples antenas;
 combinar los símbolos desensanchados a través de las múltiples antenas; y
 realizar detección de datos después de combinar a través de las múltiples antenas.

22. El procedimiento de la reivindicación 20, que comprende adicionalmente:

 determinar diferentes grupos de subportadoras usadas para transmisión en diferentes intervalos de tiempo en base a un patrón de salto de frecuencia.

- 10 23. Un programa informático que comprende instrucciones que cuando se ejecutan mediante un sistema informático hace que el sistema informático realice el procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11 y 20 a 22.

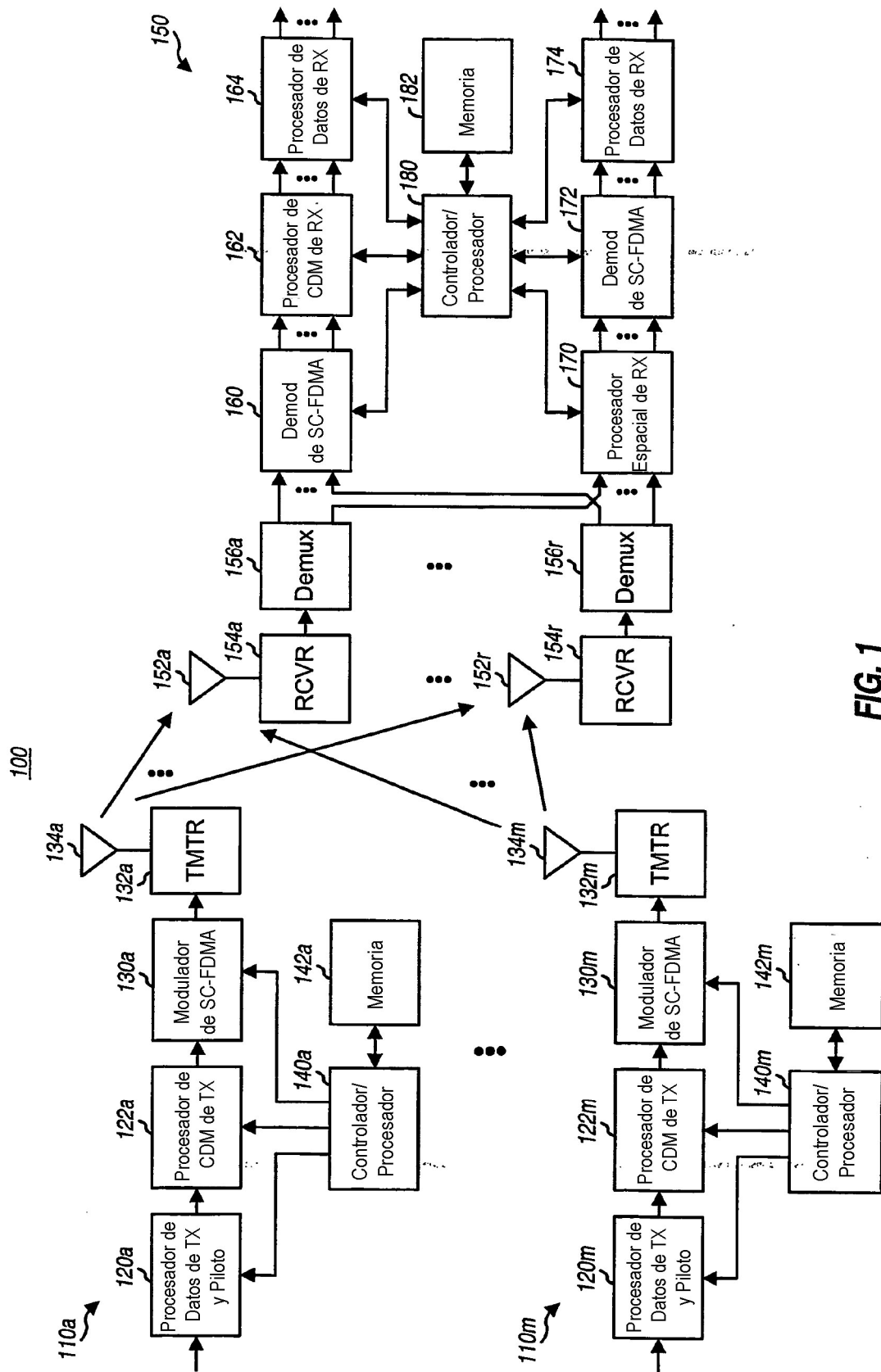


FIG. 1

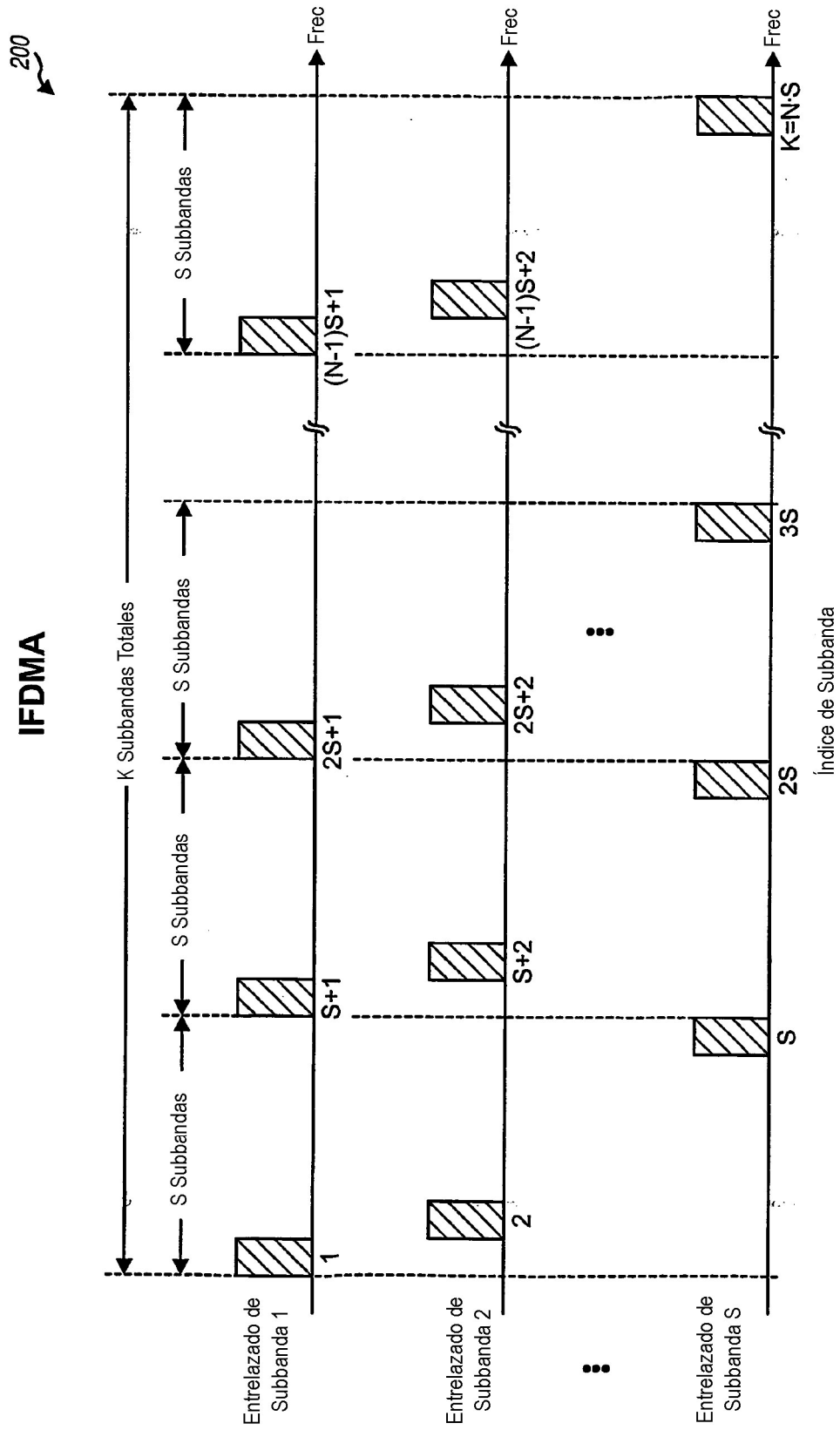


FIG. 2A

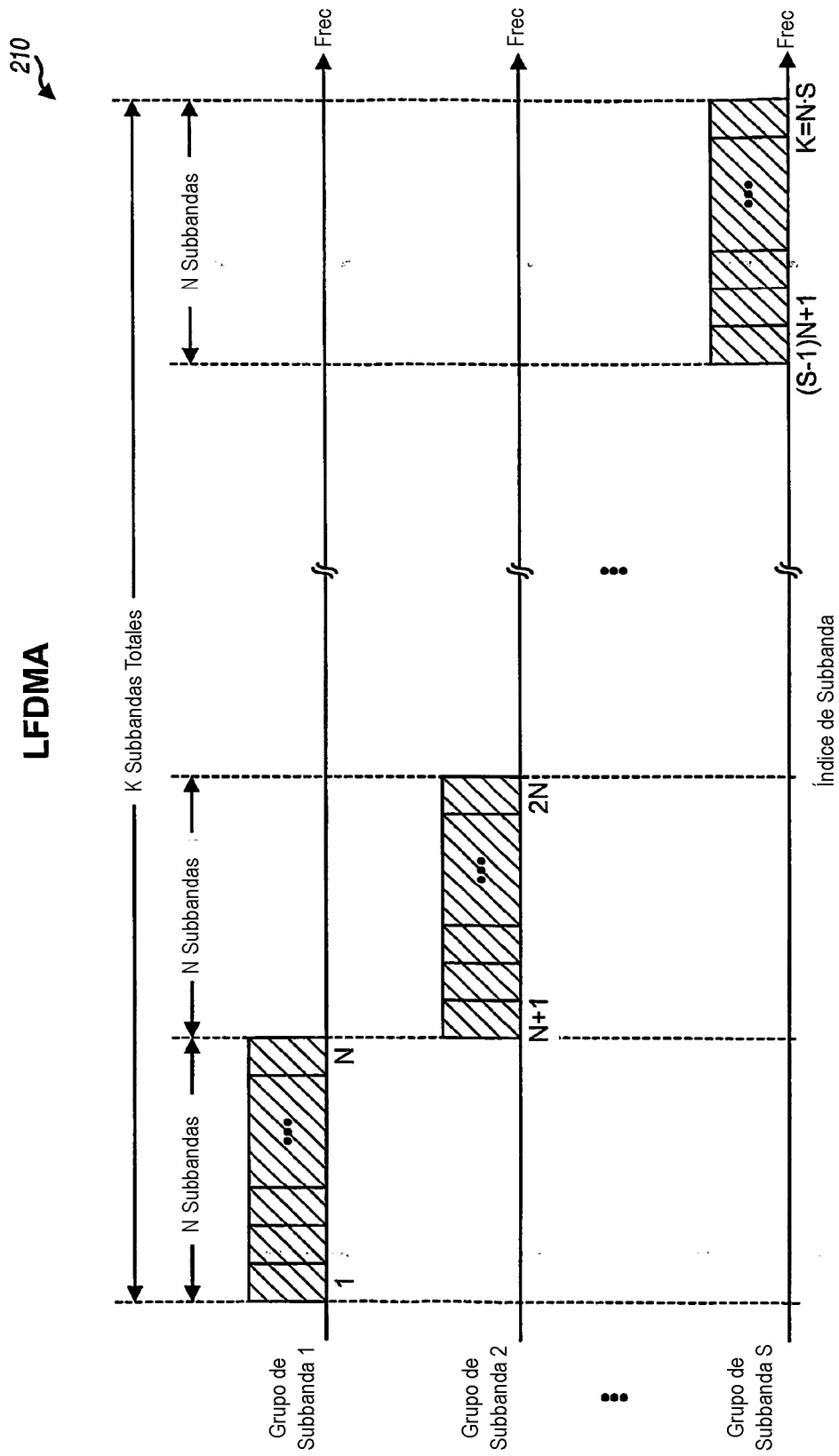


FIG. 2B

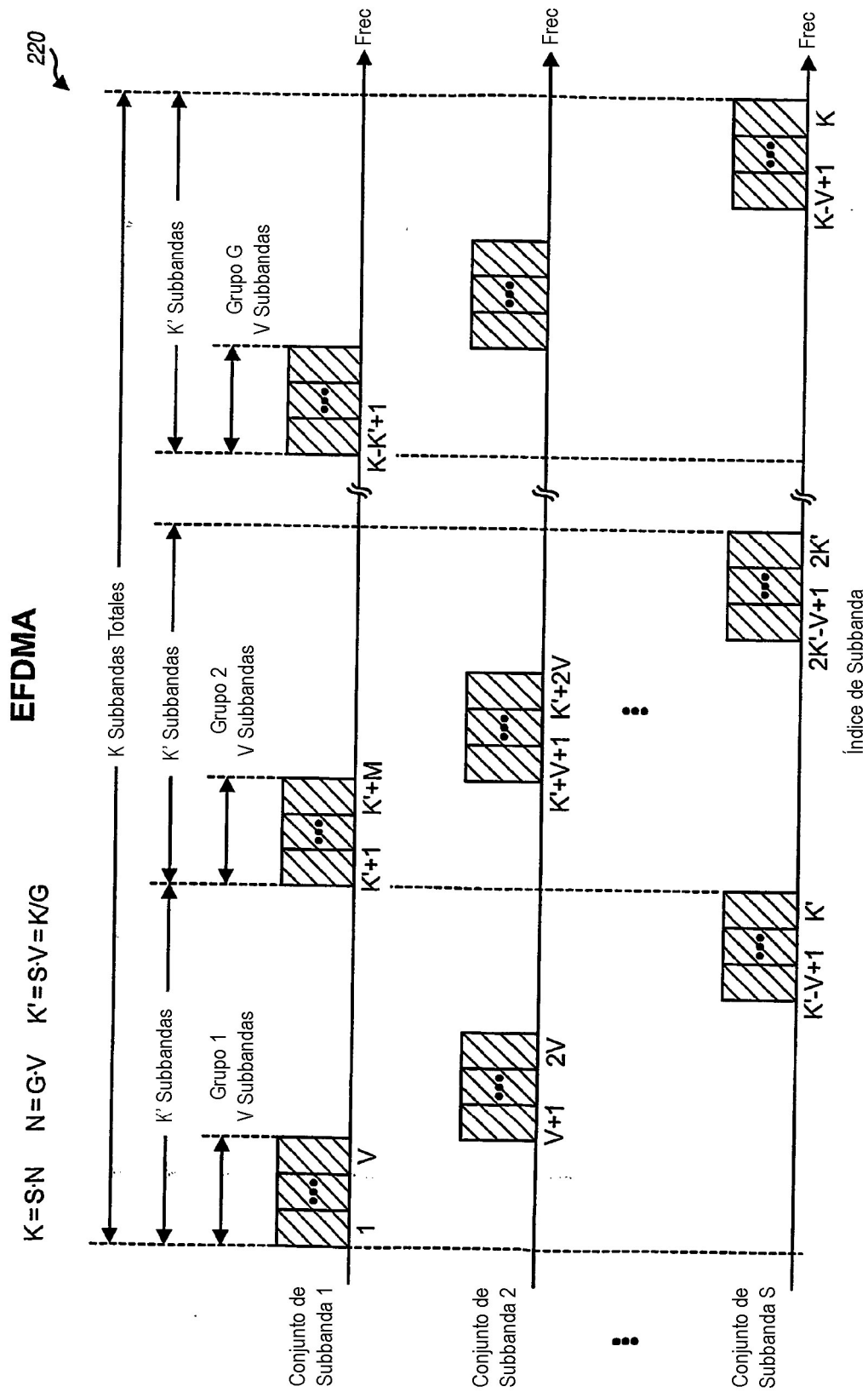
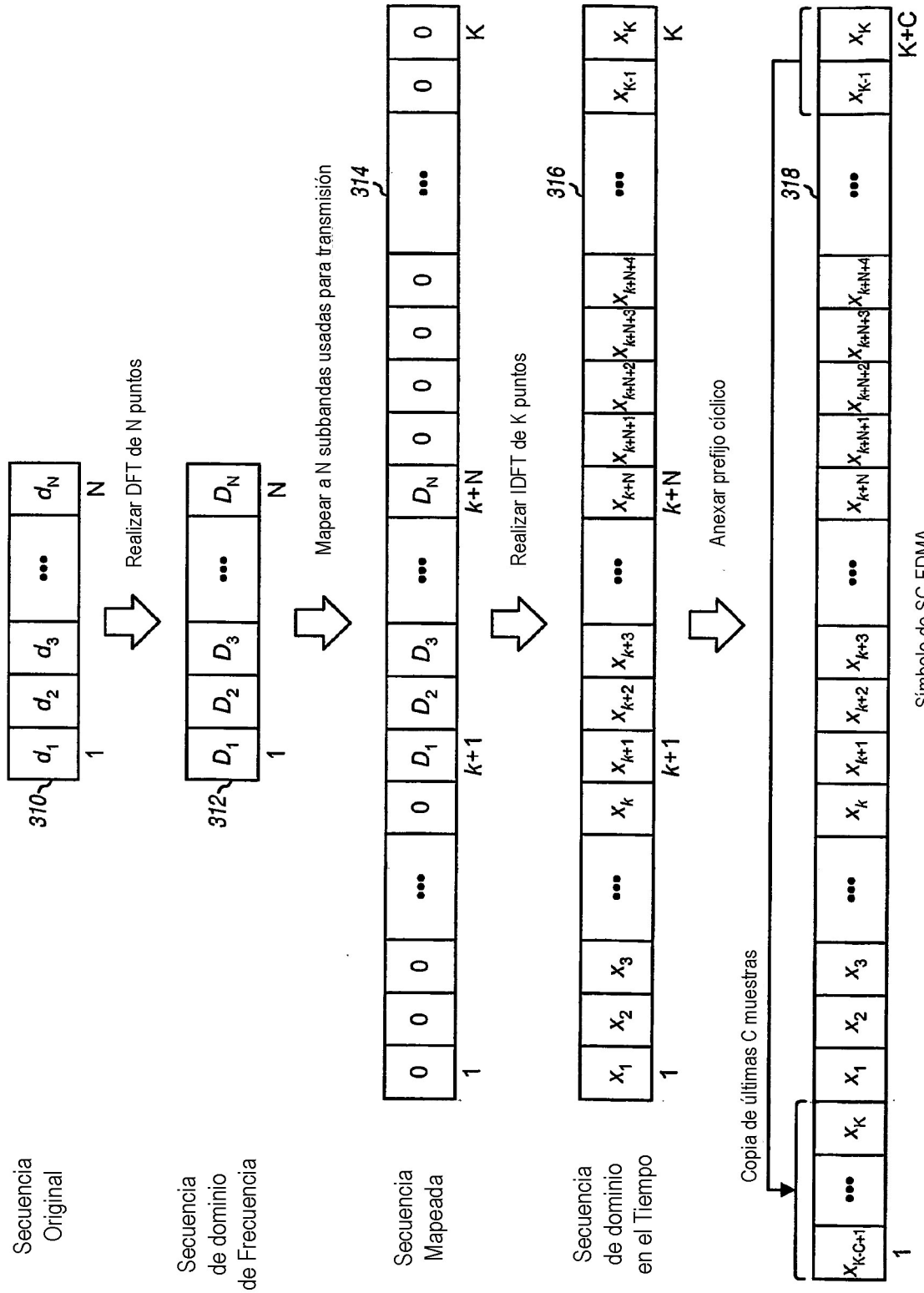


