

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 778 689**

51 Int. Cl.:

**H04L 5/00** (2006.01)

**H04L 27/26** (2006.01)

**H04L 25/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.09.2015 PCT/US2015/048300**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.03.2016 WO16036934**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2015 E 15766301 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 3189641**

54 Título: **Plan de tonos para la compresión y transmisión LTF en sistemas de comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

**04.09.2014 US 201462046086 P**

**24.09.2014 US 201462054932 P**

**16.10.2014 US 201462064935 P**

**22.10.2014 US 201462067260 P**

**02.09.2015 US 201514843538**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.08.2020**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)**

**5775 Morehouse Drive**

**San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**YANG, LIN;**

**DOAN, DUNG NGOC;**

**TIAN, BIN y**

**VERMANI, SAMEER**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 778 689 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

Plan de tonos para la compresión y transmisión LTF en sistemas de comunicación inalámbrica

## 5 ANTECEDENTES

## Campo

10 [0001] La presente divulgación se refiere, en general, a sistemas de comunicación y, más en particular, a planes de tonos para una compresión de campos de acondicionamiento largos.

## Antecedentes

15 [0002] En muchos sistemas de telecomunicación, las redes de comunicaciones se usan para intercambiar mensajes entre varios dispositivos que interactúan separados espacialmente. Las redes se pueden clasificar de acuerdo con el alcance geográfico, que podría ser, por ejemplo, un área metropolitana, un área local o un área personal. Dichas redes se designan, respectivamente, como red de área amplia (WAN), red de área metropolitana (MAN), red de área local (LAN), red de área local inalámbrica (WLAN) o red de área personal (PAN). Las redes también difieren de acuerdo con la técnica de conmutación/encaminamiento usada para interconectar los diversos nodos y dispositivos de red (por ejemplo, conmutación de circuitos frente a conmutación de paquetes), el tipo de medio físico empleado para su transmisión (por ejemplo, medio cableado frente a medio inalámbrico) y el conjunto de protocolos de comunicación usados (por ejemplo, la familia de protocolos de Internet, la red óptica síncrona (SONET), Ethernet, etc.).

25 [0003] A menudo se prefieren las redes inalámbricas cuando los elementos de red son móviles y, por tanto, tienen necesidades de conectividad dinámica, o si la arquitectura de red se forma en una topología ad hoc en lugar de fija. Las redes inalámbricas emplean medios físicos intangibles en un modo de propagación no guiada que usa ondas electromagnéticas en las bandas de frecuencias de radio, de microondas, de infrarrojos, ópticas, etc. Las redes inalámbricas facilitan de forma ventajosa movilidad de usuario y un rápido despliegue sobre el terreno en comparación con las redes alámbricas fijas.

30 [0004] El documento US 2011/255620 A1 divulga un procedimiento para asignar tonos OFDM en un dispositivo de comunicación, comprendiendo el procedimiento: determinar si un ancho de banda para la transmisión de señales es de 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz o 160 MHz; asignar 52 tonos para un campo de señal de alto rendimiento A1 (VHT-SIG-A1), 52 tonos para un campo de señal de muy alto rendimiento A2 (VHT-SIG-A2), 12 tonos para un campo de acondicionamiento corto de muy alto rendimiento (VHT-STF), 56 tonos para uno o más campos de acondicionamiento largos de muy alto rendimiento (VHT LTF), 56 tonos para un campo de señal de muy alto rendimiento B (VHT-SIG-B) y 56 tonos para un campo de datos (DATA) si el ancho de banda es de 20 MHz; asignar 104 tonos para el VHT-SIG A1, 104 tonos para el VHT-SIG-A2, 24 tonos para el VHT-STF, 114 tonos para el uno o más VHT-LTF, 114 tonos para el VHT-SIG-B y 114 tonos para DATA si el ancho de banda es de 40 MHz; asignar 208 tonos para el VHT-SIG-A1, 208 tonos para el VHT-SIG-A2, 48 tonos para el VHT-STF, 242 tonos para el uno o más VHT-LTF, 242 tonos para el VHT-SIG-B y 242 tonos para DATA si el ancho de banda es de 80 MHz; asignar 416 tonos para el VHT-SIG-A1, 416 tonos para el VHT-SIG-A2, 48 tonos para el VHT-STF, 484 tonos para el uno o más VHT-LTF, 484 tonos para el VHT-SIG-B y 484 tonos para DATA si el ancho de banda es de 160 MHz; y transmitir la señal.

45 [0005] El documento US 2014/185662 A1 divulga un procedimiento para un seguimiento de fase multimodo con desplazamiento de tonos piloto, que comprende: recibir una transmisión OFDM de un paquete con tonos piloto que cambian de ubicación entre símbolos OFDM, procesar un preámbulo del paquete para determinar si la transmisión OFDM comprende un ancho de banda de un megahercio o comprende un ancho de banda de dos megahercios o más, fijar un valor de multiplicador de interceptación de seguimiento a 0,2 si la transmisión OFDM comprende un ancho de banda de un megahercio, determinar rotaciones de fase de los tonos piloto en base al valor de multiplicador de interceptación de seguimiento y realizar un seguimiento de fase basado en las rotaciones de fase.

## SUMARIO

55 [0006] La invención está definida en las reivindicaciones independientes.

[0007] Modos de realización preferentes se proporcionan en las reivindicaciones dependientes.

60 [0008] Aspectos de la presente invención se proporcionan en las reivindicaciones independientes y se detallan adicionalmente en las reivindicaciones dependientes.

65 [0009] La presente invención está definida por las reivindicaciones adjuntas y sólo está limitada por su alcance. Cualquier modo de realización y/o aspecto (de la invención y/o divulgación) a los que se hace referencia en esta descripción y que no están completamente dentro del alcance de dichas reivindicaciones adjuntas deben interpretarse como un ejemplo útil para entender la presente invención.

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

**[0010]**

- 5 La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrica de ejemplo en el que se pueden emplear aspectos de la presente divulgación.
- La FIG. 2 es un diagrama de una red inalámbrica y un plan de tonos.
- 10 Las FIGS. 3A-C son diagramas ejemplares de planes/índices de tonos para la compresión LTF.
- Las FIGS. 4A-B son diagramas ejemplares de planes/índices de tonos para la compresión LTF.
- 15 La FIG. 5 es un diagrama de bloques funcionales de un dispositivo inalámbrico que se puede emplear dentro del sistema de comunicación inalámbrica de la FIG. 1 y puede usar un plan de tonos modificado.
- La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar de comunicación inalámbrica que usa un plan de tonos modificado.
- 20 La FIG. 7 es un diagrama de bloques funcionales de un dispositivo de comunicación inalámbrica ejemplar que usa un plan de tonos modificado.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA**

- 25 **[0011]** A continuación se describen diversos aspectos.
- [0012]** Aunque en el presente documento se describen aspectos particulares, el alcance de la invención se determina solamente por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.
- 30 **[0013]** Tecnologías de red inalámbrica populares pueden incluir diversos tipos de WLAN. Se puede usar una WLAN para interconectar entre sí dispositivos cercanos, empleando protocolos de red ampliamente usados. Los diversos aspectos descritos en el presente documento se pueden aplicar a cualquier norma de comunicación, tal como un protocolo inalámbrico.
- 35 **[0014]** En algunos aspectos, las señales inalámbricas se pueden transmitir de acuerdo con un protocolo 802.11 usando comunicaciones de multiplexación por división ortogonal de frecuencia (OFDM), de espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS), una combinación de comunicaciones OFDM y DSSS, u otros esquemas. Se pueden usar implementaciones del protocolo 802.11 para sensores, mediciones y redes inteligentes. De forma ventajosa, los aspectos de determinados dispositivos que implementan el protocolo 802.11 pueden consumir menos energía que
- 40 dispositivos que implementan otros protocolos inalámbricos, y/o se pueden usar para transmitir señales inalámbricas a través de un alcance relativamente grande, por ejemplo de aproximadamente un kilómetro o más.
- [0015]** En algunas implementaciones, una WLAN incluye diversos dispositivos que son los componentes que acceden a la red inalámbrica. Por ejemplo, puede haber dos tipos de dispositivos: puntos de acceso (AP) y clientes (también denominados estaciones o "STA"). En general, un AP puede servir de concentrador o de estación base para la WLAN y una STA sirve de usuario de la WLAN. Por ejemplo, una STA puede ser un ordenador portátil, un asistente personal digital (PDA), un teléfono móvil, etc. En un ejemplo, una STA se conecta a un AP por medio de un enlace inalámbrico compatible con Wi-Fi (por ejemplo, un protocolo IEEE 802.11) para obtener conectividad general a Internet o a otras
- 45 redes de área amplia. En algunas implementaciones, una STA puede usarse también de AP.
- 50 **[0016]** Un punto de acceso también puede comprender, implementarse como, o conocerse como un nodo B, un controlador de red de radio (RNC), un eNodoB, un controlador de estación base (BSC), una estación base transceptora (BTS), una estación base (BS), una función transceptora (TF), un encaminador de radio, un transceptor de radio, un punto de conexión o con alguna otra terminología.
- 55 **[0017]** Una estación también puede comprender, implementarse como, o conocerse como, un terminal de acceso (AT), una estación de abonado, una unidad de abonado, una estación móvil, una estación remota, un terminal remoto, un terminal de usuario, un agente de usuario, un dispositivo de usuario, un equipo de usuario o con alguna otra terminología. En algunas implementaciones, una estación puede comprender un teléfono celular, un teléfono sin cables, un teléfono del protocolo de inicio de sesión (SIP), una estación de bucle local inalámbrico (WLL), un asistente digital personal (PDA), un dispositivo de mano con capacidad de conexión inalámbrica o algún otro dispositivo de procesamiento adecuado conectado a un módem inalámbrico. Por consiguiente, uno o más aspectos enseñados en el presente documento se pueden incorporar a un teléfono (por ejemplo, un teléfono celular o un teléfono inteligente), un ordenador (por ejemplo, un ordenador portátil), un dispositivo de comunicación portátil, un auricular, un dispositivo
- 60 informático portátil (por ejemplo, un asistente de datos personal), un dispositivo de entretenimiento (por ejemplo, un dispositivo de música o de vídeo o una radio por satélite), un dispositivo o sistema de juegos, un dispositivo de sistema
- 65

de posicionamiento global o cualquier otro dispositivo adecuado que esté configurado para comunicarse por medio de un medio inalámbrico.

**[0018]** En un aspecto, los esquemas MIMO se pueden usar para conectividad WLAN de área amplia (por ejemplo, Wi-Fi). MIMO aprovecha una característica de ondas de radio llamada multitrayectoria. En la multitrayectoria, los datos transmitidos pueden rebotar en objetos (por ejemplo, paredes, puertas, muebles), llegando a la antena receptora múltiples veces a través de diferentes rutas y en diferentes momentos. Un dispositivo WLAN que emplea MIMO dividirá un flujo de datos en múltiples partes, denominadas flujos espaciales (o flujos múltiples), y transmitirá cada flujo espacial a través de antenas separadas a las antenas correspondientes en un dispositivo WLAN receptor.

**[0019]** Al término "asociado" o "asociación", o cualquier variante del mismo, se le debería dar el significado más amplio posible dentro del contexto de la presente divulgación. A modo de ejemplo, cuando un primer aparato se asocia con un segundo aparato, debe entenderse que los dos aparatos pueden estar directamente asociados o que puede haber aparatos intermedios. En aras de la brevedad, el proceso para establecer una asociación entre dos aparatos se describirá usando un protocolo de establecimiento de comunicación que requiere una "solicitud de asociación" de uno de los aparatos seguida de una "respuesta de asociación" del otro aparato. Los expertos en la técnica entenderán que el protocolo de establecimiento de comunicación puede requerir otra señalización, tal como, a modo de ejemplo, una señalización para proporcionar autenticación.

**[0020]** Cualquier referencia a un elemento en el presente documento usando una designación tal como "primero", "segundo", etc., en general no limita la cantidad o el orden de esos elementos. Más bien, estas designaciones se usan en el presente documento como un procedimiento conveniente para distinguir entre dos o más elementos o instancias de un elemento. Por tanto, una referencia a un primer y un segundo elementos no significa que solo se puedan emplear dos elementos, o que el primer elemento deba preceder al segundo elemento. Además, una frase que hace referencia a "al menos uno de" una lista de elementos se refiere a cualquier combinación de esos elementos, incluidos elementos individuales. Como ejemplo, "al menos uno de: A, B o C" pretende abarcar: A o B o C, o cualquier combinación de los mismos (por ejemplo, A-B, A-C, B-C y A-B-C).

**[0021]** Como se analiza anteriormente, determinados dispositivos descritos en el presente documento pueden implementar la norma 802.11, por ejemplo. Dichos dispositivos, tanto si se usan como una STA o un AP u otro dispositivo, se pueden usar para la medición inteligente o en una red inteligente. Dichos dispositivos pueden proporcionar aplicaciones de sensor o usarse en domótica. Los dispositivos se pueden usar, en lugar de además de, en un contexto de asistencia sanitaria, por ejemplo para asistencia sanitaria particular. Se pueden usar también para vigilancia, para habilitar conectividad a Internet de alcance extendido (por ejemplo, para su uso con zonas activas) o para implementar comunicaciones de máquina a máquina.

**[0022]** La FIG. 1 muestra un sistema de comunicación inalámbrica 100 de ejemplo en el que se pueden emplear aspectos de la presente divulgación. El sistema de comunicación inalámbrica 100 puede funcionar conforme a una norma inalámbrica, por ejemplo la norma 802.11. El sistema de comunicación inalámbrica 100 puede incluir un AP 104, que se comunica con las STA (por ejemplo, las STA 112, 114, 116 y 118).

**[0023]** Se pueden usar una variedad de procesos y procedimientos para transmisiones en el sistema de comunicación inalámbrica 100 entre el AP 104 y las STA. Por ejemplo, se pueden enviar y recibir señales entre el AP 104 y las STA, de acuerdo con técnicas OFDM/OFDMA. Si este es el caso, el sistema de comunicación inalámbrica 100 se puede denominar sistema OFDM/OFDMA. De forma alternativa, se pueden enviar y recibir señales entre el AP 104 y las STA de acuerdo con técnicas CDMA. Si este es el caso, el sistema de comunicación inalámbrica 100 se puede denominar sistema CDMA.

**[0024]** Un enlace de comunicación que facilita la transmisión desde el AP 104 hasta una o más de las STA se puede denominar enlace descendente (DL) 108, y un enlace de comunicación que facilita la transmisión desde una o más de las STA hasta el AP 104 se puede denominar enlace ascendente (UL) 110. De forma alternativa, un enlace descendente 108 se puede denominar enlace directo o canal directo, y un enlace ascendente 110 se puede denominar enlace inverso o canal inverso. En algunos aspectos, las comunicaciones de DL pueden incluir indicaciones de tráfico de unidifusión o multidifusión.

**[0025]** El AP 104 puede suprimir la interferencia de canal adyacente (ACI) en algunos aspectos para que el AP 104 pueda recibir comunicaciones de UL en más de un canal simultáneamente sin causar ruido de recorte significativo de conversión analógica-digital (ADC). El AP 104 puede mejorar la supresión de ACI, por ejemplo, disponiendo de filtros de respuesta al impulso finita (FIR) separados para cada canal o disponiendo de un período de reducción de potencia ADC más largo con anchos de bit aumentados.

**[0026]** El AP 104 puede actuar como una estación base y proporcionar cobertura de comunicación inalámbrica en un área de servicios básicos (BSA) 102. Un BSA (por ejemplo, el BSA 102) es el área de cobertura de un AP (por ejemplo, el AP 104). El AP 104 junto con las STA asociadas con el AP 104 y que usan el AP 104 para la comunicación se pueden denominar conjunto de servicios básicos (BSS). Cabe destacar que el sistema de comunicación inalámbrica 100 puede no tener un AP central (por ejemplo, el AP 104), sino que, en cambio, puede funcionar como una red de

par a par entre las STA. En consecuencia, las funciones del AP 104 descritas en el presente documento se pueden realizar de forma alternativa mediante una o más de las STA.

5 **[0027]** El AP 104 puede transmitir en uno o más canales (por ejemplo, múltiples canales de banda estrecha, incluyendo cada canal un ancho de banda de frecuencia) una señal de baliza (o simplemente una "baliza"), por medio de un enlace de comunicación tal como el enlace descendente 108, a otros nodos (STA) del sistema de comunicación inalámbrica 100, que puede ayudar a los otros nodos (STA) a sincronizar su temporización con el AP 104, o que puede proporcionar otra información o funcionalidad. Dichas balizas se pueden transmitir periódicamente. En un aspecto, el período entre transmisiones sucesivas se puede denominar supertrama. La transmisión de una baliza se puede dividir  
10 en varios grupos o intervalos. En un aspecto, la baliza puede incluir, pero no se limita a, información tal como información de marca de tiempo para establecer un reloj común, un identificador de red de par a par, un identificador de dispositivo, información de capacidad, una duración de supertrama, información de dirección de transmisión, información de dirección de recepción, una lista de vecinos y/o una lista de vecinos extendida, algunos de los cuales se describen con más detalle a continuación. Por tanto, una baliza puede incluir información que sea tanto común (por  
15 ejemplo, compartida) entre varios dispositivos como específica para un dispositivo dado.

