

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 921 453**

51 Int. Cl.:

**H04L 25/02** (2006.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

**H04L 27/26** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.05.2015 PCT/US2015/029054**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.11.2015 WO15171499**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2015 E 15727745 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2022 EP 3140967**

54 Título: **Sistemas y métodos para mejorar el diseño de campos de entrenamiento para unas duraciones de símbolo aumentadas**

30 Prioridad:

**06.05.2014 US 201461989397 P**

**06.08.2014 US 201462034101 P**

**01.05.2015 US 201514702558**

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

**25.08.2022**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)**

**5775 Morehouse Drive**

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

72 Inventor/es:

**VERMANI, SAMEER;**

**TIAN, BIN;**

**TANDRA, RAHUL y**

**DOAN, DUNG NGOC**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 921 453 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

Sistemas y métodos para mejorar el diseño de campos de entrenamiento para unas duraciones de símbolo aumentadas

5 Antecedentes

Campo

10 La presente solicitud se refiere en general a las comunicaciones inalámbricas y, más específicamente, a sistemas, métodos y dispositivos para mejorar el diseño de campos de entrenamiento largos para unas duraciones de símbolos más largas. Ciertos aspectos en el presente documento se refieren a la reducción de la tara que, de lo contrario, puede estar asociada con los campos de entrenamiento largos cuando se usan unas duraciones de símbolo más largas.

15 Antecedentes

En muchos sistemas de telecomunicaciones, se usan redes de comunicaciones para intercambiar mensajes entre varios dispositivos separados espacialmente que interaccionan. Las redes se pueden clasificar de acuerdo con su ámbito geográfico, que podría ser, por ejemplo, un área metropolitana, un área local o un área personal. Tales redes se designarían respectivamente como red de área extensa (WAN), red de área metropolitana (MAN), red de área local (LAN) o red de área personal (PAN). Las redes también difieren de acuerdo con la técnica de conmutación/encaminamiento usada para interconectar los diversos dispositivos y nodos de red (por ejemplo, conmutación por circuitos frente a conmutación por paquetes), el tipo de medio físico empleado para la transmisión (por ejemplo, cableado frente a inalámbrico) y el conjunto de protocolos de comunicación usado (por ejemplo, conjunto de protocolos de Internet, SONET (interconexión en red óptica síncrona), Ethernet, etc.).

A menudo se prefieren las redes inalámbricas cuando los elementos de la red son móviles y, por lo 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 usando ondas electromagnéticas en las bandas de frecuencia de radio, de microondas, de infrarrojos, óptica, etc. Las redes inalámbricas facilitan ventajosamente la movilidad de usuario y un despliegue rápido sobre el terreno en comparación con las redes cableadas fijas.

Los dispositivos en una red inalámbrica pueden transmitir/recibir información entre sí. La información puede comprender paquetes, que, en algunos aspectos, se pueden denominar unidades de datos. Cada unidad de datos puede estar compuesta por un número de símbolos, cada uno de los cuales puede tener una duración particular. Unas duraciones de símbolo más largas pueden ser deseables en ciertos entornos, tales como cuando se transmite a través de distancias más largas, o cuando se transmite en entornos de exteriores. Sin embargo, transmitir símbolos más largos puede aumentar la tara de red para ciertos aspectos de las transmisiones. En consecuencia, puede ser deseable minimizar esta tara.

El documento US 2002/181390 A1 divulga sistemas para estimar parámetros de un canal a través del cual se transmite una señal en un sistema de comunicación y, en particular, un sistema de comunicación de Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM) inalámbrico. Los sistemas se pueden usar en un sistema de MIMO (Múltiples Entradas, Múltiples Salidas) en el que los datos se transmiten desde cualquier número de antenas de transmisión y son recibidos por cualquier número de antenas de recepción. El número de antenas de transmisión y de recepción no tiene necesariamente que ser el mismo. Se proporciona una circuitería para calcular parámetros indicativos de las características del canal de comunicación. Las estimaciones de los parámetros del canal pueden incluir estimaciones de canal y estimaciones de varianza de ruido.

El documento EP 1 850 549 A2 divulga un transmisor de OFDM de MIMO que tiene una pluralidad de antenas de transmisión que transmiten señales de OFDM a un receptor, y una unidad de generación que genera señales piloto de ensanchamiento directo, de las cuales datos piloto para desmodular las señales de OFDM transmitidas desde la pluralidad de antenas de transmisión en el receptor se ensanchan con códigos de ensanchamiento directo, y que transmiten las señales piloto de ensanchamiento directo desde la pluralidad de antenas de transmisión.

El documento US 2005/180353 A1 divulga un método de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas que comienza determinando el protocolo utilizado por cada uno de los dispositivos de comunicación inalámbrica dentro de la región próxima. El método continúa determinando si los protocolos de los dispositivos de comunicación inalámbrica dentro de una región próxima son de un protocolo semejante. El método continúa determinando un número de antenas de transmisión. El método continúa, cuando los protocolos de los dispositivos de comunicación inalámbrica dentro de una región próxima son del protocolo semejante, dando formato al preámbulo de una trama de una comunicación inalámbrica utilizando al menos uno de desplazamiento cíclico de símbolos, desplazamiento cíclico de tonos, asignación de tonos dispersos y asignación de símbolos dispersos, basándose en el número de antenas de transmisión.

El documento US 2010/046361 A1 se refiere a un dispositivo y método de transmisión/recepción de señales piloto en un sistema de comunicación inalámbrica. Cuando se genera un bloque de señal piloto que es más corto que la longitud de una señal de datos, se hace que una frecuencia para cada bloque de señal piloto predeterminado realice una transición para garantizar el desempeño de estimación de canal en el dominio de la frecuencia. Se añade a la señal piloto un prefijo cíclico de acuerdo con la longitud de la señal piloto sujeta a transición, una señal de datos se multiplexa por división de tiempo junto con la señal piloto y una señal resultante se transmite a través de una antena. Con anterioridad a esto, se determina una posición de una subportadora para transmitir la señal piloto y la señal de datos, se correlaciona una señal de datos con la subportadora determinada y, en este caso, se usa la diversidad en el canal para un símbolo para correlacionar la señal de datos en el método de transmisión usando uno del canal de FDMA localizado (L-FDMA) y el canal de FDMA distribuido (D-FDMA). Por lo tanto, la resolución de frecuencia en el dominio de frecuencia se mantiene para proporcionar, de este modo, un desempeño de estimación de canal de calidad alta.

En el documento US 2010/284266 A1 se analiza un sistema de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) y un método de cancelación de interferencia inter célula realizado en el sistema de OFDM. El sistema de OFDM incluye un transformador de Fourier que transforma una señal de banda base recibida en una señal de subportadora piloto y una señal de subportadora de datos, un estimador de dispersión de retardo/Doppler que estima un tiempo coherente y un ancho de banda coherente a partir de la señal de subportadora piloto, un selector de tamaño de bloque piloto que selecciona un bloque piloto que incluye al menos una señal piloto, basándose en el tiempo coherente y en el ancho de banda coherente, un estimador de canal simultáneo que estima una señal de respuesta de canal basándose en la al menos una señal piloto ubicada en el bloque piloto, y un extractor de símbolo simultáneo que extrae un símbolo de datos a partir de la señal de subportadora de datos en función de la señal de respuesta de canal.

#### Sumario

La invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Cualquier ejemplo y descripción técnica de aparatos, productos y/o métodos en la descripción y/o en los dibujos no cubierto por las reivindicaciones se presenta no como realizaciones de la invención sino como antecedentes de la técnica o ejemplos útiles para entender la invención.

Cada uno de los sistemas, métodos, dispositivos y productos de programa informático analizados en el presente documento tiene varios aspectos, ninguno de los cuales es, individualmente, el único responsable de sus atributos deseables. Sin limitar el alcance de esta invención según se expresa mediante las reivindicaciones que se dan en lo sucesivo, algunas características se analizan brevemente a continuación. Después de considerar este análisis, y particularmente después de leer la sección titulada "Descripción detallada", se entenderá cómo las características ventajosas de esta invención incluyen una tara reducida en ciertas transmisiones con una longitud de símbolo aumentada.

Un aspecto de la divulgación proporciona un método para transmitir un paquete en una red de comunicación inalámbrica. El método comprende transmitir un preámbulo del paquete a través de uno o más flujos de espacio-tiempo, incluyendo el preámbulo uno o más campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal, comprendiendo cada uno de los uno o más campos de entrenamiento uno o más símbolos de una primera duración de símbolo. El método comprende además transmitir una cabida útil del paquete a través de los uno o más flujos de espacio-tiempo, comprendiendo la cabida útil uno o más símbolos de una segunda duración de símbolo, siendo la segunda duración de símbolo mayor que la primera duración de símbolo.

En un aspecto, se divulga un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato comprende un procesador configurado para generar un preámbulo de un paquete, yendo a transmitirse el preámbulo a través de uno o más flujos de espacio-tiempo, incluyendo el preámbulo uno o más campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal, comprendiendo cada uno de los uno o más campos de entrenamiento uno o más símbolos de una primera duración de símbolo. El procesador también está configurado para generar una cabida útil del paquete, yendo a transmitirse la cabida útil a través de los uno o más flujos de espacio-tiempo, comprendiendo la cabida útil uno o más símbolos de una segunda duración de símbolo, siendo la segunda duración de símbolo mayor que la primera duración de símbolo. El aparato comprende además un transmisor configurado para transmitir el paquete.

Algunos aspectos de la presente divulgación se refieren a un medio legible por ordenador no transitorio que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan, hacen que un procesador en un dispositivo realice un método para transmitir un paquete a través de una red de comunicación inalámbrica. El método comprende transmitir un preámbulo del paquete a través de uno o más flujos de espacio-tiempo, incluyendo el preámbulo uno o más campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal, comprendiendo cada uno de los uno o más campos de entrenamiento uno o más símbolos de una primera duración de símbolo. El método también comprende transmitir una cabida útil del paquete a través de los uno o más flujos de espacio-tiempo, comprendiendo la cabida útil uno o más símbolos de una segunda duración de símbolo, siendo la segunda duración de símbolo mayor que la primera duración de símbolo.

