

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 769 198**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2015 PCT/SE2015/051236**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2016 WO16209139**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2015 E 15813936 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 3311521**

54 Título: **Control de temporización para modulación de multiportadora de modo mezclado**

30 Prioridad:

22.06.2015 US 201562182952 P

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

25.06.2020

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**WERNER, KARL;
PARKVALL, STEFAN;
DAHLMAN, ERIK;
BALDEMAIR, ROBERT y
BJÖRKEGREN, HÅKAN**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 769 198 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

Control de temporización para modulación de multiportadora de modo mezclado

5 **Campo técnico**

La presente invención generalmente se refiere a redes de comunicación inalámbricas, y particularmente se refiere a configuraciones de multiportadora multimodo.

10 **Antecedentes**

Las llamadas redes de comunicación inalámbricas de evolución a largo plazo (LTE) desarrolladas por miembros del proyecto asociación de tercera generación (3GPP) usan multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) en el enlace descendente y OFDM de difusión de transformada de Fourier discreta (difusión DFT) (también denominada acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única, o FDMA) en el enlace ascendente. El recurso físico de enlace descendente LTE básico puede verse así como una cuadrícula de tiempo-frecuencia como se ilustra en la figura 1, donde cada elemento de recurso corresponde a una subportadora OFDM durante un intervalo de símbolo OFDM. La subtrama de enlace ascendente tiene el mismo espacio de subportadora que el enlace descendente, donde el espacio de subportadora es la diferencia de frecuencia entre el centro de una subportadora y el centro de una subportadora inmediatamente adyacente. La subtrama de enlace ascendente tiene el mismo número de símbolos FDMA de portadora única (SC-FDMA) en el dominio del tiempo que los símbolos OFDM en el enlace descendente; en otras palabras, las duraciones de símbolo son las mismas tanto para el enlace descendente OFDM como para el enlace ascendente SC-FDMA.

En el dominio del tiempo, las transmisiones de enlace descendente LTE se organizan en tramas de radio de diez milisegundos, cada trama de radio consiste en diez subtramas de igual tamaño de trama de longitud $T_{\text{subtrama}} = 1$ milisegundo, como se muestra en la figura 2. Para el prefijo cíclico normal, una subtrama consta de catorce símbolos OFDM. La duración de cada símbolo, es decir, el intervalo de símbolo, es de aproximadamente 71,4 microsegundos (μs).

Además, la asignación de recursos en LTE se describe típicamente en términos de bloques de recursos, donde un bloque de recursos corresponde a un intervalo (0,5 milisegundos) en el dominio del tiempo y doce subportadoras contiguas en el dominio de la frecuencia. Un par de dos bloques de recursos adyacentes en el tiempo (1,0 milisegundos) se conoce como un par de bloques de recursos. Los bloques de recursos están numerados en el dominio de la frecuencia, comenzando con 0 desde un extremo del ancho de banda del sistema.

Las transmisiones de enlace descendente se planifican dinámicamente, ya que en cada subtrama la estación base transmite información de control sobre qué datos de terminales se transmiten y sobre qué bloques de recursos se transmiten los datos, en la subtrama de enlace descendente actual. Esta señalización de control se transmite típicamente en los primeros 1, 2, 3 o 4 símbolos OFDM en cada subtrama.

Este número $n = 1, 2, 3$ o 4 se conoce como indicador de formato de control (CFI) y es difundido por la estación base, en el primer intervalo de símbolo OFDM de cada subtrama de enlace descendente. La subtrama de enlace descendente también contiene símbolos de referencia comunes, que son conocidos por el receptor y se usan para la demodulación coherente de la información de control. Un sistema de enlace descendente con CFI = 3 símbolos OFDM como control se ilustra en la figura 3.

Los símbolos de referencia que se muestran en la figura 3 son los símbolos de referencia específicos de la celda (CRS) y se usan para soportar múltiples funciones, incluida la sincronización perfecta de frecuencia y tiempo y la estimación de canales para ciertos modos de transmisión.

Si bien el desarrollo y el despliegue de redes LTE proporcionan a los usuarios tasas de datos inalámbricos mucho mayores y ha permitido el desarrollo de una amplia variedad de servicios de banda ancha móvil (MBB), la demanda de estos servicios continúa creciendo. Además de esta mayor demanda de ancho de banda y rendimiento mejorados, se siguen desarrollando nuevas aplicaciones para dispositivos de propósito especial, como los dispositivos de máquina a máquina (M2M). Estas fuerzas del mercado indican que se necesita una tecnología de comunicaciones inalámbricas con flexibilidad mejorada, para que coincida mejor con la variedad de requisitos de servicio para aplicaciones de datos móviles.

60 **Sumario**

En un esquema de acceso por radio basado en OFDM, las subportadoras estrechas y relativamente más anchas favorecen diferentes tipos de servicios. El estándar LTE actual usa un espacio de subportadora fijo y, por lo tanto, es relativamente inflexible cuando se trata de satisfacer requisitos de calidad de servicio (QoS) altamente variables. Esto es particularmente cierto con respecto a los servicios de tiempo crítico. Un nuevo diseño de capa física, cuyos detalles se describen a continuación, usa subtramas más pequeñas y de tamaño variable con su funcionamiento en

modo mezclado. También se divulgan métodos y aparatos para utilizar la escalabilidad definida para esta nueva capa física de tal manera que se adapte de manera flexible a los requisitos de diferentes aplicaciones.

Distintos aspectos de las técnicas se describen en las reivindicaciones.

5 Por supuesto, la presente invención no se limita a las características y ventajas anteriores. Los expertos en la técnica reconocerán características y ventajas adicionales al leer la siguiente descripción detallada y al ver los dibujos adjuntos.

10 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra un diagrama que ilustra un recurso físico de enlace descendente LTE, de acuerdo con algunas realizaciones.

15 La figura 2 ilustra un diagrama de una estructura de dominio del tiempo LTE, de acuerdo con algunas realizaciones.

La figura 3 ilustra un diagrama de una subtrama de enlace descendente, de acuerdo con algunas realizaciones.

20 La figura 4 ilustra configuraciones multimodo, de acuerdo con algunas realizaciones.

La figura 5 ilustra un diagrama de bloques de un nodo de acceso a la red, de acuerdo con algunas realizaciones.

25 La figura 6 ilustra un diagrama de bloques de un esquema de modulación OFDM que puede usarse en algunas realizaciones.

La figura 7 ilustra un diagrama de bloques de un esquema de demodulación OFDM que puede usarse en algunas realizaciones.

30 La figura 8 ilustra un diagrama de bloques de un esquema de modulación DFTS-OFDM que puede usarse en algunas realizaciones.

La figura 9 ilustra un diagrama de bloques de un esquema de demodulación DFTS-OFDM que puede usarse en algunas realizaciones.

35 La figura 10 ilustra la generación de señal usando múltiples esquemas de modulación IFFT en cada intervalo de tiempo, de acuerdo con algunas realizaciones.

La figura 11 ilustra un método en un nodo transmisor para modulación de multiportadora, de acuerdo con algunas realizaciones.

40 La figura 12 ilustra un método en un nodo receptor para la demodulación de multiportadora, de acuerdo con algunas realizaciones.

La figura 13 ilustra un diagrama de bloques de un equipo de usuario, de acuerdo con algunas realizaciones.

45 La figura 14 ilustra una implementación funcional de un nodo que opera como un transmisor, de acuerdo con algunas realizaciones.

50 La figura 15 ilustra una implementación funcional de un nodo que opera como un receptor, de acuerdo con algunas realizaciones.

Descripción detallada

55 Ha habido un rápido crecimiento en la cantidad de dispositivos y aplicaciones inalámbricas en los últimos años, y es muy probable que esta tendencia continúe en el futuro. Este crecimiento indica la necesidad de una nueva tecnología de acceso por radio (RAT), que puede considerarse como una tecnología inalámbrica "5G" (quinta generación). Uno de los objetivos clave de los planes actuales para 5G es expandir los servicios ofrecidos por la red más allá de la banda ancha móvil (MBB). Los nuevos casos de uso pueden venir con nuevos requisitos. Al mismo tiempo, 5G también debería soportar un rango de frecuencia muy amplio y ser muy flexible cuando se trata de opciones de despliegue.

60 Con la aparición de nuevas aplicaciones con necesidades de aplicación muy variables, es decir, parámetros de calidad de servicio (QoS) y escenarios de despliegue, una tecnología de capa física única e inflexible no es adecuada para lograr las características de rendimiento deseadas. En particular, por ejemplo, está claro que algunos servicios requieren un intervalo de tiempo de transmisión (TTI) más corto, en comparación con el proporcionado por los sistemas que cumplen con las especificaciones actuales para LTE, a fin de reducir la latencia. En un sistema

OFDM, se pueden realizar TTI más cortos cambiando el espacio de subportadora. Sin embargo, otros servicios necesitan soporte de requisitos de sincronización relajada o una robustez muy alta para retrasar la difusión; esto se puede hacer, en un sistema que opera con un prefijo cíclico, extendiendo el prefijo cíclico. Estos son solo ejemplos de posibles requisitos.

5 Sin embargo, está claro que la selección de parámetros OFDM como el espacio de subportadoras y las longitudes de prefijos cíclicos es una compensación entre objetivos en conflicto. Esto sugiere que la tecnología de acceso por radio de la próxima generación, o "5G", debe proporcionar un soporte flexible para varias variantes de parámetros de transmisión, comúnmente llamadas "numerologías". Tales parámetros de transmisión podrían ser la duración de símbolo, es decir, la longitud de un intervalo de símbolo OFDM, que se relaciona directamente con el espacio de subportadora en un sistema OFDM y en varios otros sistemas de modulación de multiportadora. Otro parámetro de transmisión que podría especificarse de manera flexible con estas numerologías múltiples es la duración del prefijo cíclico, es decir, la longitud de esa porción del intervalo de símbolo OFDM que se asigna a un prefijo cíclico.

15 Además, es beneficioso poder soportar simultáneamente varios servicios en la misma banda. Esto permite una asignación dinámica de recursos, como el ancho de banda, entre los diferentes servicios y una implementación y despliegues eficientes. Esto a su vez lleva a la necesidad del uso simultáneo de múltiples numerologías en la misma banda. Téngase en cuenta que el término "banda" se usa aquí para indicar una portadora o un conjunto de portadoras adyacentes en frecuencia usadas por una red de acceso por radio. Este es el punto de partida para las técnicas detalladas descritas en el presente documento.

25 En este contexto, actualmente se está diseñando una capa física altamente flexible para una futura generación de redes celulares. Este nuevo diseño de capa física está orientado a cumplir una amplia gama de requisitos de QoS variables, que incluyen latencia, confiabilidad y tasa de transferencia efectiva. En este nuevo diseño de capa física, se propone lograr la escalabilidad de la capa física a diferentes requisitos usando diferentes espacios de subportadora. Otra característica es que debe soportar la operación en modo mezclado, lo que permite que diferentes espacios de subportadora coexistan simultáneamente dentro de la misma banda de frecuencia.

30 La esencia de la operación en modo mezclado como se usa este término en el presente documento es la siguiente: en un nodo de transmisión, se generan dos o más señales de multiportadora, cada una compuesta de uno o más símbolos, pero con las señales de multiportadora que tienen diferentes parámetros con respecto al espacio de subportadora, y/o duración de símbolo, y/o longitud del prefijo cíclico. En particular, las duraciones de símbolo para las dos señales (y otros parámetros para las señales) se seleccionan de manera que los bordes de símbolo se alineen periódicamente, aunque las duraciones de símbolo para las dos señales pueden variar. En algunas realizaciones, la alineación se logra con una periodicidad de 1 milisegundo; esto proporciona una buena coincidencia con las técnicas LTE existentes, de modo que las señales LTE se pueden combinar, en la misma banda de frecuencia, con una o más señales de multiportadora que tienen diferentes espacios de subportadora y/o duraciones de símbolo.

40 Por lo tanto, en redes futuras (referidas en general como redes "5G"), se prevé una configuración de multiportadora multimodo para cumplir con los requisitos variables de QoS de diferentes aplicaciones y servicios. Este enfoque soportaría diferentes espacios de subportadora (o, en consecuencia, diferentes tamaños de símbolos OFDM), que podrían definirse de tal manera que las diferentes longitudes de símbolo OFDM encajen muy bien, para facilitar la interoperabilidad de diferentes configuraciones OFDM. Cada combinación de espacio de subportadora, duración de símbolo OFDM y prefijo cíclico puede denominarse "numerología". El documento de John E Smee: "Diseño 5G en servicios", 12 de mayo de 2015 (12-05-2015), recuperado de Internet: URL:https://johannesbergsummit.com/wp-content/uploads/sites/6/2014/11/Tuesday_3_John-Smee.pdf muestra tal configuración de multiportadora multimodo.