**[0028]** En algunos aspectos, se puede requerir que una STA (por ejemplo, la STA 114) se asocie con el AP 104 para enviar comunicaciones a y/o recibir comunicaciones desde el AP 104. En un aspecto, se incluye información de asociación en una baliza difundida por el AP 104. Para recibir dicha baliza, la STA 114 puede, por ejemplo, realizar una búsqueda de cobertura amplia en una zona de cobertura. La STA 114 también puede realizar una búsqueda recorriendo una región de cobertura tal como haría un faro, por ejemplo. Después de recibir la información de asociación, la STA 114 puede transmitir una señal de referencia, tal como un sonda o solicitud de asociación, al AP 104. En algunos aspectos, el AP 104 puede usar servicios de red de retorno, por ejemplo, para comunicarse con una red más grande, tal como Internet o una red telefónica pública conmutada (PSTN).  
20

**[0029]** En un aspecto, el AP 104 puede incluir uno o más componentes para realizar diversas funciones. Por ejemplo, el AP 104 puede incluir un componente de plan de tonos 124 configurado para transmitir datos de usuario en un primer símbolo de un primer tipo de símbolo a una o más STA (por ejemplo, la STA 114). El primer tipo de símbolo puede tener una primera duración de símbolo, un primer ancho de banda de frecuencia y un primer plan de tonos, y el primer plan de tonos puede incluir un primer índice de tono inicial válido, un primer índice de tono final válido y un primer conjunto de tonos de CC. El componente de plan de tonos 124 puede configurarse para transmitir un LTF en un segundo símbolo de un segundo tipo de símbolo. El segundo tipo de símbolo puede tener una segunda duración de símbolo, un segundo ancho de banda de frecuencia y un segundo plan de tonos, y el segundo plan de tonos puede tener un segundo índice de tono inicial válido, un segundo índice de tono final válido y un segundo conjunto de tonos de CC.  
25  
30  
35

**[0030]** En otro aspecto, la STA 114 puede incluir uno o más componentes para realizar diversas funciones. Por ejemplo, la STA 114 puede incluir un componente de plan de tonos 126 configurado para transmitir datos de usuario en un primer símbolo de un primer tipo de símbolo a uno o más AP (por ejemplo, AP 104). El primer tipo de símbolo puede tener una primera duración de símbolo, un primer ancho de banda de frecuencia y un primer plan de tonos. El primer plan de tonos puede tener un primer índice de tono inicial válido, un primer índice de tono final válido y un primer conjunto de tonos de CC. El componente de plan de tonos 126 puede configurarse para transmitir un LTF en un segundo símbolo de un segundo tipo de símbolo. El segundo tipo de símbolo tiene una segunda duración de símbolo, un segundo ancho de banda de frecuencia y un segundo plan de tonos, y el segundo plan de tonos puede tener un segundo índice de tono inicial válido, un segundo índice de tono final válido y un segundo conjunto de tonos de CC.  
40  
45

**[0031]** En las redes Wi-Fi, datos de usuario y datos/información usada para la estimación de canal, entre otra información, pueden transmitirse en tramas que incluyen múltiples símbolos (por ejemplo, símbolos OFDM). Los datos de usuario pueden transmitirse en símbolos de datos, y la información usada para la estimación de canal puede transmitirse en símbolos de campo de acondicionamiento largo (LTF). Cada símbolo puede incluir una pluralidad de tonos (o frecuencias) en los cuales se puede transmitir información. Un símbolo también tiene una duración de símbolo (por ejemplo, una duración de símbolo de 1x, 2x, 4x u otro múltiplo de la duración de símbolo de 1x). Los símbolos con una duración de símbolo más larga (por ejemplo, una duración de símbolo de 4x de 12,8  $\mu$ s) pueden tener más tonos y una duración de tiempo más larga, y símbolos con una duración de símbolo más corta (por ejemplo, una duración de símbolo de 1x de 3,2  $\mu$ s) pueden tener menos tonos y una duración de tiempo más corta. Por ejemplo, en un primer símbolo con una duración de símbolo de 4x, el primer símbolo puede tener una duración cuatro veces más larga que un segundo símbolo con una duración de símbolo de 1x. El primer símbolo puede tener cuatro veces más tonos que el segundo símbolo con una duración de símbolo de 1x. El primer símbolo puede tener un cuarto de la separación de tonos en comparación con un segundo símbolo con una duración de símbolo de 1x. Si una red transmite tramas que utilizan símbolos con una duración de símbolo de 4x en los símbolos LTF y los símbolos de datos, la sobrecarga con respecto a los símbolos LTF puede ser muy grande. Esto puede ser especialmente cierto para múltiples flujos y tamaños de corto a medio de unidades de datos de protocolo (PPDU) del protocolo de convergencia de capa física (PLCP). Las duraciones de símbolo más largas también pueden dar como resultado una mayor desviación de fase en MIMO multiusuario de enlace ascendente con un desplazamiento de frecuencia de portadora (CFO) residual dado. Por tanto, existe la necesidad de reducir la sobrecarga de símbolos LTF en redes inalámbricas  
50  
55  
60  
65

que utilizan símbolos LTF con mayor duración de símbolo (por ejemplo, duración de símbolo de 4x)

**[0032]** La FIG. 2 es un diagrama 200 de una red inalámbrica (por ejemplo, una red Wi-Fi) y un plan de tonos. El diagrama 200 ilustra un AP 202 que difunde/transmite dentro de un área de servicio 214. Las STA 206, 208, 210, 212 están dentro del área de servicio 214 del AP 202 (aunque solo se muestran 4 STA en la FIG. 2, puede haber más o menos STA dentro del área de servicio 214).

**[0033]** El AP 202 puede transmitir símbolos (por ejemplo, símbolos de datos o símbolos LTF) 204 a una o más STA (por ejemplo, las STA 206, 208, 210, 212) en una o más tramas, y viceversa. Una trama 250 puede incluir un preámbulo 260 y símbolos de datos 268. El preámbulo 260 puede considerarse una cabecera de la trama 250 con información que identifica un esquema de modulación, una velocidad de transmisión y un período de tiempo para transmitir la trama 250. El preámbulo 260 puede incluir un campo de señal (SIG) 262, un campo de acondicionamiento corto (STF) 264 y uno o más símbolos de campo de acondicionamiento largo (LTF) 266 (por ejemplo, LTF1, LTF2, ..., LTFN). Cada símbolo de los símbolos LTF 266 puede incluir al menos parte del LTF. El campo SIG 262 se puede usar para transferir información de velocidad y longitud. El STF 264 se puede usar para mejorar el control automático de ganancia (AGC) en un sistema de transmisión múltiple y recepción múltiple. Por ejemplo, cuando una señal recibida es débil, los algoritmos AGC en un dispositivo receptor pueden aumentar las fases de ganancia en el dispositivo receptor para llevar la señal recibida a una relación señal/ruido aceptable. Los símbolos LTF 266 se pueden usar para proporcionar la información necesaria para que un receptor (por ejemplo, la STA 206) realice la estimación de canal. El número de símbolos LTF puede ser igual a o mayor que el número de flujos de espacio-tiempo de diferentes STA. Por ejemplo, si hay 4 STA, puede haber 4 símbolos LTF (es decir, LTF1, LTF2, LTF3, LTF4). Los símbolos de datos 268 pueden contener los datos de usuario a comunicar entre la STA 206, por ejemplo, y el AP 202.

**[0034]** En un aspecto, los símbolos LTF 266 (y los símbolos de datos 268) pueden tener un plan de tonos que indica qué tonos son tonos de guarda, tonos de datos, tonos piloto y tonos de CC. Por ejemplo, el plan de tonos 270 es un ejemplo de un plan de tonos para un símbolo de 20 megahercios (MHz) con una duración de símbolo de 1x, donde 20 MHz se refiere al ancho de banda de frecuencia del símbolo. El plan de tonos 270 tiene 64 tonos ubicados dentro de un rango de índices de tono de -32 a 31 o [-32:31]. Sin embargo, como se muestra en la FIG. 2, no todos los índices de tono están representados. Los índices de tono no representados [-32:-29] y [29:31] son tonos de guarda, que son tonos que pueden tener amplitud cero y se usan para proporcionar aislamiento o separación del sistema frente a las transmisiones/símbolos vecinos para reducir la probabilidad de que tonos de diferentes símbolos se mezclen entre sí. Un tono de CC, ubicado en el índice de tono 0 en este ejemplo, puede tener amplitud cero o no tener potencia y puede usarse para la configuración de AGC. En un aspecto, el tono de CC puede no llevar información. En otro aspecto, el tono de CC se puede usar para localizar la frecuencia central de radiofrecuencia (RF) de un dispositivo de transmisión. Aunque este ejemplo ilustra un tono de CC en el índice de tono 0, se pueden usar tonos de CC adicionales (por ejemplo, 3 tonos de CC pueden estar ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1). En este ejemplo, los índices de tono restantes [-28:-1] y [1:28] contienen tonos utilizables (o útiles) que se pueden usar para transmitir datos (por ejemplo, para la estimación de canal) y señales piloto (por ejemplo, para la corrección de desviaciones de fase). En el plan de tonos 270, los datos 272 pueden transmitirse en los índices de tono -28, -27, -26, -10, -5, 5, 10, 26, 27 y 28, por ejemplo. Una señal piloto 274 para la corrección de desviación de fase, por ejemplo, puede transmitirse en el índice de tono -21. Se pueden transmitir señales piloto adicionales (como se indica mediante flechas verticales en la FIG. 2) en los índices de tono -7, 7 y 21. Debido a que el primer tono válido, después de los tonos de guarda, en el que pueden transmitirse datos o señales piloto está ubicado en el índice de tono -28, este índice de tono puede conocerse como un índice de tono inicial válido. De manera similar, el índice de tono 28 puede conocerse como un índice de tono final válido ya que el índice de tono 28 es el último tono válido en el que se pueden transmitir datos o señales piloto antes de alcanzar los índices de tono [29:31], que están reservados para los tonos de guarda. En resumen, el plan de tonos 270 tiene tonos utilizables dentro de un intervalo de índices de tono de [-28:-1] y [1:28]. Los tonos de CC pueden ubicarse en el índice de tono 0, y los tonos que no son de CC pueden incluir los tonos de guarda y los tonos utilizables (que pueden incluir los tonos de datos para transmitir datos y los tonos piloto para transmitir señales piloto).

**[0035]** Con referencia nuevamente a la FIG. 2, aunque el símbolo LTF 266 (por ejemplo, LTF1) tiene una duración de símbolo de 1x como se evidencia por el plan de tonos 270, algunas redes inalámbricas pueden usar símbolos con una duración de símbolo de 4x. Los símbolos con una duración de símbolo de 4x pueden tener un total de 256 tonos, de los cuales 242 tonos pueden ser tonos utilizables o válidos (excluyendo los tonos de guarda y los tonos de CC). Por ejemplo, un símbolo con una duración de símbolo de 4x puede tener tonos utilizables dentro de un intervalo de índices de tono de [-122:-2] y [2:122]. En una configuración, tres tonos de CC pueden estar ubicados en los índices de tono [-1:1], y los tonos de guarda pueden estar ubicados en los índices de tono [-128:-123] y [123:127]. Sin embargo, cuando una red inalámbrica usa símbolos con una duración de símbolo de 4x para símbolos LTF (por ejemplo, los símbolos LTF 266) y símbolos de datos (por ejemplo, los símbolos de datos 268), la sobrecarga puede ser grande, como se analiza anteriormente. La mayor longitud de símbolo también aumenta la desviación de fase.

**[0036]** Para reducir la sobrecarga de símbolos LTF en redes que usan símbolos con una duración de símbolo de 4x, se puede seguir dos enfoques por separado. En el primer enfoque, los dispositivos en la red inalámbrica pueden seguir usando símbolos LTF con duraciones de símbolo de 4x, pero los tonos dentro de los símbolos LTF pueden agruparse, de acuerdo con un número de grupo (Ng), y compartirse entre las STA. Por ejemplo, si el número de grupo es 2 (Ng=2) y hay 2 STA 206, 208, cada STA puede usar tonos alternos. En este ejemplo, la STA 206 puede transmitir en los tonos

pares y la STA 208 puede transmitir en los tonos impares. Cuando el AP 202 realiza la estimación de canal para las STA 206, 208 en los símbolos LTF recibidos 266 (por ejemplo, LTF1), el AP 202 puede realizar una interpolación para los tonos impares para el STA 206 y para los tonos pares para el STA 208. De manera similar, si el número de grupo es 4 ( $N_g=4$ ), y hay 4 STA 206, 208, 210, 212, cada STA puede transmitir en cada cuarto tono en los símbolos LTF 266. Al igual que con  $N_g=2$ , cuando  $N_g=4$ , el receptor (por ejemplo, el AP 202) puede usar interpolación para reconstruir las estimaciones de canal de los tonos no muestreados. En otro aspecto, cuando la agrupación de tonos ( $N_g$ ) es mayor que el número de STA (o usuarios o flujos), por ejemplo,  $N_g=4$  y el número de STA es 3, la potencia por tono en los tonos que se están usando aumentará para que la potencia de transmisión total en el símbolo LTF siga siendo la misma que en un símbolo LTF en el que se están rellenando todos los tonos utilizables. El factor de escala con respecto a la potencia de transmisión viene dado por el número de flujos o STA. En otro aspecto más, si  $N_g=4$ , pero solo hay un flujo o un usuario, esto es equivalente a transmitir un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x con  $N_g=1$  (sin ningún tono sin rellenar). De forma similar, si hay 2 usuarios (o STA), esto es equivalente a transmitir un símbolo LTF con una duración de símbolo de 2x y  $N_g=2$  sin tonos desperdiciados.

**[0037]** En el segundo enfoque, en lugar de usar la agrupación de tonos dentro del símbolo LTF, la duración de símbolo LTF puede reducirse. Por ejemplo, en lugar de usar duraciones de símbolo de 4x para los símbolos LTF 266, se pueden usar duraciones de símbolo de 1x o 2x para representar un símbolo con una duración de símbolo de 4x. En un aspecto, la información en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x puede comprimirse en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x. Sin embargo, pueden surgir dos problemas cuando se usan duraciones de símbolo LTF reducidas. El primer problema se refiere a los desafíos de extrapolación para la estimación de canal en los tonos frontera. Por ejemplo, un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x tiene 56 tonos utilizables de un total de 64 tonos. Un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x tiene 242 tonos utilizables de un total de 256 tonos. Los 242 tonos utilizables son 4 veces 60,5 tonos. En efecto, sin modificar el plan de tonos para un símbolo con una duración de símbolo de 1x, el símbolo necesitaría 60,5 tonos utilizables para representar un símbolo con una duración de símbolo de 4x, suponiendo un factor de compresión o número de agrupación de 4. Sin embargo, debido a que un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x solo tiene 56 tonos utilizables, faltaría un promedio de 4,5 tonos en los tonos frontera. Dado el número de tonos que faltan, no se puede usar la interpolación de canal. Se puede usar la extrapolación de canal, pero la extrapolación de canal introduciría más errores y degradaría el rendimiento.

**[0038]** Un segundo problema cuando se usa un símbolo LTF con una duración de símbolo reducida se refiere a la estimación de canal en torno a los tonos de CC en un símbolo con una duración de símbolo de 4x. Por ejemplo, un símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x puede tener 3-7 tonos de CC. Para correlacionar las estimaciones de canal en los índices de tono -4 y +4 en un símbolo con una duración de símbolo de 4x en un símbolo con una duración de símbolo de 1x, una manera es copiar esos tonos de los índices de tono -4 y +4 en los índices de tono -1 y +1 del símbolo (por ejemplo, símbolo LTF) con una duración del símbolo de 1x. Sin embargo, esto dejaría un solo tono de CC en el índice 0. En algunos casos, un símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo 1x tiene un plan de tonos que requiere 3 tonos de CC con un filtro de muesca que tenga un ancho correspondiente de aproximadamente 3 tonos de CC. De este modo, suponiendo que el filtro de muesca solo depende de la frecuencia de muestreo, si se usa el mismo filtro de muesca (por ejemplo, el mismo filtro de muesca con un ancho de 3 tonos), los símbolos LTF recibidos con una duración de símbolo de 1x pueden tener tonos ubicados en los índices -1 y +1 descartados por el filtro de muesca, evitando así que se usen los tonos para la estimación de canal. Las siguientes figuras analizan un plan de tonos modificado que reduce la sobrecarga de símbolos LTF y resuelve los problemas mencionados anteriormente.

**[0039]** Las FIGS. 3A-C son diagramas ejemplares 300, 330, 360 de planes/índices de tonos para la compresión LTF. Para resolver el problema de estimación de canal de tonos frontera, la FIG. 3A ilustra un símbolo LTF existente con una duración de símbolo de 4x (fila 1) que se usa para obtener un plan de tonos modificado para símbolos LTF con una duración de símbolo de 1x (filas 2-3), un plan de tonos modificado simétrico para símbolos LTF con una duración de símbolo de 1x (filas 4-5), o un plan de tonos modificado para símbolos LTF con una duración de símbolo 2x (filas 6-7). Para resolver el segundo problema con respecto a la estimación de canal en torno a los tonos de CC, la FIG. 3A ofrece dos opciones. La opción 1 de CC (por ejemplo, en la fila 2), supone que se usa un filtro de muesca existente (por ejemplo, como se usa en los productos IEEE 802.11ac actuales) para el símbolo LTF modificado con una duración de símbolo de 1x. Si ese es el caso, entonces se puede reservar el mismo número de tonos de CC en el plan de tonos modificado para el símbolo LTF en la fila 2 que en el plan de tonos para el símbolo LTF existente con una duración de símbolo de 1x en cada ancho de banda de frecuencia correspondiente. Por el contrario, la opción 2 de CC (por ejemplo, la fila 3) supone que se puede usar un nuevo filtro de muesca que sea más preciso y con una muesca más estrecha (en comparación con el filtro de muesca usado en los productos 802.11ac) de modo que solo se necesita un tono de CC en el plan de tonos del símbolo LTF modificado con una duración de símbolo de 1x. Esto también se aplica a las filas 4-7.