En un aspecto, se divulga un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato comprende unos medios para generar

un preámbulo de un paquete a transmitir a través de uno o más flujos de espacio-tiempo, incluyendo el preámbulo uno o más campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal, comprendiendo cada uno de los uno o más campos de entrenamiento uno o más símbolos de una primera duración de símbolo. El aparato comprende además unos medios para generar una cabida útil del paquete a transmitir a través de los uno o más flujos de espacio-tiempo, comprendiendo la cabida útil uno o más símbolos de una segunda duración de símbolo, en donde la segunda duración de símbolo es mayor que la primera duración de símbolo. El aparato comprende además unos medios para transmitir el paquete.

Un aspecto de la divulgación proporciona un método para transmitir un paquete en una red de comunicación inalámbrica. El método comprende transmitir un preámbulo del paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{TF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde  $N_{STS}$  es mayor que uno y  $N_{TF}$  es menor que  $N_{STS}$ . El método comprende además transmitir una cabida útil del paquete a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo.

En un aspecto, se divulga un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato comprende un procesador configurado para generar un preámbulo de un paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{TF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde  $N_{STS}$  es mayor que uno y  $N_{TF}$  es menor que  $N_{STS}$ . El procesador está configurado además para generar una cabida útil del paquete a transmitir a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo. El aparato comprende además un transmisor configurado para transmitir el paquete.

Algunos aspectos de la presente divulgación se refieren a un medio legible por ordenador no transitorio que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan, hacen que un procesador en un dispositivo realice un método para transmitir un paquete a través de una red de comunicación inalámbrica. El método comprende transmitir un preámbulo del paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{TF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde  $N_{STS}$  es mayor que uno y  $N_{TF}$  es menor que  $N_{STS}$ . El método comprende además transmitir una cabida útil del paquete a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo.

En un aspecto, se divulga un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato comprende unos medios para transmitir un preámbulo de un paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{TF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde  $N_{STS}$  es mayor que uno y  $N_{TF}$  es menor que  $N_{STS}$ . El aparato comprende además unos medios para transmitir una cabida útil del paquete a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo.

Un aspecto de la divulgación proporciona un método para transmitir un paquete en una red de comunicación inalámbrica. El método comprende transmitir un preámbulo del paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{TF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde un subconjunto de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo está activo en cada tono. El método comprende además transmitir una cabida útil del paquete a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo.

En un aspecto, se divulga un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato comprende un procesador configurado para generar un preámbulo de un paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{TF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde un subconjunto de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo está activo en cada tono. El procesador está configurado además para generar una cabida útil del paquete a transmitir a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo. El aparato comprende además un transmisor configurado para transmitir el paquete.

Algunos aspectos de la presente divulgación se refieren a un medio legible por ordenador no transitorio que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan, hacen que un procesador en un dispositivo realice un método para transmitir un paquete a través de una red de comunicación inalámbrica. El método comprende transmitir un preámbulo del paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{TF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde un subconjunto de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo está activo en cada tono. El método comprende además transmitir una cabida útil del paquete a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo.

En un aspecto, se divulga un aparato de comunicación inalámbrica. El aparato comprende unos medios para transmitir un preámbulo de un paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{TF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde un subconjunto de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo está activo en cada tono. El aparato comprende además unos medios para transmitir una cabida útil del paquete a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo.

## Breve descripción de los dibujos

- La figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema de comunicación inalámbrica en el que se pueden emplear aspectos de la presente divulgación.
- La figura 2 muestra un diagrama de bloques funcionales de un dispositivo inalámbrico ilustrativo que se puede emplear dentro del sistema de comunicación inalámbrica de la figura 1.
- La figura 3 muestra un diagrama de bloques funcionales de componentes ilustrativos que se pueden utilizar con el dispositivo inalámbrico de la figura 2 para transmitir comunicaciones inalámbricas.
- La figura 4 muestra un diagrama de bloques funcionales de componentes ilustrativos que se pueden utilizar con el dispositivo inalámbrico de la figura 2 para recibir comunicaciones inalámbricas.
- La figura 5 es una ilustración de un formato de campo de entrenamiento largo (LTF) con intercalación de tonos.
- La figura 6 es una ilustración de una matriz que se puede usar como matriz P en el dominio de la frecuencia para generar unos LTF.
- La figura 7 ilustra el homólogo en el dominio del tiempo de la correlación en el dominio de la frecuencia de la figura 6.
- La figura 8 es una ilustración de la intercalación que se puede usar cuando se transmiten unos LTF usando un esquema de matriz ortogonal como en las figuras 6 y 7.
- La figura 9 es una ilustración de un método para transmitir un paquete.
- La figura 10 es una ilustración de un método para transmitir un paquete.
- La figura 11A es una ilustración de una matriz que se puede usar como matriz P en el dominio de la frecuencia para generar unos LTF.
- La figura 11B es una tabla que muestra unas señales de LTF generadas usando la matriz de la figura 11A.
- La figura 12A es una ilustración de una matriz que se puede usar como matriz P en el dominio de la frecuencia para generar unos LTF de acuerdo con una realización de agrupamiento de tonos.
- La figura 12B es una ilustración de las matrices dependientes de tonos que se pueden usar como matrices P en el dominio de la frecuencia para generar unos LTF de acuerdo con una realización de agrupamiento de tonos.
- La figura 12C es una tabla que muestra unas señales de LTF generadas usando las matrices de las figuras 12A-12B.
- La figura 13A es una tabla que muestra una correlación de tonos de flujo espacial de LTF de acuerdo con una realización.
- La figura 13B es una tabla que muestra una correlación de tonos de flujo espacial de LTF de acuerdo con otra realización.
- La figura 13C es una tabla que muestra una correlación de tonos de flujo espacial de LTF de acuerdo con otra realización.
- La figura 14 es una ilustración de otro método para transmitir un paquete.

## Descripción detallada

- El término "ilustrativo" se usa en el presente documento con el significado de "que sirve como un ejemplo, caso o ilustración". Cualquier realización descrita en el presente documento como "ilustrativa" no debe interpretarse necesariamente como preferida o ventajosa sobre otras realizaciones. Diversos aspectos de los sistemas, aparatos y métodos novedosos se describen más completamente en lo sucesivo con referencia a los dibujos adjuntos. Esta divulgación puede, sin embargo, materializarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitada a cualquier estructura o función específica presentada a lo largo de toda esta divulgación. En su lugar, estos aspectos se proporcionan de modo que esta divulgación será exhaustiva y completa, y transmitirá completamente el alcance de la divulgación a los expertos en la materia. Basándose en los contenidos en el presente documento, un experto en la materia debería apreciar que el alcance de la divulgación pretende cubrir cualquier aspecto de los sistemas, aparatos y métodos novedosos divulgados en el presente documento, ya se implementen independientemente de, o en combinación con, cualquier otro aspecto de la invención. Por ejemplo, un aparato se puede implementar o un método se puede poner en práctica usando cualquier número de los aspectos expuestos en el presente documento. Además, el alcance de la invención pretende cubrir un aparato o método de este tipo, que se pone en práctica usando otra estructura, funcionalidad o estructura y funcionalidad además de o distinta de los diversos aspectos de la invención expuestos en el presente documento. Debería entenderse que cualquier aspecto divulgado en el presente documento puede materializarse mediante uno o más elementos de una reivindicación.

- Aunque en el presente documento se describen aspectos particulares, muchas variaciones y permutaciones de estos aspectos caen dentro del alcance de la divulgación. Aunque se mencionan algunos beneficios y ventajas de los aspectos preferidos, el alcance de la divulgación no pretende limitarse a beneficios, usos u objetivos particulares. En su lugar, se pretende que los aspectos de la divulgación sean ampliamente aplicables a diferentes tecnologías inalámbricas, configuraciones de sistema, redes y protocolos de transmisión, algunos de los cuales se ilustran a modo de ejemplo en las figuras y en la siguiente descripción de los aspectos preferidos. La descripción detallada y dibujos son solamente ilustrativos de la divulgación en lugar de limitantes, definiéndose el alcance de la divulgación mediante las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas.

Las tecnologías de red inalámbrica pueden incluir diversos tipos de redes de área local inalámbricas (WLAN). Una

WLAN se puede usar para interconectar entre sí dispositivos cercanos, empleando protocolos de interconexión en red ampliamente usados. Los diversos aspectos descritos en el presente documento pueden ser de aplicación a cualquier norma de comunicación, tal como Wi-Fi o, más en general, a cualquier miembro de la familia de protocolos inalámbricos 802.11 de IEEE. Por ejemplo, los diversos aspectos descritos en el presente documento se pueden usar como parte del protocolo 802.11ax de IEEE.

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, comúnmente conocidas como "STA"). En general, un AP sirve como concentrador o estación base para la WLAN y una STA sirve como usuario de la WLAN. Por ejemplo, una STA puede ser un ordenador portátil, un asistente digital personal (PDA), un teléfono móvil, etc. En un ejemplo, una STA conecta con un AP a través de un enlace inalámbrico compatible con Wi-Fi (por ejemplo, el protocolo 802.11 de IEEE, tal como 802.11ax) para obtener una conectividad general a Internet o a otras redes de área extensa. En algunas implementaciones, una STA también se puede usar como AP.

Un punto de acceso ("AP") también puede comprender, implementarse o conocerse como NodoB, Controlador de Red de Radio ("RNC"), eNodoB, Controlador de Estación Base ("BSC"), Estación Transceptora Base ("BTS"), Estación Base ("BS"), Función de Transceptor ("TF"), Encaminador de Radio, Transceptor de Radio o alguna otra terminología.

Una estación "STA" también puede comprender, implementarse o conocerse como terminal de acceso ("AT"), estación de abonado, unidad de abonado, estación móvil, estación remota, terminal remoto, terminal de usuario, agente de usuario, dispositivo de usuario, equipo de usuario o alguna otra terminología. En algunas implementaciones, un terminal de acceso puede comprender un teléfono celular, un teléfono sin cable, un teléfono de protocolo de iniciación de sesión ("SIP"), una estación de bucle local inalámbrico ("WLL"), un asistente digital personal ("PDA"), un dispositivo portátil que tiene capacidad conexión inalámbrica o algún otro dispositivo de procesamiento adecuado conectado a un módem inalámbrico. En consecuencia, 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 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 de posicionamiento global o cualquier otro dispositivo adecuado que esté configurado para comunicarse a través de un medio inalámbrico.