50 Un problema con tener varias numerologías, es decir, varios espacios de subportadora y/o tamaños de símbolos OFDM, en uso simultáneo en diferentes partes de la banda es que ciertas "funciones del sistema" tendrán un impacto en varias de las partes de la banda. Una de esas funciones del sistema es la conmutación de dirección dúplex; esto debe aplicarse a todas las partes de la banda y, por lo tanto, debe ser compatible con todas las numerologías en uso. Una segunda función del sistema es la gestión de recursos de radio (RRM); para aprovechar al máximo el beneficio de compartir los recursos, RRM debe actuar en todas las partes de la banda. Una tercera función del sistema es la alineación de tiempo del receptor.

60 Estas funciones del sistema requieren una acción que se sincroniza en toda la banda. Sin embargo, si dicha acción no se alinea con los límites de los símbolos de todas las partes afectadas de la banda, también se produciría una degradación del rendimiento.

65 Las técnicas y aparatos detallados en el presente documento abordan así un sistema diseñado para transmitir simultáneamente múltiples señales de multiportadora, las señales múltiples tienen diferentes numerologías. Las señales múltiples se multiplexan en el dominio de la frecuencia. Cada señal es una secuencia de uno o más símbolos (por ejemplo, símbolos OFDM) y también otras transmisiones (por ejemplo, prefijos cíclicos). Las técnicas descritas permiten la alineación periódica de los tiempos de inicio y fin del símbolo (límites del símbolo). Esto se logra seleccionando la numerología de las dos o más señales de acuerdo con la invención. Los instantes de tiempo

donde ocurre la alineación periódica son puntos posibles para cambiar la dirección dúplex o realizar otras acciones de "función del sistema".

5 Aunque varios de los ejemplos específicos proporcionados en el presente documento se basan en el uso de OFDM como esquema de modulación de multiportadora de base, las técnicas se aplican igualmente bien si algunas o todas las señales son transmisiones OFDM precodificadas, como OFDM de difusión de transformada de Fourier discreta (DFTS- OFDM), que también se conoce como acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA). Se apreciará que el término "modulación de multiportadora", como se usa en el presente documento, se refiere a cualquiera de estos esquemas así como a otros esquemas de modulación de multiportadora en los que los datos se transmiten dividiéndolos en varios componentes y enviando cada uno de estos componentes a través de señales de portadora separadas dentro de una banda de frecuencia. (Estas señales de portadora separadas se denominan comúnmente "subportadoras"). Por lo tanto, las referencias en el presente documento a diferentes esquemas de modulación de multiportadora pueden referirse a diferencias en la técnica de modulación subyacente, o a diferencias en los parámetros de modulación de multiportadora (por ejemplo, duración de símbolo y/o espaciado de subportadoras), o ambos.

Las técnicas descritas en el presente documento pertenecen a un sistema que, por las razones descritas anteriormente, está configurado para transmitir múltiples señales de multiportadora simultáneamente, las señales tienen diferentes parámetros de modulación de múltiples portadoras (numerologías), por ejemplo, con respecto a la longitud de símbolo, el espacio de subportadora, etc. Cada señal consta de una secuencia de símbolos (por ejemplo, símbolos OFDM) y períodos de guarda (por ejemplo, prefijos cíclicos o períodos de guarda que consisten en ceros).

Para simplificar la exposición, la siguiente discusión se referirá a la señal _1 y la señal_2. Debe entenderse fácilmente que la extensión de las técnicas descritas a señales $N > 2$ se puede hacer de una manera directa.

25 Técnicas de categoría 1: duraciones constantes del prefijo cíclico

Hay que indicar la duración de cada uno de los símbolos en la señal_n por T_{symb_n} y la duración de los prefijos cíclicos de la señal_n por T_{cp_n} . De acuerdo con algunas realizaciones de las técnicas divulgadas, la duración de símbolo y la duración del prefijo cíclico se seleccionan, para al menos dos de las señales, de tal manera que:

$$X(T_{cp_1} + T_{symb_1}) = Y(T_{cp_2} + T_{symb_2}) = T,$$

35 donde X y F son números enteros. En general, X y F se seleccionan de modo que T sea suficientemente corto, por ejemplo, para proporcionar un intervalo razonable para la conmutación de duplexación por división de tiempo (TDD), o para proporcionar una periodicidad conveniente para transmitir señales de referencia o señales de sincronización.

Lo anterior también se puede expresar de la siguiente manera: los parámetros de la señal_1 y la señal_2 se seleccionan de modo que un número entero de símbolos (y en algunas realizaciones, intervalos de guarda) de cada una de las dos señales se ajusten a un intervalo de tiempo dado. Esto crea una alineación periódica entre los límites de los símbolos de las dos señales.

Ejemplo 1: en algunas realizaciones, T se expresa como $1/Z$ ms donde Z es un número entero. Esto permite una convivencia conveniente con LTE.

45 Ejemplo 2: las duraciones de símbolo se pueden elegir de modo que ($f_s = 9/8 * 30,72$ MHz).

La tabla 1, a continuación, enumera las duraciones de símbolo y las longitudes de prefijos cíclicos para cada miembro en un conjunto de ejemplo de numerologías $n = 1 \dots 11$, para una frecuencia de muestreo dada f_s . La totalidad o un subconjunto de estas numerologías se pueden usar en un sistema que opera de acuerdo con las técnicas divulgadas actualmente, de modo que dos o más de estas numerologías se pueden aplicar simultáneamente, con los esquemas de modulación aplicados simultáneamente alineados de tal manera que haya un alineación periódica entre los límites de símbolos de las dos señales moduladas.

55

Tabla 1

	T_{symb_n}	T_{cp_n}
n=1	2048/fs s	112/fs s
n=2	2048/fs s	832/fs s
n=3	2048/(4*fs) s	112/(4*fs) s
n=4	2048/(4*fs) s	832/(4*fs) s
n=5	6144/fs s	1304/fs s
n=6	512/fs s	28/fs s
n=7	512/fs s	208/fs s
n=8	256/(4*fs) s	14/(4*fs) s
n=9	256/(4*fs) s	104/(4*fs) s
n=10	2048/(32*fs) s	112/(32*fs) s
n=11	2048/(32*fs) s	208/(32*fs) s

5 Ejemplo 3: que T sea suficientemente bajo puede significar que T es el tiempo más corto que el terminal puede transmitir en una sola dirección dúplex. T también puede ser la periodicidad de la transmisión de una determinada secuencia en cualquiera de las señales, por ejemplo, una secuencia de señal de referencia o una secuencia destinada a la sincronización o la búsqueda de haces.

Técnicas de categoría 2: alineación con diferentes longitudes de prefijos cíclicos

10 Cabe señalar que la técnica general en esta categoría puede considerarse como una generalización de la técnica de categoría 1. Hay que indicar la duración del prefijo cíclico del símbolo m de la señal n por $T_{cp_n}(m)$. De acuerdo con algunas realizaciones de acuerdo con esta categoría 2 de técnicas, las duraciones de símbolo y prefijos cíclicos de las señales 1 y 2 se seleccionan de modo que:

15
$$\sum_{x=0}^{X-1} (T_{cp_1}(x+K) + T_{symb_1}) = \sum_{y=0}^{Y-1} (T_{cp_2}(y+L) + T_{symb_2}) = T,$$

con K, L siendo números enteros arbitrarios. K y L podrían ser cero.

20 Ejemplo 4: prefijos cíclicos variables. La tabla 2 ilustra un conjunto de ejemplos de prefijos cíclicos para siete símbolos que se encuentran dentro de un intervalo T. En este ejemplo, la duración de símbolo es constante entre los siete símbolos, a 2048 veces de muestra (1/fs). Los prefijos cíclicos varían de acuerdo con un patrón predeterminado, de modo que los primeros cuatro símbolos en un intervalo dado T tienen prefijos cíclicos que tienen 424 símbolos de largo, mientras que los siguientes tres símbolos tienen prefijos cíclicos de 416. En este ejemplo, $T = 2048*7 + 424*4 + 416*3 = 17280/fs$ s. Dado un reloj de muestra de 30,52 MHz, por ejemplo, T = 562,5
25 microsegundos.

Tabla 2

	T_{symb_n}	$T_{cp_n}(m), [m=1, m=2 \dots]$
n=2	2048/fs s	$x(m)/fs$ s, $x(m)=[424, 424, 424, 424, 416, 416, 416]$

30 Conmutadores de dirección dúplex alineados con la periodicidad de la alineación de símbolos

35 En algunas realizaciones, un nodo de red está configurado de modo que los conmutadores de dirección dúplex, es decir, la transmisión entre transmisión/recepción en una primera dirección a transmisión/recepción en una segunda dirección, se producen en instantes de tiempo definidos por T, donde las numerologías de modulación de multiportadora aplicadas tienen temporizaciones de símbolos de tal manera que los símbolos en las señales moduladas se alineen a intervalos de T. Dado que se produce una conmutación en T_0 , las conmutaciones posteriores solo pueden ocurrir en $T_0 + ZT$ con Z como un número entero.

Generación y multiplexación de la señal_1 y la señal_2

5 Cuando se usa OFDM o una técnica relacionada de modulación de multiportadora, las dos señales señal_1 y
 10 señal_2 pueden generarse usando una transformada de Fourier rápida inversa (IFFT) o, algo más generalmente,
 una transformada de Fourier discreta inversa (IDFT). Los ceros se insertan en la señal antes de la IFFT de la
 señal_1 para que coincida con el ancho de banda de la señal_2. Los ceros se insertan en la señal antes de la IFFT
 de la señal_2 para que coincida con el ancho de banda de la señal_1. La señal_1 pasa a través de un IFFT y un
 filtro, la señal_2 también pasa a través de un IFFT y un filtro. Después las señales se superponen (se añaden). La
 figura 10, que se explica en detalle a continuación, ilustra un ejemplo de un procedimiento de generación de señal
 que involucra dos esquemas de modulación de multiportadora, el primero con un espacio de subportadora de 16,875
 kHz y el segundo con un espacio de subportadora de cuatro veces eso, es decir, 67,5 kHz. Como se ve en esa
 figura, el segundo esquema de modulación tiene duraciones de símbolo que son un cuarto de las del primer
 esquema de modulación, y los símbolos se alinean en cada cuarto símbolo.

15 Para facilitar la implementación, en algunos casos puede ser ventajoso añadir bandas de guarda entre diferentes
 20 señales. En ese caso, parte del ancho de banda se sacrifica insertando ceros adicionales entre las señales, de modo
 que un grupo de subportadoras no transporta energía de señal. Esto relaja los requisitos de los filtros usados para
 separar las señales tanto en el transmisor como en los receptores. En el ejemplo de la figura 10, hay una banda de
 guarda de 119 subportadoras estrechas, o aproximadamente 2 MHz.

Diferentes posibilidades de superposición de señal_1 y señal_2

25 En el ejemplo que se muestra en la figura 10, las dos señales moduladas se superponen en el dominio del tiempo:
 los detalles de la conversión de la señal o señales en el dominio analógico y la conversión ascendente de la señal
 combinada se omiten, pero son bien conocidos por aquellos familiarizados con el diseño de transmisores OFDM, por
 ejemplo. Se apreciará que la superposición de las señales puede hacerse en el dominio digital, usando señales de
 banda base o en frecuencias intermedias, o en el dominio analógico, antes o después de los amplificadores de
 potencia, o por aire, es decir, transmitiendo las dos (o más señales) de diferentes antenas.

30 Receptor que usa la relación conocida entre la señal_1 y la señal_2 para derivar la sincronización

35 Debido a que los símbolos en las dos (o más señales) se alinean regularmente, es posible usar la información de
 temporización para una señal para derivar los parámetros de temporización para la otra señal. Por ejemplo, en
 algunas realizaciones, la señal_2 puede contener señales de referencia y/o señales de sincronización que el
 receptor puede usar para determinar la temporización del símbolo en la señal_2. El receptor puede entonces derivar
 la temporización de los límites del símbolo en la señal_1, basándose en los límites del símbolo en la señal_2. Más
 particularmente, dado que los símbolos de la señal_1 se alinean periódicamente con los símbolos de la señal_2, es
 posible derivar los límites del símbolo de la señal_1 a partir de los límites del símbolo de la señal_2.

40 LTE y nueva señal de multiportadora en la misma banda base

45 En algunas realizaciones, una de las señales, por ejemplo, la señal_1, puede ser una portadora LTE, con una
 numerología de acuerdo con las especificaciones LTE. La señal_2 puede ser una señal de multiportadora diferente
 generada usando cualquiera de las numerologías mencionadas anteriormente. En este caso, T sería preferiblemente
 1 milisegundo, o 1/Z milisegundos, donde Z es un número entero.