**[0040]** Con referencia a la FIG. 3A, suponiendo que una red inalámbrica (por ejemplo, la red inalámbrica en las FIG. 1, 2) usa símbolos con una duración de símbolo de 4x, la fila 1 del diagrama ilustra los índices de tono utilizables para un símbolo de 20 MHz, un símbolo de 40 MHz y un símbolo de 80 MHz. Por ejemplo, un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-122:-2] y [2:122]. En este ejemplo, el índice de tono inicial válido es -122 y el índice de tono final válido es 122. Los tonos de guarda están

ubicados en los índices de tono [-128:-123] y [123:127]. Los tonos de CC están ubicados en los índices de tono [-1:1]. En otro ejemplo, un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-250:-130], [-126:-6], [6:126] y [130:250]. En este ejemplo, el índice de tono inicial válido es -250 y el índice de tono final válido es 250. En otro ejemplo, un símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-506:-4] y [4:506]. En este ejemplo, el índice de tono inicial válido es -506 y el índice de tono final válido es 506. La compresión de los símbolos con una duración de símbolo de 4x de la fila 1 en un símbolo con una duración de símbolo de 1x, el índice de tono inicial válido y el índice de tono final válido para el símbolo de 20 MHz, con una duración de símbolo de 1x y un plan de tonos modificado, puede realizarse mediante la función suelo (y/o techo) de los índices de tono inicial y final válidos para los símbolos de la fila 1 dividida por 4. En un ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-122:-2] y [2:122]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función suelo  $(-122/4)$ , que es igual a -31. De forma similar, el índice de tono final válido en el símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función suelo  $(122/4)$ , que es igual a 30. De este modo, los símbolos LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x en las filas 2 y 3 tienen planes de tonos con índices de tono inicial y final válidos de -31 y 30, respectivamente. La determinación restante para el plan de tonos es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 2, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente (por ejemplo, usado en productos 802.11ac) y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos para símbolos que tienen una duración de símbolo de 1x en los diversos anchos de banda de frecuencia para evitar el descarte de tonos. En la opción de CC 1, el plan de tonos existente (por ejemplo, en IEEE 802.11ac) para un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x requiere un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En la opción 2 de CC, fila 3, se supone que se necesita un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, un solo tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x pueden tener índices de tono utilizables de [-31:-1] y [1:30] tanto para la opción 1 de CC (fila 2) como para la opción 2 de CC (fila 3).

**[0041]** En otro ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-250:-130], [-126:-6], [6:126] y [130:250]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 40 MHz, con una duración de símbolo de 1x y un plan de tonos modificado, puede ser el resultado de la función suelo  $(-250/4)$ , que es igual a -63. De forma similar, el índice de tono final válido en el símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función suelo  $(250/4)$ , que es igual a 62. Con referencia a la FIG. 3A, los símbolos LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x en las filas 2 y 3 tienen índices de tono inicial y final válidos de -63 y 62, respectivamente. La determinación restante es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 2, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos existentes para símbolos con una duración de símbolo de 1x en los diversos anchos de banda de frecuencia. En la opción 1 de CC, fila 2, el plan de tonos existente para un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x requiere tres tonos de CC. De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para los tonos de CC. En la opción 2 de CC, fila 3, se supone que se puede usar un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo se necesita un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x pueden tener índices de tono utilizables de [-63:-2] y [2:62] para la opción 1 de CC (fila 2) y [-63:-1] y [1:62] para la opción 2 de CC (fila 3).

**[0042]** En aún otro ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-506:-4] y [4:506]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 80 MHz, con una duración de símbolo de 1x y un plan de tonos modificado, puede ser el resultado de la función suelo  $(-506/4)$ , que es igual a -127. De forma similar, el índice de tono final válido en el símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función suelo  $(506/4)$ , que es igual a 126. Con referencia a la FIG. 3A, el plan de tonos modificado para símbolos LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x en las filas 2 y 3 tiene índices de tono inicial y final válidos de -127 y 126, respectivamente. La determinación restante es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 2, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos para símbolos que tienen una duración de símbolo de 1x en los diversos anchos de banda de frecuencia. En la opción 1 de CC, el símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x requiere tres tonos de CC (por ejemplo, en IEEE 802.11ac). De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para los tonos de CC. En la opción 2 de CC, fila 3, se supone que se puede usar un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo se necesita un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x pueden tener índices de tono utilizables de [-127:-2] y [2:126] para la opción 1 de CC (fila 2) y [-127:-1] y [1:126] para la opción 2 de CC (fila 3).

**[0043]** En los ejemplos analizados en las filas 2 y 3 de la FIG. 3A, los índices de tono inicial y final válidos eran asimétricos. Es decir, por ejemplo, para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x en la opción 1 de CC, el índice de tono inicial válido es -31 y el índice de tono final válido es 30. En otro aspecto, los índices de tono inicial y final válidos de un plan de tonos modificado para un símbolo con una duración de símbolo de 1x pueden ser simétricos. Por ejemplo, haciendo de nuevo referencia a la fila 1, para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración

de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-122:-2] y [2:122]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función techo(-122/4), que es igual a -30. El índice de tono final válido en el símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función suelo(122/4), que es igual a 30. De este modo, los símbolos LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x en las filas 4 y 5 tienen planes de tonos con índices de tono inicial y final válidos de -30 y 30, respectivamente. La determinación restante para el plan de tonos es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 4, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente (por ejemplo, usado en productos 802.11ac) y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos para símbolos que tienen una duración de símbolo de 1x en los diversos anchos de banda de frecuencia para evitar el descarte de tonos. En la opción de CC 1, el plan de tonos existente (por ejemplo, en IEEE 802.11ac) para un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x requiere un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En la opción 2 de CC, fila 5, se supone que se necesita un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, un solo tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x pueden tener índices de tono utilizables de [-30:-1] y [1:30] tanto para la opción 1 de CC (fila 4) como para la opción 2 de CC (fila 5).

**[0044]** En otro ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 40 Mhz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-250:-130], [-126:-6], [6:126] y [130:250]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 40 MHz, con una duración de símbolo de 1x y un plan de tonos modificado, puede ser el resultado de la función techo(-250/4), que es igual a -62. El índice de tono final válido en el símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función suelo(250/4), que es igual a 62. Con referencia a la FIG. 3A, los símbolos LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x en las filas 4 y 5 tienen índices de tono inicial y final válidos de -62 y 62, respectivamente. La determinación restante es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 4, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos existentes para símbolos con una duración de símbolo de 1x en los diversos anchos de banda de frecuencia. En la opción 1 de CC, fila 4, el plan de tonos existente para un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x requiere tres tonos de CC. De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para los tonos de CC. En la opción 2 de CC, fila 5, se supone que se puede usar un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo se necesita un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x pueden tener índices de tono utilizables de [-62:-2] y [2:62] para la opción 1 de CC (fila 4) y [-62:-1] y [1:62] para la opción 2 de CC (fila 5).

**[0045]** En aún otro ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-506:-4] y [4:506]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 80 MHz, con una duración de símbolo de 1x y un plan de tonos modificado, puede ser el resultado de la función techo(-506/4), que es igual a -126. El índice de tono final válido en el símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función suelo(506/4), que es igual a 126. Con referencia a la FIG. 3A, el plan de tonos modificado para símbolos LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x en las filas 4 y 5 tiene índices de tono inicial y final válidos de -126 y 126, respectivamente. La determinación restante es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 4, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos para símbolos que tienen una duración de símbolo de 1x en los diversos anchos de banda de frecuencia. En la opción 1 de CC, el símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x requiere tres tonos de CC (por ejemplo, en IEEE 802.11ac). De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para los tonos de CC. En la opción 2 de CC, fila 5, se supone que se puede usar un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo se necesita un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x pueden tener índices de tono utilizables de [-126:-2] y [2:126] para la opción 1 de CC (fila 4) y [-126:-1] y [1:126] para la opción 2 de CC (fila 5).

**[0046]** Los ejemplos mencionados anteriormente con respecto a las filas 2-5 de la FIG. 3A ilustran cómo se pueden calcular los índices de tono inicial y final válidos para tonos utilizables, junto con los índices de tono de CC, para un plan de tonos modificado en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x a partir de un plan de tonos existente de un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x. Las filas 6 y 7 de la FIG. 3A ilustra los índices de tono inicial y final válidos para tonos utilizables, junto con los índices de tono de CC, para un plan de tonos modificado en un símbolo LTF con una duración de símbolo 2x. En referencia a las filas 6 y 7, para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-122:-2] y [2:122]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x puede ser el resultado de la función suelo (-122/2), que es igual a -61. El índice de tono final válido en el símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x puede ser el resultado de la función suelo(122/2), que es igual a 61. De este modo, los símbolos LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x en las filas 6 y 7 tienen planes de tonos con índices de tono inicial y final válidos de -61 y 61, respectivamente. La determinación restante para el plan de tonos es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 6, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente (por ejemplo, usado en productos 802.11ac) y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos para símbolos que tienen una duración de símbolo de 2x en los diversos anchos de banda de frecuencia para evitar el descarte de tonos.

En la opción de CC 1, el plan de tonos existente (por ejemplo, en IEEE 802.11ac) para un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x requiere un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En la opción 2 de CC, fila 7, se supone que se necesita un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, un solo tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x pueden tener índices de tono utilizables de [-61:-1] y [1:61] tanto para la opción 1 de CC (fila 6) como para la opción 2 de CC (fila 7).

**[0047]** En otro ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-250:-130], [-126:-6], [6:126] y [130:250]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 40 MHz, con una duración de símbolo de 2x y un plan de tonos modificado, puede ser el resultado de la función suelo(-250/2), que es igual a -125. El índice de tono final válido en el símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x puede ser el resultado de la función suelo(250/2), que es igual a 125. Con referencia a la FIG. 3A, los símbolos LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x en las filas 6 y 7 tienen índices de tono inicial y final válidos de -125 y 125, respectivamente. La determinación restante es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 6, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos existentes para símbolos con una duración de símbolo de 2x en los diversos anchos de banda de frecuencia. En la opción 1 de CC, fila 6, el plan de tonos existente para un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x requiere tres tonos de CC. De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para los tonos de CC. En la opción 2 de CC, fila 7, se supone que se puede usar un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo se necesita un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x pueden tener índices de tono utilizables de [-125:-2] y [2:125] para la opción 1 de CC (fila 6) y [-125:-1] y [1:125] para la opción 2 de CC (fila 7).

**[0048]** En aún otro ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-506:-4] y [4:506]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 80 MHz, con una duración de símbolo de 2x y un plan de tonos modificado, puede ser el resultado de la función suelo(-506/2), que es igual a -253. El índice de tono final válido en el símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x puede ser el resultado de la función suelo(506/2), que es igual a 253. Con referencia a la FIG. 3A, el plan de tonos modificado para símbolos LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x en las filas 6 y 7 tiene índices de tono inicial y final válidos de -253 y 253, respectivamente. La determinación restante es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 6, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente y, por lo tanto, el número de tonos de CC corresponde a los planes de tonos para símbolos que tienen una duración de símbolo de 2x en los diversos anchos de banda de frecuencia. En la opción 1 de CC, el símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x requiere tres tonos de CC (por ejemplo, en IEEE 802.11ac). De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para los tonos de CC. En la opción 2 de CC, fila 6, se supone que se puede usar un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo se necesita un tono de CC. De este modo, el índice de tono 0 puede estar reservado para el tono de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x pueden tener índices de tono utilizables de [-253:-2] y [2:253] para la opción 1 de CC (fila 6) y [-253:-1] y [1:253] para la opción 2 de CC (fila 7).

**[0049]** En ambos tipos de símbolos LTF (por ejemplo, duración de símbolo de 1x y duración de símbolo de 2x), la opción de compresión LTF permite una sobrecarga de símbolos LTF reducida en comparación con símbolos LTF con duración de símbolo de 4x. En un aspecto, los planes de tonos modificados en las filas 2-7 de la FIG. 3A pueden estar preconfigurados (por ejemplo, codificados de forma fija en un STA o un AP).

**[0050]** En suma, un AP o una STA puede transmitir tramas que contienen símbolos LTF con los planes de tonos modificados mientras usa símbolos con una duración de símbolo de 4x para datos. Por ejemplo, un AP (por ejemplo, el AP 202) puede transmitir a un usuario de STA (por ejemplo, la STA 206) en un símbolo de datos de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo de datos 268), en el que el símbolo de datos de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 4x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-122:2] y [2:122]. Además, para fines de estimación de canal, el AP puede transmitir a la STA un LTF (o al menos parte de un LTF) en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266), en el que el símbolo LTF de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 1x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-30:-1] y [1:30].

**[0051]** En otro modo de realización, la FIG. 3B ilustra un símbolo LTF existente con una duración de símbolo de 4x (fila 1) que se usa para obtener un plan de tonos modificado para símbolos LTF con una duración de símbolo 2x (fila 2). Para resolver el segundo problema con respecto a la estimación de canal en torno a los tonos de CC, la FIG. 3B ofrece dos opciones. La opción 1 de CC (por ejemplo, en la fila 2) supone que el mismo filtro de muesca correspondiente usado para un símbolo LTF de 1x en IEEE 802.11ac se usa para el símbolo LTF 2x. De este modo, si 802.11ac tiene 1 tono de CC para una duración de símbolo de 1x, entonces pueden reservarse 3 tonos de CC para una duración de símbolo de 2x (en la imagen), y si 802.11ac tiene 3 tonos de CC para una duración de símbolo de 1x, entonces pueden reservarse 5 tonos de CC para un símbolo 2x. Por el contrario, la opción 2 de CC (por ejemplo, la fila 3) supone que se puede usar un nuevo filtro de muesca que sea más preciso y con una muesca más estrecha (en comparación con el filtro de muesca usado en 802.11ac) de modo que solo se necesitan tres tonos de CC en el

plan de tonos del símbolo LTF modificado con una duración de símbolo de 2x. A diferencia de la opción 2 de CC en la FIG. 3A, la opción 2 de CC en la FIG. 3B supone un filtro de muesca ligeramente más ancho.

5 **[0052]** Con referencia a la FIG. 3B, suponiendo que una red inalámbrica (por ejemplo, la red inalámbrica en las FIG. 1, 2) usa símbolos con una duración de símbolo de 2x, la fila 1 del diagrama ilustra los índices de tono utilizables para un símbolo de 20 MHz, un símbolo de 40 MHz y un símbolo de 80 MHz. Por ejemplo, un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-122:-2] y [2:122]. En este ejemplo, el índice de tono inicial válido es -122 y el índice de tono final válido es 122. Los tonos de guarda están ubicados en los índices de tono [-128:-123] y [123:127]. Los tonos de CC están ubicados en los índices de tono [-1:1]. En otro ejemplo, un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-250:-130], [-126:-6], [6:126] y [130:250]. En este ejemplo, el índice de tono inicial válido es -250 y el índice de tono final válido es 250. En otro ejemplo, un símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-506:-4] y [4:506]. En este ejemplo, el índice de tono inicial válido es -506 y el índice de tono final válido es 506. La compresión de los símbolos con una duración de símbolo de 4x de la fila 1 en un símbolo con una duración de símbolo de 2x, el índice de tono inicial válido y el índice de tono final válido para el símbolo de 20 MHz, con una duración de símbolo de 2x y un plan de tonos modificado, puede depender de los índices de tono inicial y final válidos para los símbolos de la fila 1 dividida por 2. En un ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-122:-2] y [2:122]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x puede ser igual a -61. De forma similar, el índice de tono final válido en el símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x puede ser igual a 61. De este modo, los símbolos LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x en las filas 2 y 3 tienen planes de tonos con índices de tono inicial y final válidos de -61 y 61, respectivamente. La determinación restante para el plan de tonos es el número de tonos de CC. En la opción de CC 1, fila 2, la suposición es que se usa un filtro de muesca existente (por ejemplo, usado en productos 802.11ac) y, por lo tanto, el número de tonos de CC puede basarse en los planes de tonos para símbolos que tienen una duración de símbolo de 1x en los diversos anchos de banda de frecuencia para evitar el descarte de tonos. En la opción de CC 1, el plan de tonos existente (por ejemplo, en IEEE 802.11ac) para un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x requiere un tono de CC. De este modo, tres índices de tono de CC -1, 0, 1 pueden reservarse para una duración de símbolo de 2x. En la opción 2 de CC, se supone que puede necesitarse un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo tres tonos de CC, independientemente del número de tonos de CC en la duración de símbolo de 1x. De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para la duración de símbolo de 2x. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x pueden tener índices de tono utilizables de [-61:-2] y [2:61] para la opción 1 de CC y la opción 2 de CC.

35 **[0053]** En otro ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-250:-130], [-126:-6], [6:126] y [130:250]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 40 MHz, con una duración del símbolo de 2x y un plan de tonos modificado, puede ser igual a -125. De forma similar, el índice de tono final válido en el símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x puede ser igual a 125. Con referencia a la FIG. 3B, los símbolos LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x en las filas 2 y 3 tienen índices de tono inicial y final válidos de -125 y 125, respectivamente. La determinación restante es el número de tonos de CC. Suponiendo que se aplican los mismos supuestos del filtro de muesca como se analizó con respecto al símbolo de 20 MHz, en la opción 1 de CC, el plan de tonos existente para un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x requiere tres tonos de CC. De este modo, los índices de tono -2, -1, 0, 1 y 2 pueden reservarse para los tonos de CC. En la opción 2 de CC, se supone que se puede usar un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo se pueden usar tres tonos de CC. De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para los tonos de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x pueden tener índices de tono utilizables de [-125:-3] y [3:125] para la opción 1 de CC y [-125:-2] y [2:125] para la opción 2 de CC.