La figura 1 ilustra un ejemplo de un sistema de comunicación inalámbrica 100 en el que se pueden emplear aspectos de la presente divulgación. El sistema de comunicación inalámbrica 100 puede funcionar de conformidad con una norma inalámbrica, por ejemplo, la norma 802.11ax. El sistema de comunicación inalámbrica 100 puede incluir un AP 104, que se comunica con las STA 106a-d (denominadas en el presente documento STA 106).

Se puede usar una diversidad de procesos y métodos para las transmisiones en el sistema de comunicación inalámbrica 100 entre el AP 104 y las STA 106. Por ejemplo, se pueden enviar y recibir señales entre el AP 104 y las STA 106 de acuerdo con técnicas de OFDM/OFDMA. Si este es el caso, el sistema de comunicación inalámbrica 100 se puede denominar sistema de OFDM/OFDMA. Como alternativa, se pueden enviar y recibir señales entre el AP 104 y las STA 106 de acuerdo con técnicas de CDMA. Si este es el caso, el sistema de comunicación inalámbrica 100 se puede denominar sistema de CDMA.

Un enlace de comunicación que facilita la transmisión desde el AP 104 a una o más de las STA 106 se puede denominar enlace descendente (DL) 108, y un enlace de comunicación que facilita la transmisión desde una o más de las STA 106 al AP 104 se puede denominar enlace ascendente (UL) 110. Como 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.

El AP 104 puede actuar como estación base y proporcionar cobertura de comunicación inalámbrica en un área de servicios básicos (BSA) 102. El AP 104 junto con las STA 106 asociadas con el AP 104 y que usan el AP 104 para la comunicación se pueden denominar conjunto de servicios básicos (BSS). Se debería hacer notar que el sistema de comunicación inalámbrica 100 puede no tener un AP central 104, sino que, en su lugar, puede funcionar como una red de igual a igual entre las STA 106. En consecuencia, las funciones del AP 104 descritas en el presente documento pueden ser realizadas, como alternativa, por una o más de las STA 106.

La figura 2 ilustra diversos componentes que se pueden utilizar en un dispositivo inalámbrico 202 que se puede emplear dentro del sistema de comunicación inalámbrica 100. El dispositivo inalámbrico 202 es un ejemplo de un dispositivo que se puede configurar para implementar los diversos métodos descritos en el presente documento. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 202 puede comprender el AP 104 o una de las STA 106.

El dispositivo inalámbrico 202 puede incluir un procesador 204 que controla el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 202. El procesador 204 también se puede denominar unidad de procesamiento central (CPU). La memoria 206, que puede incluir tanto memoria de solo lectura (ROM) como memoria de acceso aleatorio (RAM), proporciona instrucciones y datos al procesador 204. Una porción de la memoria 206 también puede incluir memoria de acceso

aleatorio no volátil (NVRAM). El procesador 204 realiza habitualmente operaciones lógicas y aritméticas basándose en instrucciones de programa almacenadas dentro de la memoria 206. Las instrucciones en la memoria 206 pueden ejecutarse para implementar los métodos descritos en el presente documento.

5 El procesador 204 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), matriz de puertas programables en campo

10 (FPGA), dispositivos lógicos programables (PLD), controladores, máquinas de estados, lógica de puertas, componentes de hardware discretos, máquinas de estados finitos de hardware dedicado o cualquier otra entidad adecuada que pueda realizar cálculos u otras manipulaciones de información.

15 El sistema de procesamiento también puede incluir medios legibles por máquina para almacenar software. Se deberá interpretar que software significa, en sentido amplio, cualquier tipo de instrucciones, ya se denominen software, firmware, soporte intermedio, microcódigo, lenguaje de descripción de hardware o de otra manera. Las instrucciones pueden incluir código (por ejemplo, en formato de código fuente, formato de código binario, formato de código ejecutable o cualquier otro formato adecuado de código). Las instrucciones, cuando sean ejecutadas por los uno o más procesadores, provocan que el sistema de procesamiento realice las diversas funciones descritas en el presente documento.

20 El dispositivo inalámbrico 202 también puede incluir un alojamiento 208 que puede incluir un transmisor 210 y un receptor 212 para permitir la transmisión y la recepción de datos entre el dispositivo inalámbrico 202 y una ubicación remota. El transmisor 210 y el receptor 212 pueden combinarse en un transceptor 214. Una antena 216 puede conectarse al alojamiento 208 y acoplarse eléctricamente al transceptor 214. El dispositivo inalámbrico 202 también puede incluir (no mostrado) múltiples transmisores, múltiples receptores, y múltiples transceptores y/o múltiples antenas.

30 El dispositivo inalámbrico 202 también puede incluir un detector de señales 218 que se puede usar en un esfuerzo para detectar y cuantificar el nivel de señales recibidas por el transceptor 214. El detector de señales 218 puede detectar tales señales como energía total, energía por subportadora por símbolo, densidad espectral de potencia y otras señales. El dispositivo inalámbrico 202 también puede incluir un procesador de señales digitales (DSP) 220 para su uso en el procesamiento de señales. El DSP 220 se puede configurar para generar una unidad de datos para su transmisión. En algunos aspectos, la unidad de datos puede comprender una unidad de datos de capa física (PPDU). En algunos aspectos, la PPDU se denomina paquete.

35 El dispositivo inalámbrico 202 puede comprender además una interfaz de usuario 222 en algunos aspectos. La interfaz de usuario 222 puede comprender un teclado numérico, un micrófono, un altavoz y/o un visualizador. La interfaz de usuario 222 puede incluir cualquier elemento o componente que transmita información a un usuario del dispositivo inalámbrico 202 y/o que reciba una entrada procedente del usuario.

40 Los diversos componentes del dispositivo inalámbrico 202 se pueden acoplar entre sí mediante un sistema de bus 226. El sistema de bus 226 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 expertos en la materia apreciarán que los componentes del dispositivo inalámbrico 202 se pueden acoplar entre sí o aceptar o proporcionar entradas entre sí usando algún otro mecanismo.

45 Aunque en la figura 2 se ilustran varios componentes separados, los expertos en la materia reconocerán que uno o más de los componentes se pueden combinar o implementar de forma común. Por ejemplo, el procesador 204 se puede usar para implementar no solo la funcionalidad descrita anteriormente con respecto al procesador 204, sino también para implementar la funcionalidad descrita anteriormente con respecto al detector de señales 218 y/o el DSP 220. Además, cada uno de los componentes ilustrados en la figura 2 se puede implementar usando una pluralidad de elementos separados.

50 Como se ha analizado anteriormente, el dispositivo inalámbrico 202 puede comprender un AP 104 o una STA 106, y se puede usar para transmitir y/o recibir comunicaciones. La figura 3 ilustra un módulo de transmisión 300 que se puede utilizar en el dispositivo inalámbrico 202 para transmitir comunicaciones inalámbricas. Los componentes ilustrados en la figura 3 se pueden usar, por ejemplo, para transmitir comunicaciones de OFDM.

60 El módulo de transmisión 300 puede comprender un modulador 302 configurado para modular bits para su transmisión. Por ejemplo, si el módulo de transmisión 300 se usa como componente del dispositivo inalámbrico 202 en la figura 2, el modulador 302 puede determinar una pluralidad de símbolos a partir de bits recibidos desde el procesador 204 o la interfaz de usuario 222, por ejemplo, correlacionando bits con una pluralidad de símbolos de acuerdo con una constelación. Los bits pueden corresponder a datos de usuario o a información de control. En algunos aspectos, los bits se reciben en palabras de código. En un aspecto, el modulador 302 comprende un modulador de QAM (modulación de amplitud en cuadratura), por ejemplo, un modulador de 16-QAM o un modulador de 64-QAM. En otros aspectos, el

modulador 302 comprende un modulador de modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK) o un modulador de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK).

El módulo de transmisión 300 puede comprender además un módulo de transformada 304 configurado para convertir símbolos o bits modulados de otro modo desde el modulador 302 a un dominio del tiempo. En la figura 3, el módulo de transformada 304 se ilustra como implementado por un módulo de transformada rápida de Fourier inversa (IFFT). En algunas implementaciones, puede haber múltiples módulos de transformada (no mostrados) que transforman unidades de datos de diferentes tamaños.

En la figura 3, el modulador 302 y el módulo de transformada 304 se ilustran como implementados en el DSP 220. En algunos aspectos, sin embargo, uno o ambos del modulador 302 y el módulo de transformada 304 se pueden implementar en otros componentes del dispositivo inalámbrico 202, tal como en el procesador 204.

En general, el DSP 220 se puede configurar para generar una unidad de datos para su transmisión. En algunos aspectos, el modulador 302 y el módulo de transformada 304 se pueden configurar para generar una unidad de datos que comprende una pluralidad de campos que incluyen información de control y una pluralidad de símbolos de datos. Los campos que incluyen la información de control pueden comprender uno o más campos de entrenamiento, por ejemplo, y uno o más campos de señal (SIG). Cada uno de los campos de entrenamiento puede incluir una secuencia conocida de bits o símbolos. Cada uno de los campos de SIG puede incluir información acerca de la unidad de datos, por ejemplo, una descripción de una longitud o tasa de datos de la unidad de datos.

Volviendo a la descripción de la figura 3, el módulo de transmisión 300 puede comprender además un convertidor de digital a analógico 306 configurado para convertir la salida del módulo de transformada en una señal analógica. Por ejemplo, la salida en el dominio del tiempo del módulo de transformada 306 puede ser convertida en una señal de OFDM de banda base por el convertidor de digital a analógico 306. En algunos aspectos, se pueden incluir porciones del módulo de transmisión 300 en el dispositivo inalámbrico 202 de la figura 2. Por ejemplo, el convertidor de digital a analógico 306 se puede implementar en el procesador 204, el transceptor 214 o en otro elemento del dispositivo inalámbrico 202.