FIG. 2C

Modulación de SC-FDMA



Símbolo de SC-FDMA

FIG. 3A

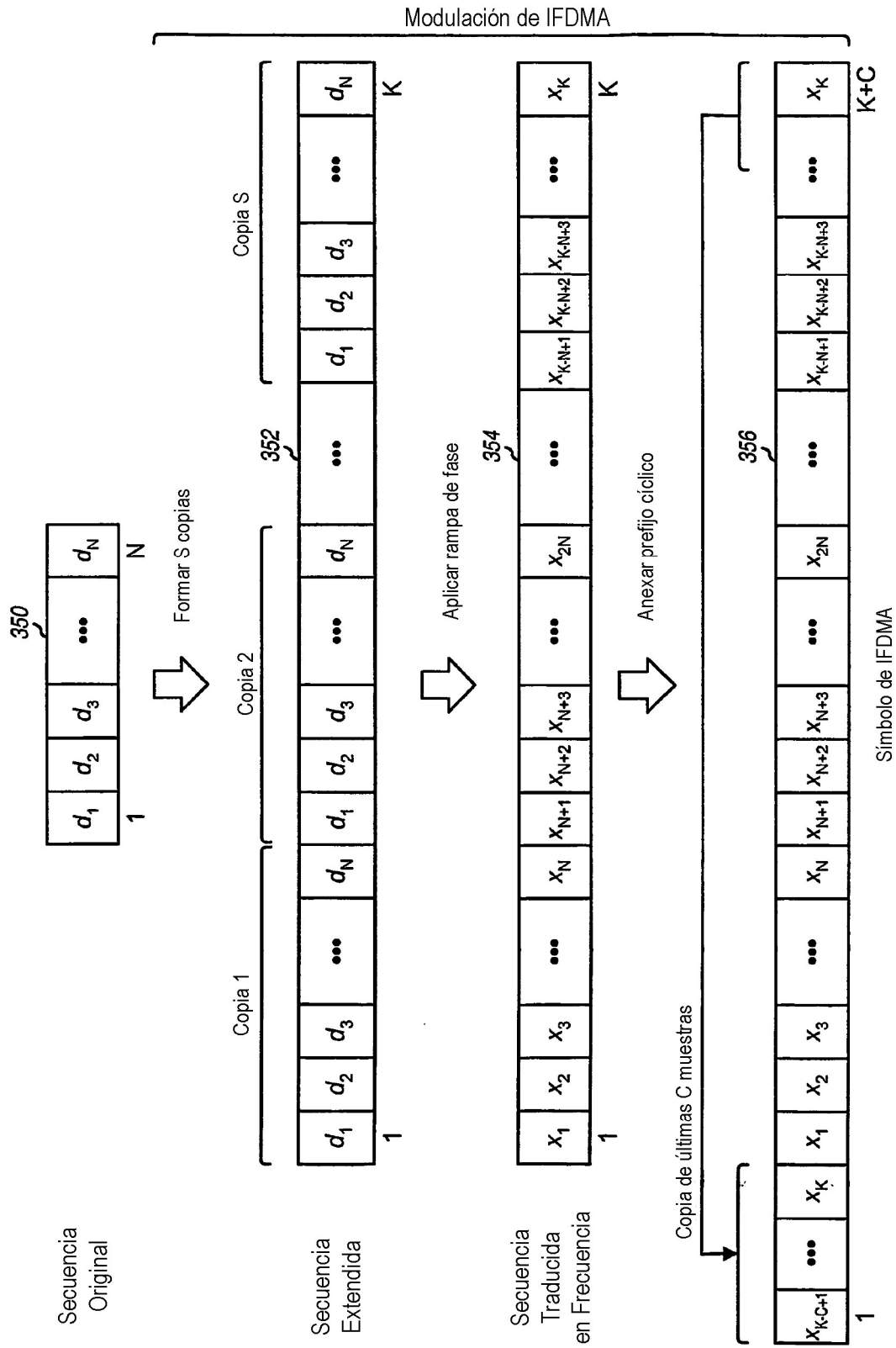


FIG. 3B