50 **[0054]** En aún otro ejemplo, como se muestra en la fila 1, para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x, los tonos utilizables son [-506:-4] y [4:506]. Para la compresión LTF, el índice de tono inicial válido en un símbolo LTF de 80 MHz, con una duración del símbolo de 2x y un plan de tonos modificado, puede ser igual a -253. De forma similar, el índice de tono final válido en el símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x puede ser igual a 253. Con referencia a la FIG. 3B, el plan de tonos modificado para símbolos LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x en las filas 2 y 3 tiene índices de tono inicial y final válidos de 253 y 253, respectivamente. La determinación restante es el número de tonos de CC. Suponiendo que se aplican los mismos supuestos del filtro de muesca como se analizó con respecto al símbolo de 20 MHz, en la opción 1 de CC, el plan de tonos existente para un símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x puede tener tres tonos de CC. De este modo, los índices de tono -2, -1, 0, 1 y 2 pueden reservarse para los tonos de CC. En la opción 2 de CC, se supone que se puede usar un filtro de muesca más estrecho y, por lo tanto, solo se pueden usar tres tonos de CC. De este modo, los índices de tono -1, 0 y 1 pueden reservarse para los tonos de CC. En resumen, los índices de tonos utilizables para un plan de tonos modificado para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x pueden tener índices de tono utilizables de [-253:-3] y [3:253] para la opción 1 de CC y [-253:-2] y [2:253] para la opción 2 de CC.

65 **[0055]** Los ejemplos mencionados anteriormente con respecto a las filas 2 y 3 de la FIG. 3B ilustran cómo se pueden

calcular los índices de tono inicial y final válidos para tonos utilizables, junto con los índices de tono de CC, para un plan de tonos modificado en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 2x a partir de un plan de tonos existente de un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x. Un símbolo LTF modificado permite una sobrecarga de símbolos LTF reducida en comparación con los símbolos LTF con una duración de símbolo de 4x. En un aspecto, los planes de tonos modificados en las filas 2 y 3 de la FIG. 3B pueden estar preconfigurados (por ejemplo, codificados de forma fija en un STA o un AP).

**[0056]** En suma, un AP o una STA puede transmitir tramas que contienen símbolos LTF con los planes de tonos modificados mientras usa símbolos con una duración de símbolo de 4x para datos. Por ejemplo, un AP (por ejemplo, el AP 202) puede transmitir a un usuario de STA (por ejemplo, la STA 206) en un símbolo de datos de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo de datos 268), en el que el símbolo de datos de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 4x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-122:2] y [2:122]. Además, para fines de estimación de canal, el AP puede transmitir a la STA un LTF (o al menos parte de un LTF) en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266), en el que el símbolo LTF de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 2x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-61:2] y [2:61].

**[0057]** En otro modo de realización, la FIG. 3C ilustra un símbolo LTF existente con una duración de símbolo de 4x (fila 1) que se usa para obtener un plan de tonos modificado para símbolos LTF con una duración de símbolo 1x (filas 2, 3). En un aspecto, los planes de tonos en las filas 2, 3 pueden obtenerse a partir del plan de tonos de la fila 1 realizando una reducción de 4x de los tonos utilizables en la fila 1. Es decir, cada cuarto tono de un plan de tonos de la fila 1 puede copiarse en los planes de tonos de las filas 2, 3.

20 MHz - Opción 1

**[0058]** En un ejemplo, la fila 1 ilustra un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x que tiene tonos utilizables [-122:-2] y [2:122]. Los tonos en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x pueden reducirse de modo que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlacione con un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x, de modo que el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x tenga índices de tono inicial y final válidos determinados en base a la siguiente expresión:

$$\frac{[\text{ÍndiceInicialVálido}4x: 4: \text{ÍndiceIzquierdoCC} - 1] \cup [\text{ÍndiceDerechoCC} + 1: 4: \text{ÍndiceFinalVálido}4x]}{4} - 0,5$$

**[0059]** La ecuación anterior representa datos de entrada usados para obtener un intervalo de índices de tono para un símbolo de duración de símbolo de 1x. El ÍndiceInicialVálido4x es el índice de tono inicial válido para un símbolo con una duración de símbolo de 4x, el ÍndiceIzquierdoCC es el índice de tono de CC más a la izquierda del símbolo, el ÍndiceDerechoCC es el índice de tono de CC más a la derecha del símbolo, y el ÍndiceFinalVálido4x es el índice de tono final válido para el símbolo. El valor "4" entre el ÍndiceInicialVálido4x y el ÍndiceIzquierdoCC y entre el ÍndiceDerechoCC y el ÍndiceFinalVálido4x indica que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlaciona con el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x. El ÍndiceIzquierdoCC-1 representa el primer índice de tono a la izquierda del ÍndiceIzquierdoCC, y el ÍndiceDerechoCC+1 representa el primer índice de tono a la derecha del ÍndiceDerechoCC. El valor -0,5 se usa para correlacionar la señal LTF en un índice de tono entero.

**[0060]** Este enfoque reduce la extrapolación de tonos 4x. Siguiendo con el ejemplo, los índices de tono para un símbolo con una duración de símbolo de 1x pueden copiarse en los índices de tono [-30,5:30,5], determinados en base a  $\{[-122: 4:-2] \cup [2:4:122]\} / 4$ . En este caso, se rellena cada índice de tono fraccionario separado por una separación de índices de tono de 1 (por ejemplo, -30,5, -29,5, -28,5, ..., 30,5). Para correlacionar los índices de tono fraccionarios con índices de tono enteros con el fin de encapsular el símbolo LTF, los índices de tono pueden desplazarse en -0,5 (medio tono hacia abajo) para obtener los índices de tono de la fila 2 de la FIG. 3C. De este modo, los índices de tono que se encapsularán incluyen el intervalo [-31:30], en el que  $\{[-122:4:-2] \cup [2:4:122]\} / 4 - 0,5 = [-31:30]$ . En este ejemplo, los índices de tono enteros incluyen un tono de CC y, por lo tanto, también se encapsula el tono de CC. Para evitar transmitir en un tono de CC (índice de tono 0), después de encapsular el símbolo LTF (por ejemplo, insertando información en el símbolo LTF en los diversos índices de tono), el índice de tono [-31:30] se puede desplazar en +0,5 (un desplazamiento de medio tono hacia arriba, correspondiente a una rampa de fase del dominio del tiempo) para generar señales de transmisión en tonos de  $[-31:30] + 0,5 = [-30,5:30,5]$ . Además, el desplazamiento de medio tono permite que la transmisión se produzca en los instantes de frecuencia exactos de  $[\text{ÍndiceInicialVálido}4x:4:\text{ÍndiceIzquierdoCC}-1 \text{ ÍndiceDerechoCC}+1:4:\text{ÍndiceTonoFinalVálido}4x] / 4$ . Después de este desplazamiento, las señales se transmiten en los índices de tono -30,5, -29,5, -28,5, ..., 29,5, 30,5, en el que cada índice de tono está separado por un valor de 1. Se evita la transmisión en el índice de tono 0 (tono de CC).

40 MHz - Opción 1

**[0061]** En otro ejemplo, la fila 1 ilustra un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x que tiene tonos utilizables [-250:-130], [-126:-6], [6:126] y [130:250]. Los tonos en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x pueden reducirse de modo que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlacione

con un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x, de modo que el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x tenga índices de tono inicial y final válidos determinados en base a la siguiente expresión:

$$\frac{[\text{ÍndiceInicialVálido}4x: 4: \text{ÍndiceIzquierdoCC} - 1]U[\text{ÍndiceDerechoCC} + 1:4: \text{ÍndiceFinalVálido}4x]}{4} - 0,5$$

5 **[0062]** El ÍndiceInicialVálido4x es el índice de tono inicial válido para un símbolo con una duración de símbolo de 4x, el ÍndiceIzquierdoCC es el índice de tono de CC más a la izquierda del símbolo, el ÍndiceDerechoCC es el índice de tono de CC más a la derecha del símbolo, y el ÍndiceFinalVálido4x es el índice de tono final válido para el símbolo. El valor "4" entre el ÍndiceInicialVálido4x y el ÍndiceIzquierdoCC y entre el ÍndiceDerechoCC y el ÍndiceFinalVálido4x indica que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlaciona con el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x. El ÍndiceIzquierdoCC-1 representa el primer índice de tono a la izquierda del ÍndiceIzquierdoCC, y el ÍndiceDerechoCC+1 representa el primer índice de tono a la derecha del ÍndiceDerechoCC. El valor -0,5 se usa para correlacionar la señal LTF en un índice de tono entero.

15 **[0063]** Este enfoque reduce la extrapolación de tonos 4x. Siguiendo con el ejemplo, los índices de tono para un símbolo con una duración de símbolo de 1x se pueden copiar en los índices de tono [-62,5:-1,5] U [1,5:62,5], determinados en base a  $\{[-250:4:-130] \cup [-126:4:-6] \cup [6:4:126] \cup [130:4:250]\} / 4$ . En este caso, se rellenan casi todos los índices de tono fraccionario separado por una separación de índices de tono de 1 (por ejemplo, -62,5, -61,5, -60,5, ..., -1,5, 1,5, 2,5, ..., 62,5). Para correlacionar los índices de tono fraccionarios con índices de tono enteros con el fin de encapsular el símbolo LTF, los índices de tono pueden desplazarse en -0,5 (medio tono hacia abajo) para obtener los índices de tono de la fila 2. De este modo,  $\{[-250:4:-130] \cup [-126:4:-6] \cup [6:4:126] \cup [130:4:250]\} / 4 - 0,5 = [-63:-2] \cup [1:62]$ . Posteriormente, los índices de tono [-63:-2] U [1:62] se pueden desplazar en +0,5 (un desplazamiento de medio tono hacia arriba, correspondiente a una rampa de fase del dominio de tiempo) para generar señales de transmisión en tonos de  $[-62:-2] \cup [1:62] + 0,5 = [-61,5:-1,5] \cup [1,5:62,5]$ . El desplazamiento de medio tono permite que la transmisión se produzca en los instantes de frecuencia exactos de  $[\text{ÍndiceInicialVálido}4x:4:\text{ÍndiceIzquierdoCC}-1 \text{ ÍndiceDerechoCC}+1:4:\text{ÍndiceTonoFinalVálido}4x] / 4$ . Después de este desplazamiento, las señales se transmiten en los índices de tono -61,5, -60,5, -59,5, ..., -1,5, 1,5, 2,5, ..., 62,5, en los que cada índice de tono está separado por un valor de 1. Se evita la transmisión en el índice de tono 0 (tono de CC).

30 80 MHz - Opción 1

**[0064]** En otro ejemplo, la fila 1 ilustra un símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x que tiene tonos utilizables [-506:-2], [2:506]. Los tonos en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x pueden reducirse de modo que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlacione con un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x, de modo que el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x tenga índices de tono inicial y final válidos determinados en base a la siguiente expresión:

$$\frac{[\text{ÍndiceInicialVálido}4x: 4: \text{ÍndiceIzquierdoCC} - 1]U[\text{ÍndiceDerechoCC} + 1:4: \text{ÍndiceFinalVálido}4x]}{4} - 0,5$$

40 **[0065]** El ÍndiceInicialVálido4x es el índice de tono inicial válido para un símbolo con una duración de símbolo de 4x, el ÍndiceIzquierdoCC es el índice de tono de CC más a la izquierda del símbolo, el ÍndiceDerechoCC es el índice de tono de CC más a la derecha del símbolo, y el ÍndiceFinalVálido4x es el índice de tono final válido para el símbolo. El valor "4" entre el ÍndiceInicialVálido4x y el ÍndiceIzquierdoCC y entre el ÍndiceDerechoCC y el ÍndiceFinalVálido4x indica que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlaciona con el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x. El ÍndiceIzquierdoCC-1 representa el primer índice de tono a la izquierda del ÍndiceIzquierdoCC, y el ÍndiceDerechoCC+1 representa el primer índice de tono a la derecha del ÍndiceDerechoCC. El valor -0,5 se usa para correlacionar la señal LTF en un índice de tono entero.

50 **[0066]** Este enfoque reduce la extrapolación de tonos 4x. Siguiendo con el ejemplo, los índices de tono para un símbolo con una duración de símbolo de 1x pueden copiarse en los índices de tono [-126,5:126,5], determinados en base a  $\{[-506: 4:-2] \cup [2:4:506]\} / 4$ . En este caso, se rellena cada índice de tono fraccionario separado por una separación de índices de tono de 1 (por ejemplo, -126,5, -125,5, -124,5, ..., 126,5). Para correlacionar los índices de tono fraccionarios con índices de tono enteros con el fin de encapsular el símbolo LTF, los índices de tono pueden desplazarse en -0,5 (medio tono hacia abajo) para obtener los índices de tono de la fila 2. De este modo, los índices de tono que se encapsularán incluyen el intervalo [-127:126], en el que  $\{[-504:4:-2] \cup [2:4:506]\} / 4 - 0,5 = [-127:126]$ . En este ejemplo, los índices de tono enteros incluyen al menos un tono de CC y, por lo tanto, también se encapsula al menos un tono de CC. Para evitar transmitir realmente en el tono de CC, los índices de tono [-127:126] se pueden desplazar en +0,5 (un desplazamiento de medio tono hacia arriba, correspondiente a una rampa de fase del dominio de tiempo) para generar señales de transmisión en tonos de  $[-127:126] + 0,5 = [-126,5:126,5]$ . El desplazamiento de medio tono permite que la transmisión se produzca en los instantes de frecuencia exactos de  $[\text{ÍndiceInicialVálido}4x:4:\text{ÍndiceIzquierdoCC}-1 \text{ ÍndiceDerechoCC}+1:4:\text{ÍndiceTonoFinalVálido}4x] / 4$ . Después de este desplazamiento, las señales se transmiten en los índices de tono -126,5, -125,5, -124,5, ..., 126,5, en el que cada índice de tono está separado por un valor de 1. La transmisión en el índice de tono 0 (tono de CC) también se evita.

20 MHz - Opción 2

5 **[0067]** En un ejemplo, la fila 1 ilustra un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x que tiene tonos utilizables [-122:-2] y [2:122]. Los tonos en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x pueden reducirse de modo que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlacione con un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x, de modo que el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x tenga índices de tono inicial y final válidos determinados en base a la siguiente expresión:

$$10 \quad \frac{[\text{ÍndiceInicialVálido}4x: 4: \text{ÍndiceIzquierdoCC} - 1] \cup [\text{ÍndiceDerechoCC} + 1: 4: \text{ÍndiceFinalVálido}4x]}{4} + 0,5$$

15 **[0068]** El ÍndiceInicialVálido4x es el índice de tono inicial válido para un símbolo con una duración de símbolo de 4x, el ÍndiceIzquierdoCC es el índice de tono de CC más a la izquierda del símbolo, el ÍndiceDerechoCC es el índice de tono de CC más a la derecha del símbolo, y el ÍndiceFinalVálido4x es el índice de tono final válido para el símbolo. El valor "4" entre el ÍndiceInicialVálido4x y el ÍndiceIzquierdoCC y entre el ÍndiceDerechoCC y el ÍndiceFinalVálido4x indica que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlaciona con el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x. El ÍndiceIzquierdoCC-1 representa el primer índice de tono a la izquierda del ÍndiceIzquierdoCC, y el ÍndiceDerechoCC+1 representa el primer índice de tono a la derecha del ÍndiceDerechoCC. El valor +0,5 se usa para correlacionar la señal LTF en un índice de tono entero.

20 **[0069]** Este enfoque reduce la extrapolación de tonos 4x. Siguiendo con el ejemplo, los índices de tono para un símbolo con una duración de símbolo de 1x pueden copiarse en los índices de tono [-30,5:30,5], determinados en base a  $\{[-122: 4:-2] \cup [2:4:122]\} / 4$ . En este caso, se rellena cada índice de tono fraccionario separado por una separación de índices de tono de 1 (por ejemplo, -30,5, -29,5, -28,5,..., 30,5). Para correlacionar los índices de tono fraccionarios con índices de tono enteros con el fin de encapsular el símbolo LTF, los índices de tono pueden desplazarse en +0,5 (medio tono hacia arriba) para obtener los índices de tono de la fila 3 de la FIG. 3C. De este modo,  $\{[-122:4:-2] \cup [2:4:122]\} / 4 + 0.5 = [-30:31]$ . En este ejemplo, los índices de tono enteros incluyen un tono de CC. Para evitar transmitir en un tono de CC (índice de tono 0), después de encapsular el símbolo LTF (por ejemplo, insertando información en el símbolo LTF en los diversos índices de tono), el índice de tono [-30:31] se puede desplazar en -0,5 (un desplazamiento de medio tono hacia abajo, correspondiente a una rampa de fase del dominio del tiempo) para generar señales de transmisión en tonos de [-30:31] - 0,5 = [-30,5:30,5]. Además, el desplazamiento de medio tono permite que la transmisión se produzca en los instantes de frecuencia exactos de  $[\text{ÍndiceInicialVálido}4x:4:\text{ÍndiceIzquierdoCC}-1 \text{ ÍndiceDerechoCC}+1:4:\text{ÍndiceTonoFinalVálido}4x] / 4$ . Después de este desplazamiento, las señales se transmiten en los índices de tono -30,5, -29,5, -28,5,..., 29,5, 30,5, en el que cada índice de tono está separado por un valor de 1. Se evita la transmisión en el índice de tono 0 (tono de CC).

40 MHz - Opción 2

40 **[0070]** En otro ejemplo, la fila 1 ilustra un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x que tiene tonos utilizables [-250:-130], [-126:-6], [6:126] y [130:250]. Los tonos en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x pueden reducirse de modo que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlacione con un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x, de modo que el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x tenga índices de tono inicial y final válidos determinados en base a la siguiente expresión:

$$45 \quad \frac{[\text{ÍndiceInicialVálido}4x: 4: \text{ÍndiceIzquierdoCC} - 1] \cup [\text{ÍndiceDerechoCC} + 1: 4: \text{ÍndiceFinalVálido}4x]}{4} + 0,5$$

50 **[0071]** El ÍndiceInicialVálido4x es el índice de tono inicial válido para un símbolo con una duración de símbolo de 4x, el ÍndiceIzquierdoCC es el índice de tono de CC más a la izquierda del símbolo, el ÍndiceDerechoCC es el índice de tono de CC más a la derecha del símbolo, y el ÍndiceFinalVálido4x es el índice de tono final válido para el símbolo. El valor "4" entre el ÍndiceInicialVálido4x y el ÍndiceIzquierdoCC y entre el ÍndiceDerechoCC y el ÍndiceFinalVálido4x indica que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlaciona con el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x. El ÍndiceIzquierdoCC-1 representa el primer índice de tono a la izquierda del ÍndiceIzquierdoCC, y el ÍndiceDerechoCC+1 representa el primer índice de tono a la derecha del ÍndiceDerechoCC. El valor +0,5 se usa para correlacionar la señal LTF en un índice de tono entero.