50 La figura 4 ilustra dos casos de configuraciones multimodo, como un ejemplo no limitativo de las técnicas divulgadas
 actualmente. Aquí, se definen microsubtramas: cada microsubtrama puede ser igual a unos pocos símbolos OFDM.
 Como ejemplo, se muestra que una microsubtrama 410 en la figura 4 consta de cuatro símbolos OFDM "largos" 412,
 414, 416 y 418, incluyendo cada uno de estos símbolos un prefijo cíclico. La nueva numerología permite la
 interoperabilidad de diferentes modos de modulación de multiportadora, caracterizados por diferentes espacios de
 subportadora y/o diferentes longitudes de símbolo. En el ejemplo ilustrado en la figura 4, una microsubtrama 410 con
 un espacio de subportadora estrecho y símbolos OFDM 412, 414, 416 y 418 correspondientemente largos, es igual
 a cuatro microsubtramas 420 con espacio de subportadora ancho y símbolos OFDM 422, correspondientemente
 55 cortos 424, 426, etc. Por lo tanto, los símbolos se alinean, una vez por cada micro subtrama más grande.

60 Cabe señalar que, si bien la figura 4 ilustra ejemplos en los que se usan dos modos de modulación de
 multiportadora, también se pueden soportar más de dos modos en un marco OFDM de modo mezclado. Aquellos
 familiarizados con los detalles de los moduladores y demoduladores OFDM apreciarán que la selección del modo, es
 decir, la selección de la longitud de símbolo OFDM y el espacio de subportadora para un modo de modulación de
 multiportadora dado, se puede lograr mediante la selección adecuada del tamaño de iFFT/FFT usado para modular
 y demodular la señal, en combinación con una tasa de muestreo dada. En LTE, el espacio de subportadora se fija en
 15 kHz, y la duración de símbolo se establece de modo que siete símbolos (prefijo cíclico "normal") o seis símbolos
 (prefijo cíclico extendido) quepan dentro de un intervalo de 500 microsegundos. Con el enfoque planeado para esta
 65 nueva capa física, un modo de modulación de multiportadora como la modulación OFDM (si no idéntico) usada en

LTE puede usarse en una banda de frecuencia al mismo tiempo que uno o más modos de modulación de multiportadora que tienen, por ejemplo, espacios de subportadora más anchos y longitudes de símbolo más cortas.

5 Uno de los problemas con el estándar LTE existente es que usa una estructura de subtrama fija de gran tamaño, lo que resulta en el desperdicio de recursos para datos de muy pequeño tamaño, como suele ser el caso en escenarios críticos de comunicación de tipo máquina (C-MTC). Además, debido a la granularidad de tiempo relativamente gruesa, los bloques de recursos LTE simplemente no cumplen con los requisitos de latencia muy baja de las aplicaciones C-MTC. Un segundo problema con el estándar LTE existente es que todos los diferentes servicios están obligados a usar la misma estructura de subtrama; la subtrama no se puede dividir entre diferentes usuarios para soportar los servicios de datos críticos de tiempo emergentes para aplicaciones C-MTC.

15 Ambas cuestiones se abordan mediante las técnicas multimodo detalladas en el presente documento. Las aplicaciones C-MTC pueden ser servidas con, por ejemplo, un modo de modulación de multiportadora que tiene un espacio de subportadora relativamente amplio y longitudes de símbolo OFDM relativamente cortas, por ejemplo, en comparación con las usadas en LTE. Esto, a su vez, facilita la comunicación con estas aplicaciones usando microsubtramas relativamente más cortas, como las microsubtramas 420 que se muestran en la figura 4. Al mismo tiempo, las aplicaciones de banda ancha móvil (MBB) pueden ser servidas con un modo de modulación de multiportadora separado que tiene un espacio de subportadora relativamente más estrecho y longitudes de símbolo OFDM relativamente más largas.

20 Debe entenderse que la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) es solo un ejemplo de una técnica de modulación de multiportadora. Otros ejemplos incluyen OFDM de difusión de transformada de Fourier discreta (difusión DFT o DFTS-OFDM), que también se conoce como acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA) u OFDM precodificada. Todavía otros ejemplos incluyen la modulación de multiportadora de banco de filtros (FBMC), FBMC precodificada y multiplexación por división de frecuencia generalizada (GFDM). Quienes estén familiarizados con estas técnicas reconocerán que el procesamiento de la señal digital para cada una de estas técnicas variará, pero deben apreciar que una o más de estas técnicas de modulación de multiportadora pueden emplearse en los esquemas multimodales detallados en el presente documento; en consecuencia, donde las realizaciones de ejemplo se describen en el presente documento en términos de OFDM, las técnicas y aparatos descritos pueden emplear una o más técnicas de modulación de multiportadora además de o en lugar de OFDM.

35 La figura 5 ilustra un diagrama de un nodo 30 de acceso a la red, tal como una estación base, de acuerdo con algunas realizaciones. El nodo 30 de red facilita la comunicación entre dispositivos inalámbricos y la red central. El nodo 30 de acceso a la red incluye un circuito 38 de interfaz de comunicación que incluye circuitería para comunicarse con otros nodos en la red central, nodos de radio y/u otros tipos de nodos en la red con el fin de proporcionar datos y servicios de comunicación celular. El nodo 30 de acceso a la red se comunica con dispositivos inalámbricos a través de antenas 34 y un circuito transceptor 36. El circuito transceptor 36 puede incluir circuitos transmisores, circuitos receptores y circuitos de control asociados que están configurados colectivamente para transmitir y recibir señales de acuerdo con una tecnología de acceso por radio, con el fin de proporcionar servicios de comunicación celular.

45 El nodo 30 de acceso a la red también incluye uno o más circuitos 32 de procesamiento que están asociados operativamente con el circuito 38 de interfaz de comunicación o el circuito transceptor 36. El nodo 30 de acceso a la red usa el circuito 38 de interfaz de comunicación para comunicarse con los nodos de red y el transceptor 36 para comunicarse con los equipos de usuario. Para facilitar la explicación, dicho o más circuitos 32 de procesamiento se denominan en lo sucesivo "el circuito 32 de procesamiento". El circuito 32 de procesamiento comprende uno o más procesadores digitales 42, por ejemplo, uno o más microprocesadores, microcontroladores, procesadores de señal digital o DSP, matrices de puertas programables de campo o FPGA, dispositivos lógicos programables complejos o CPLD, circuitos integrados de aplicación específica o ASIC, o cualquier combinación de los mismos. Más generalmente, el circuito 32 de procesamiento puede comprender circuitería fija, o circuitería programable que se configuran especialmente mediante la ejecución de instrucciones de programa que implementan la funcionalidad enseñada en el presente documento, o pueden comprender alguna mezcla de circuitería fija y programada. El procesador 42 puede ser multinúcleo, es decir, que tiene dos o más núcleos de procesador utilizados para un rendimiento mejorado, un consumo de energía reducido y un procesamiento simultáneo más eficiente de múltiples tareas.

60 El circuito 32 de procesamiento también incluye una memoria 44. La memoria 44, en algunas realizaciones, almacena uno o más programas informáticos 46 y, opcionalmente, datos 48 de configuración. La memoria 44 proporciona almacenamiento no transitorio para el programa informático 46 y puede comprender uno o más tipos de medios legibles por computadora, tales como almacenamiento en disco, almacenamiento en memoria de estado sólido o cualquier combinación de los mismos. A modo de ejemplo no limitativo, la memoria 44 comprende una o más de las memorias SRAM, DRAM, EEPROM y FLASH, que pueden estar en el circuito 32 de procesamiento y/o separadas del circuito 32 de procesamiento.

65

En general, la memoria 44 comprende uno o más tipos de medios de almacenamiento legibles por computadora que proporcionan almacenamiento no transitorio del programa informático 46 y cualquier dato 48 de configuración usado por el nodo 30 de acceso a la red. Aquí, "no transitorio" significa almacenamiento permanente, semipermanente, o al menos temporalmente persistente, y abarca tanto el almacenamiento a largo plazo en la memoria no volátil como el almacenamiento en la memoria de trabajo, por ejemplo, para la ejecución del programa.

La circuitería 32 de procesamiento, ya sea sola o en combinación con otro hardware digital, está configurada para realizar técnicas de modulación de multiportadora (para el nodo 30 de acceso a la red que actúa como un nodo transmisor), como se describe en el presente documento, y/o una o más técnicas de demodulación de multiportadora (para el nodo 30 de acceso a la red que actúa como un nodo receptor), como se describe en el presente documento. Una técnica de modulación de ejemplo se muestra en la figura 6.

La figura 6 ilustra la modulación OFDM usando una transformada de Fourier rápida inversa (IFFT) o, más generalmente, y una transformada de Fourier discreta inversa (IDFT). Como se explicará con más detalle a continuación, se pueden usar dos o más instancias simultáneas de la configuración de procesamiento de señal que se muestra en la figura 6 para la operación multimodo. Como se indica mediante los diagramas de la figura 4, el número de subportadoras OFDM N_c y el espacio de subportadora puede variar. El número de subportadoras N_c puede variar de menos de cien a varios miles, dependiendo del espacio de subportadora seleccionado y el ancho de banda de transmisión general.

Como se ilustra en la figura 6, durante cada intervalo de tiempo OFDM, el convertidor de serie a paralelo 602 proporciona N_c símbolos modulados a_0 a a_{N_c-1} a la IDFT 604 de tamaño N . El tamaño de IFFT corresponde al número total de subportadoras que pueden generarse; el número real de subportadoras generadas es N_c en la figura 6.

La salida paralela de IDFT 604 se convierte en una secuencia de tiempo en serie por el convertidor de paralelo a serie 606. El insertador 608 de prefijo cíclico inserta una copia de parte del símbolo OFDM al comienzo del símbolo OFDM, para hacer que la señal OFDM sea menos sensible a la dispersión temporal. Después de la conversión digital a analógica por el convertidor 610, la señal de salida final $x(t)$ se prepara para la transmisión.

La figura 7 ilustra la demodulación usando el procesamiento FFT o, más generalmente, el procesamiento DFT. La señal recibida $r(t)$ se muestrea, y su eliminador 702 de CP elimina su prefijo cíclico. El convertidor de serie a paralelo 704 proporciona las muestras del símbolo OFDM a la DFT 706 de tamaño N , que extrae los valores del símbolo de datos de las múltiples subportadoras de la señal modulada. Estos símbolos de datos se convierten luego en un flujo en serie de símbolos de datos mediante el convertidor de paralelo a serie 708. Estos símbolos de datos se demodulan individualmente y los datos resultantes se decodifican.

La figura 8 ilustra la modulación OFDM con precodificación basada en DFT, o OFDM de difusión DFT (DFTS-OFDM), que puede denominarse acceso múltiple por división de frecuencia de portadora única (SC-FDMA). Se aplica un bloque de símbolos de modulación M a DFT 802 de tamaño M . La salida del DFT 802 se aplica luego a las entradas de un modulador OFDM 804 que se implementa como un IDFT de tamaño N ; cada entrada del modulador OFDM 804 corresponde a una subportadora de la señal modulada resultante. Después de la conversión de la salida IDFT a una secuencia de tiempo en el modulador OFDM 804, el insertador 806 de prefijo cíclico inserta un prefijo cíclico. Finalmente, la señal de salida $x(t)$ se emite después de la conversión mediante el convertidor digital a analógico 808.

La figura 9 ilustra la demodulación DFTS-OFDM donde una señal recibida $r(t)$ es procesada por el eliminador 902 de prefijo cíclico, DFT 904 de tamaño N y IDFT 906 de tamaño M . Se apreciará que el demodulador DFTS-OFDM que se muestra en la figura 9 es similar al demodulador OFDM de la figura 7, pero con el IDFT 906 de tamaño M añadido.

Como se mencionó anteriormente, aunque OFDM y DFTS-OFDM se describen como ejemplos de técnicas de modulación/demodulación de multiportadora, las realizaciones de la presente invención no se limitan a tales técnicas. Además, se observa que la ecualización (que se puede hacer en el dominio de la frecuencia) se omite de las figuras por simplicidad.

El tamaño de IFFT se puede seleccionar para esquemas de modulación con diferentes numerologías o variantes de parámetros de transmisión. Las asignaciones resultantes pueden proporcionar símbolos con diferentes espacios de subportadora en diferentes porciones de banda de frecuencia del mismo intervalo de tiempo. Por ejemplo, la figura 10 muestra dos moduladores 1002 y 1004 de multiportadora aplicados simultáneamente. El modulador 1002 opera con un tamaño IFFT de 2048 y es capaz de generar 2048 subportadoras moduladas relativamente estrechas, mientras que el modulador 1004 opera con un tamaño IFFT de 512. El modulador 1004 produce hasta 512 subportadoras que son cuatro veces más anchas que las del modulador 1002, al tiempo que produce símbolos que son un cuarto de la longitud.