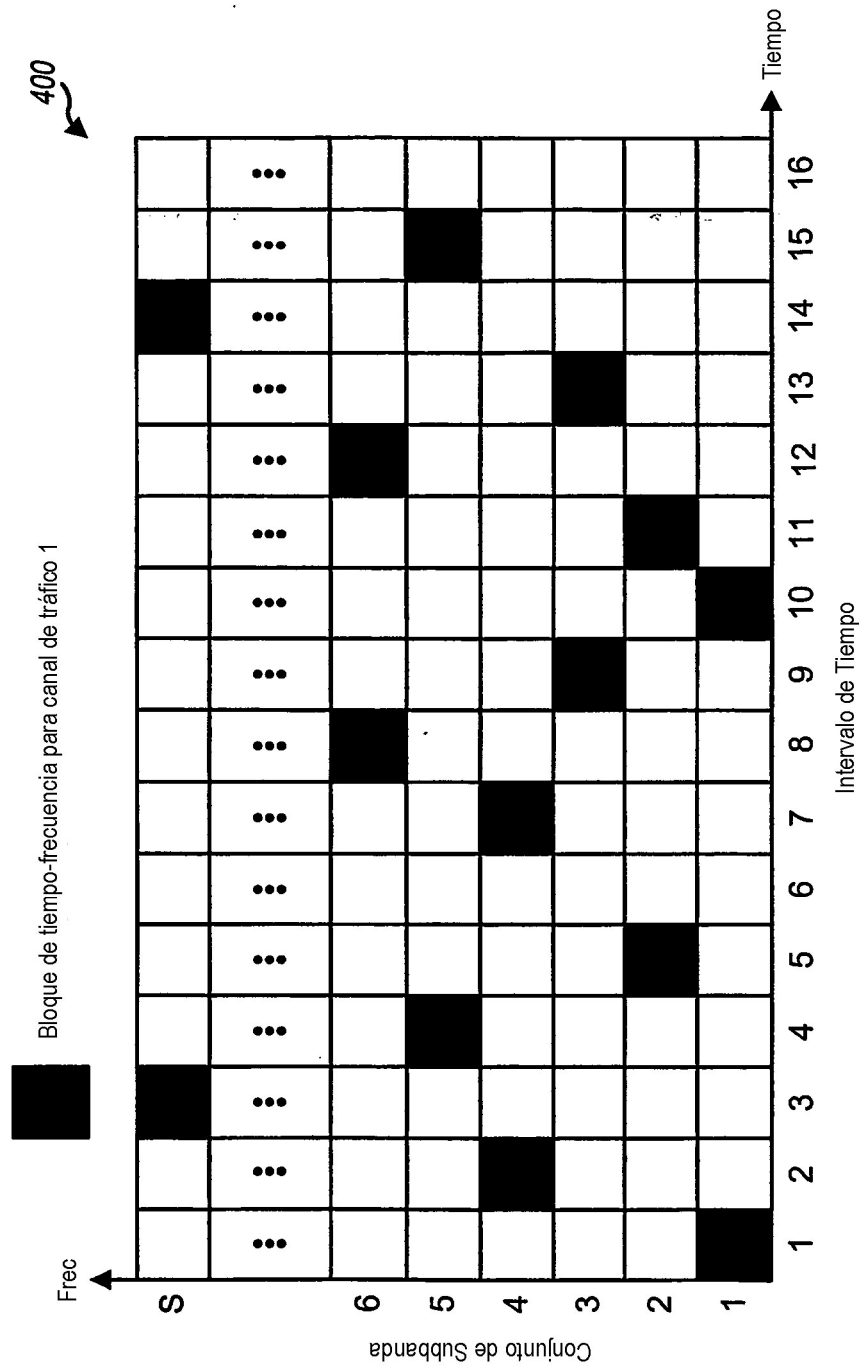


FIG. 4

CDM a través de Símbolos

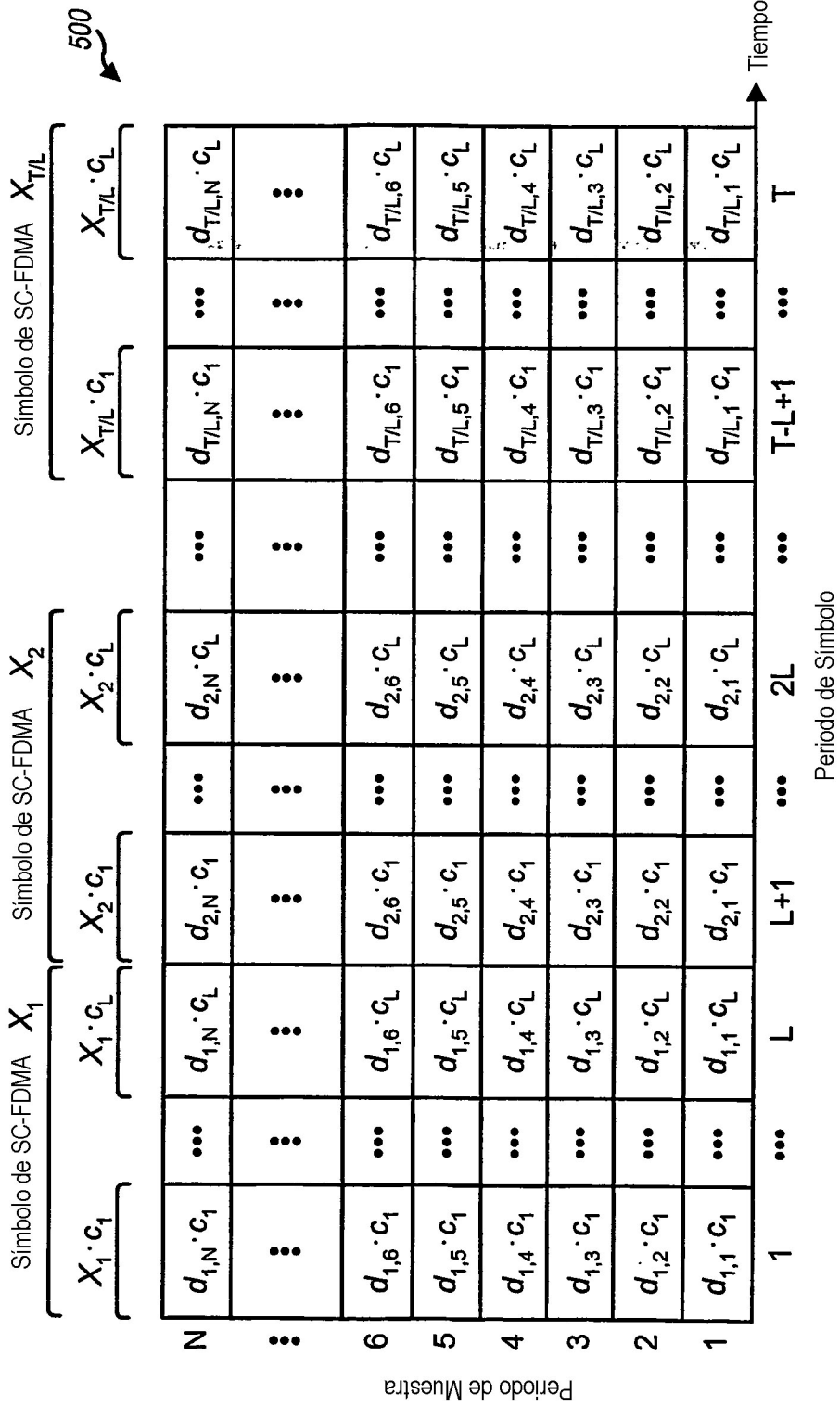


FIG. 5

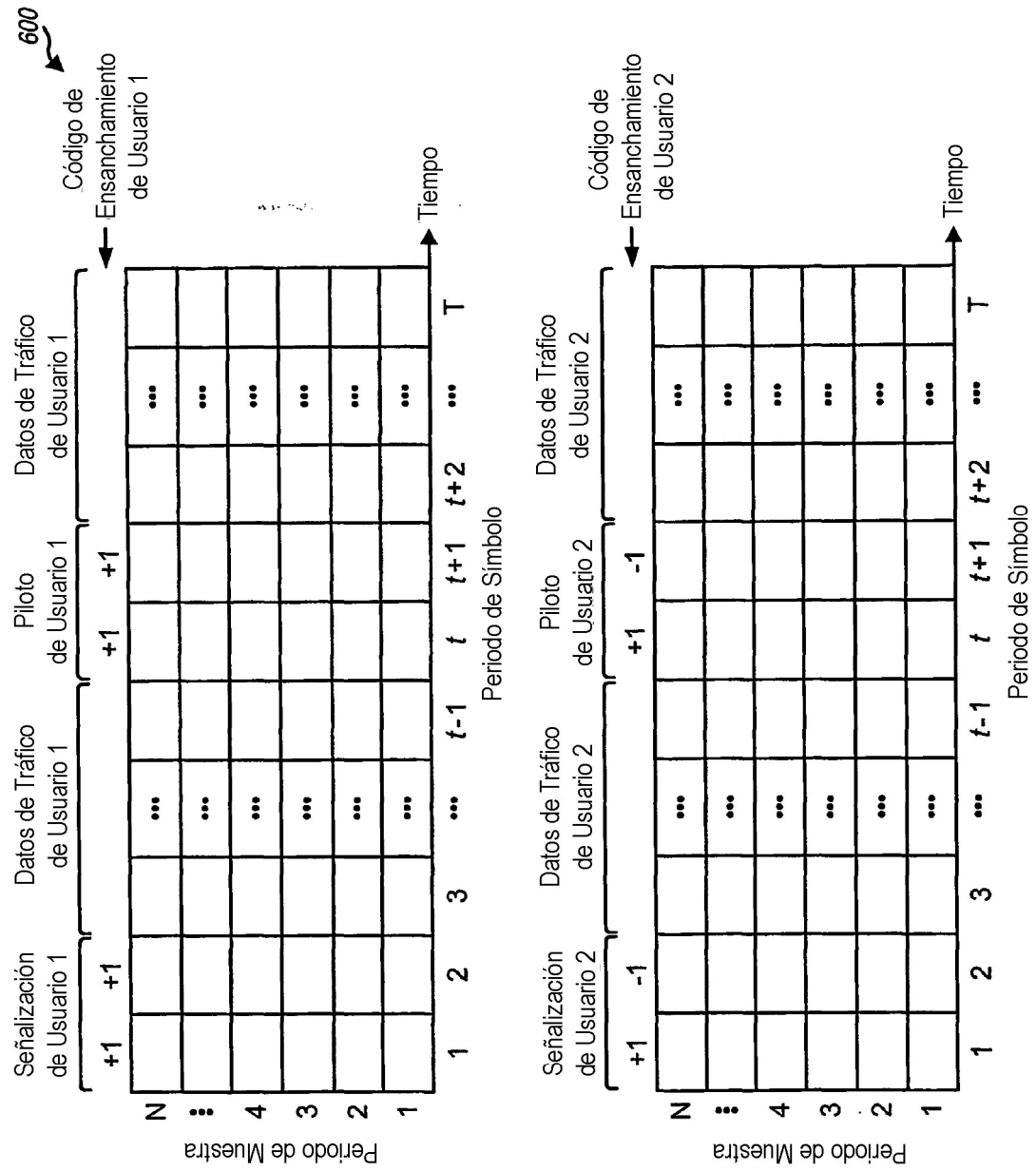