55 **[0072]** Este enfoque reduce la extrapolación de tonos 4x. Siguiendo con el ejemplo, los índices de tono para un símbolo con una duración de símbolo de 1x se pueden copiar en los índices de tono [-62,5:-1,5] U [1,5:62,5], determinados en base a  $\{[-250:4:-130] \cup [-126:4:-6] \cup [6:4:126] \cup [130:4:250]\} / 4$ . En este caso, se rellenan casi todos los índices de tono fraccionario separado por una separación de índices de tono de 1 (por ejemplo, -62,5, -61,5, -60,5,..., -1,5, 1,5, 2,5, ..., 62,5). Para correlacionar los índices de tono fraccionarios con índices de tono enteros con el fin de encapsular el símbolo LTF, los índices de tono pueden desplazarse en +0,5 (medio tono hacia arriba) para obtener los índices de tono de la fila 3 de la FIG. 3C. De este modo,  $\{[-250:-4:130] \cup [-126:4:-6] \cup [6:4:126] \cup [130:4:250]\} / 4 + 0.5 = [-62:-1] \cup [2:63]$ . Posteriormente, los índices de tono [-62:-1] U [2:63] se pueden desplazar en

-0,5 (un desplazamiento de medio tono hacia abajo, correspondiente a una rampa de fase del dominio de tiempo) para generar señales de transmisión en tonos de  $[-62:-1] \cup [2:63] - 0,5 = [-62,5:-1,5] \cup [1,5:62,5]$ . El desplazamiento de medio tono permite que la transmisión se produzca en los instantes de frecuencia exactos de  $[\text{ÍndiceInicialVálido}4x:4:\text{ÍndiceIzquierdoCC}-1 \text{ ÍndiceDerechoCC}+1:4:\text{ÍndiceTonoFinalVálido}4x] / 4$ . Después de este desplazamiento, las señales se transmiten en los índices de tono -62,5, -61,5, -60,5, ..., -1,5, 1,5, 2,5, ..., 62,5, en los que cada índice de tono está separado por un valor de 1. Se evita la transmisión en el índice de tono 0 (tono de CC).

80 MHz - Opción 2

**[0073]** En otro ejemplo, la fila 1 ilustra un símbolo de 80MHz con una duración de símbolo de 4x que tiene tonos utilizables  $[-506:-2], [2:506]$ . Los tonos en un símbolo LTF con una duración de símbolo de 4x pueden reducirse de modo que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlacione con un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x, de modo que el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x tenga índices de tono inicial y final válidos determinados en base a la siguiente expresión:

$$\frac{[\text{ÍndiceInicialVálido}4x: 4: \text{ÍndiceIzquierdoCC} - 1] \cup [\text{ÍndiceDerechoCC} + 1:4: \text{ÍndiceFinalVálido}4x]}{4} + 0,5$$

**[0074]** El ÍndiceInicialVálido4x es el índice de tono inicial válido para un símbolo con una duración de símbolo de 4x, el ÍndiceIzquierdoCC es el índice de tono de CC más a la izquierda del símbolo, el ÍndiceDerechoCC es el índice de tono de CC más a la derecha del símbolo, y el ÍndiceFinalVálido4x es el índice de tono final válido para el símbolo. El valor "4" entre el ÍndiceInicialVálido4x y el ÍndiceIzquierdoCC y entre el ÍndiceDerechoCC y el ÍndiceFinalVálido4x indica que cada cuarto tono de un símbolo con una duración de símbolo de 4x se correlaciona con el símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x. El ÍndiceIzquierdoCC-1 representa el primer índice de tono a la izquierda del ÍndiceIzquierdoCC, y el ÍndiceDerechoCC+1 representa el primer índice de tono a la derecha del ÍndiceDerechoCC. El valor +0,5 se usa para correlacionar la señal LTF en un índice de tono entero.

**[0075]** Este enfoque reduce la extrapolación de tonos 4x. Siguiendo con el ejemplo, los índices de tono para un símbolo con una duración de símbolo de 1x pueden copiarse en los índices de tono  $[-126,5:126,5]$ , determinados en base a  $\{[-506: 4:-2] \cup [2:4:506]\} / 4$ . En este caso, se rellena cada índice de tono fraccionario separado por una separación de índices de tono de 1 (por ejemplo, -126,5, -125,5, -124,5, ..., 126,5). Para correlacionar los índices de tono fraccionarios con índices de tono enteros con el fin de encapsular el símbolo LTF, los índices de tono pueden desplazarse en +0,5 (medio tono hacia arriba) para obtener los índices de tono de la fila 3. De este modo,  $\{[-504:4:-2] \cup [2:4:506]\} / 4 + 0,5 = [-126:127]$ . Posteriormente, los índices de tono  $[-126:127]$  se pueden desplazar en -0,5 (un desplazamiento de medio tono hacia abajo, correspondiente a una rampa de fase del dominio de tiempo) para generar señales de transmisión en tonos de  $[-126:127] - 0,5 = [-126,5:126,5]$ . El desplazamiento de medio tono permite que la transmisión se produzca en los instantes de frecuencia exactos de  $[\text{ÍndiceInicialVálido}4x:4:\text{ÍndiceIzquierdoCC}-1 \text{ ÍndiceDerechoCC}+1:4:\text{ÍndiceTonoFinalVálido}4x] / 4$ . Después de este desplazamiento, las señales se transmiten en los índices de tono -126,5, -125,5, -124,5, ..., 126,5, en el que cada índice de tono está separado por un valor de 1. La transmisión en el índice de tono 0 (tono de CC) también se evita.

**[0076]** Basándose en los planes de tonos de la fila 2, por ejemplo, la STA 206 puede usar un símbolo LTF de 20 MHz con duración de símbolo de 1x que tiene índices de tono  $[-31:30]$  para transmitir el LTF. El símbolo LTF se puede encapsular en índices de tono  $[-31:30]$  en base a las señales submuestreadas asociadas a un símbolo LTF 4x de 20 MHz. Después de encapsular el símbolo LTF 1x de 20 MHz, la STA puede transmitir información (por ejemplo, información LTF) en el símbolo LTF 1x de 20 MHz con desplazamiento de medio tono hacia arriba (por ejemplo,  $[-30,5: 30,5]$ ). Por ejemplo, el AP 202 puede recibir el símbolo LTF 1x de 20 MHz. En una configuración, el AP 202 puede realizar una rampa de fase inversa para asociar las señales recibidas en el símbolo LTF con índices de tono enteros (por ejemplo, realizar una rampa de fase inversa en -0,5 para pasar de  $[-30,5:30,5]$  a  $[-31:30]$ ). Posteriormente, el AP 202 puede realizar una FFT 1x para recuperar las señales LTF en índices de tono enteros en tonos 1x. En otra configuración, el AP 202 puede evitar la rampa de fase inversa sobremuestreando directamente (por ejemplo, usando una FFT 2x/4x), para correlacionar la señal recibida con índices de tono apropiados en tonos de símbolo 2x o 4x. Aunque este ejemplo usa una STA como transmisor y un AP como receptor, el AP puede ser el transmisor y la STA puede ser el receptor. Esta operación/procedimiento también se aplica a los planes de tonos de la fila 3.

**[0077]** Las FIGS. 4A-B son diagramas ejemplares 400, 450 de planes/índices de tonos para la compresión LTF. Sin embargo, en lugar de modificar el plan de tonos para un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x o 2x en los diversos anchos de banda de frecuencia (por ejemplo, 20 MHz, 40 MHz, 80 MHz) como se muestra en las FIGS. 3A-B, otra opción es usar un plan de tonos existente para un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x o 2x (por ejemplo, según IEEE 802.11ac) y modificar el plan de tonos para símbolos de datos con una duración de símbolo de 4x. Por ejemplo, como se muestra en la fila 1 de la FIG. 4A, un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de  $[-28:-1]$  y  $[1:28]$ . Un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de  $[-58:-2]$  y  $[2:58]$ . Además, un símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de  $[-122:-2]$  y  $[2:122]$ . En base a los planes de tonos existentes de la fila 1, los planes de tonos correspondientes para un símbolo

de datos con una duración de símbolo de 4x pueden determinarse multiplicando por 4 los índices inicial y final válidos del plan de tonos para un símbolo LTF con una duración de símbolo de 1x. En un ejemplo, para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 1x, el plan de tonos tiene tonos utilizables en los índices de tono [-28:-1] y [1:28] (por ejemplo, según IEEE 802.11n y 802.11ac). Para facilitar la reconstrucción de las estimaciones de canal en un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x, el índice de tono inicial válido en el símbolo de datos (por ejemplo, el símbolo de datos 268) puede determinarse como  $-28 \cdot 4 = -112$ , y el índice de tono final válido puede determinarse como  $28 \cdot 4 = 112$ . Con respecto a los tonos de CC en un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x, los tonos de CC pueden no tener que cuadruplicar el número de tonos de CC como en el plan de tonos para un símbolo de duración de símbolo de 1x. En cambio, si un símbolo de duración de símbolo de 1x tiene 1 tono de CC, el símbolo de datos correspondiente de duración de símbolo de 4x puede tener 3-4 tonos de CC a los que proporcionar el mismo ancho de frecuencia para el filtrado de muesca. Además, si un símbolo de duración de símbolo de 1x tiene 3 tonos de CC, el símbolo de datos correspondiente de duración de símbolo de 4x puede tener 7-8 tonos de CC. Como se muestra en la fila 1, el símbolo de datos de 20 MHz de duración de símbolo de 1x tiene un tono de CC. De este modo, como se muestra en la fila 2, el símbolo de datos de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x puede tener 3 tonos de CC y, por lo tanto, el plan de tonos modificado puede tener índices de tonos utilizables que oscilan entre [-112:-2] y [2:112]. El número total de tonos utilizables es igual al índice de tono final válido menos el índice de tono inicial válido más uno menos el número de tonos de CC. El número total de tonos utilizables se dividirá en tonos de datos y tonos piloto. En un aspecto, este plan de tonos puede tener 210 tonos de datos y 12 tonos piloto para un total de 222 tonos utilizables.

**[0078]** En otro ejemplo, para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x, el plan de tonos tiene tonos utilizables en los índices de tono [-58:-2] y [2:58] (por ejemplo, según las normas inalámbricas IEEE 802.11n y 802.11ac). Para facilitar la reconstrucción de las estimaciones de canal en un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x, el índice de tono inicial válido en el símbolo de datos puede determinarse como  $-58 \cdot 4 = -232$ , y el índice de tono final válido puede determinarse como  $58 \cdot 4 = 232$ . Con respecto a los tonos de CC en un símbolo de datos de 40 MHz con una duración de símbolo de 1x, hay 3 tonos de CC. De este modo, como se muestra en la fila 2, el símbolo de datos de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x puede tener 7 tonos de CC y, por lo tanto, el plan de tonos modificado puede tener índices de tonos utilizables que oscilan entre [-232:-4] y [4:232]. En un aspecto, este plan de tonos puede tener 444 tonos de datos y 14 tonos piloto para un total de 458 tonos utilizables.

**[0079]** En aún otro ejemplo, para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x, el plan de tonos tiene tonos utilizables en los índices de tono [-122:-2] y [2:122] (por ejemplo, según IEEE 802.11n y 802.11ac). Para facilitar la reconstrucción de las estimaciones de canal en un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x, el índice de tono inicial válido en el símbolo de datos puede determinarse como  $-122 \cdot 4 = -488$ , y el índice de tono final válido puede determinarse como  $122 \cdot 4 = 488$ . Con respecto a los tonos de CC en un símbolo de datos de 80 MHz con una duración de símbolo de 1x, hay 3 tonos de CC. De este modo, como se muestra en la fila 2, el símbolo de datos de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x puede tener 7 tonos de CC y, por lo tanto, el plan de tonos modificado puede tener índices de tonos utilizables que oscilan entre [-488:-4] y [4:488]. En un aspecto, este plan de tonos puede tener 954 tonos de datos y 16 tonos piloto para un total de 970 tonos utilizables.

**[0080]** En otro modo de realización, como se muestra en la fila 1 de la FIG. 4B, un símbolo de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-58:-2] y [2:58]. Un símbolo de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-122:-2] y [2:122]. Además, un símbolo de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x tiene tonos utilizables en el intervalo de índices de tono de [-250:-3] y [3:250]. En base a los planes de tonos existentes de la fila 1 de la FIG. 4B, los planes de tonos correspondientes para un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x pueden determinarse multiplicando por 2 los índices inicial y final válidos del plan de tonos para un símbolo LTF con una duración de símbolo de 2x. En un ejemplo, para un símbolo LTF de 20 MHz con una duración de símbolo de 2x, el plan de tonos tiene tonos utilizables en los índices de tono [-58:-2] y [2:58] (por ejemplo, según IEEE 802.11n y 802.11ac). Para facilitar la reconstrucción de las estimaciones de canal en un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x, el índice de tono inicial válido en el símbolo de datos (por ejemplo, el símbolo de datos 268) puede determinarse como  $-58 \cdot 2 = -116$ , y el índice de tono final válido puede determinarse como  $58 \cdot 2 = 116$ . Con respecto a los tonos de CC en un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x, los tonos de CC pueden no tener que duplicar el número de tonos de CC como en el plan de tonos para un símbolo de duración de símbolo de 2x. En cambio, si un símbolo de duración de símbolo de 2x tiene 3 tonos de CC, el símbolo de datos correspondiente de duración de símbolo de 4x puede tener 5 tonos de CC a los que proporcionar el mismo ancho de frecuencia para el filtrado de muesca. Además, si un símbolo de duración de símbolo de 2x tiene 5 tonos de CC, el símbolo de datos correspondiente de duración de símbolo de 4x puede tener 7 tonos de CC. Como se muestra en la fila 1 de la FIG. 4B, el símbolo de datos de 20 MHz de duración de símbolo de 1x tiene 3 tonos de CC. De este modo, como se muestra en la fila 2 de la FIG. 4B, el símbolo de datos de 20 MHz con una duración de símbolo de 4x puede tener 5 tonos de CC y, por lo tanto, el plan de tonos modificado puede tener índices de tonos utilizables que oscilan entre [-116:-3] y [3:116]. El número total de tonos utilizables es igual al índice de tono final válido menos el índice de tono inicial válido más uno menos el número de tonos de CC. El número total de tonos utilizables se dividirá en tonos de datos y tonos piloto. En un aspecto, este plan de tonos puede tener 216 tonos de datos y 12 tonos piloto para un total de 228 tonos utilizables.

**[0081]** En otro ejemplo, para un símbolo LTF de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x, el plan de tonos tiene

tonos utilizables en los índices de tono [-122:-2] y [2:122] (por ejemplo, según las normas inalámbricas IEEE 802.11n y 802.11ac). Para facilitar la reconstrucción de las estimaciones de canal en un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x, el índice de tono inicial válido en el símbolo de datos puede determinarse como  $-122 * 2 = -244$ , y el índice de tono final válido puede determinarse como  $122 * 2 = 244$ . Con respecto a los tonos de CC en un símbolo de datos de 40 MHz con una duración de símbolo de 2x, hay 3 tonos de CC. De este modo, como se muestra en la fila 2 de la FIG. 4B, el símbolo de datos de 40 MHz con una duración de símbolo de 4x puede tener 5 tonos de CC y, por lo tanto, el plan de tonos modificado puede tener índices de tonos utilizables que oscilan entre [-244:-3] y [3:244]. En un aspecto, este plan de tonos puede tener 468 tonos de datos y 16 tonos piloto para un total de 484 tonos utilizables.

**[0082]** En aún otro ejemplo, para un símbolo LTF de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x, el plan de tonos tiene tonos utilizables en los índices de tono [-250:-3] y [3:250] (por ejemplo, según IEEE 802.11n y 802.11ac). Para facilitar la reconstrucción de las estimaciones de canal en un símbolo de datos con una duración de símbolo de 4x, el índice de tono inicial válido en el símbolo de datos puede determinarse como  $-250 * 2 = -500$ , y el índice de tono final válido puede determinarse como  $250 * 2 = 500$ . Con respecto a los tonos de CC en un símbolo de datos de 80 MHz con una duración de símbolo de 2x, hay 5 tonos de CC. De este modo, como se muestra en la fila 2 de la FIG. 4B, el símbolo de datos de 80 MHz con una duración de símbolo de 4x puede tener 7 tonos de CC y, por lo tanto, el plan de tonos modificado puede tener índices de tonos utilizables que oscilan entre [-500:-4] y [4:500]. En un aspecto, este plan de tonos puede tener 978 tonos de datos y 16 tonos piloto para un total de 994 tonos utilizables.

**[0083]** En suma, un AP o una STA puede transmitir tramas que contienen información LTF en símbolos LTF y datos de usuario en símbolos de datos. En un modo de realización, los símbolos LTF pueden tener una duración de símbolo de 1x y utilizar planes de tonos existentes para símbolos de duración de símbolo de 1x. Los símbolos de datos pueden utilizar un plan de tonos modificado basado en un plan de tonos existente para símbolos de duración de símbolo de 1x. En un ejemplo, un AP (por ejemplo, el AP 202) puede transmitir a un usuario de STA (por ejemplo, la STA 206) en un símbolo de datos de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo de datos 268), en el que el símbolo de datos de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 4x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-112:2] y [2:112]. Además, para propósitos de estimación de canal, el AP puede transmitir a la STA un LTF en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266), donde el símbolo LTF de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 1x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-28:-1] y [1:28].