En el ejemplo ilustrado, se generan las subportadoras 400-1000 del modulador 1002, cada una con un ancho de banda de 16,875 kHz, mientras que las subportadoras 280-400 del modulador 1004 tienen cada una un ancho de banda de 67,5kHz. Se apreciará que los rangos de las entradas usadas en los moduladores 1002 y 1004 se seleccionan para que las subportadoras resultantes no caigan una sobre otra. En el ejemplo ilustrado, las 121 subportadoras relativamente anchas del modulador 1004 corresponden a la porción del espectro que estaría ocupada por las subportadoras 1120-1600 del modulador 1002. Por lo tanto, las entradas correspondientes del modulador no se usan. Esto proporciona un pequeño hueco, en el dominio de la frecuencia, entre las salidas de los dos moduladores de multiportadora, lo que significa que las dos señales moduladas pueden simplemente agregarse entre sí, en el dominio del tiempo, antes de la transmisión. El resultado es que en un intervalo de tiempo dado, el esquema 1002 de modulación proporciona bloques de símbolos más largos para una primera porción no superpuesta de la banda de frecuencia, mientras que el esquema 1004 de modulación proporciona bloques de símbolos más cortos en un mayor número de espacios en una segunda porción no superpuesta de la banda de frecuencia. Como resultado, los símbolos se pueden dirigir a diferentes nodos receptores usando diferentes espacios de subportadora, todos dentro del mismo intervalo de tiempo. Téngase en cuenta que estos nodos receptores pueden ser nodos de red, UE u otros dispositivos inalámbricos, en diversas realizaciones.

Las realizaciones de la presente invención proporcionan el uso de diferentes esquemas de modulación de multiportadora para diferentes porciones de la banda de frecuencia. Más particularmente, esto significa que una primera porción de la banda de frecuencia puede contener una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de los intervalos de tiempo de una longitud predeterminada, mientras que una segunda porción de la banda contiene simultáneamente una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dichos o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero. Estas señales pueden transmitirse simultáneamente en la banda de frecuencia, de modo que las señales primera y segunda se multiplexen en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y de modo que un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinee con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo.

Esto significa que el espacio de subportadora y/o las duraciones de símbolo pueden diferir en diferentes porciones de la banda de frecuencia. Si bien se combinan dos esquemas de modulación de multiportadora en el ejemplo que se muestra en la figura 10, se apreciará que esto puede extenderse a tres, cuatro o más esquemas de modulación de multiportadora, siempre que se asignen porciones no colisionantes de la banda de frecuencias a los múltiples moduladores.

De acuerdo con diversas realizaciones de las técnicas descritas en el presente documento, un nodo transmisor y/o un nodo receptor pueden realizar comunicaciones usando diversas combinaciones de las técnicas de modulación y demodulación de multiportadora descritas en las figuras 6 a 10 u otras técnicas de modulación de multiportadora. Por ejemplo, haciendo referencia a la figura 5, el procesador 42 del circuito 32 de procesamiento del nodo 30 de acceso a la red puede ejecutar un programa informático 46 almacenado en la memoria 44 que configura el procesador 42 para operar el nodo 30 de acceso a la red como un nodo transmisor que realiza modulación de multiportadora. El circuito 32 de procesamiento puede comprender hardware digital especializado para realizar el procesamiento DFT/IDFT, en cooperación con uno o más procesadores basados en programas, en algunas realizaciones. El procesador 42 está configurado, por ejemplo, para formar una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de los intervalos de tiempo de una longitud predeterminada, y para formar una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero. El procesador 42 está configurado además para controlar el circuito transceptor 36 para transmitir simultáneamente las señales primera y segunda en una banda de frecuencia, de modo que las señales primera y segunda se multiplexen en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y de modo que un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinee con el tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo. Esta estructura y funcionalidad pueden denominarse circuitería 40 de modulación/demodulación en el circuito 32 de procesamiento.

La figura 11 ilustra un método 1100 de ejemplo para transmitir una señal multimodo, tal como podría implementarse mediante el circuito 32 de procesamiento en la figura 10. El método 1110 incluye, como se muestra en el bloque 1110, formar una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de los intervalos de tiempo de una longitud predeterminada. Como se muestra en el bloque 1120, el método incluye además formar una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de los intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero. Finalmente, como se muestra en el bloque 1130, el método incluye transmitir simultáneamente las señales primera y segunda en una banda de frecuencia, de modo que las señales primera y segunda se multiplexen en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y de modo que un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinee con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo.

65

- En algunas realizaciones del método ilustrado, las señales primera y segunda tienen espacios de subportadora primero y segundo, respectivamente, los espacios de subportadora primero y segundo difieren entre sí. En algunas de estas y en algunas otras realizaciones, cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende una duración de símbolo y una duración de prefijo cíclico, siendo la duración del prefijo cíclico y la duración de símbolo constante entre los intervalos de símbolo. En otras realizaciones, cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende una duración de símbolo y una duración de prefijo cíclico, variando la duración del prefijo cíclico entre los intervalos de símbolo de acuerdo con un patrón predeterminado. Como se indicó anteriormente, en algunas realizaciones, una de las señales primera y segunda puede ser una señal LTE.
- En algunas realizaciones, la longitud predeterminada de uno o más intervalos de tiempo es $1/Z$ milisegundos, donde Z es un número entero. En algunas realizaciones, cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende una duración del primer símbolo y cada intervalo de símbolo en la segunda señal comprende una duración del segundo símbolo, que difiere de la duración del primer símbolo, y las duraciones de símbolo primera y segunda son cada una múltiplos enteros de un intervalo de muestreo de $1/(34,56 \text{ MHz})$, es decir, $1/34,56$ microsegundos. En algunas realizaciones, estos múltiplos enteros son cada uno potencias de dos.
- En algunas realizaciones, una o ambas de las señales primera y segunda comprenden una secuencia de señal de referencia que tiene una periodicidad igual a la longitud predeterminada de los intervalos de tiempo. En algunas de estas y en algunas otras realizaciones, una o ambas de las señales primera y segunda comprenden una señal de sincronización que tiene una periodicidad igual a la longitud predeterminada de los intervalos de tiempo, o igual a un múltiplo entero de la longitud predeterminada de los intervalos de tiempo.
- En algunas realizaciones, la transmisión ilustrada en el bloque 1130 de la figura 11 se realiza durante uno o más intervalos de transmisión de un esquema de dúplex por división de tiempo (TDD), donde la conmutación entre intervalos de transmisión y los intervalos de recepción del esquema TDD se realiza solo en tiempos de conmutación separados por un número entero de los intervalos de tiempo de la longitud predeterminada.
- En algunas realizaciones del método que se muestra en la figura 11, la formación de cada una de las señales primera y segunda comprende rellenar una secuencia de muestras de datos con ceros para que coincida con una longitud predeterminada de transformada de Fourier rápida inversa (IFFT), realizando una IFFT en la secuencia rellena de muestras de datos, y filtrar la salida de IFFT con un filtro en forma de pulso. Las salidas del filtro en forma de pulso para las señales primera y segunda se combinan. El relleno en estas realizaciones se realiza de modo que las salidas IFFT para las señales primera y segunda se multiplexen en el dominio de la frecuencia. En algunas de estas realizaciones, formar cada una de las señales primera y segunda comprende realizar una transformada de Fourier rápida (FFT) en una serie de valores de muestra para obtener la secuencia de muestras de datos, y el relleno mencionado anteriormente comprende concatenar la secuencia de muestras de datos con ceros anteriores o ceros siguientes, o ambos, de modo que las salidas IFFT para las señales primera y segunda no se superponen en el dominio de la frecuencia.
- Con referencia una vez más a la figura 5, el procesador 42 del circuito 32 de procesamiento puede ejecutar un programa informático 46 almacenado en la memoria 44 que configura el procesador 42 para operar el nodo de acceso a la red como un nodo receptor que realiza la recepción y demodulación de un señal de modo multiportadora como se describe en el presente documento. El procesador 42 está así configurado, por ejemplo, para: recibir una señal de radiofrecuencia en una banda de frecuencia, usando el transceptor 36; recuperar, de la señal de radiofrecuencia recibida, una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno o más de los intervalos de tiempo de una longitud predeterminada; y recuperar, de la señal de radiofrecuencia recibida, una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero; donde las señales primera y segunda se multiplexan en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y se superponen en el tiempo por al menos uno de los intervalos de tiempo, y en el que un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinea con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo. Esta estructura y funcionalidad también pueden denominarse o ser parte de la circuitería 40 de modulación/demodulación en el circuito 32 de procesamiento.
- La figura 12 ilustra un método 1200 de ejemplo para recibir y demodular una señal multimodo, tal como podría implementarse mediante el circuito 32 de procesamiento en la figura 10. El método 1200 incluye, como se muestra en el bloque 1210, recibir una señal de radiofrecuencia en una banda de frecuencia. Como se muestra en el bloque 1220, el método comprende además recuperar, de la señal de radiofrecuencia recibida, una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de uno o más intervalos de tiempo de una longitud predeterminada. Finalmente, como se muestra en el bloque 1230, el método incluye recuperar, de la señal de radiofrecuencia recibida, una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero. En el método ilustrado, las señales primera y segunda se multiplexan en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y se superponen en el tiempo por al menos uno de los intervalos de tiempo, y un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinea con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo.

En algunas realizaciones, el método comprende además la sincronización con la primera señal usando una señal de sincronización incluida en la primera señal, determinando la temporización del símbolo para la primera señal, basándose en dicha sincronización, determinando la temporización del símbolo para la segunda señal, basándose en la temporización del símbolo para la primera señal. Estas operaciones se muestran en los bloques 1240, 1250 y 1260 de la figura 12.

El nodo 30 de acceso a la red puede denominarse nodo, nodo de red o nodo de red de radio. El nodo 30 de acceso a la red puede ser cualquier tipo de nodo de acceso a la red que puede incluir una estación base, estación base de radio, estación transceptora base, Nodo B evolucionado (eNodoB), Nodo B, nodo de retransmisión, punto de acceso, punto de acceso inalámbrico, punto de acceso por radio, nodo de acceso por radio de red ultradensa (UDN)/red definida por software (SDN), unidad de radio remota (RRU), encabezado de radio remota (RRH), etc.

La figura 13 ilustra un diagrama de un dispositivo inalámbrico, tal como un equipo 50 de usuario, de acuerdo con algunas realizaciones. Para facilitar la explicación, también se puede considerar que el equipo 50 de usuario representa cualquier dispositivo inalámbrico que pueda operar en una red. El UE 50 en el presente documento puede ser cualquier tipo de dispositivo inalámbrico capaz de comunicarse con el nodo de red u otro UE a través de señales de radio. El UE 50 también puede ser un dispositivo de comunicación por radio, dispositivo de destino, dispositivo a dispositivo (D2D) UE, UE de tipo máquina o UE capaz de comunicación de máquina a máquina (M2M), un sensor equipado con UE, PDA (asistente digital personal), tableta, terminales móviles, teléfonos inteligentes, equipos portátiles integrados (LEE), equipos montados en equipos portátiles (LME), adaptadores USB, equipos de instalaciones del cliente (CPE), etc.

El UE 50 se comunica con un nodo de radio o estación base, como el nodo 30 de acceso a la red, a través de las antenas 54 y un circuito transceptor 56. El circuito transceptor 56 puede incluir circuitos transmisores, circuitos receptores y circuitos de control asociados que están configurados colectivamente para transmitir y recibir señales de acuerdo con una tecnología de acceso por radio, con el fin de proporcionar servicios de comunicación celular.

El UE 50 también incluye uno o más circuitos 52 de procesamiento que están asociados operativamente con el circuito transceptor 56 de radio. El circuito 52 de procesamiento comprende uno o más circuitos de procesamiento digital, por ejemplo, uno o más microprocesadores, microcontroladores, procesadores de señal digital o DSP, matrices de puertas programables de campo o FPGA, dispositivos lógicos programables complejos o CPLD, circuitos integrados de aplicación específica o ASIC, o cualquier combinación de los mismos. De manera más general, el circuito 52 de procesamiento puede comprender circuitería fija, o circuitería programable que está especialmente adaptada mediante la ejecución de instrucciones de programa que implementan la funcionalidad enseñada en el presente documento, o pueden comprender alguna mezcla de circuitería fija y programada. El circuito 52 de procesamiento puede ser multinúcleo.

El circuito 52 de procesamiento también incluye una memoria 64. La memoria 64, en algunas realizaciones, almacena uno o más programas informáticos 66 y, opcionalmente, datos 68 de configuración. La memoria 64 proporciona almacenamiento no transitorio para el programa informático 66 y puede comprender uno o más tipos de medios legibles por computadora, tales como almacenamiento en disco, almacenamiento en memoria de estado sólido o cualquier combinación de los mismos. A modo de ejemplo no limitativo, la memoria 64 comprende una o más de las memorias SRAM, DRAM, EEPROM y FLASH, que pueden estar en el circuito 52 de procesamiento y/o separadas del circuito 52 de procesamiento. En general, la memoria 64 comprende uno o más tipos de medios de almacenamiento legibles por computadora que proporcionan almacenamiento no transitorio del programa informático 66 y cualquier dato 68 de configuración usado por el equipo 50 de usuario.

El UE 50, por ejemplo, que usa circuitería 60 de modulación/demodulación, puede configurarse para realizar al menos las técnicas de modulación y demodulación ilustradas en las figuras 4 a 12. Por ejemplo, el procesador 62 del circuito procesador 52 puede ejecutar un programa informático 66 almacenado en la memoria 64 que configura el procesador 62 para funcionar como un nodo transmisor, como se explicó anteriormente para el procesador 42 del nodo 30 de acceso a la red. Esta funcionalidad se puede realizar mediante la circuitería 60 de modulación/demodulación en el circuito 52 de procesamiento. El circuito 52 de procesamiento del UE 50 puede, por lo tanto, configurarse para realizar un método para la modulación de multiportadora, tal como el método 1100 de la figura 11, y las diversas variantes de ese método descritas anteriormente.