La señal analógica puede ser transmitida de forma inalámbrica por el transmisor 310. La señal analógica se puede procesar adicionalmente antes de ser transmitida por el transmisor 310, por ejemplo, al filtrarse o convertirse en sentido ascendente a una frecuencia intermedia o de portadora. En el aspecto ilustrado en la figura 3, el transmisor 310 incluye un amplificador de transmisión 308. Antes de transmitirse, la señal analógica puede ser amplificada por el amplificador de transmisión 308. En algunos aspectos, el amplificador 308 comprende un amplificador de ruido bajo (LNA).

El transmisor 310 está configurado para transmitir uno o más paquetes o unidades de datos en una señal inalámbrica basándose en la señal analógica. Las unidades de datos se pueden generar usando un procesador y/o el DSP 220, por ejemplo, usando el modulador 302 y el módulo de transformada 304 como se ha analizado anteriormente. Las unidades de datos que se pueden generar y transmitir como se ha explicado anteriormente se describen con detalle adicional a continuación con respecto a las figuras 5-14.

La figura 4 ilustra un módulo de recepción 400 que se puede utilizar en el dispositivo inalámbrico 202 para recibir comunicaciones inalámbricas. Los componentes ilustrados en la figura 4 se pueden usar, por ejemplo, para recibir comunicaciones de OFDM. En algunos aspectos, los componentes ilustrados en la figura 4 se usan para recibir unidades de datos que incluyen uno o más campos de entrenamiento, como se analizará con detalle adicional a continuación. Por ejemplo, los componentes ilustrados en la figura 4 se pueden usar para recibir unidades de datos transmitidas por los componentes analizados anteriormente con respecto a la figura 3.

El receptor 412 está configurado para recibir uno o más paquetes o unidades de datos en una señal inalámbrica. Las unidades de datos que se pueden recibir y decodificar o procesar de otro modo como se explica a continuación se describen con detalle adicional con respecto a las figuras 5-14.

En el aspecto ilustrado en la figura 4, el receptor 412 incluye un amplificador de recepción 401. El amplificador de recepción 401 se puede configurar para amplificar la señal inalámbrica recibida por el receptor 412. En algunos aspectos, el receptor 412 está configurado para ajustar la ganancia del amplificador de recepción 401 usando un procedimiento de control de ganancia automático (AGC). En algunos aspectos, el control de ganancia automático usa información en uno o más campos de entrenamiento recibidos, tales como, por ejemplo, un campo de entrenamiento corto (STF) recibido, para ajustar la ganancia. Los expertos en la materia entenderán métodos para realizar el AGC. En algunos aspectos, el amplificador 401 comprende un LNA.

El módulo de recepción 400 puede comprender un convertidor de analógico a digital 402 configurado para convertir la señal inalámbrica amplificada desde el receptor 412 en una representación digital de la misma. Además de amplificarse, la señal inalámbrica se puede procesar antes de ser convertida por el convertidor de digital a analógico 402, por ejemplo, al filtrarse o convertirse en sentido descendente a una frecuencia intermedia o de banda base. En algunos aspectos, el convertidor de analógico a digital 402 se puede implementar en el procesador 204 de la figura 2, el transceptor 214 o en otro elemento del dispositivo inalámbrico 202.



El módulo de recepción 400 puede comprender además un módulo de transformada 404 configurado para convertir la representación de la señal inalámbrica a un espectro de frecuencia. En la figura 4, el módulo de transformada 404 se ilustra como implementado por un módulo de transformada rápida de Fourier (FFT). En algunos aspectos, el módulo de transformada puede identificar un símbolo para cada punto que usa el mismo.

El módulo de recepción 400 puede comprender además un estimador e igualador de canal 405 configurado para formar una estimación del canal a través del cual se recibe la unidad de datos, y para eliminar ciertos efectos del canal basándose en la estimación de canal. Por ejemplo, el estimador de canal se puede configurar para aproximarse a una función del canal, y el igualador de canal se puede configurar para aplicar una inversa de esa función a los datos en el espectro de frecuencia.

En algunos aspectos, el estimador e igualador de canal 405 usa información en uno o más campos de entrenamiento recibidos, tales como, por ejemplo, un campo de entrenamiento largo (LTF), para estimar el canal. La estimación de canal se puede formar basándose en uno o más LTF recibidos al comienzo de la unidad de datos. Esta estimación de canal se puede usar después de eso para igualar símbolos de datos que siguen a los uno o más LTF. Después de un cierto período de tiempo o después de un cierto número de símbolos de datos, se pueden recibir uno o más LTF adicionales en la unidad de datos. La estimación de canal se puede actualizar, o se puede formar una nueva estimación usando los LTF adicionales. Esta estimación de canal nueva o actualizada se puede usar para igualar símbolos de datos que siguen a los LTF adicionales. En algunos aspectos, la estimación de canal nueva o actualizada se usa para volver a igualar símbolos de datos que preceden a los LTF adicionales. Los expertos en la materia entenderán métodos para formar una estimación de canal.

El módulo de recepción 400 puede comprender además un desmodulador 406 configurado para desmodular los datos igualados. Por ejemplo, el desmodulador 406 puede determinar una pluralidad de bits a partir de símbolos emitidos por el módulo de transformada 404 y el estimador e igualador de canal 405, por ejemplo, invirtiendo una correlación de bits con un símbolo en una constelación. En algunos aspectos, en donde el módulo de recepción 400 se implementa como una porción del dispositivo inalámbrico 202, los bits pueden ser procesados o evaluados por el procesador 204, o usados para visualizar, o emitir de otro modo, información a la interfaz de usuario 222. De esta forma, se pueden descodificar datos y/o información. En algunos aspectos, los bits corresponden a palabras de código. En un aspecto, el desmodulador 406 comprende un desmodulador de QAM (modulación de amplitud en cuadratura), por ejemplo, un desmodulador de 16-QAM o un desmodulador de 64-QAM. En otros aspectos, el desmodulador 406 comprende un desmodulador de modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK) o un desmodulador de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (QPSK).

En la figura 4, el módulo de transformada 404, el estimador e igualador de canal 405 y el desmodulador 406 se ilustran como implementados en el DSP 220. En algunos aspectos, sin embargo, uno o más del módulo de transformada 404, el estimador e igualador de canal 405 y el desmodulador 406 se pueden implementar en otro componente del dispositivo inalámbrico 202, tal como en el procesador 204.

Como se ha analizado anteriormente, la señal inalámbrica recibida en el receptor 412 comprende una o más unidades de datos. Estas unidades de datos se pueden descodificar, evaluar y/o procesar usando los componentes descritos anteriormente. Por ejemplo, se puede usar un procesador y/o el DSP 220 para descodificar símbolos de datos en las unidades de datos usando el módulo de transformada 404, el estimador e igualador de canal 405 y el desmodulador 406.

Las unidades de datos intercambiadas por el AP 104 y las STA 106 pueden incluir datos o información de control. En la capa física (PHY), estas unidades de datos se pueden denominar unidades de datos de protocolo de capa física (PPDU). En algunos aspectos, una PPDU se puede denominar paquete o paquete de capa física. Cada PPDU puede comprender un preámbulo y una cabida útil. El preámbulo puede incluir campos de entrenamiento y un campo de SIG. Por ejemplo, los campos de entrenamiento pueden incluir uno o más campos de entrenamiento largos (LTF) y uno o más campos de entrenamiento cortos (STF). La cabida útil puede comprender un encabezamiento de Control de Acceso a Medios (MAC) y/o datos de usuario. La cabida útil se puede transmitir usando uno o más símbolos de datos, tales como símbolos de BPSK o símbolos de QPSK.

En algunos aspectos, puede ser deseable aumentar la robustez de la propagación en entornos de exteriores. Por ejemplo, en un entorno de exteriores, puede haber una dispersión de retardo mucho más alta. Esto puede ser provocado, por ejemplo, por transmisiones que resuenan en superficies más distantes que las que pueden estar presentes en entornos de interiores. En consecuencia, esta dispersión de retardo más alta puede provocar una interferencia inter símbolo (ISI) cuando se usa un prefijo cíclico (CP) de una duración relativamente corta. Por ejemplo, en la norma 802.11ac de IEEE, un CP normal es de 0,8  $\mu$ s, mientras que, cuando se usa un intervalo de guarda (GI) corto, el CP puede ser de 0,4  $\mu$ s. Estas longitudes de CP pueden provocar problemas con la ISI en un entorno de exteriores y el desempeño de la red se puede deteriorar en un entorno de este tipo. En consecuencia, para proporcionar un desempeño más robusto en un entorno de exteriores, puede ser deseable aumentar el CP de cada símbolo.

Sin embargo, aumentar el CP de cada símbolo puede aumentar la tara de cada símbolo. Por ejemplo, un símbolo de 802.11ac de IEEE es de 3,2  $\mu$ s. Por lo tanto, la tara de CP de un símbolo de 802.11ac de IEEE es del 25 % para una transmisión de GI normal con un CP de 0,8  $\mu$ s y del 12,5 % para una transmisión de GI corto con un CP de 0,4  $\mu$ s. Sin embargo, si se aumenta el CP, por ejemplo, a 3,2  $\mu$ s, y si la longitud de símbolo se mantiene constante, la tara del CP aumentaría al 100 %. En consecuencia, cuando se aumenta el CP, también puede ser deseable aumentar la longitud de símbolo. Por ejemplo, la longitud de símbolo se puede aumentar a una longitud de 4 u 8 veces la de un paquete de 802.11ac de IEEE, a 12,8 o 25,6  $\mu$ s. Al aumentar la longitud de símbolo, se puede usar un CP más largo, mientras se mantiene baja la tara de CP. Sin embargo, unos símbolos más largos y unos CP más largos pueden dar como resultado un aumento en la longitud del preámbulo de un paquete. Por ejemplo, se pueden usar LTF para una estimación de canal y, si el CP y la longitud de símbolo se aumentan cada uno 4 u 8 veces, la transmisión de cada LTF también puede tardar, en consecuencia, un tiempo 4 u 8 veces más largo. En algunos aspectos, puede ser deseable disminuir la cantidad de tiempo usada para transmitir unos LTF para paquetes con una longitud de símbolo y un CP aumentados y, en consecuencia, disminuir la tara de LTF de un paquete de este tipo. En general, puede ser deseable mantener una relación en la que la longitud de CP sea un 25 % o menos que una duración de un símbolo de datos y, por ello, se puede decir que la tara de CP es del 25 % o menos.