FIG. 6

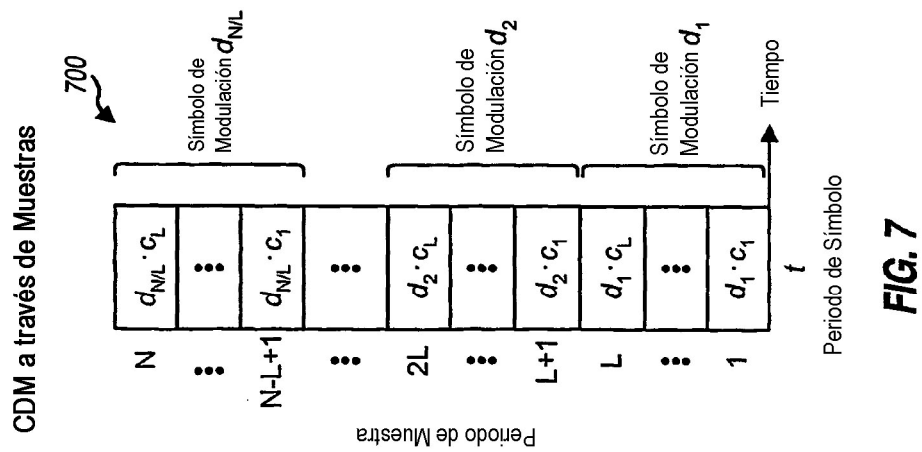


FIG. 7

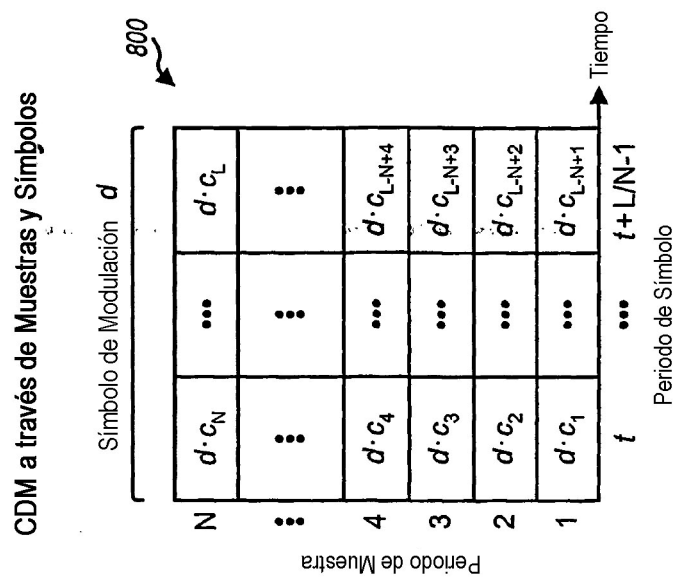


FIG. 8