El procesador 62 del circuito procesador 52 puede ejecutar un programa informático 66 almacenado en la memoria 64 que configura el procesador 62 para operar el nodo 50 de equipo de usuario como un nodo receptor, como se explicó anteriormente para el procesador 42 del nodo 30 de acceso a la red. Esta funcionalidad se puede realizar mediante la circuitería 60 de modulación/demodulación en el circuito 52 de procesamiento. El circuito 52 de procesamiento del UE puede, por lo tanto, configurarse para realizar un método para la demodulación de multiportadora, tal como el método 1200 de la figura 12, como se describe a continuación, y sus variaciones.

En algunos casos, un nodo transmisor, como el nodo 30 de acceso a la red, puede configurarse para operar con tales técnicas de modulación y demodulación, mientras que un nodo receptor, como el UE 50, simplemente puede

recibir y demodular los símbolos destinados para ello, de acuerdo con una sola técnica de modulación de multiportadora.

5 La figura 14 ilustra un ejemplo de módulo funcional o arquitectura de circuito que puede implementarse en un nodo que opera como un transmisor, por ejemplo, basándose en la circuitería 40 de modulación/demodulación de la figura 5 o la circuitería 60 de modulación/demodulación de la figura 13. La realización ilustrada al menos funcionalmente incluye: un primer módulo 1402 de formación de señal para formar una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de uno o más intervalos de tiempo de una longitud predeterminada; un
10 segundo módulo 1404 de formación de señal para formar una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero; y un módulo transmisor 1406 para transmitir simultáneamente las señales primera y segunda en una banda de frecuencia, de modo que las señales primera y segunda se multiplexen en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y de modo que un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinee con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al
15 menos una vez por intervalo de tiempo.

Se apreciará que todas las diversas variaciones de la figura 11 descritas anteriormente son igualmente aplicables al aparato mostrado en la figura 14.

20 La figura 15 ilustra un ejemplo de módulo funcional o arquitectura de circuito que puede implementarse en un nodo que opera como un nodo receptor, por ejemplo, basándose en la circuitería 40 de modulación/demodulación de la figura 5 o la circuitería 60 de modulación/demodulación de la figura 13. La realización ilustrada al menos funcionalmente incluye: un módulo receptor 1502 configurado para recibir una señal de radiofrecuencia en una banda de frecuencia; un primer módulo 1504 de recuperación de señal para recuperar, de la señal de radiofrecuencia recibida, una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de uno o más intervalos de tiempo de una longitud predeterminada; y un segundo módulo 1506 de recuperación de
25 señal para recuperar, de la señal de radiofrecuencia recibida, una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primero número entero. Estos módulos están configurados para actuar sobre las señales primera y segunda que se multiplexan en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y se superponen en el tiempo por al menos uno de los intervalos de tiempo, y en el que un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinea con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la
30 segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo.

35 Se apreciará que todas las diversas variaciones de la figura 12 descritas anteriormente son igualmente aplicables al aparato mostrado en la figura 15.

Una ventaja de las diversas técnicas descritas en el presente documento es que permiten la alineación periódica de los símbolos de las dos o más señales en una señal de multiportadora multimodo. Esto permite la operación de
40 dúplex por división de tiempo (TDD) sin perder la calidad de ninguna de las señales (ningún símbolo está parcialmente cortado). Las técnicas también permiten una implementación más simple de esquemas de planificación y control que se coordinan entre las dos o más señales. El hecho de que se produzca una alineación periódica entre los símbolos de las dos señales también simplifica los algoritmos de sincronización en el receptor; esto permite que el receptor obtenga instantes de tiempo de inicio de símbolos en una señal basándose en los instantes de inicio de
45 símbolos en otra señal usando un proceso simplificado.

En particular, las modificaciones y otras realizaciones de la invención o invenciones divulgadas le vendrán a la mente a un experto en la técnica que se beneficia de las enseñanzas presentadas en las descripciones anteriores y los dibujos asociados. Aunque en el presente documento pueden emplearse términos específicos, se usan solo en
50 un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1.- Un método, en un nodo de transmisión, que comprende:

5 formar (1110) una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de uno o más intervalos de tiempo de una longitud predeterminada, en el que cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende una primera duración de símbolo, y en el que cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende además una duración del prefijo cíclico, variando la duración del prefijo cíclico entre los intervalos de símbolo de acuerdo con un patrón predeterminado;

10 formar (1120) una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero, en el que cada intervalo de símbolo en la segunda señal comprende una segunda duración de símbolo, que difiere de la primera duración de símbolo;

15 en el que, las señales primera y segunda tienen espacios de subportadora primero y segundo,

respectivamente, los espacios de subportadora primero y segundo difieren entres sí; y

20 transmitir (1130) simultáneamente las señales primera y segunda en una banda de frecuencia, de modo que las señales primera y segunda se multiplexen en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y de modo que el tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinee con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo.

25 2.- El método de la reivindicación 1, en el que la longitud predeterminada de uno o más intervalos de tiempo es 1 milisegundos.

3.- El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que las duraciones de símbolo primera y segunda son números múltiplos enteros de un intervalo de muestreo de 1/34,56 microsegundos.

30 4.- El método de la reivindicación 3, en el que los múltiplos enteros son cada uno potencias de dos.

5.- Un método, en un nodo receptor, que comprende:

35 recibir (1210) una señal de radiofrecuencia en una banda de frecuencia;

recuperar (1220), de la señal de radiofrecuencia recibida, una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de uno o más intervalos de tiempo de una longitud predeterminada, en el que cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende una primera duración de símbolo, y en el que cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende además una duración del prefijo cíclico, variando la duración del prefijo cíclico entre los intervalos de símbolo de acuerdo con un patrón predeterminado; y

40 recuperar (1230), de la señal de radiofrecuencia recibida, una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero, en el que cada intervalo de símbolo en la segunda señal comprende una segunda duración de símbolo, que difiere de la primera duración de símbolo;

en el que, las señales primera y segunda tienen espacios de subportadora primero y segundo,

50 respectivamente, los espacios de subportadora primero y segundo difieren entres sí; y

en el que las señales primera y segunda se multiplexan en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y se superponen en el tiempo por al menos uno de los intervalos de tiempo, y en el que un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinea con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo.

55 6.- Un transmisor inalámbrico (30) adaptado para:

60 formar una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de uno o más intervalos de tiempo de una longitud predeterminada, en el que cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende una primera duración de símbolo, y en el que cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende además una duración del prefijo cíclico, variando la duración del prefijo cíclico entre los intervalos de símbolo de acuerdo con un patrón predeterminado;

65 formar una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero,

en el que cada intervalo de símbolo en la segunda señal comprende una segunda duración de símbolo, que difiere de la primera duración de símbolo;

en el que, las señales primera y segunda tienen espacios de subportadora primero y segundo,

5

respectivamente, los espacios de subportadora primero y segundo difieren entre sí; y

transmitir simultáneamente las señales primera y segunda en una banda de frecuencia, de modo que las señales primera y segunda se multiplexen en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y de modo que el tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinee con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo.

10

7.- El transmisor inalámbrico (30) de la reivindicación 6, en el que la longitud predeterminada de dicho o más intervalos de tiempo es 1 milisegundo.

15

8.- El transmisor inalámbrico (30) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, en el que las duraciones de símbolo primera y segunda son cada una múltiplos enteros de un intervalo de muestreo de 1/34,56 microsegundos.
22.

20

9.- El transmisor inalámbrico (30) de la reivindicación 8, en el que los múltiplos enteros son cada uno potencias de dos.

10.- Un receptor inalámbrico (50) adaptado para:

25

recibir una señal de radiofrecuencia en una banda de frecuencia;

recuperar, de la señal de radiofrecuencia recibida, una primera señal que tiene un primer número entero de intervalos de símbolo en cada uno de uno o más intervalos de tiempo de una longitud predeterminada, en el que cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende una primera duración de símbolo, y en el que cada intervalo de símbolo en la primera señal comprende además una duración del prefijo cíclico, variando la duración del prefijo cíclico entre los intervalos de símbolo de acuerdo con un patrón predeterminado; y

30

recuperar, de la señal de radiofrecuencia recibida, una segunda señal que tiene un segundo número entero de intervalos de símbolo en cada uno de dicho o más intervalos de tiempo de la longitud predeterminada, el segundo número entero difiere del primer número entero, en el que cada intervalo de símbolo en la segunda señal comprende una segunda duración de símbolo, que difiere de la primera duración de símbolo;

35

en el que, las señales primera y segunda tienen espacios de subportadora primero y segundo,

40

respectivamente, los espacios de subportadora primero y segundo difieren entre sí;

en el que las señales primera y segunda se multiplexan en el dominio de la frecuencia en la banda de frecuencia y se superponen en el tiempo por al menos uno de los intervalos de tiempo, y en el que un tiempo de inicio del intervalo de símbolo en la primera señal se alinea con un tiempo de inicio del intervalo de símbolo correspondiente en la segunda señal al menos una vez por intervalo de tiempo.

45

11.- Un producto de programa informático que comprende instrucciones de programa configuradas para la ejecución por un procesador en un nodo transmisor inalámbrico, en el que las instrucciones del programa están configuradas para hacer que el transmisor inalámbrico lleve a cabo un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

50

12.- Un producto de programa informático que comprende instrucciones de programa configuradas para la ejecución por un procesador en un nodo receptor inalámbrico, en el que las instrucciones del programa están configuradas para hacer que el receptor inalámbrico lleve a cabo un método según la reivindicación 5.

55

13.- Un medio legible por computadora que comprende, almacenado en él, el producto de programa informático de la reivindicación 11 o 12.