En general, cuando se usa un único flujo de espacio-tiempo para transmitir un paquete, se puede usar un único LTF. El enfoque más rudimentario para un paquete de este tipo, cuando se usan símbolos que son N veces más largos que los símbolos de 3.2  $\mu$ s de 802.11ac de IEEE ordinarios, sería transmitir un LTF que es, de forma similar, N veces más largo que un LTF de 802.11ac de IEEE ordinario. Sin embargo, se pueden usar varios métodos para reducir la longitud de un LTF de este tipo, lo que puede reducir la tara provocada por los LTF en un paquete de este tipo.

En algunos aspectos, los LTF pueden usar una duración de símbolo diferente de las usadas en la porción de datos de un paquete. Por ejemplo, un símbolo de datos en un paquete puede ser N veces más largo que un símbolo de datos en un paquete de 802.11ac de IEEE, mientras que un símbolo de LTF en un paquete puede ser M veces más largo que un símbolo de datos en un paquete de 802.11ac de IEEE, en donde M es menor que N. Por ejemplo, si los símbolos de datos en un paquete dado son cuatro veces más largos, es decir, de 12,8  $\mu$ s, y el LTF puede usar símbolos que tienen la misma longitud o solo tienen una longitud que es el doble de la de un paquete de 802.11ac de IEEE, es decir, de 3,2 o 6,4  $\mu$ s. Al usar símbolos más cortos durante un LTF, la duración del LTF se puede reducir en consecuencia.

Debido a que cada símbolo puede tener una duración más larga, cada símbolo puede contener más tonos de datos. Por ejemplo, un símbolo que es cuatro veces más largo que un símbolo de datos de 802.11ac de IEEE puede contener cuatro veces más tonos de datos dentro del mismo ancho de banda. Por lo tanto, mientras que un ancho de banda de 20 MHz puede portar 64 tonos en 802.11ac de IEEE, el mismo ancho de banda puede portar 256 tonos si cada símbolo es cuatro veces más largo. En consecuencia, cuando la longitud de símbolo para un LTF es más corta que la longitud de símbolo para los símbolos de datos, un dispositivo de recepción puede requerir interpolación para descodificar datos en la sección de datos del paquete. Además, la reducción de la duración de símbolo en el LTF solo puede ser eficaz si la ISI, debido a la dispersión de retardo de canal, no es un problema con la duración de símbolo en el LTF.

Si la ISI es problemática cuando se usan símbolos más cortos en un LTF que en la porción de datos de un paquete, se puede aumentar el CP en el LTF. Por ejemplo, un LTF puede tener una tara de CP que sea más alta que el 25 %, mientras que puede ser deseable mantener tal tara al 25 % o menos en la porción de datos del paquete. Aumentar la longitud de CP en el LTF con respecto a la longitud de CP en un paquete de 802.11ac de IEEE puede permitir que un LTF de este tipo muestre un desempeño más robusto en un entorno de propagación de exteriores, al tiempo que se sigue permitiendo que el LTF use una duración de símbolo más corta que otras porciones del paquete, tales como la porción de datos del paquete. Por lo tanto, incluso con una tara de CP aumentada en el LTF, se puede seguir reduciendo la tara de LTF (la longitud de LTF en comparación con la longitud total del paquete). En algunos aspectos, los CP de dos símbolos de LTF se pueden combinar conjuntamente en un CP de longitud doble, seguido de dos símbolos de LTF que no están separados entre sí por un CP.

En general, en los paquetes que se transmiten usando múltiples flujos de espacio-tiempo, el número de LTF ( $N_{LTF}$  o  $n_{LTF}$ ) en un paquete corresponde al número de flujos de espacio-tiempo ( $N_{STS}$  o  $n_{STS}$ ) en el paquete. Por ejemplo, el número de LTF puede ser el mismo que el número de flujos, o puede ser una correlación uno a uno a partir del número de flujos de espacio-tiempo. Es decir, si hay un cierto número conocido de flujos de espacio-tiempo, tal como cinco, habrá un número conocido de LTF en el paquete, tal como cinco. Si, en un paquete de este tipo, se aumenta la longitud de los CP y los símbolos, tal como, por ejemplo, aumentarse ocho veces, la longitud de los LTF también puede aumentar ocho veces, como anteriormente. Se pueden usar varios enfoques diferentes para reducir esta tara de LTF provocada por los LTF adicionales que se deben transmitir con cada transmisión.

Por ejemplo, cada uno de los  $N_{LTF}$  LTF se puede transmitir con una duración de símbolo multiplicada por M, en comparación con la duración de un paquete de 802.11ac de IEEE, mientras que la porción de datos del paquete se puede transmitir con una duración de símbolo multiplicada por N, en donde  $N > M$ . Esto puede reducir la longitud de cada LTF de forma similar a la analizada anteriormente con referencia al paquete de un único flujo de espacio-tiempo. De forma similar, como con un único paquete de flujo de espacio-tiempo, el tamaño de CP se puede aumentar en relación con el tamaño de la duración de símbolo de LTF según sea necesario para evitar la ISI. Por ejemplo, una

duración de símbolo de LTF puede ser la misma que la hallada en un paquete de 802.11ac de IEEE (3,2  $\mu$ s), y la duración de CP en un LTF puede ser cuatro veces la duración de CP de un paquete de 802.11ac de IEEE, es decir, también de 3,2  $\mu$ s. Aumentar la duración del CP en relación con la duración de un símbolo de LTF aumentará la tara de CP del LTF pero, al tener símbolos de LTF con una duración más corta en relación con la duración de los símbolos hallados en la porción de datos del paquete, se puede seguir reduciendo la duración global de la sección de LTF. En consecuencia, usando este concepto, el número de LTF puede permanecer igual que en un paquete de 802.11ac de IEEE con el mismo número de flujos de espacio-tiempo, pero la duración de cada LTF individual se puede reducir debido a un tamaño de símbolo más pequeño en el LTF que el que se halla en la porción de datos del paquete. Esto es diferente de un paquete de 802.11ac de IEEE ordinario, que contiene un tamaño de símbolo que es el mismo tanto en el LTF como en la porción de datos del paquete.

En lugar de disminuir la duración de cada LTF individual, transmitir un número reducido de LTF también puede reducir la duración total de la porción de LTF de un paquete. En un paquete de 802.11ac de IEEE, el número de LTF transmitidos en un paquete ( $N_{LTF}$ ) se basa en el número de flujos de espacio-tiempo en ese paquete ( $N_{STS}$ ). Por ejemplo, la correspondencia entre  $N_{LTF}$  y  $N_{STS}$  en un paquete de 802.11ac de IEEE viene dado por la siguiente tabla:

Tabla 1

$N_{STS}$	$N_{LTF}$
1	1
2	2
3	4
4	4
5	6
6	6
7	8
8	8

Sin embargo, en algunos aspectos, puede ser posible transmitir menos LTF que esto, para reducir la duración de la porción de LTF de un paquete dado, en donde ese paquete tiene una duración de símbolo aumentada en comparación con un paquete de 802.11ac de IEEE. En algunos aspectos, transmitir menos LTF se puede hacer junto con o por separado del uso de un símbolo de duración más corta en los LTF que en la porción de datos de un paquete. Se pueden usar diferentes métodos para transmitir menos LTF en un paquete dado que el número de LTF contenidos en un paquete de 802.11ac de IEEE. El método que se usa puede depender, al menos en parte, de un formato de LTF que se usa en un paquete dado.

Por ejemplo, un tipo de formato de LTF puede ser un formato de LTF con intercalación de tonos. La figura 5 es una ilustración de un formato de LTF con intercalación de tonos. En esta ilustración, se usan cuatro flujos de espacio-tiempo y cuatro LTF, según la Tabla 1 anterior. Como se ilustra, en el primer LTF, el LTF1 505, el flujo de espacio-tiempo 1 transmite en el primer tono, el quinto tono y así sucesivamente. En un LTF siguiente, el LTF2 510, el flujo de espacio-tiempo 1 transmite en el segundo tono, el sexto tono, y así sucesivamente. Cada uno de los otros flujos de espacio-tiempo funciona de forma similar, transmitiendo cada cuarto tono en un LTF dado, y rotando qué tonos transmite el mismo en el LTF subsiguiente. En consecuencia, el uso de una estructura LTF con intercalación de tonos de este tipo permite que cada uno de los cuatro flujos de espacio-tiempo transmita al menos una vez en cada uno de los tonos del paquete, durante uno de los LTF.

Para reducir la duración total de la porción de LTF de un paquete cuando se usan LTF con intercalación de tonos, se pueden transmitir menos LTF. Como anteriormente y como se ilustra en la figura 5, cada flujo de espacio-tiempo puede transmitir habitualmente en cada tono al menos una vez, en uno de los LTF. Sin embargo, con un número reducido de LTF, esto deja de ser cierto. Por ejemplo, en la figura 5, el número de LTF transmitidos se puede reducir a dos LTF (transmitiendo la mitad del número de LTF hallados en un paquete de 802.11ac de IEEE), o a un LTF (transmitiendo solo un cuarto del número de LTF hallados en un paquete de 802.11ac de IEEE).

Por ejemplo, si se va a transmitir la mitad del número de LTF, puede tener sentido transmitir, por ejemplo, solo el LTF1 505 y el LTF3 515. Transmitir solo estos dos LTF permitiría, por ejemplo, que los flujos de espacio-tiempo 1 y 3 transmitieran en cada tono de numeración impar, y permitiría que los flujos de espacio-tiempo 2 y 4 transmitieran en cada tono de numeración par. Por lo tanto, un dispositivo que recibe el paquete y que usa los LTF para una estimación de canal sería capaz de identificar el canal en el que los tonos 1, 3, 5, y así sucesivamente, en ese flujo de espacio-tiempo 1. Basándose en esta información, el dispositivo de recepción se puede configurar para interpolar el canal en el que se transmiten los tonos de numeración par en el flujo de espacio-tiempo 1. Por lo tanto, transmitir la mitad del número de LTF puede requerir un dispositivo de recepción para interpolar los canales de ciertos otros tonos a partir de ciertos flujos de espacio-tiempo. Sin embargo, esta interpolación puede ser posible sin provocar unas tasas de error aumentadas y, por lo tanto, la reducción en el número de LTF transmitidos y la reducción en la duración de los LTF transmitidos pueden seguir permitiendo que se transmitan con éxito más datos en la red en un período de tiempo dado. Obsérvese que, cuando se transmiten dos LTF de entre los cuatro ilustrados en la figura 5, puede ser más fácil que los dispositivos interpolen tonos cuando se transmiten ambos tonos adyacentes. En consecuencia, puede ser

beneficioso transmitir, por ejemplo, el LTF1 505 y el LTF3 515, de tal modo que cada flujo transmite en cada segundo tono, en lugar de transmitir, por ejemplo, el LTF1 505 y el LTF2 510, en donde este no sería el caso.