**[0084]** En otro ejemplo, los símbolos LTF pueden tener una duración de símbolo de 2x y utilizar planes de tono existentes para símbolos de duración de símbolo de 2x. Los símbolos de datos pueden utilizar un plan de tonos modificado basado en un plan de tonos existente para símbolos de duración de símbolo de 2x. Por ejemplo, un AP (por ejemplo, el AP 202) puede transmitir a un usuario de STA (por ejemplo, la STA 206) en un símbolo de datos de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo de datos 268), en el que el símbolo de datos de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 4x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-116:3] y [3:116]. Además, para propósitos de estimación de canal, el AP puede transmitir a la STA un LTF en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266), donde el símbolo LTF de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 2x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-58:-2] y [2:58].

**[0085]** En aún otro ejemplo, los símbolos LTF puede tener una duración de símbolo de 2x modificada (por ejemplo, en las FIGS. 3A-B). Los símbolos de datos pueden utilizar un plan de tonos existente para símbolos de duración de símbolo de 4x. Por ejemplo, el AP (por ejemplo, el AP 202) puede transmitir a un usuario de STA (por ejemplo, la STA 206) en un símbolo de datos de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo de datos 268), en el que el símbolo de datos de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 4x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-122:-2] y [2:122]. Además, para propósitos de estimación de canal, entre otros, el AP puede transmitir a la STA un LTF en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266), donde el símbolo LTF de 20 MHz tiene una duración de símbolo de 2x y un intervalo de índices de tono utilizables de [-61:-2] y [2:61].

**[0086]** La FIG. 5 es un diagrama de bloques funcionales de un dispositivo inalámbrico 502 que se puede emplear dentro del sistema de comunicación inalámbrica 100 de la FIG. 1 y puede usar un plan de tonos modificado. El dispositivo inalámbrico 502 es un ejemplo de un dispositivo que puede estar configurado para implementar los diversos procedimientos descritos en el presente documento. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 502 puede ser el AP 104, el AP 202, las STA 112, 114, 116, 118 o las STA 206, 208, 210, 212.

**[0087]** El dispositivo inalámbrico 502 puede incluir un procesador 504 que controle el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 502. El procesador 504 se puede denominar también unidad central de procesamiento (CPU). La memoria 506, que puede incluir tanto memoria de solo lectura (ROM) como memoria de acceso aleatorio (RAM), puede proporcionar instrucciones y datos al procesador 504. Una porción de la memoria 506 también puede incluir memoria de acceso aleatorio no volátil (NVRAM). El procesador 504 realiza típicamente operaciones lógicas y aritméticas en base a instrucciones de programa almacenadas dentro de la memoria 506. Las instrucciones en la memoria 506 pueden ser ejecutables (por ejemplo, por el procesador 504) para implementar los procedimientos descritos en el presente documento.

**[0088]** El procesador 504 puede comprender, o ser un componente de, un sistema de procesamiento implementado con uno o más procesadores. Los uno o más procesadores se pueden implementar con cualquier combinación de

microprocesadores de propósito general, microcontroladores, procesadores de señales digitales (DSP), matrices de puertas programables in situ (FPGA), dispositivos de lógica programable (PLD), controladores, máquinas de estados, lógica de puertas, componentes de hardware discretos, máquinas de estados finitos con hardware dedicado o cualquiera otra entidad adecuada que pueda realizar cálculos u otras manipulaciones de información.

**[0089]** El sistema de procesamiento puede incluir también medios legibles por máquina para almacenar software. Se interpretará en sentido amplio que software significa cualquier tipo de instrucciones, independientemente de si se denomina software, firmware, middleware, microcódigo, lenguaje de descripción de hardware o de otro modo. Las instrucciones pueden incluir código (por ejemplo, en formato de código fuente, formato de código binario, formato de código ejecutable o cualquier otro formato de código adecuado). Las instrucciones, cuando son ejecutadas por el uno o más procesadores, hacen que el sistema de procesamiento realice las diversas funciones descritas en el presente documento.

**[0090]** El dispositivo inalámbrico 502 puede incluir también una carcasa 508, y el dispositivo inalámbrico 502 puede incluir un transmisor 510 y/o un receptor 512 para permitir la transmisión y la recepción de datos entre el dispositivo inalámbrico 502 y un dispositivo remoto. El transmisor 510 y el receptor 512 se pueden combinar en un transceptor 514. Una antena 516 puede estar unida a la carcasa 508 y acoplada eléctricamente al transceptor 514. El dispositivo inalámbrico 502 también puede incluir múltiples transmisores, múltiples receptores, múltiples transceptores y/o múltiples antenas.

**[0091]** El dispositivo inalámbrico 502 también puede incluir un detector de señales 518 que se puede usar para detectar y cuantificar el nivel de señales recibidas por el transceptor 514 o el receptor 512. El detector de señales 518 puede detectar dichas señales como energía total, energía por subportadora por símbolo, densidad espectral de potencia y otras señales. El dispositivo inalámbrico 502 también puede incluir un procesador de señales digitales (DSP) 520 para su uso en el procesamiento de señales. El DSP 520 puede estar configurado para generar un paquete para su transmisión. En algunos aspectos, el paquete puede comprender una PPDU.

**[0092]** El dispositivo inalámbrico 502 puede comprender además una interfaz de usuario 522 en algunos aspectos. La interfaz de usuario 522 puede comprender un teclado, un micrófono, un altavoz y/o una pantalla. La interfaz de usuario 522 puede incluir cualquier elemento o componente que transmita información a un usuario del dispositivo inalámbrico 502 y/o reciba una entrada del usuario.

**[0093]** Cuando el dispositivo inalámbrico 502 se implementa como un AP (por ejemplo, el AP 104, el AP 202) o como una STA (por ejemplo, la STA 114, la STA 206), el dispositivo inalámbrico 502 también puede incluir un componente de plan de tonos 524. El componente de plan de tonos 524 puede estar configurado para transmitir datos de usuario, por medio del transmisor 510 o el transceptor 514, en un primer símbolo de un primer tipo de símbolo. El primer tipo de símbolo puede tener una primera duración de símbolo, un primer ancho de banda de frecuencia y un primer plan de tonos. El primer plan de tonos puede tener un primer índice de tono inicial válido, un primer índice de tono final válido y un primer conjunto de tonos de CC. El componente de plan de tonos 524 puede estar configurado para transmitir un LTF, por medio del transmisor 510 o el transceptor 514, en un segundo símbolo de un segundo tipo de símbolo. El segundo tipo de símbolo puede tener una segunda duración de símbolo, un segundo ancho de banda de frecuencia y un segundo plan de tonos. El segundo plan de tonos puede tener un segundo índice de tono inicial válido, un segundo índice de tono final válido y un segundo conjunto de tonos de CC. En una configuración, el componente de plan de tonos 524 puede estar configurado para determinar el primer plan de tonos asociado al primer tipo de símbolo basándose en la información de configuración. En esta configuración, el componente de plan de tonos 524 puede estar configurado para determinar el segundo plan de tonos asociado al segundo tipo de símbolo basándose en la información de configuración. En otra configuración, la segunda duración de símbolo puede ser menor que la primera duración de símbolo. En otra configuración, el segundo índice de tono inicial válido viene dado por el primer índice de tono inicial válido, y el segundo índice de tono final válido viene dado por el primer índice de tono final válido. En otra configuración, el primer conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1, y el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir un tono de CC ubicado en el índice de tono 0. En otra configuración, el primer conjunto de tonos de CC puede incluir once tonos de CC ubicados en los índices de tono -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 y 5, y el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1 o un tono de CC ubicado en el índice de tono 0. En otra configuración, el primer conjunto de tonos de CC puede incluir siete tonos de CC ubicados en los índices de tono -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3, y el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1 o un tono de CC en el índice de tono 0. En otra configuración, la primera duración de símbolo puede ser cuatro veces mayor que la segunda duración de símbolo, el primer y el segundo ancho de banda de frecuencia pueden ser de 20 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -122, el primer índice de tono final válido puede ser 122, el segundo índice de tono inicial válido puede ser -31, y el segundo índice de tono final válido puede ser 30. En otra configuración, la primera duración de símbolo puede ser cuatro veces mayor que la segunda duración de símbolo, el primer y el segundo ancho de banda de frecuencia pueden ser de 40 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -250, el primer índice de tono final válido puede ser 250, el segundo índice de tono inicial válido puede ser -63, y el segundo índice de tono final válido puede ser 62. En otra configuración, la primera duración de símbolo puede ser cuatro veces mayor que la segunda duración de símbolo, el primer y el segundo ancho de banda de frecuencia pueden ser de 80 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -506, el primer índice de tono final válido



de tono inicial válido multiplicado por dos, y el primer índice de tono final válido puede ser igual al segundo índice de tono final válido multiplicado por dos. En otra configuración, el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC, y el primer conjunto de tonos de CC puede incluir cinco tonos de CC ubicados en los índices de tono -2, -1, 0, 1 y 2. En otra configuración, el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC, y el primer conjunto de tonos de CC puede incluir cinco tonos de CC ubicados en los índices de tono -2, -1, 0, 1 y 2. En otra configuración, el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir cinco tonos de CC, y el primer conjunto de tonos de CC puede incluir siete tonos de CC ubicados en los índices de tono -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3. En otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 20 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -116 y el primer índice de tono final válido puede ser 116. En otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 40 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -244 y el primer índice de tono final válido puede ser 244. En otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 80 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -500 y el primer índice de tono final válido puede ser 500.

**[0094]** Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 502 se pueden acoplar entre sí mediante un sistema de bus 526. El sistema de bus 526 puede incluir un bus de datos, por ejemplo, así como un bus de alimentación, un bus de señales de control y un bus de señales de estado, además del bus de datos. Los componentes del dispositivo inalámbrico 502 se pueden acoplar entre sí o aceptar o proporcionar datos de entradas entre sí usando algún otro mecanismo.

**[0095]** Aunque se ilustra una pluralidad de componentes separados en la FIG. 5, uno o más de los componentes se pueden combinar o implementar conjuntamente. Por ejemplo, el procesador 504 se puede usar para implementar no solo la funcionalidad descrita anteriormente con respecto al procesador 504, sino también para implementar la funcionalidad descrita anteriormente con respecto al detector de señales 518, el DSP 520, la interfaz de usuario 522 y/o el componente de plan de tonos 524. Además, cada uno de los componentes ilustrados en la FIG. 5 se puede implementar usando una pluralidad de elementos separados.

**[0096]** La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar 600 de comunicación inalámbrica que usa un plan de tonos modificado. El procedimiento 600 se puede realizar usando un aparato (por ejemplo, el AP 104, el AP 202, la STA 114, la STA 206 o el dispositivo inalámbrico 502, por ejemplo). Aunque el procedimiento 600 se describe a continuación con respecto a los elementos del dispositivo inalámbrico 502 de la FIG. 5, se pueden usar otros componentes para implementar una o más de las etapas descritas en el presente documento. En la FIG. 6, los bloques indicados con líneas discontinuas representan etapas opcionales.

**[0097]** En el bloque 605, el aparato puede determinar un primer plan de tonos asociado a un primer tipo de símbolo basándose en información de configuración, la primera duración de símbolo y el primer ancho de banda de frecuencia. El primer plan de tonos puede incluir un primer índice de tono inicial válido, un primer índice de tono final válido y un primer conjunto de tonos de CC. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 2, el AP 202 puede determinar un primer plan de tonos para un símbolo de datos basándose en información de configuración, la primera duración de símbolo y el primer ancho de banda de frecuencia. En este ejemplo, el AP 202 puede elegir o configurarse para usar un símbolo de 20 MHz (la primera frecuencia) con una duración de símbolo de 4x (la primera duración de símbolo) para los símbolos de datos. Basándose en la frecuencia de 20 MHz y la duración de símbolo de 4x, el AP 202 puede determinar qué plan de tonos usar según lo indicado por la información de configuración. Por ejemplo, la información de configuración puede indicar índices de tono utilizables en [-122:-2] U [2:122].

**[0098]** En el bloque 610, el aparato puede transmitir datos de usuario en un primer símbolo de un primer tipo de símbolo. El primer tipo de símbolo puede tener una primera duración de símbolo, un primer ancho de banda de frecuencia y el primer plan de tonos. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 2, el AP 202 puede transmitir datos de usuario en el primer símbolo del primer tipo de símbolo que tiene una duración de símbolo de 4x, un ancho de banda de 20 MHz y el primer plan de tonos con índices de tono utilizables en [-122:-2] U [2:122]. En un aspecto, los datos de usuario pueden transmitirse en la trama 250 dentro de un símbolo de los símbolos de datos 268.

**[0099]** En el bloque 615, el aparato puede determinar un segundo plan de tonos asociado a un segundo tipo de símbolo basándose en la información de configuración. El segundo plan de tonos puede incluir un segundo índice de tono inicial válido, un segundo índice de tono final válido y un segundo conjunto de tonos de CC. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 2, el AP 202 puede determinar un segundo plan de tonos para un símbolo LTF basándose en la información de configuración, la segunda duración de símbolo y el segundo ancho de banda de frecuencia. En este ejemplo, el AP 202 puede elegir o configurarse para usar un símbolo de 20 MHz (la segunda frecuencia) con una duración de símbolo de 2x (la segunda duración de símbolo) para los símbolos LTF. Basándose en la frecuencia de 20 MHz y la duración de símbolo de 2x, el AP 202 puede determinar qué plan de tonos usar según lo indicado por la información de configuración. Por ejemplo, la información de configuración puede indicar un índice de tono utilizable en [-61:-1] U [1:61].

**[0100]** En el bloque 620, el aparato puede transmitir un LTF en un segundo símbolo de un segundo tipo de símbolo. El segundo tipo de símbolo puede tener una segunda duración de símbolo, un segundo ancho de banda de frecuencia y el segundo plan de tonos. Por ejemplo, haciendo referencia a la FIG. 2, el AP 202 puede transmitir el LTF (o parte

del LTF) en un símbolo LTF de un segundo tipo de símbolo que tiene una duración de símbolo de 2x, un ancho de banda de 20 MHz y el segundo plan de tonos con índices de tonos utilizables en [-61:-1] U [1:61].

5 **[0101]** Aunque los ejemplos mencionados anteriormente se han analizado con respecto a un AP, una STA puede realizar procedimientos similares. Por ejemplo, la STA 206 puede determinar un primer plan de tonos basándose en información preconfigurada dentro de la STA 206. En un ejemplo, la información preconfigurada puede indicar que los datos de usuario se transmitirán en símbolos de datos de 20 MHz (por ejemplo, símbolo de datos 268) con una duración de símbolo de 4x en base a un plan de tonos que tiene los tonos utilizables dentro de un intervalo de [-122:-2] y [2:122]. La información preconfigurada puede indicar que los datos LTF se transmitirán en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266) con una duración de símbolo de 1x en base a un plan de tonos modificado que tiene tonos utilizables dentro de un intervalo de [-30:-1] y [1:30]. La STA 206 puede transmitir datos de usuario y datos LTF en símbolos de datos y símbolos LTF, respectivamente, de acuerdo con información preconfigurada.

15 **[0102]** En otro ejemplo, la información preconfigurada puede indicar que los datos de usuario se transmitirán en símbolos de datos de 20 MHz (por ejemplo, símbolo de datos 268) con una duración de símbolo de 4x en base a un plan de tonos modificado que tiene los tonos utilizables dentro de un intervalo de [-112:-2] y [2:112]. La información preconfigurada puede indicar que los datos LTF se transmitirán en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266) con una duración de símbolo de 1x en base a un plan de tonos existente que tiene tonos utilizables dentro de un intervalo de [-28:-1] y [1:28]. La STA 206 puede transmitir datos de usuario y datos LTF en símbolos de datos y símbolos LTF, respectivamente, de acuerdo con información preconfigurada.

25 **[0103]** En un ejemplo, la información preconfigurada puede indicar que los datos de usuario se transmitirán en símbolos de datos de 20 MHz (por ejemplo, símbolo de datos 268) con una duración de símbolo de 4x en base a un plan de tonos existente que tiene los tonos utilizables dentro de un intervalo de [-122:-2] y [2:122]. La información preconfigurada puede indicar que los datos LTF se transmitirán en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266) con una duración de símbolo de 2x en base a un plan de tonos modificado que tiene tonos utilizables dentro de un intervalo de [-61:-2] y [2:61]. La STA 206 puede transmitir datos de usuario y datos LTF en símbolos de datos y símbolos LTF, respectivamente, de acuerdo con información preconfigurada.

30 **[0104]** En otro ejemplo, la información preconfigurada puede indicar que los datos de usuario se transmitirán en símbolos de datos de 20 MHz (por ejemplo, símbolo de datos 268) con una duración de símbolo de 4x en base a un plan de tonos modificado que tiene los tonos utilizables dentro de un intervalo de [-116:-3] y [3:116]. La información preconfigurada puede indicar que los datos LTF se transmitirán en un símbolo LTF de 20 MHz (por ejemplo, el símbolo LTF 266) con una duración de símbolo de 2x en base a un plan de tonos existente que tiene tonos utilizables dentro de un intervalo de [-58:-2] y [2:58]. La STA 206 puede transmitir datos de usuario y datos LTF en símbolos de datos y símbolos LTF, respectivamente, de acuerdo con información preconfigurada.