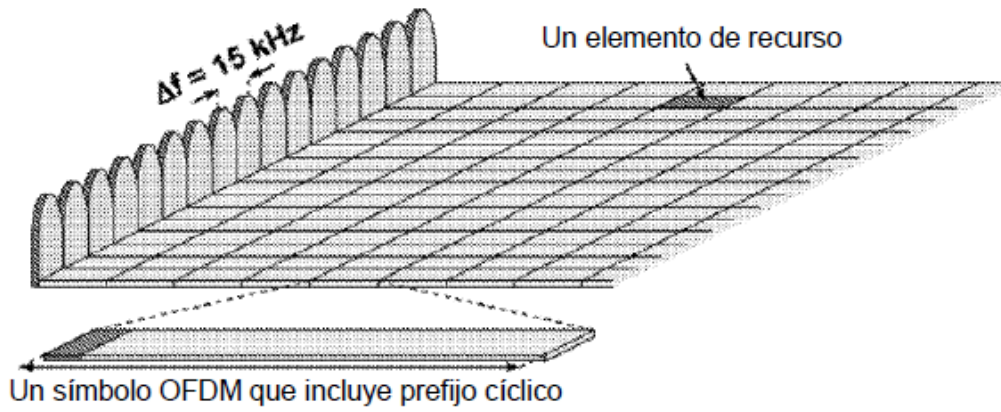


FIG. 1

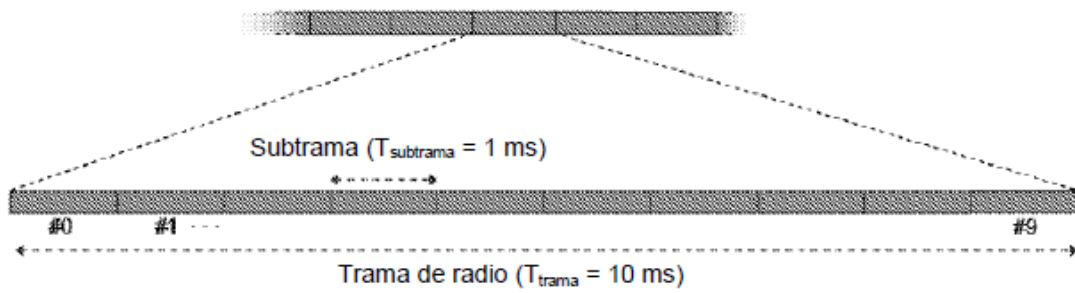


FIG. 2

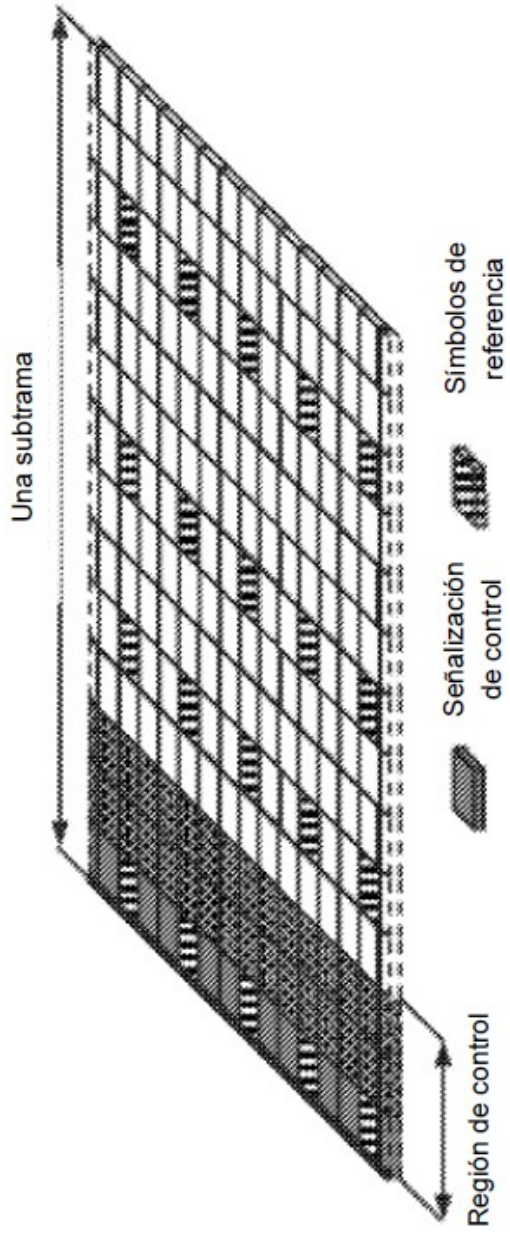


FIG. 3

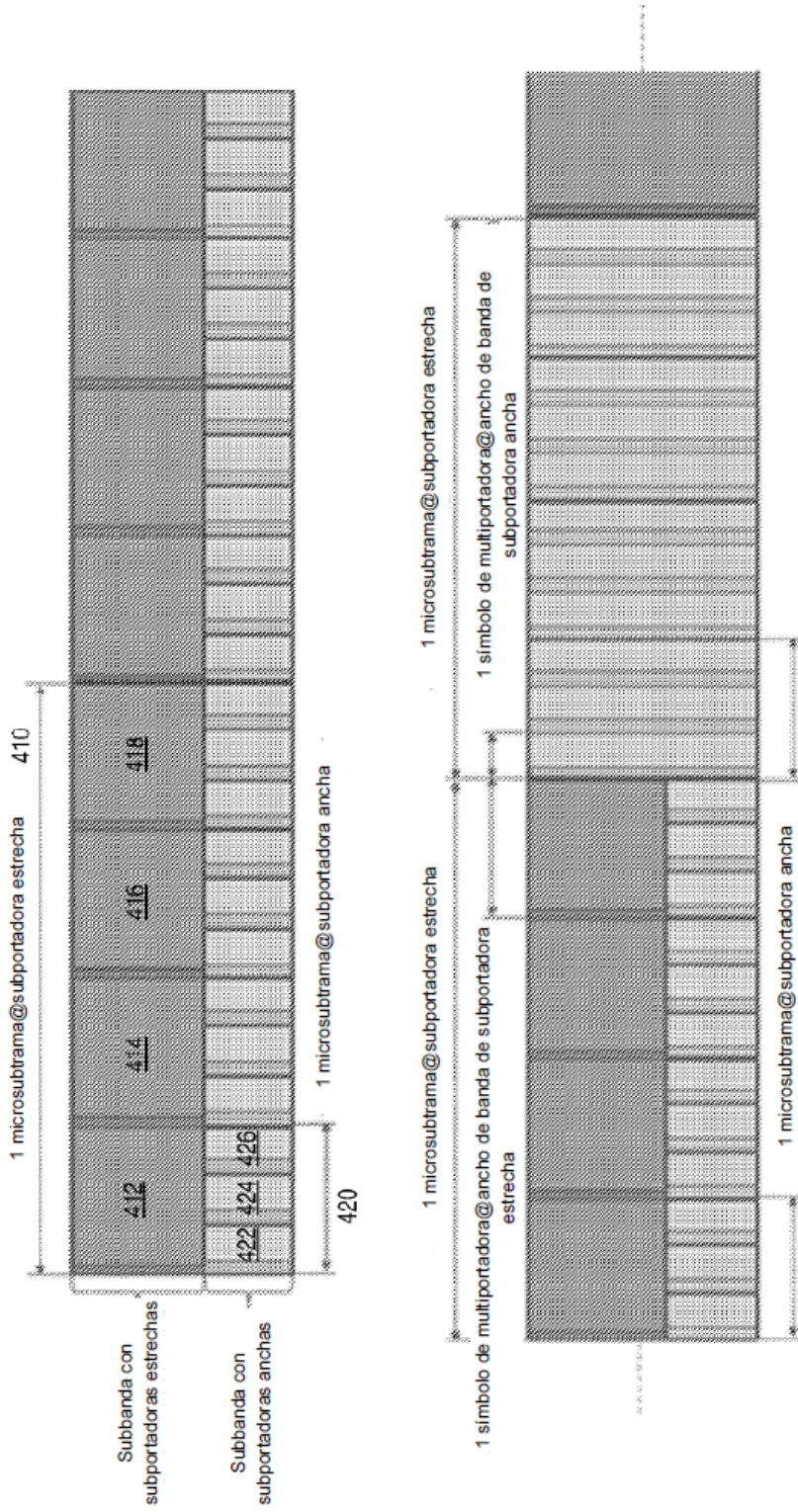


FIG. 4

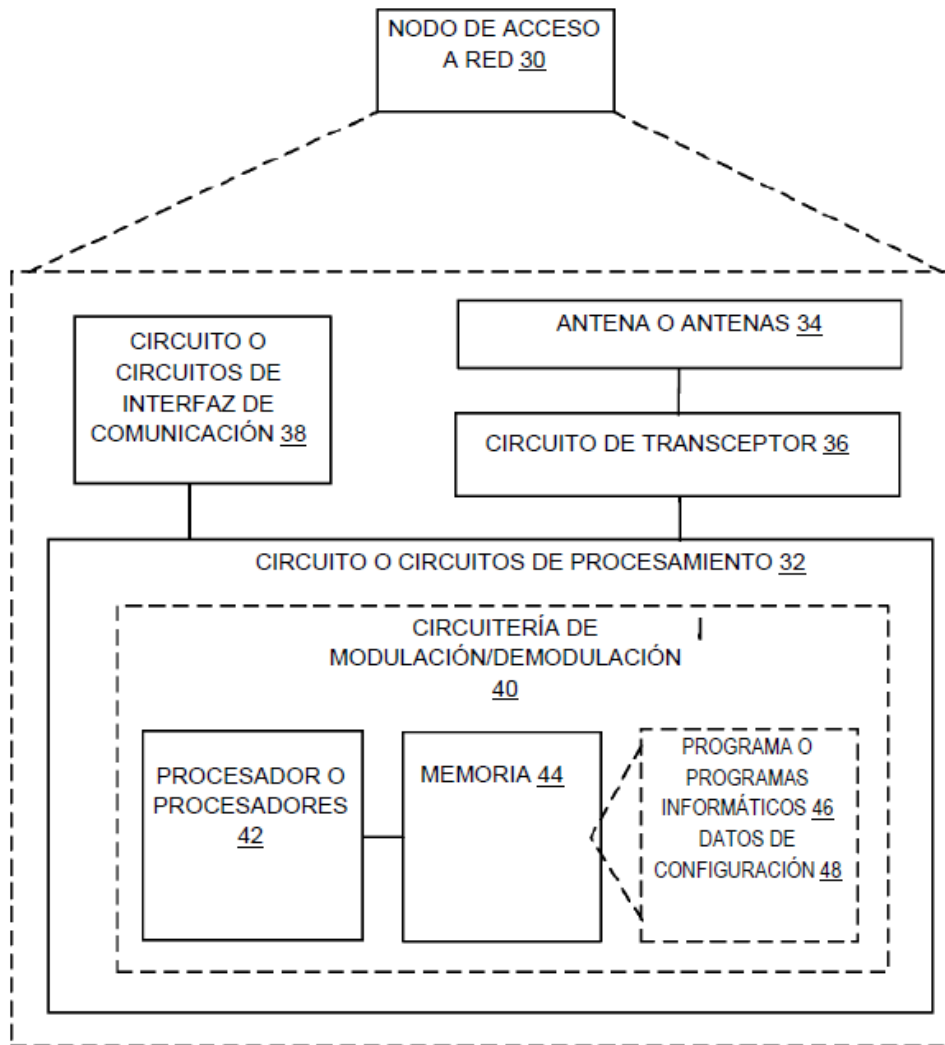


FIG. 5