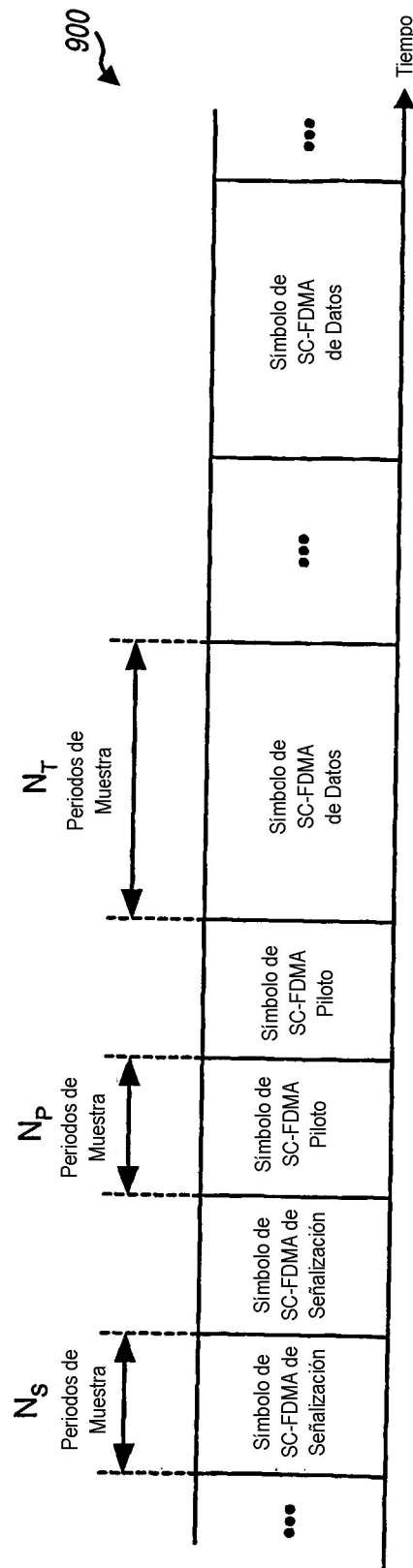


FIG. 9

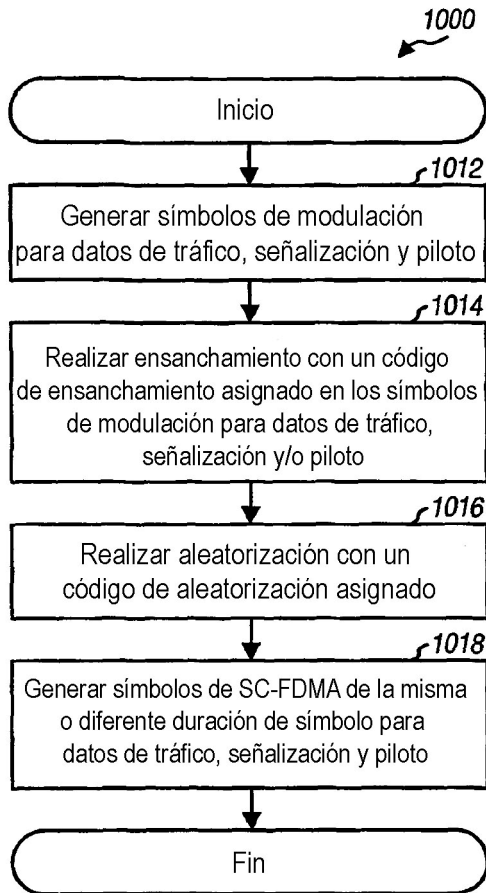


FIG. 10



FIG. 11

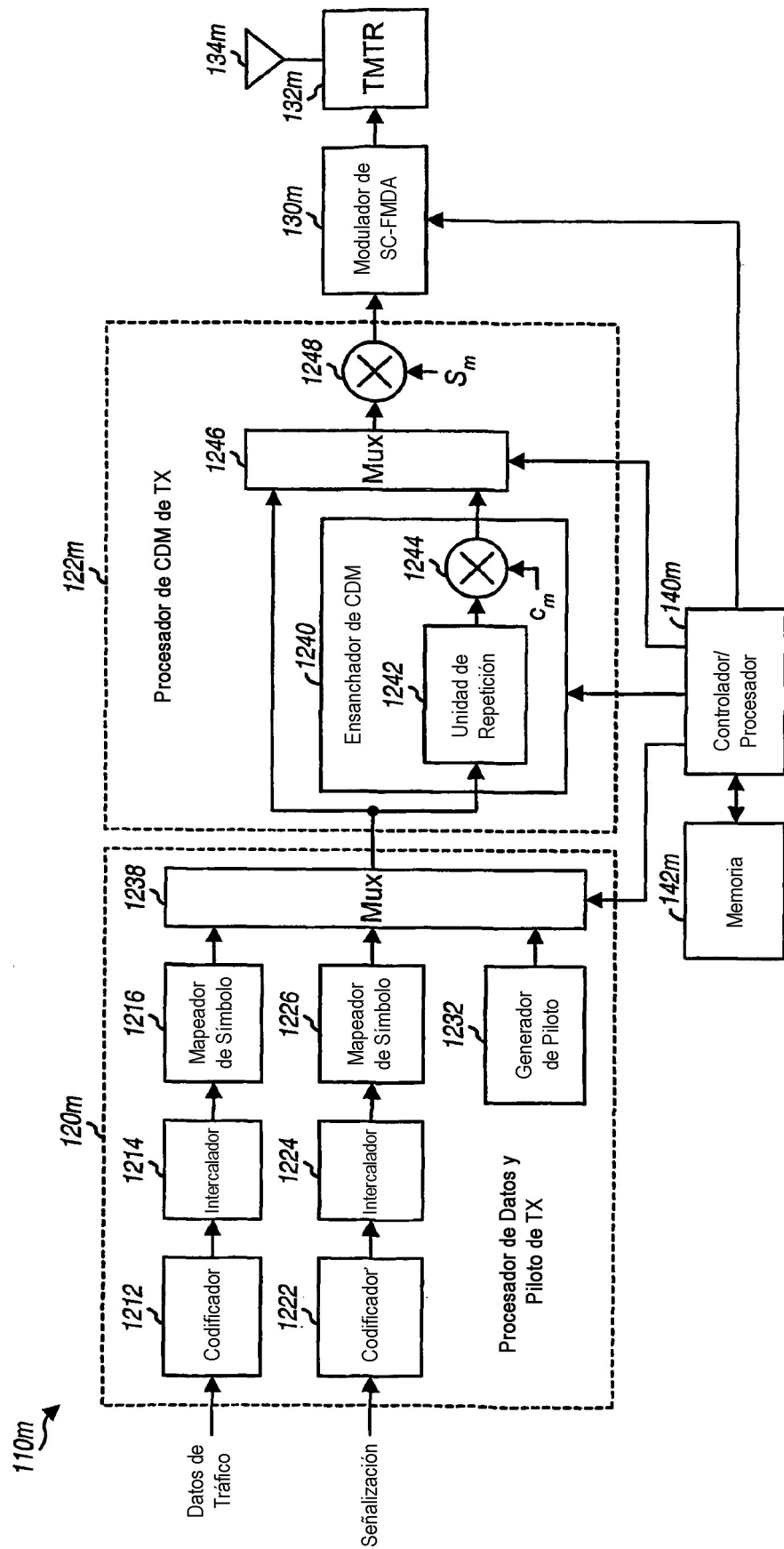