40 **[0105]** La FIG. 7 es un diagrama de bloques funcionales de un dispositivo de comunicación inalámbrica 700 ejemplar que usa un plan de tonos modificado. El dispositivo de comunicación inalámbrica 700 puede incluir un receptor 705, un sistema de procesamiento 710 y un transmisor 715. El sistema de procesamiento 710 puede incluir un componente de plan de tonos 724. El sistema de procesamiento 710, el componente de plan de tonos 724 y/o el transmisor 715 pueden configurarse para transmitir datos de usuario en un primer símbolo de un primer tipo de símbolo. El primer tipo de símbolo puede tener una primera duración de símbolo, un primer ancho de banda de frecuencia y un primer plan de tonos, y el primer plan de tonos puede incluir un primer índice de tono inicial válido, un primer índice de tono final válido y un primer conjunto de tonos de CC. El sistema de procesamiento 710, el componente de plan de tonos 724 y/o el transmisor 715 pueden configurarse para transmitir un LTF en un segundo símbolo de un segundo tipo de símbolo. El segundo tipo de símbolo puede tener una segunda duración de símbolo, un segundo ancho de banda de frecuencia y un segundo plan de tonos, y el segundo plan de tonos puede incluir un segundo índice de tono inicial válido, un segundo índice de tono final válido y un segundo conjunto de tonos de CC. En una configuración, el sistema de procesamiento 710 y/o el componente de plan de tonos 724 pueden configurarse para determinar el primer plan de tonos asociado al primer tipo de símbolo en base a la información de configuración. En esta configuración, el sistema de procesamiento 710 y/o el componente de plan de tonos 724 pueden configurarse para determinar el segundo plan de tonos asociado al segundo tipo de símbolo en base a la información de configuración. En otra configuración, la segunda duración de símbolo puede ser menor que la primera duración de símbolo. En otra configuración, el segundo índice de tono inicial válido viene dado por el primer índice de tono inicial válido, y el segundo índice de tono final válido viene dado por el primer índice de tono final válido. En otra configuración, el primer conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1, y el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir once tonos de CC ubicados en los índices de tono -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 y 5, y el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1 o un tono de CC ubicado en el índice de tono 0. En otra configuración, el primer conjunto de tonos de CC puede incluir siete tonos de CC ubicados en los índices de tono -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3, y el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1 o un tono de CC en el índice de tono 0. En otra configuración, la primera duración de símbolo puede ser cuatro veces mayor que la segunda duración de símbolo, el primer y el segundo ancho de banda de frecuencia pueden ser de 20 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -122, el primer índice de tono final válido puede ser 122, el segundo índice de tono inicial válido puede ser -31, y



puede ser igual al segundo índice de tono final válido multiplicado por cuatro. En otro aspecto, el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir un tono de CC, y el primer conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1. En aún otro aspecto, el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC, y el primer conjunto de tonos de CC puede incluir siete tonos de CC ubicados en los índices de tono -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3. En otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 20 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -112 y el primer índice de tono final válido puede ser 112. En otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 40 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -232 y el primer índice de tono final válido puede ser 232. En aún otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 80 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -488 y el primer índice de tono final válido puede ser 488. En otra configuración, la primera duración de símbolo puede ser dos veces mayor que la segunda duración de símbolo, el primer índice de tono inicial válido puede ser igual al segundo índice de tono inicial válido multiplicado por dos, y el primer índice de tono final válido puede ser igual al segundo índice de tono final válido multiplicado por dos. En otra configuración, el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC, y el primer conjunto de tonos de CC puede incluir cinco tonos de CC ubicados en los índices de tono -2, -1, 0, 1 y 2. En otra configuración, el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir tres tonos de CC, y el primer conjunto de tonos de CC puede incluir cinco tonos de CC ubicados en los índices de tono -2, -1, 0, 1 y 2. En otra configuración, el segundo conjunto de tonos de CC puede incluir cinco tonos de CC, y el primer conjunto de tonos de CC puede incluir siete tonos de CC ubicados en los índices de tono -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3. En otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 20 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -116 y el primer índice de tono final válido puede ser 116. En otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 40 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -244 y el primer índice de tono final válido puede ser 244. En otra configuración, el primer ancho de banda de frecuencia puede ser de 80 megahercios, el primer índice de tono inicial válido puede ser -500 y el primer índice de tono final válido puede ser 500.

**[0106]** El receptor 705, el sistema de procesamiento 710, el componente de plan de tonos 724 y/o el transmisor 715 se pueden configurar para realizar una o más funciones analizadas anteriormente con respecto a los bloques 605, 610, 615 y 620 de la FIG. 6. El receptor 705 puede corresponder al receptor 512. El sistema de procesamiento 710 puede corresponder al procesador 504. El transmisor 715 puede corresponder al transmisor 510. El componente de plan de tonos 724 puede corresponder al componente de plan de tonos 124 y/o al componente de plan de tonos 524.

**[0107]** Por otra parte, medios para transmitir datos de usuario en un primer símbolo de un primer tipo de símbolo puede comprender el sistema de procesamiento 710, el componente de plan de tonos 724 y/o el transmisor 715. Los medios para transmitir un LTF en un segundo símbolo de un segundo tipo de símbolo pueden comprender el sistema de procesamiento 710, el componente de plan de tonos 724 y/o el transmisor 715. Los medios para determinar el primer plan de tonos pueden comprender el sistema de procesamiento 710 y/o el componente de plan de tonos 724. Los medios para determinar el segundo plan de tonos pueden comprender el sistema de procesamiento 710 y/o el componente de plan de tonos 724.

**[0108]** Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente se pueden realizar por cualquier medio adecuado que pueda realizar las operaciones, tales como diversos componentes, circuitos y/o módulos de hardware y/o software. En general, cualquier operación ilustrada en las figuras se puede realizar por medios funcionales correspondientes capaces de realizar las operaciones.

**[0109]** Los diversos bloques, componentes y circuitos lógicos ilustrativos descritos en relación con la presente divulgación se pueden implementar o realizar con un procesador de propósito general, un DSP, un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), una FPGA u otro PLD, lógica de transistor o de puertas discretas, componentes de hardware discretos o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador pero, de forma alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados disponible en el mercado. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

**[0110]** En uno o más aspectos, las funciones descritas se pueden implementar en hardware, software, firmware o en cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones se pueden almacenar en, o transmitirse por, un medio legible por ordenador como una o más instrucciones o código. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento informáticos como medios de comunicación que incluyen cualquier medio que facilite la transferencia de un programa informático de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder mediante un ordenador. A modo de ejemplo y no de limitación, dichos medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, ROM de disco compacto (CD)-ROM (CD-ROM) u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que se pueda usar para transportar o almacenar un código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que se pueda acceder mediante un ordenador. Además, cualquier conexión recibe apropiadamente la denominación de medio legible por ordenador. Por ejemplo, si el software se transmite desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota,

5 usando un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un par trenzado, una línea digital de abonado (DSL) o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, la DSL o las tecnologías inalámbricas, tales como infrarrojos, radio y microondas, se incluyen en la definición de medio. Los discos, como se usan en el presente documento, incluyen CD, discos de láser, discos ópticos, discos versátiles digitales (DVD), discos flexibles y discos Blu-ray, donde los discos habitualmente reproducen datos de manera magnética así como de manera óptica con láser. Por tanto, el medio legible por ordenador comprende un medio no transitorio legible por ordenador (por ejemplo, medios tangibles).

10 **[0111]** Los procedimientos divulgados en el presente documento comprenden una o más etapas o acciones para lograr el procedimiento descrito. Las etapas y/o acciones de procedimiento se pueden intercambiar entre sí sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En otras palabras, a menos que se especifique un orden específico de etapas o acciones, el orden y/o el uso de etapas y/o acciones específicas se pueden modificar sin apartarse del alcance de las reivindicaciones.

15 **[0112]** Por lo tanto, determinados aspectos pueden comprender un producto de programa informático para realizar las operaciones presentadas en el presente documento. Por ejemplo, dicho producto de programa informático puede comprender un medio legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas (y/o codificadas) en el mismo, siendo las instrucciones ejecutables por uno o más procesadores para realizar las operaciones descritas en el presente documento. Para determinados aspectos, el producto de programa informático puede incluir material de  
20 embalaje.

**[0113]** Además, debe apreciarse que los componentes y/u otros medios apropiados para realizar los procedimientos y las técnicas descritos en el presente documento se pueden descargar y/u obtener de otro modo por un terminal de usuario y/o una estación base, según corresponda. Por ejemplo, un dispositivo de este tipo puede estar acoplado a  
25 un servidor para facilitar la transferencia de medios para realizar los procedimientos descritos en el presente documento. De forma alternativa, diversos procedimientos descritos en el presente documento se pueden proporcionar a través de medios de almacenamiento (por ejemplo, RAM, ROM, un medio de almacenamiento físico tal como un CD o un disco flexible, etc.), de modo que un terminal de usuario y/o una estación base pueden obtener los diversos procedimientos tras acoplarse o proporcionar los medios de almacenamiento al dispositivo. Además, se  
30 puede utilizar cualquier otra técnica adecuada para proporcionar a un dispositivo los procedimientos y técnicas descritos en el presente documento.

**[0114]** El alcance de la presente invención se define solo mediante el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

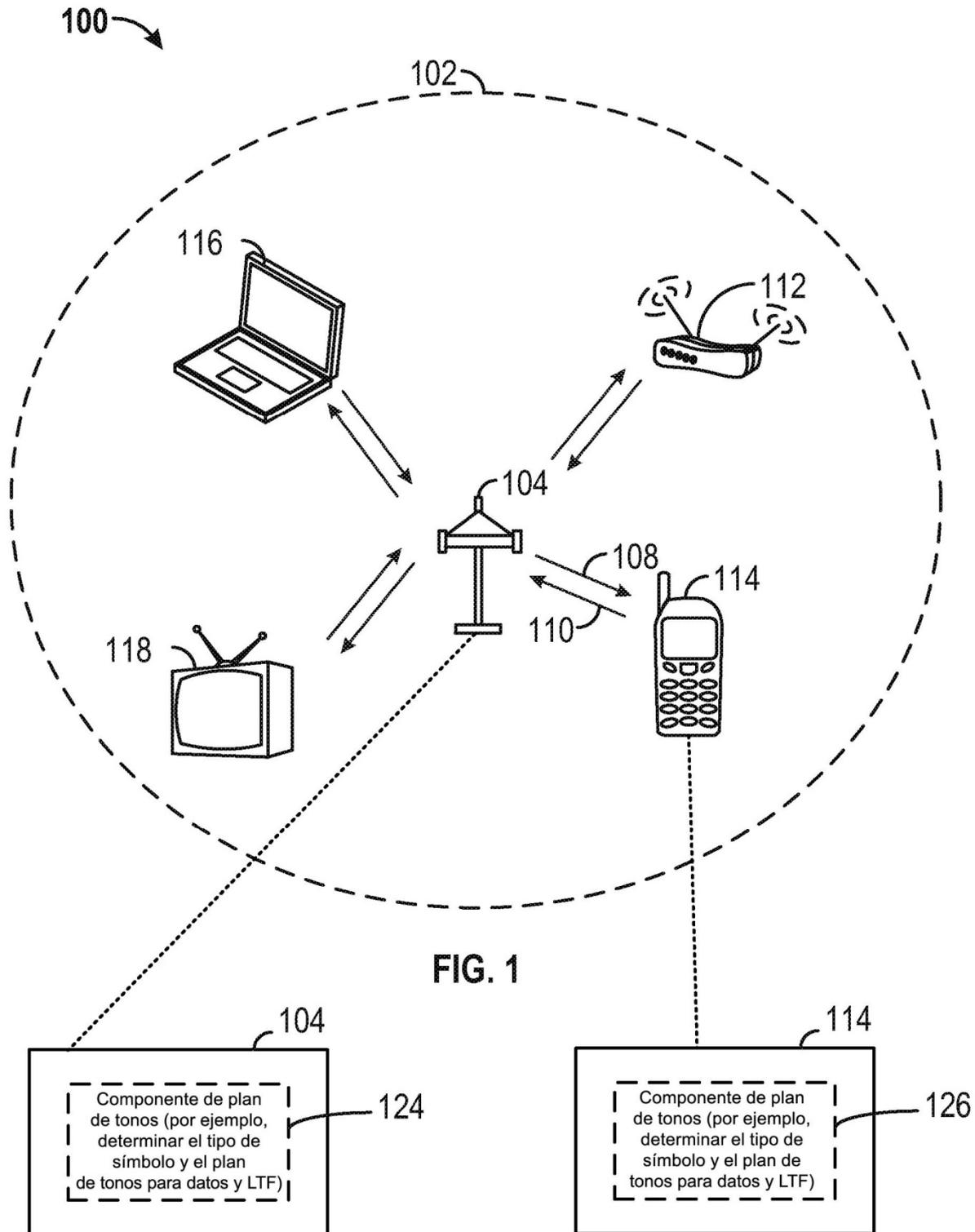
35 **[0115]** Aunque lo anterior está dirigido a los aspectos de la presente divulgación, se pueden contemplar aspectos diferentes y adicionales de la divulgación sin apartarse del alcance básico de la misma, y el alcance de la misma está determinado por las reivindicaciones siguientes.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento (600) realizado por un dispositivo inalámbrico, que comprende:
  - 5 transmitir (610) datos de usuario en un primer símbolo de un primer tipo de símbolo, en el que el primer tipo de símbolo tiene una primera duración de símbolo, un primer ancho de banda de frecuencia y un primer plan de tonos, y el primer plan de tonos comprende un primer índice de tono inicial válido, un primer índice de tono final válido y un primer conjunto de tonos de corriente continua, CC; y
  - 10 transmitir (620) un campo de acondicionamiento largo, LTF, en un segundo símbolo de un segundo tipo de símbolo, en el que el segundo tipo de símbolo tiene una segunda duración de símbolo, un segundo ancho de banda de frecuencia y un segundo plan de tonos, y el segundo plan de tonos comprende un segundo índice de tono inicial válido, un segundo índice de tono final válido y un segundo conjunto de tonos de CC, en el que un tono válido es un tono utilizable para su transmisión por el dispositivo inalámbrico, excluyendo tonos de guarda y tonos de CC, y en el que el primer plan de tonos es diferente del segundo plan de tonos.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la segunda duración de símbolo es menor que la primera duración de símbolo.
- 20 3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el segundo índice de tono inicial válido viene dado por el primer índice de tono inicial válido, y el segundo índice de tono final válido viene dado por el primer índice de tono final válido.
- 25 4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el primer conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1, y en el que el segundo conjunto de tonos de CC incluye un tono de CC ubicado en el índice de tono 0.
- 30 5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el primer conjunto de tonos de CC incluye once tonos de CC ubicados en los índices de tono -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 y 5, y en el que el segundo conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1 o un tono de CC ubicado en el índice de tono 0.
- 35 6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el primer conjunto de tonos de CC incluye siete tonos de CC ubicados en los índices de tono -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3, y en el que el segundo conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1 o un tono de CC en el índice de tono 0.
- 40 7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el primer conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1, y en el que el segundo conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0, y 1.
8. Un programa informático que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
- 45 9. Un aparato (700) para la comunicación inalámbrica, que comprende:
  - 50 medios (715) para transmitir datos de usuario en un primer símbolo de un primer tipo de símbolo, en el que el primer tipo de símbolo tiene una primera duración de símbolo, un primer ancho de banda de frecuencia y un primer plan de tonos, y el primer plan de tonos comprende un primer índice de tono inicial válido, un primer índice de tono final válido y un primer conjunto de tonos de corriente continua, CC; y
  - 55 medios (715) para transmitir un campo de acondicionamiento largo, LTF, en un segundo símbolo de un segundo tipo de símbolo, en el que el segundo tipo de símbolo tiene una segunda duración de símbolo, un segundo ancho de banda de frecuencia y un segundo plan de tonos, y el segundo plan de tonos comprende un segundo índice de tono inicial válido, un segundo índice de tono final válido y un segundo conjunto de tonos de CC, en el que un tono válido es un tono utilizable para su transmisión por el dispositivo inalámbrico, excluyendo tonos de guarda y tonos de CC, y en el que el primer plan de tonos es diferente del segundo plan de tonos.
- 60 10. El aparato según la reivindicación 9, en el que la segunda duración de símbolo es menor que la primera duración de símbolo.
- 65 11. El aparato según la reivindicación 9, en el que el segundo índice de tono inicial válido viene dado por el primer índice de tono inicial válido, y el segundo índice de tono final válido viene dado por el primer índice de tono final válido.
12. El aparato según la reivindicación 9, en el que el primer conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC

ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1, y en el que el segundo conjunto de tonos de CC incluye un tono de CC ubicado en el índice de tono 0.

- 5      **13.** El aparato según la reivindicación 9, en el que el primer conjunto de tonos de CC incluye once tonos de CC ubicados en los índices de tono -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4 y 5, y en el que el segundo conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1 o un tono de CC ubicado en el índice de tono 0.
- 10     **14.** El aparato según la reivindicación 9, en el que el primer conjunto de tonos de CC incluye siete tonos de CC ubicados en los índices de tono -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3, y en el que el segundo conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1 o un tono de CC en el índice de tono 0.
- 15     **15.** El aparato según la reivindicación 9, en el que el primer conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0 y 1, y en el que el segundo conjunto de tonos de CC incluye tres tonos de CC ubicados en los índices de tono -1, 0, y 1.