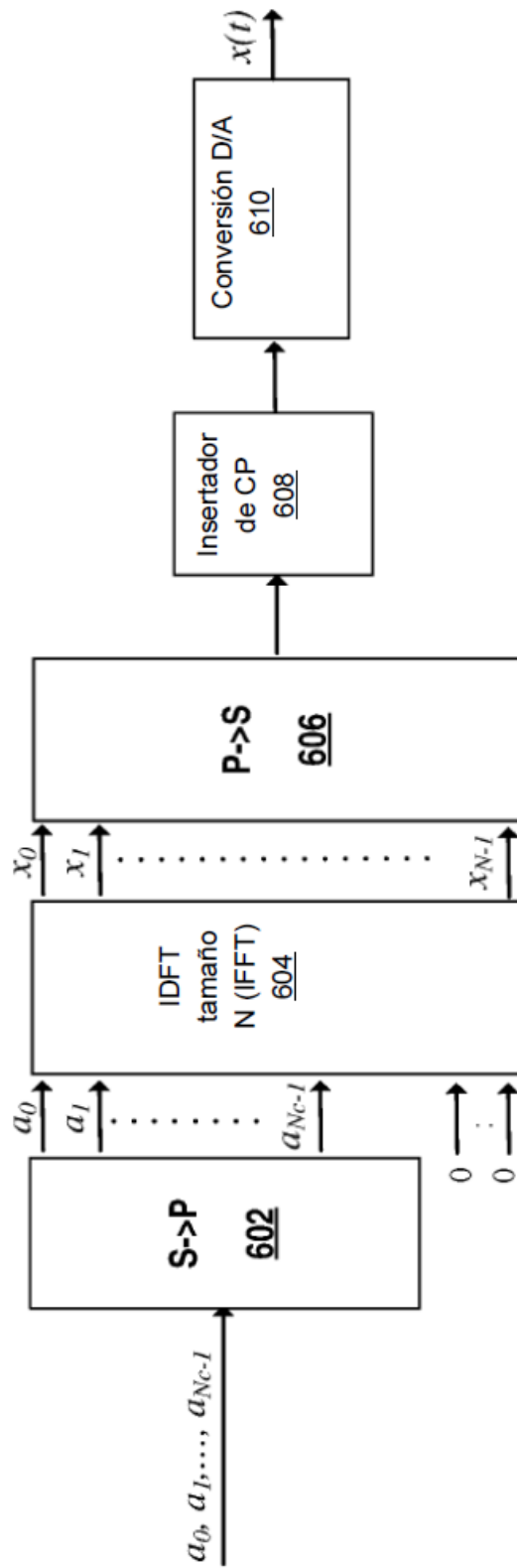


FIG. 6

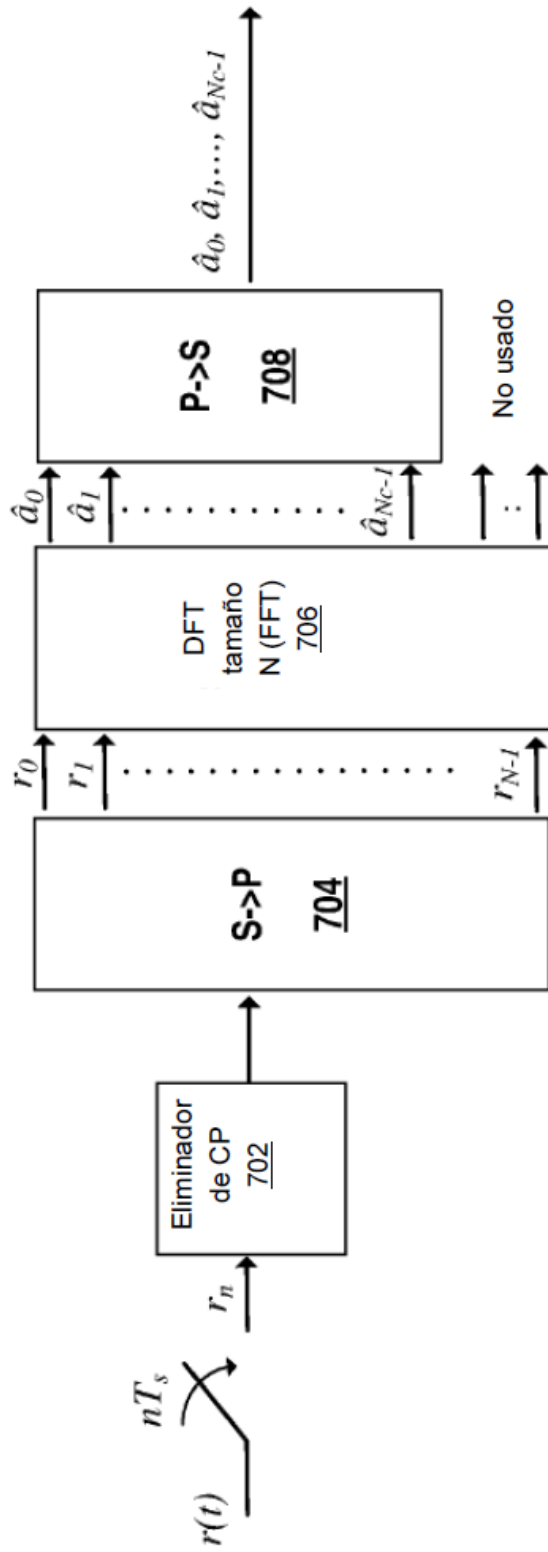


FIG. 7

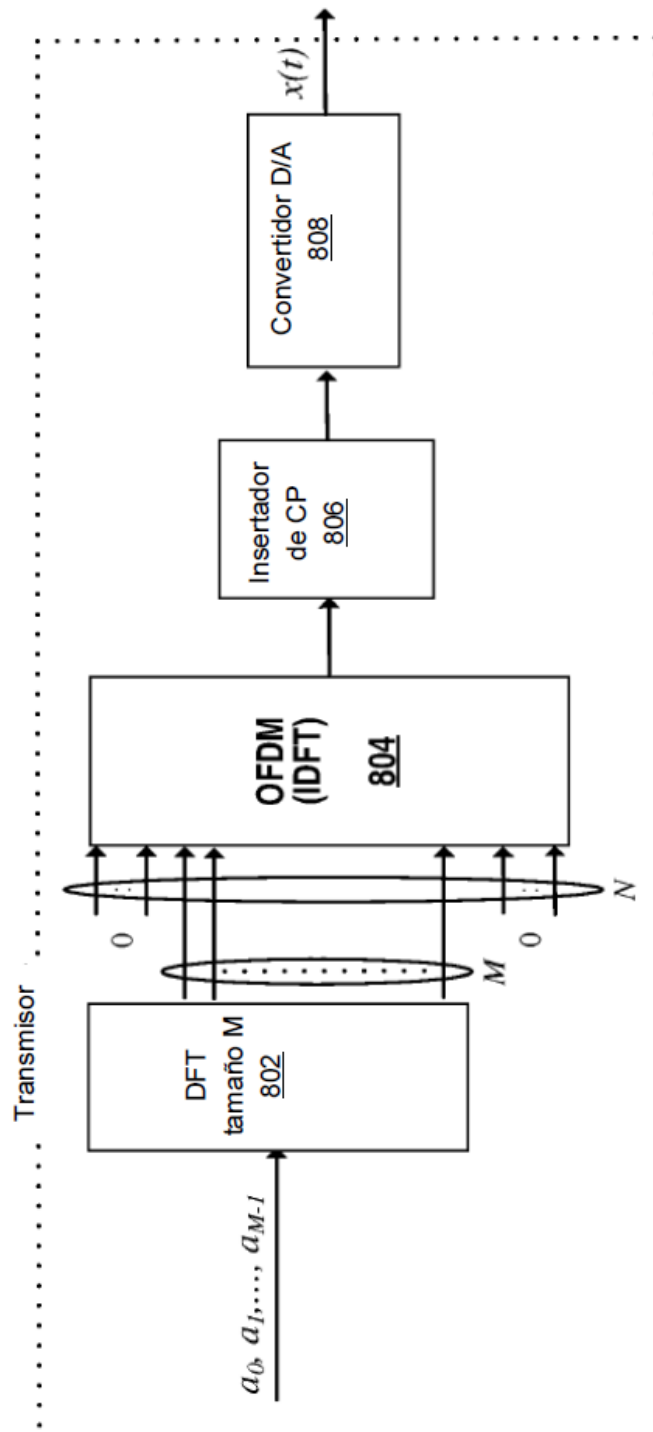


FIG. 8

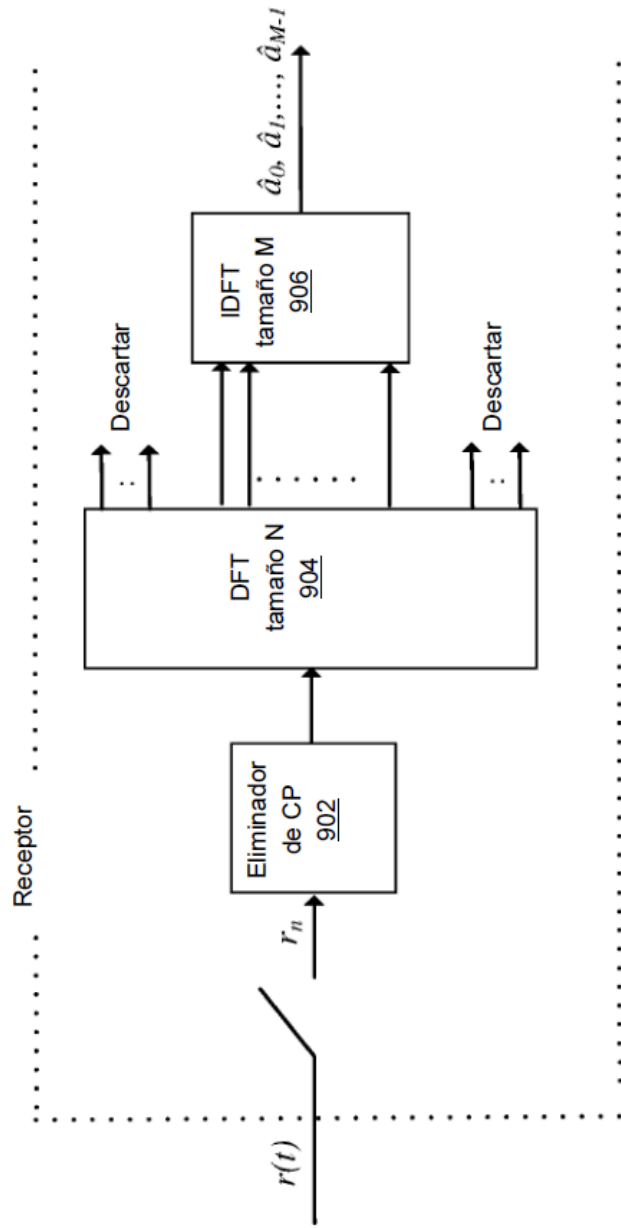


FIG. 9

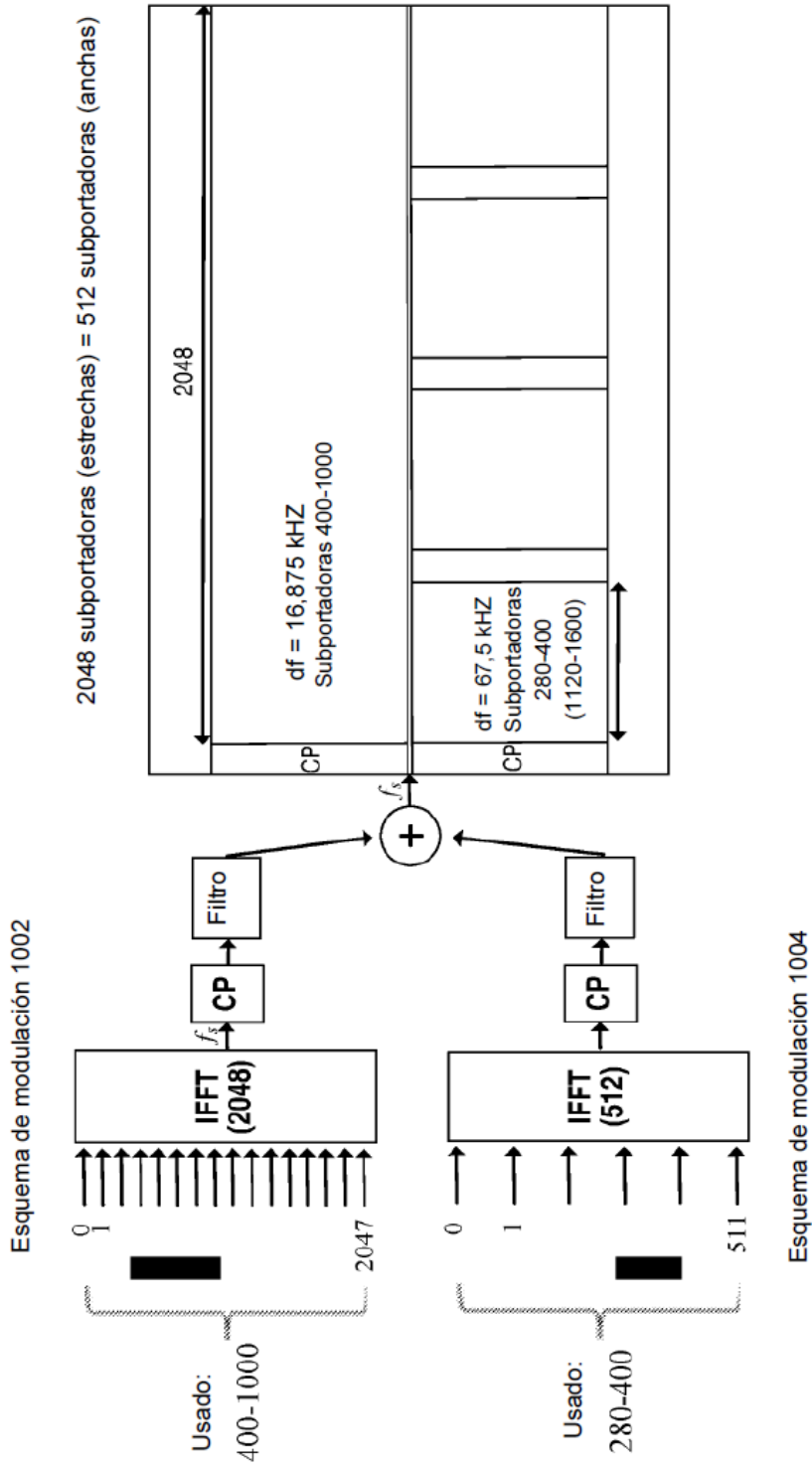


FIG. 10