FIG. 12

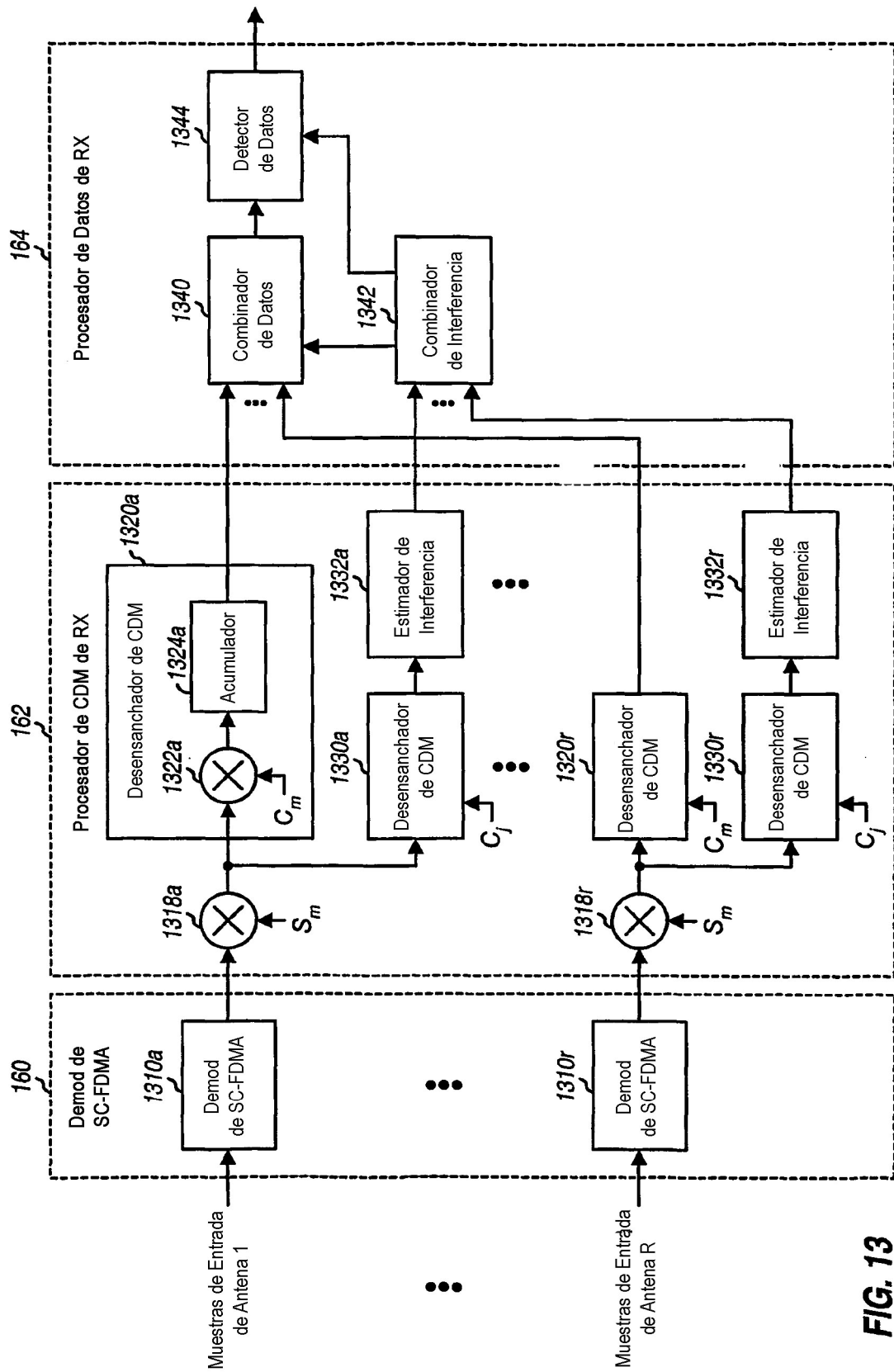


FIG. 13

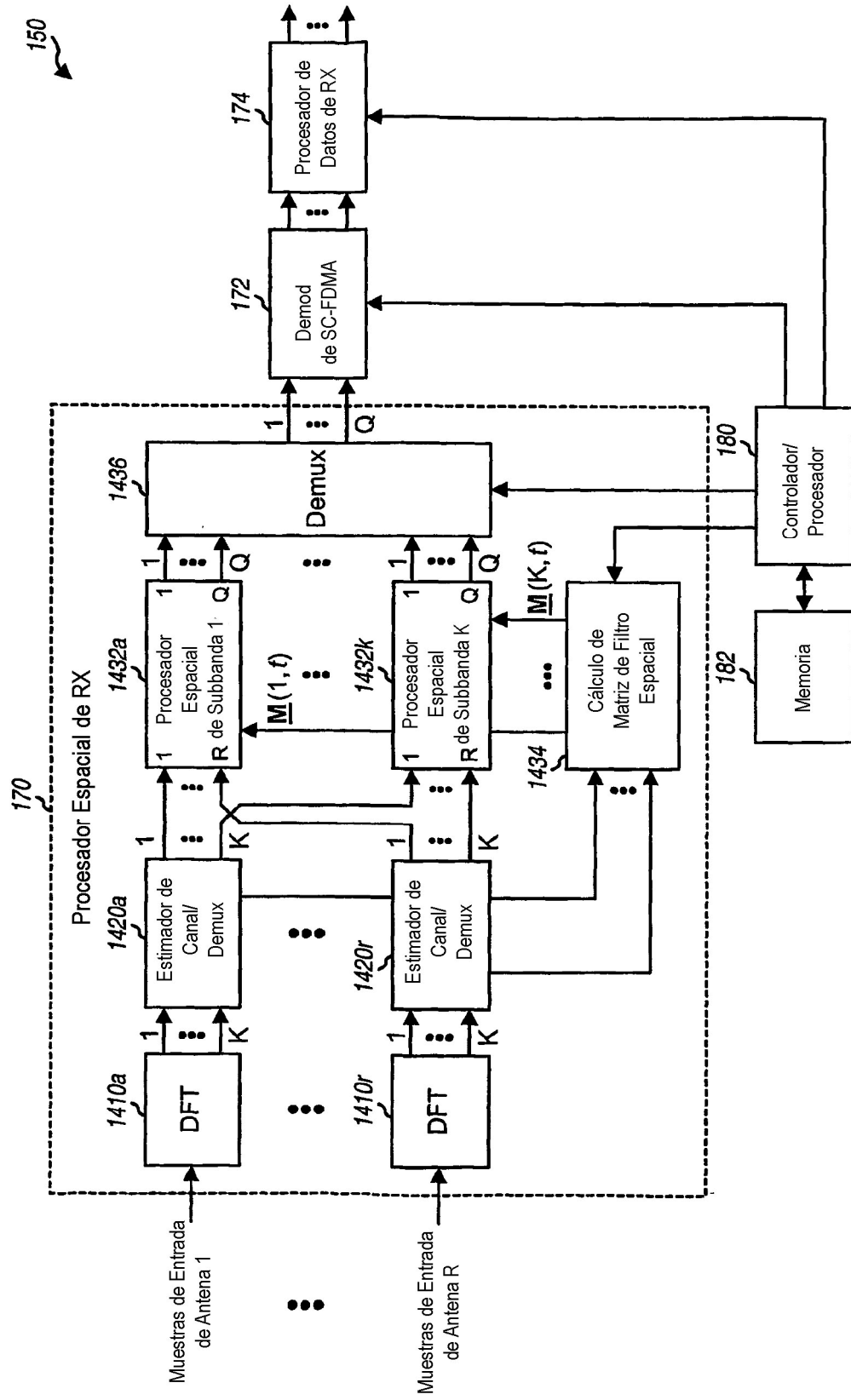


FIG. 14