Si el número de LTF transmitidos en la figura 5 se redujera a un cuarto de los LTF, se puede transmitir cualquiera de los cuatro LTF 505, 510, 515, 520. Independientemente de qué LTF se transmita, puede ser necesario que un dispositivo interpole tres tonos por cada tono que este recibe a través de un flujo de espacio-tiempo dado. Sin embargo, en algunos entornos, esto puede ser posible sin provocar demasiados errores y, por lo tanto, puede ser útil para transmitir más información a través del medio inalámbrico en un período de tiempo dado.

Obsérvese que un diseño de LTF con intercalación de tonos permite que cada uno de los cuatro flujos de espacio-tiempo transmita en cada uno de los tonos. Sin embargo, esto también se puede lograr de forma trivial, por ejemplo, permitiendo que el flujo de espacio-tiempo 1 transmita a través de todos los tonos en el LTF1 505, permitiendo que el flujo de espacio-tiempo 2 transmita a través de todos los tonos en el LTF2 510, y así sucesivamente. Sin embargo, una ventaja de un LTF con intercalación de tonos con respecto a un diseño de LTF de este tipo puede ser evidente cuando se considera que cada uno de los flujos de espacio-tiempo puede ser transmitido por una antena diferente con un nivel de potencia dado. Si se usa una única antena (flujo de espacio-tiempo) para transmitir el LTF1, este LTF se puede transmitir con un cuarto de la potencia de un LTF que se transmite usando cuatro antenas (cuatro flujos de espacio-tiempo). En consecuencia, un LTF con intercalación de tonos puede permitir una potencia de transmisión más alta en cada uno de los LTF, en comparación con un diseño de LTF en donde solo se usa un único flujo de espacio-tiempo en cada LTF. Estas ventajas de una potencia de transmisión aumentada también se pueden lograr incluso cuando se transmite un número reducido de LTF con intercalación de tonos. En algunos aspectos, también se pueden usar otras proporciones para reducir las cantidades de LTF que se transmiten. Por ejemplo, se puede transmitir un número de LTF que permite que cada flujo de espacio-tiempo transmita en cada segundo tono, en cada tercer tono, en cada quinto tono, en dos de cada tres tonos, y así sucesivamente. En cada caso, un dispositivo de recepción puede usar la interpolación para interpolar los tonos en los que no se transmitió un flujo de espacio-tiempo dado.

Los LTF también se pueden generar de otras formas, en lugar de usar unos LTF con intercalación de tonos. Por ejemplo, se puede usar una matriz P en el dominio de la frecuencia 605 para generar unos LTF. La figura 6 es una ilustración 600 de una matriz que se puede usar como matriz P en el dominio de la frecuencia para generar unos LTF.

En un sistema de este tipo, pares de tonos vecinos, tales como los tonos 1 y 2, pueden tener 2 correlaciones ortogonales de flujo. Por ejemplo, la matriz 605 incluida se puede usar cuando dos flujos de espacio-tiempo transmiten simultáneamente en dos tonos. Por ejemplo, cada par de dos tonos puede tener una correlación ortogonal en frecuencia como la correlación ilustrada.

La figura 7 ilustra 700 el homólogo en el dominio del tiempo de la correlación en el dominio de la frecuencia de la ilustración 600. Esta ilustración ilustra un homólogo en el dominio del tiempo, con una duración de símbolo de 12,8  $\mu$ s y un CP de 3,2  $\mu$ s. Esta duración de símbolo y de CP corresponde a cuatro veces las duraciones ordinarias usadas en un paquete de 802.11ac de IEEE. Por lo tanto, en la ilustración 700, los primeros 3,2  $\mu$ s corresponden a un prefijo cíclico 705. En la matriz 605, cuando una señal se multiplica por 1, esto no desplaza la señal en absoluto. Cuando una señal se multiplica por -1, esto desplaza la señal  $\pi$  radianes, lo que, cuando la duración de símbolo es de 12,8  $\mu$ s, corresponde a un desplazamiento de 6,4  $\mu$ s.

En consecuencia, un primer flujo 710, correspondiente a la primera columna de la matriz 605, y un segundo flujo 715, correspondiente a la segunda columna de la matriz 605, pueden transmitir simultáneamente durante un LTF en dos tonos diferentes, correspondientes a la primera y la segunda filas de la matriz 605. Por ejemplo, en el primer tono, no se desplazarán ni el primer flujo 710 ni el segundo flujo 715, debido a que ambos se multiplican por 1. La figura 7 es una ilustración del homólogo en el dominio del tiempo para el segundo tono, en el que el segundo flujo 715 se ha desplazado 6,4  $\mu$ s. Por ejemplo, si el valor normal que un flujo de espacio-tiempo puede transmitir en un tono dado durante un LTF se ilustra en la figura 7, el flujo 1 puede comenzar su transmisión a los 3,2  $\mu$ s, inmediatamente a continuación del prefijo cíclico 705. Sin embargo, debido a que el segundo flujo 715 se ha desplazado 6,4  $\mu$ s, la transmisión a partir del segundo flujo estará desfasada 6,4  $\mu$ s con la misma transmisión a partir del primer flujo 710, como se ilustra.

Por lo tanto, un dispositivo de recepción puede recibir transmisiones en el primer tono y en el segundo tono. Estas transmisiones pueden ambas contener información a partir tanto del primer flujo de espacio-tiempo como del segundo flujo de espacio-tiempo. Un dispositivo de recepción puede ser capaz de determinar qué porción de la transmisión es atribuible a cada flujo de espacio-tiempo, debido a la ortogonalidad de la matriz 605. En consecuencia, se pueden usar otras matrices ortogonales en lugar de la matriz 605, siempre que las matrices sean ortogonales, para permitir que los dispositivos de recepción determinen las contribuciones de cada flujo a cada uno de los tonos. Al usar una matriz ortogonal de este tipo en un LTF, se debería observar que un único LTF puede permitir que tanto el primer flujo 710 como el segundo flujo 715 transmitan tanto en el primer tono como en el segundo tono. Y, debido a la ortogonalidad de la matriz 615, un dispositivo de recepción puede ser capaz de aislar las transmisiones procedentes de cada uno de los dos flujos 710, 715 en cada uno de los dos tonos. En consecuencia, un único LTF puede habilitar que dos flujos de espacio-tiempo diferentes transmitan en el mismo tono. Esto puede reducir en un factor de dos el número de LTF necesarios en un paquete dado. De forma similar, se puede usar una matriz ortogonal más grande para transmitir usando más flujos en más tonos. Por ejemplo, se puede usar una matriz ortogonal de 3 x 3 a través de tres tonos,

para permitir que tres flujos se transmitan simultáneamente a través de esos tres tonos. Por lo tanto, esto permitiría que el número de LTF necesarios se redujera en un factor de tres.

La figura 8 es una ilustración de la intercalación que se puede usar cuando se transmiten unos LTF usando un esquema de matriz ortogonal como en las figuras 6 y 7. Por ejemplo, el Grupo 1 puede incluir dos flujos de espacio-tiempo diferentes, tales como los flujos 1 y 2. De forma similar, cada uno de los Grupos 2, 3 y 4 también puede incluir dos flujos singulares. Por lo tanto, cada uno de ocho flujos de espacio-tiempo se puede incluir en los cuatro grupos. De forma similar, el Grupo 1 puede transmitir en un cierto número de tonos, tal como dos tonos, mientras que el Grupo 2 puede transmitir en los siguientes dos tonos, el Grupo 3 en los siguientes dos tonos, y así sucesivamente. En cada LTF subsiguiente, los tonos en los que transmite cada grupo de flujos pueden rotar, de tal modo que, después de cuatro LTF 805, 810, 815, 820, cada uno de los ocho flujos de espacio-tiempo ha transmitido en cada tono de una transmisión dada. Esta intercalación puede ser similar a la intercalación de tonos hallada en la figura 5, pero con cada tono asignándose a un grupo de flujos en un único LTF, en lugar de que cada tono se asigne a un único flujo.

Al igual que con los LTF con intercalación de tonos anteriormente, una ventaja de tal intercalación es que esta permite que cada flujo de espacio-tiempo transmita durante cada uno de los cuatro LTF 805, 810, 815, 820. En consecuencia, cada LTF se puede transmitir usando la misma potencia que cada uno de los otros, y se puede transmitir usando la misma potencia que las porciones de datos del paquete. Por el contrario, si el Grupo 1 transmite en todos los tonos del LTF1 805, y así sucesivamente para el Grupo 2 en el LTF2 810, esto puede dar como resultado unos LTF con diferentes niveles de potencia entre sí. En consecuencia, tal intercalación basándose en grupos puede ser beneficiosa.

Otro beneficio de este LTF basado en matriz es que cada flujo de espacio-tiempo puede ser capaz de transmitir en cada tono del paquete durante un LTF. A diferencia de la intercalación de tonos analizada anteriormente, en el presente caso, cada flujo de espacio-tiempo transmite en cada tono del paquete durante al menos un LTF. Por lo tanto, este enfoque puede no requerir una interpolación como se requería para un LTF con intercalación de tonos de este tipo. Sin embargo, este enfoque puede requerir ligeramente más procesamiento por cada receptor, para diferenciar las contribuciones a cada tono a partir de los dos flujos incluidos en cada grupo. En consecuencia, puede haber beneficios para cada uno de los diversos enfoques descritos anteriormente. Además, los enfoques descritos anteriormente se pueden combinar de diversas formas, según se desee. Por ejemplo, puede ser posible usar números reducidos de LTF basados en matriz ortogonal que usan una duración de símbolo diferente de la usada en la porción de datos de un paquete dado. Asimismo, también se pueden usar otras combinaciones, tales como alterar la duración de CP para cualquiera de los enfoques anteriores, según sea necesario para permitir un desempeño robusto en entornos de exteriores.