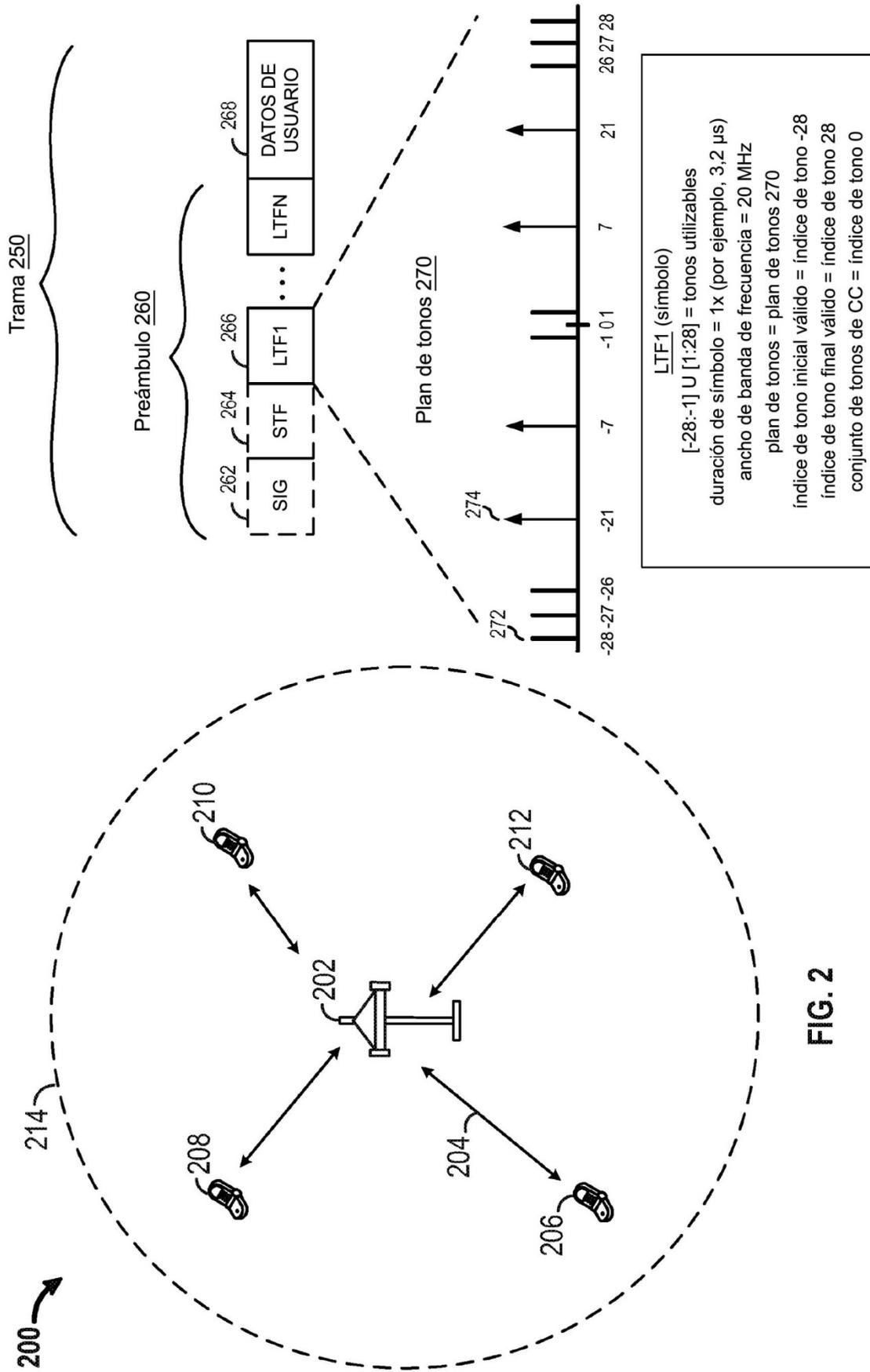


FIG. 2

300 

	20 MHz	40 MHz	80 MHz
<u>Fila 1</u> Índice de tono utilizable en 4x	[-122:-2] [2:122]	[-250:-130] [-126:-6] [6:126] [130:250]	[-506:-4] [4:506]
<u>Fila 2</u> Índice de tono utilizable en 1x (Opción 1 de CC)	[-31:-1] [1:30]	[-63:-2] [2:62]	[-127:-2] [2:126]
<u>Fila 3</u> Índice de tono utilizable en 1x (Opción 2 de CC)	[-31:-1] [1:30]	[-63:-1] [1:62]	[-127:-1] [1:126]
<u>Fila 4</u> Índice de tono utilizable en 1x (Opción 1 de CC)	[-30:-1] [1:30]	[-62:-2] [2:62]	[-126:-2] [2:126]
<u>Fila 5</u> Índice de tono utilizable en 1x (Opción 2 de CC)	[-30:-1] [1:30]	[-62:-1] [1:62]	[-126:-1] [1:126]
<u>Fila 6</u> Índice de tono utilizable en 2x (Opción 1 de CC)	[-61:-1] [1:61]	[-125:-2] [2:125]	[-253:-2] [2:253]
<u>Fila 7</u> Índice de tono utilizable en 2x (Opción 2 de CC)	[-61:-1] [1:61]	[-125:-1] [1:125]	[-253:-1] [1:253]

FIG. 3A

330 

	20 MHz	40 MHz	80 MHz
<u>Fila 1</u> Índice de tono utilizable en 4x	[-122:-2] [2:122]	[-250:-130][-126:-6] [6:126][130:250]	[-506:-4] [4:506]
<u>Fila 2</u> Índice de tono utilizable en 2x (Opción 1 de CC)	[-61:-2] [2:61]	[-125:-3] [3:125]	[-127:-2] [2:126]
<u>Fila 3</u> Índice de tono utilizable en 2x (Opción 2 de CC)	[-61:-2] [2:61]	[-125:-2] [2:125]	[-127:-1] [1:126]

FIG. 3B

360 

	20 MHz	40 MHz	80 MHz
<b>Índice de tono utilizable en 4x</b>	[-122:-2] [2:122]	[-250:-130][126:-6] [6:126][130:250]	[-506:-2] [2:506]
<b>Índice de tono utilizable en 1x (Opción 1)</b>	[-31:30] Con desplazamiento de medio tono hacia arriba	[-63:-2] [1:62] Con desplazamiento de tono medio hacia arriba	[-127:126] Con desplazamiento de medio tono hacia arriba
<b>Índice de tono utilizable en 1x (Opción 2)</b>	[-30:31] Con desplazamiento de medio tono hacia abajo Con desplazamiento de medio tono hacia arriba	[-62:-1] [2:63] Con desplazamiento de medio tono hacia abajo	[-126:127] Con desplazamiento de medio tono hacia abajo

Fila 1

Fila 2

Fila 3

**FIG. 3C**

400 →

	20 MHz	40 MHz	80 MHz
<u>Fila 1</u> Índice de tono utilizable en 1x	[-28:-1] [1:28]	[-58:-2] [2:58]	[-122:-2] [2:122]
<u>Fila 2</u> Índice de tono utilizable en 4x #datos/#piloto	[-112:-2][2:112] 210/12	[-232:-4][4:232] 444/14	[-488:-4][4:488] 954/16

FIG. 4A

450 →

	20 MHz	40 MHz	80 MHz
<u>Fila 1</u> Índice de tono utilizable en 2x	[-58:-2] [2:58]	[-122:-2] [2:122]	[-250:-3] [3:250]
<u>Fila 2</u> Índice de tono utilizable en 4x #datos/#piloto	[-116:-3][3:116] 216/12	[-244:-3][3:244] 468/16	[-500:-4][4:500] 978/16

FIG. 4B

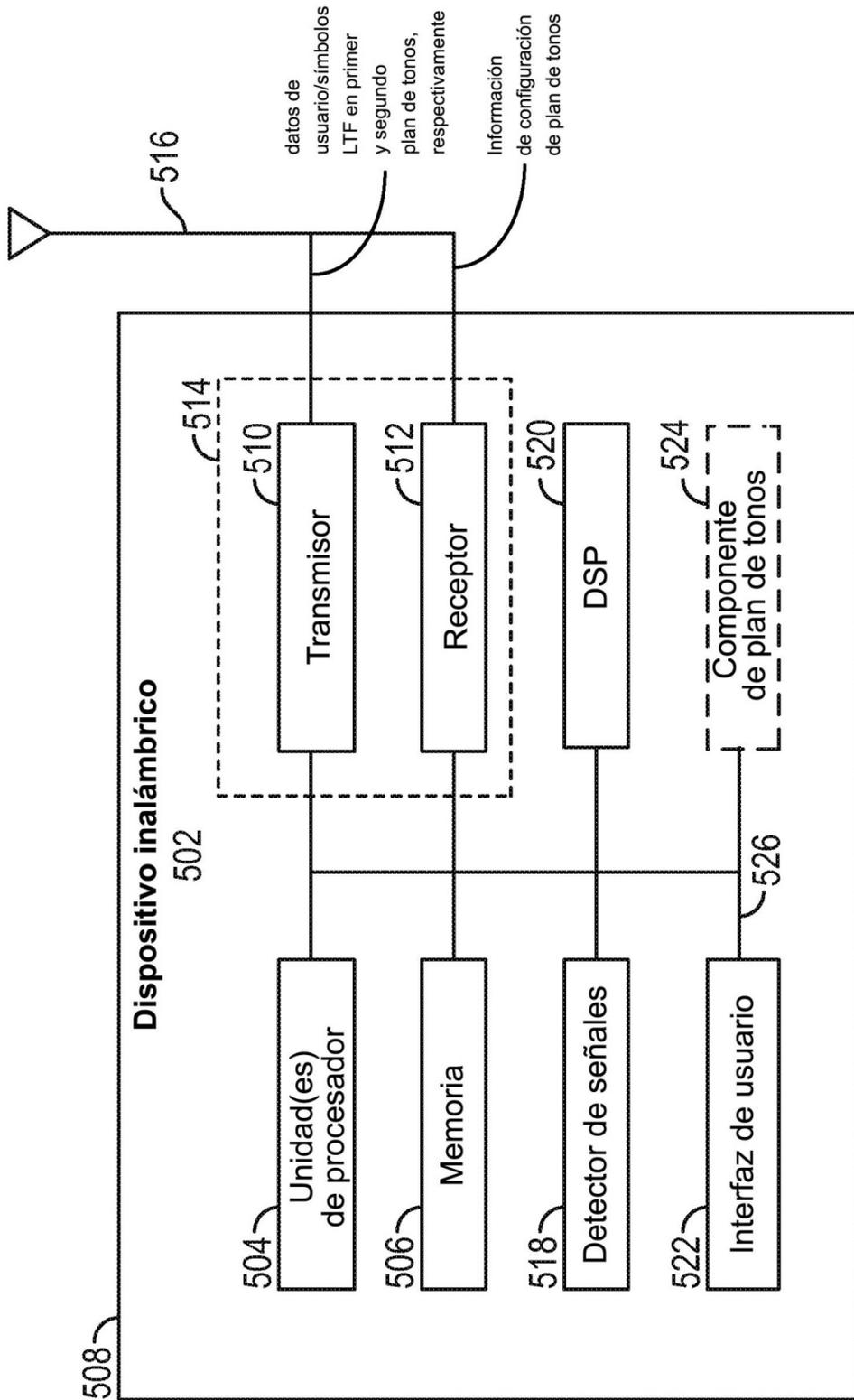


FIG. 5

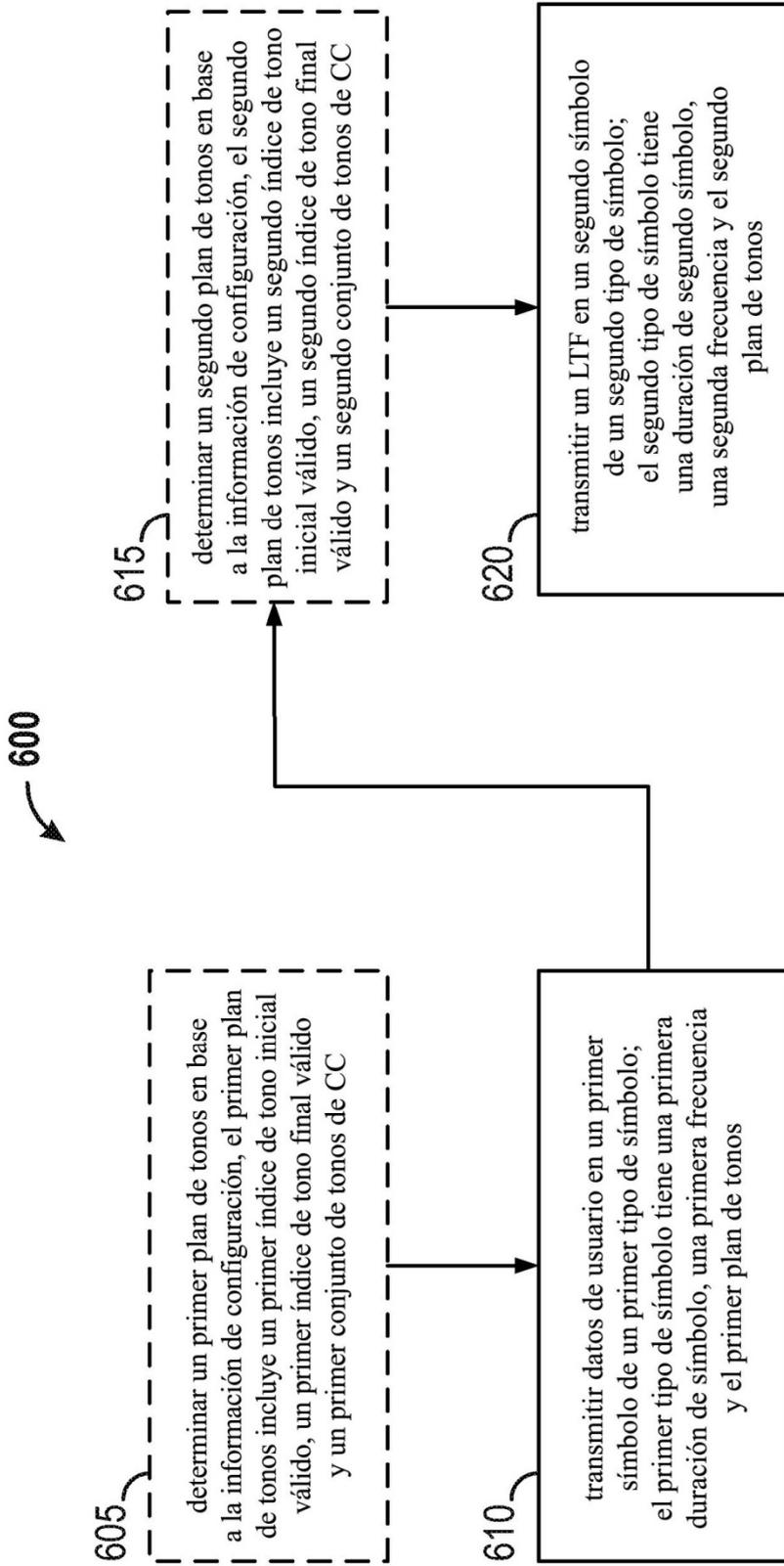


FIG. 6

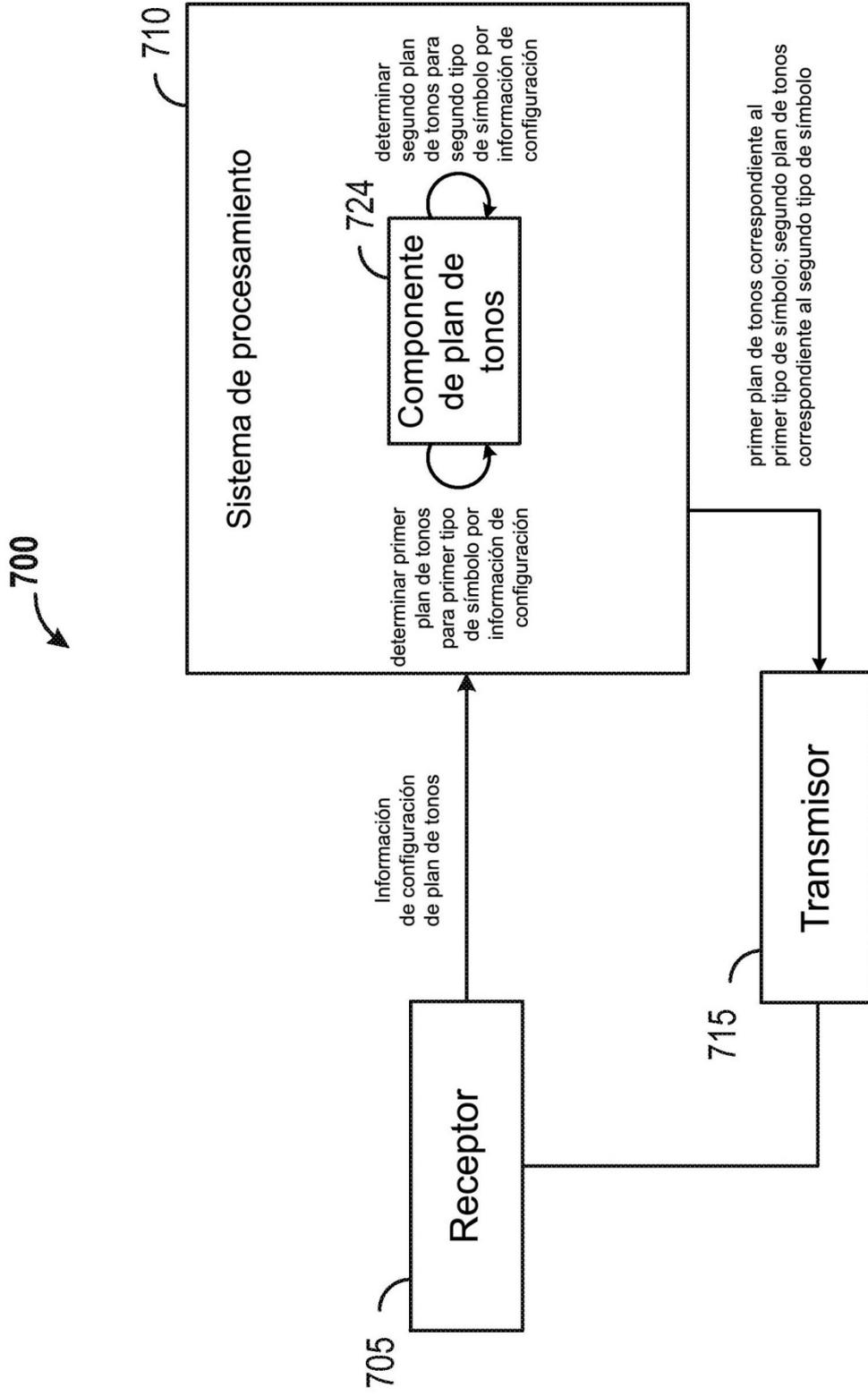


FIG. 7