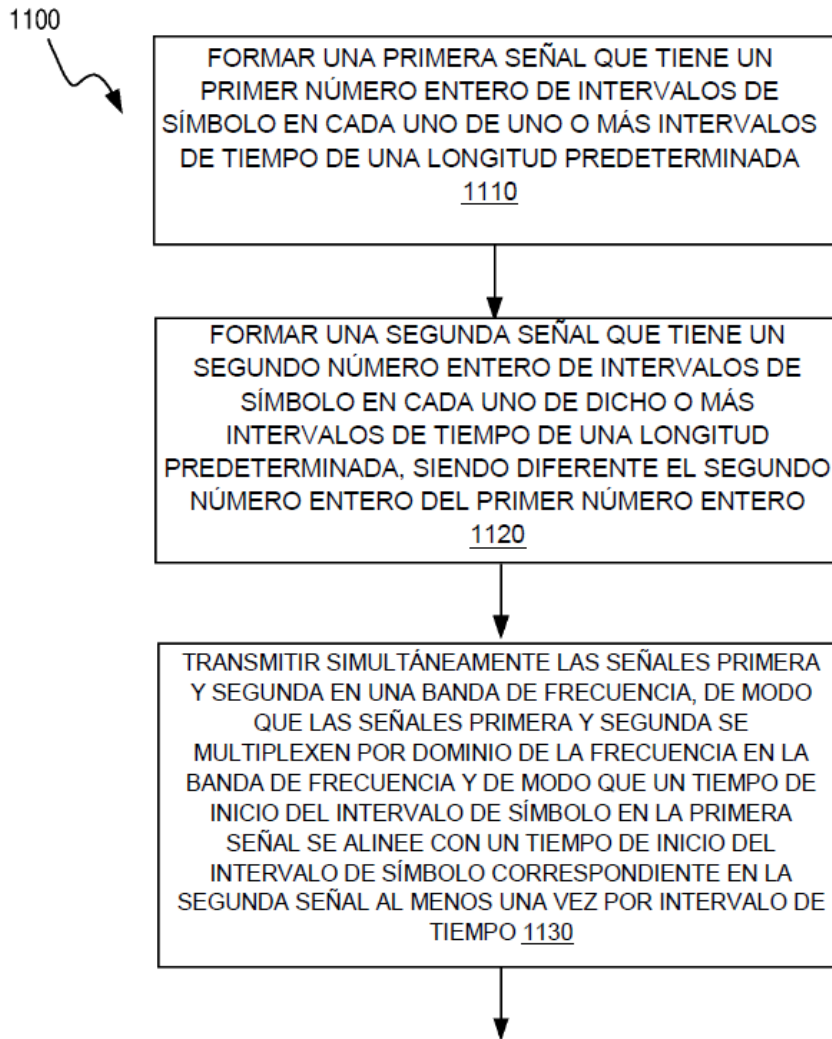


FIG. 11

1200

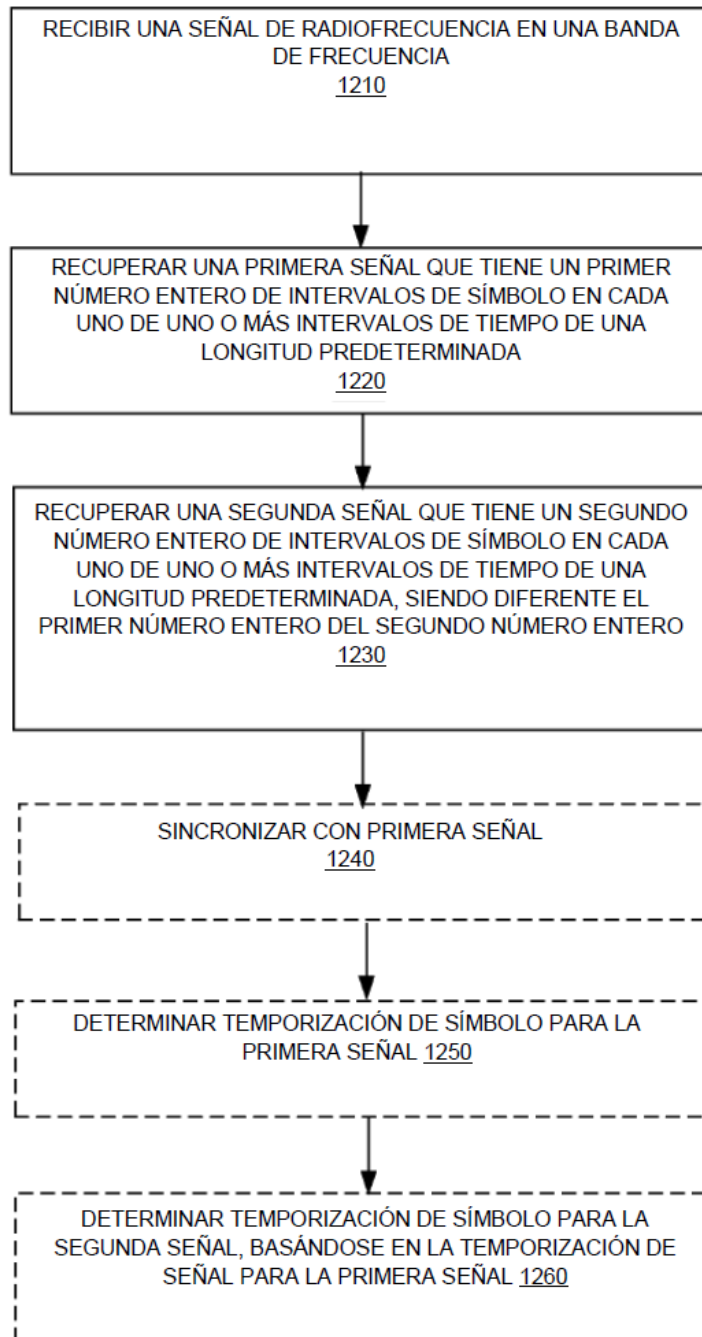


FIG. 12

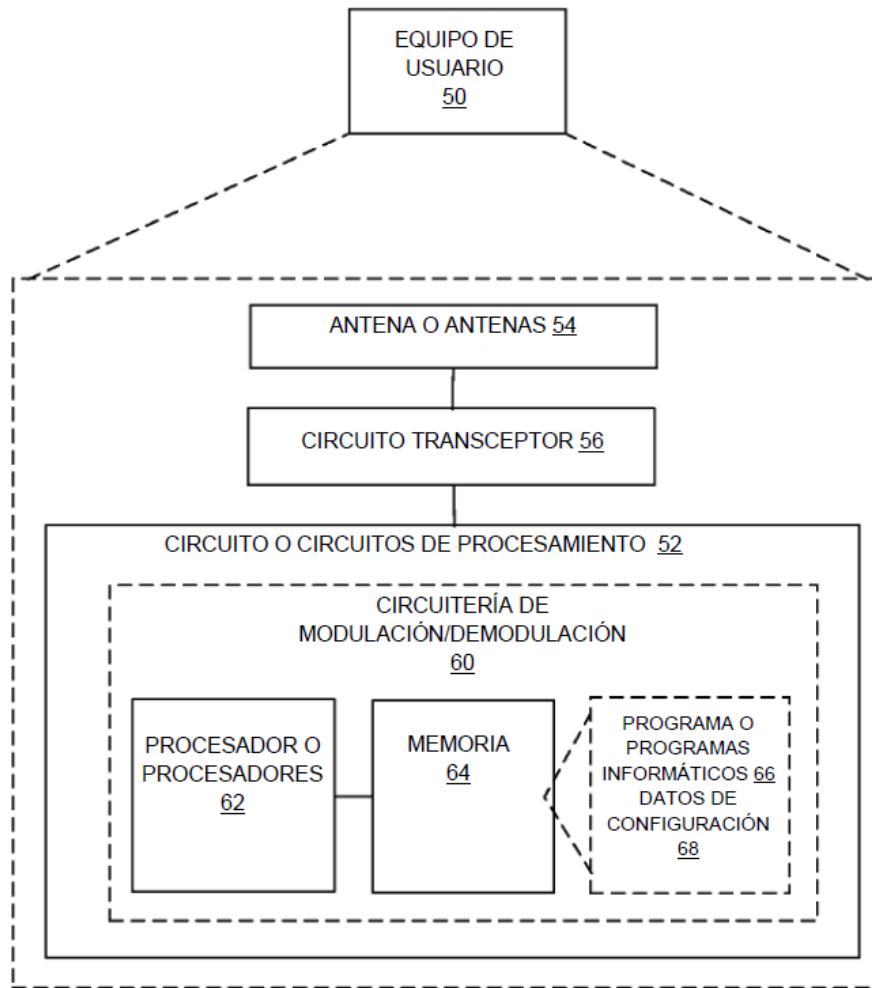


FIG. 13

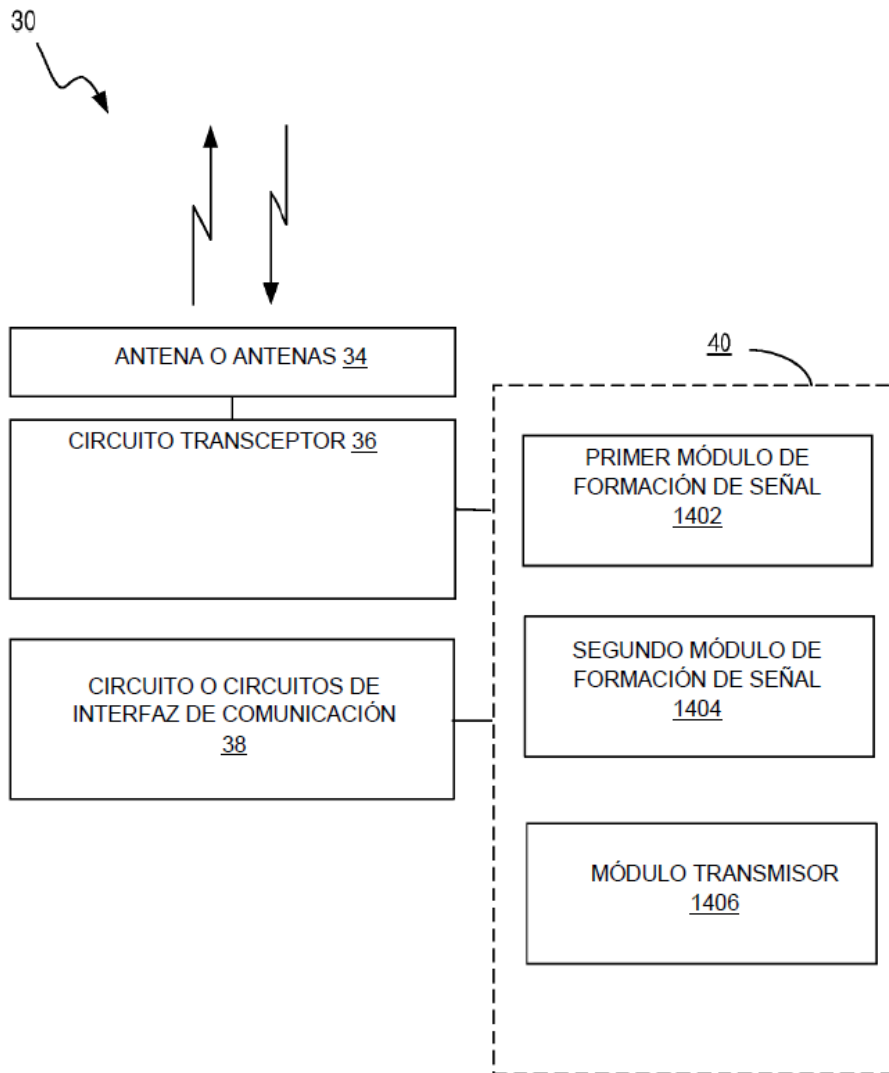


FIG. 14

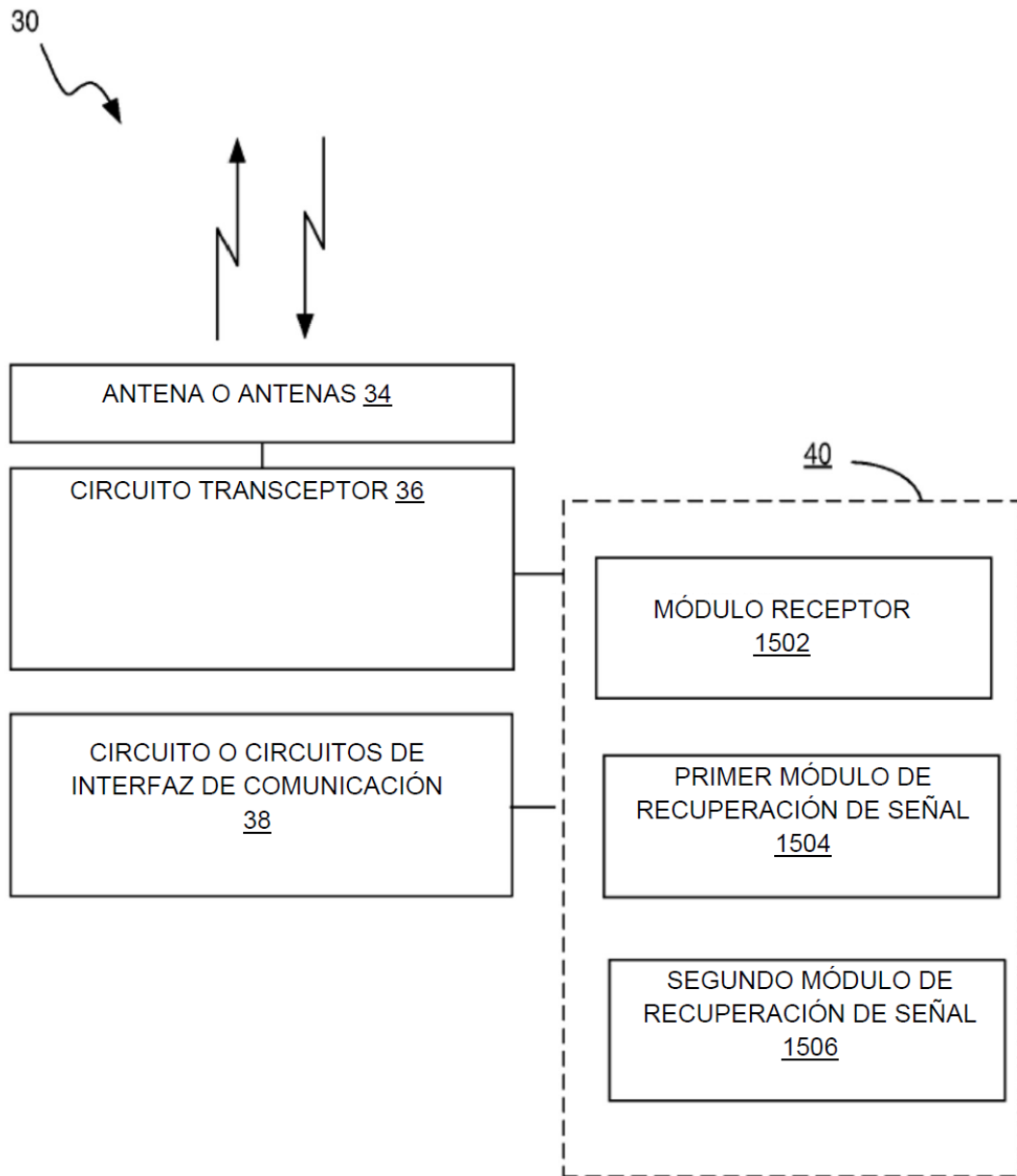


FIG. 15