En 802.11ac de IEEE, hay un modo de intervalo de guarda corto (GI), en el que se usa un prefijo cíclico de duración más corta. En lugar de usar un CP de 0,8  $\mu$ s, se usa un CP de 0,4  $\mu$ s en el modo de GI corto. De forma similar, también se puede ofrecer un modo de GI más corto que siga siendo compatible con una propagación mejorada en entornos de exteriores. Por ejemplo, si un paquete particular tiene habitualmente un CP de 3,2  $\mu$ s, se puede usar un modo de GI corto en el que el CP es solo de 1,6  $\mu$ s. En algunos aspectos, el diseño de LTF de un paquete particular puede variar basándose en la configuración del CP, es decir, si se usa, o no, un modo de GI corto. Por ejemplo, si un paquete tiene normalmente una duración de símbolo de 12,8  $\mu$ s, se pueden ofrecer dos modos - uno en el que el CP es de 3,2  $\mu$ s y otro en el que el CP es de 1,6  $\mu$ s. Basándose en cuál se usa de estos dos modos, la porción de LTF del paquete puede ser diferente. Por ejemplo, cuando se usa un CP de 3,2  $\mu$ s, los símbolos en la porción de LTF del paquete pueden ser, por ejemplo, de 6,4  $\mu$ s o 12,8  $\mu$ s mientras que, si se usa un CP de 1,6  $\mu$ s, los símbolos en la sección de LTF pueden ser de 3,2  $\mu$ s o 6,4  $\mu$ s.

Como alternativa, si están presentes más de un flujo de espacio-tiempo y, si los símbolos tienen una duración de 12,8  $\mu$ s mientras que el CP puede ser o bien de 1,6  $\mu$ s o bien de 3,2  $\mu$ s (correspondiente a una tara de CP del 12,5 % o del 25 %, como en 802.11ac de IEEE), el tamaño de grupo se puede alterar basándose en el CP elegido. Por ejemplo, si se usa un CP de 3,2  $\mu$ s, el tamaño de grupo puede ser de 1 o 2 (como se ilustra en la figura 6). Sin embargo, si se usan 1,6  $\mu$ s, el tamaño de grupo puede ser de 2 o 4. En consecuencia, el formato de LTF se puede alterar basándose, al menos en parte, en si un paquete particular se está transmitiendo, o no, usando un intervalo de guarda relativamente más corto o uno relativamente más largo.

La figura 9 es una ilustración 900 de un método para transmitir un paquete. Este método puede ser realizado por un dispositivo de comunicaciones inalámbricas, tal como una estación (por ejemplo, la STA 106b) a través de una red de comunicación inalámbrica, que incluye, por ejemplo, o bien un AP 104 o bien otra STA 106 del sistema de comunicación inalámbrica 100.

En el bloque 905, el dispositivo de comunicación inalámbrica transmite un preámbulo del paquete a través de uno o más flujos de espacio-tiempo, incluyendo el preámbulo uno o más campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal, comprendiendo cada uno de los uno o más campos de entrenamiento uno o más símbolos de una primera duración de símbolo. Por ejemplo, como se ha analizado anteriormente, la duración de símbolo de los campos de entrenamiento usados para una estimación de canal, tales como los LTF, puede ser una duración de 3,2  $\mu$ s o 6,4  $\mu$ s. Los medios para transmitir el preámbulo pueden incluir un transmisor, y los medios para generar la transmisión pueden incluir un procesador u otro dispositivo.

En el bloque 910, el dispositivo de comunicación inalámbrica transmite una cabida útil del paquete a través de los uno o más flujos de espacio-tiempo, comprendiendo la cabida útil uno o más símbolos de una segunda duración de símbolo, en donde la segunda duración de símbolo es mayor que la primera duración de símbolo. En consecuencia, se pueden usar diferentes duraciones de símbolo para una cabida útil de un paquete y un campo de entrenamiento, tal como un LTF, del paquete. Por ejemplo, la duración de símbolo en la cabida útil del paquete puede ser de 6,4, 12,8 o 25,6  $\mu$ s, mientras que la duración de símbolo en el campo de entrenamiento puede ser menor que esto. Los medios para transmitir la cabida útil pueden incluir un transmisor, y los medios para generar la transmisión pueden incluir un procesador u otro dispositivo. En algunos aspectos, la primera duración de símbolo puede ser de 3,2  $\mu$ s y la segunda duración de símbolo puede ser de 6,4  $\mu$ s. En otros aspectos, la primera duración de símbolo puede ser de 6,4  $\mu$ s y la segunda duración de símbolo puede ser de 12,8  $\mu$ s. Como alternativa, la segunda duración de símbolo puede ser de 25,6  $\mu$ s.

En un aspecto, los uno o más símbolos de la primera duración de símbolo pueden estar precedidos por un prefijo cíclico de una tercera duración, los uno o más símbolos de la segunda duración de símbolo están precedidos por un prefijo cíclico de una cuarta duración, y el prefijo cíclico de la segunda duración puede ser mayor que el prefijo cíclico de la primera duración. En algunos aspectos, la tercera duración puede ser de 0,8  $\mu$ s y la cuarta duración puede ser de 3,2  $\mu$ s. En otros aspectos, la tercera duración puede ser de 0,4  $\mu$ s y la cuarta duración puede ser de 1,6  $\mu$ s. En diversos aspectos, los uno o más símbolos de la segunda duración de símbolo pueden estar separados entre sí por un prefijo cíclico de una tercera duración, y la primera duración de símbolo se puede determinar basándose al menos en parte en la tercera duración.

La figura 10 es una ilustración 1000 de un método para transmitir un paquete. Este método puede ser realizado por un dispositivo de comunicaciones inalámbricas, tal como una estación (por ejemplo, la STA 106b) en una red de comunicación inalámbrica, que incluye, por ejemplo, o bien un AP 104 o bien otra STA 106 en el sistema de comunicación inalámbrica 100.

En el bloque 1005, el dispositivo de comunicación inalámbrica transmite un preámbulo del paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{LTF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo, en donde  $N_{STS}$  es mayor que uno y  $N_{LTF}$  es menor que  $N_{STS}$ . Como anteriormente, en formatos previos, un número de campos de entrenamiento usados para una estimación de canal se puede haber mantenido a un nivel más alto que el número de flujos de espacio-tiempo. En consecuencia, al transmitir menos campos de entrenamiento que el número de flujos de espacio-tiempo, se puede reducir una tara del paquete. En algunos aspectos, se pueden transmitir menos campos de entrenamiento debido o bien a la intercalación de tonos analizada anteriormente o bien al agrupamiento basado en matriz de diferentes flujos de espacio-tiempo en un único campo de entrenamiento, como se ha descrito anteriormente. En algunos aspectos, los medios para transmitir un preámbulo pueden incluir un transmisor, y los medios para generar el preámbulo pueden incluir un procesador.

En el bloque 1010, el dispositivo de comunicación inalámbrica transmite una cabida útil del paquete a través de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo. En algunos aspectos, los medios para generar este paquete pueden incluir un procesador, y los medios para transmitir el paquete pueden incluir un transmisor.

En algunos aspectos, cada uno de los  $N_{TF}$  campos de entrenamiento puede ser un campo de entrenamiento con intercalación de tonos transmitido a través de la pluralidad de tonos, de tal modo que cada uno de los flujos de espacio-tiempo de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo transmite en un subconjunto de la pluralidad de tonos y de tal modo que cada tono de la pluralidad de tonos es transmitido por exactamente uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo. En algunos aspectos, cada uno de los  $N_{TF}$  campos de entrenamiento se puede transmitir a través de la pluralidad de tonos, y cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo puede ser parte de un grupo de una pluralidad de grupos, transmitiendo cada grupo a un subconjunto de los tonos de la pluralidad de tonos basándose en una matriz ortogonal. Cada grupo de la pluralidad de grupos puede incluir dos flujos de espacio-tiempo de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo. Cada grupo de la pluralidad de grupos puede incluir cuatro flujos de espacio-tiempo de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo. Un valor de  $N_{TF}$  puede ser aproximadamente la mitad de un valor de  $N_{STS}$ , o puede ser aproximadamente un cuarto de un valor de  $N_{STS}$ . Tanto el preámbulo como la cabida útil se pueden transmitir con una duración de símbolo de al menos 12,8  $\mu$ s. Tanto el preámbulo como la cabida útil se pueden transmitir con un prefijo cíclico de al menos 1,6  $\mu$ s.

Como se ha analizado anteriormente, por ejemplo, con respecto a la figura 6, se pueden generar unos LTF de acuerdo con una matriz  $P$  en el dominio de la frecuencia. En algunas aplicaciones de matriz  $P$ , cada flujo está activo en cada tono. En diversas realizaciones analizadas en el presente documento,  $N_{STS}$  flujos espaciales se pueden subdividir en  $N_g$  grupos, en donde cada grupo puede incluir  $N_{STS} / N_g$  flujos. Cada tono se puede rellenar con  $N_{STS} / N_g$  flujos espaciales usando una matriz  $P$  ortogonal más pequeña. Por lo tanto, cada flujo espacial visitará cada  $N_g$  tonos, y la interpolación de canal se puede usar para obtener una estimación de canal en tonos no visitados. En consecuencia, solo un subconjunto de los  $N_{STS}$  flujos espaciales está activo en cada tono. Ventajosamente, se pueden usar menos símbolos de LTF para ortogonalizar el subconjunto de flujos, reduciendo de ese modo la tara de LTF.

La figura 11A es una ilustración de una matriz 1100A que se puede usar como matriz P en el dominio de la frecuencia para generar unos LTF. La matriz 1100A ilustrada incluye cuatro flujos espaciales en el eje y y cuatro símbolos de tiempo de LTF en el dominio del tiempo en el eje x. Como será apreciado por un experto en la materia, los LTF en el dominio del tiempo en el eje x se pueden traducir en tonos en el dominio de la frecuencia. En un sistema de matriz P, cada tono porta todos los  $N_{STS}$  flujos espaciales mediante el uso de una correlación ortogonal. Por ejemplo, la matriz 1100A ilustrada se puede usar cuando cuatro flujos de espacio-tiempo transmiten simultáneamente en cada tono. Cada tono puede tener una correlación ortogonal en frecuencia como se ilustra en la figura 11A. Cada LTF se puede determinar multiplicando cada uno de los cuatro flujos espaciales  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  y  $x_4$  por una columna respectiva en la matriz 1100A.

La figura 11B es una tabla 1100B que muestra unas señales de LTF generadas usando la matriz 1100A de la figura 11A. Como se ha analizado anteriormente, cada uno de los cuatro flujos espaciales  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  y  $x_4$  se puede multiplicar por unas columnas respectivas en la matriz 1100A. Por lo tanto, por ejemplo, el LTF1 puede incluir  $x_1 * 1 + x_2 * 1 + x_3 * 1 + x_4 * -1$  como se muestra en la columna resaltada 1110A. LTF2 puede incluir  $x_1 * -1 + x_2 * 1 + x_3 * 1 + x_4 * 1$ ; LTF3 puede incluir  $x_1 * 1 + x_2 * -1 + x_3 * 1 + x_4 * 1$ ; LTF4 puede incluir  $x_1 * 1 + x_2 * 1 + x_3 * -1 + x_4 * 1$ , y así sucesivamente. En consecuencia, cada tono de frecuencia incluye una combinación de todos los  $N_{STS}$  flujos espaciales, y los cuatro LTF se usan, todos ellos, para una estimación de canal.

En otras realizaciones, el agrupamiento de tonos se puede usar para reducir el número de LTF usados para una estimación de canal. Por ejemplo, los  $N_{STS}$  flujos espaciales se pueden subdividir en  $N_g$  grupos, en donde cada grupo tiene  $N_{STS} / N_g$  flujos. En consecuencia, se pueden usar  $N_{STS} / N_g$  LTF con una matriz P más pequeña, como se muestra en las figuras 12A-12C.

La figura 12A es una ilustración de una matriz 1200A que se puede usar como matriz P en el dominio de la frecuencia para generar unos LTF de acuerdo con una realización de agrupamiento de tonos. La matriz 1200A ilustrada incluye dos grupos de flujos espaciales en el eje y y dos símbolos de tiempo de LTF en el dominio del tiempo en el eje x. Como será apreciado por un experto en la materia, los LTF en el dominio del tiempo en el eje x se pueden traducir en tonos en el dominio de la frecuencia. La matriz P 1200A incluye correlaciones ortogonales. Cada LTF se puede determinar multiplicando cada uno de los dos grupos de tonos de flujo espacial por unos valores respectivos en la matriz 1200A. La matriz 1200A se puede describir, como alternativa, como dos matrices P condicionales de tamaño  $N_{STS}$  por  $N_{STS} / N_g$ , que dependen del tono, como se muestra en la figura 12B.

La figura 12B es una ilustración de las matrices dependientes de tonos 1200B y 1205B que se pueden usar como matrices P en el dominio de la frecuencia para generar unos LTF de acuerdo con una realización de agrupamiento de tonos. La matriz de tonos impares 1200B ilustrada incluye cuatro flujos espaciales en el eje y y dos símbolos de tiempo de LTF en el dominio del tiempo en el eje x. Como será apreciado por un experto en la materia, los LTF en el dominio del tiempo en el eje x se pueden traducir en tonos en el dominio de la frecuencia. La matriz P 1200B incluye correlaciones ortogonales. Para los tonos impares, cada LTF se puede determinar multiplicando cada uno de los cuatro flujos espaciales por unos valores respectivos en la matriz 1200B.

De forma similar, la matriz de tonos pares 1205B ilustrada incluye cuatro flujos espaciales en el eje y y dos símbolos de tiempo de LTF en el dominio del tiempo en el eje x. Como será apreciado por un experto en la materia, los LTF en el dominio del tiempo en el eje x se pueden traducir en tonos en el dominio de la frecuencia. La matriz P 1205B incluye correlaciones ortogonales. Para los tonos pares, cada LTF se puede determinar multiplicando cada uno de los cuatro flujos espaciales por unos valores respectivos en la matriz 1205B. Debido a que las matrices 1200B y 1205B dependen de tonos, son equivalentes a la matriz de grupos de tonos 1200A de la figura 12A.

La figura 12C es una tabla 1200C que muestra unas señales de LTF generadas usando las matrices 1200A, 1200B y/o 1205B de las figuras 12A-12B. Como se ha analizado anteriormente, cada uno de los cuatro flujos espaciales  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  y  $x_4$  se puede multiplicar por unos valores respectivos en las matrices 1200A, 1200B y/o 1205B, de acuerdo con sus agrupaciones de tonos. Por lo tanto, por ejemplo, los tonos impares en el LTF1 pueden incluir  $x_1 * 1 + x_2 * 1 + x_3 * 0 + x_4 * 0$ . Los tonos impares en el LTF2 pueden incluir  $x_1 * -1 + x_2 * 1 + x_3 * 0 + x_4 * 0$ , como se muestra en la columna resaltada 1210A. Los tonos pares en el LTF1 pueden incluir  $x_1 * 0 + x_2 * 0 + x_3 * 1 + x_4 * 1$ . Los tonos pares en el LTF2 pueden incluir  $x_1 * 0 + x_2 * 0 + x_3 * -1 + x_4 * 1$ , como se muestra en la columna resaltada 1210B, y así sucesivamente. En consecuencia, cada tono de frecuencia incluye solo un subconjunto de  $N_{STS}$  flujos espaciales, y solo se usan dos LTF para una estimación de canal.

En otras palabras, ningún tono de frecuencia incluye todos los flujos espaciales. En la realización ilustrada, cada tono impar se rellena con los flujos  $x_1$  y  $x_2$ . Cada tono par se rellena con los flujos  $x_3$  y  $x_4$ . Por lo tanto, en un símbolo de LTF dado, cada tono está enmascarado por una columna de la matriz P más pequeña 1200A:  $P(N_{STS} / N_g) \times (N_{STS} / N_g)$ . Debido a que un flujo espacial dado puede no estar incluido en ningún tono dado, la interpolación se puede usar en tonos vecinos para estimar cualquier tono excluido.

Aunque las matrices y tablas de las figuras 12A-12C ilustran una realización con cuatro flujos espaciales ( $N_{STS} = 4$ ), dos grupos de flujos espaciales ( $N_g = 2$ ), y ocho tonos, un experto en la materia apreciará que son posibles otras combinaciones. Por ejemplo, en las figuras 13A-13C se muestran diversas otras combinaciones.

La figura 13A es una tabla 1300A que muestra una correlación de tonos de flujo espacial de LTF de acuerdo con una realización. En la realización ilustrada, el número de flujos espaciales ( $N_{STS} = 4$ ) es igual al número de grupos de flujos espaciales ( $N_g = 4$ ). Por lo tanto, solo hay un flujo espacial en cada grupo. En este caso, la matriz P con agrupamiento de tonos se condensa dando el esquema con intercalación de tonos mostrado en la figura 13A.

La figura 13B es una tabla 1300B que muestra una correlación de tonos de flujo espacial de LTF de acuerdo con otra realización. En la realización ilustrada, el número de flujos espaciales ( $N_{STS} = 3$ ) no es un múltiplo entero del número de grupos de flujos espaciales ( $N_g = 2$ ). Por lo tanto, puede no haber el mismo número entero de flujos espaciales en cada grupo. En la realización ilustrada, se asignan flujos espaciales a tonos de forma equilibrada o por orden cíclico, ocupando cada flujo espacial cada  $N_g / N_{STS}$  tonos. Por ejemplo, el flujo espacial x1 ocupa los tonos 1, 2, 4 y 5. El flujo espacial x2 ocupa los tonos 1, 3, 4 y 6. El flujo espacial x3 ocupa los tonos 2, 3, 5 y 6, y así sucesivamente. Por lo tanto, en la realización ilustrada de la figura 13B, la potencia se equilibra en todos los tonos y cada flujo visita, como promedio,  $2/3$  de los tonos. En otras realizaciones, los múltiplos no enteros de grupos de flujos espaciales se pueden manejar de forma diferente, por ejemplo, como se muestra en la figura 13C.

La figura 13C es una tabla 1300C que muestra una correlación de tonos de flujo espacial de LTF de acuerdo con otra realización. En la realización ilustrada, el número de flujos espaciales ( $N_{STS} = 3$ ) no es un múltiplo entero del número de grupos de flujos espaciales ( $N_g = 2$ ). Por lo tanto, puede no haber el mismo número entero de flujos espaciales en cada grupo. En la realización ilustrada, los flujos espaciales se asignan a los tonos de forma ponderada o protegida. Por lo tanto, cada flujo espacial ocupa  $N_{STS}$  tonos, pero algunos flujos espaciales comparten tonos con otros flujos mientras que otros ocupan flujos únicamente. Por ejemplo, los flujos espaciales x1 y x2 ocupan los tonos 1, 3 y 5 conjuntamente, mientras que el flujo espacial x3 ocupa los tonos 2, 4 y 6 únicamente. En diversas realizaciones, el flujo espacial x3 se puede asignar para ocupar tonos únicamente basándose en una protección de flujo (por ejemplo, el flujo x3 puede tener un MCS más alto que el de los flujos x1 y/o x2). En consecuencia, el flujo espacial x3 puede tener una CFO y una protección contra errores de temporización más deseables. En la realización ilustrada, hay una potencia más alta en los tonos impares, y cada flujo visitará, como promedio, la mitad de los tonos. En algunas realizaciones, se puede lograr una potencia equilibrada en todos los tonos reforzando la potencia de los tonos pares, por ejemplo, en 3 dB. En este caso, el flujo x3 también se puede beneficiar de una estimación de canal mejor (y, por lo tanto, de una protección contra ruidos mejor).

La figura 14 es una ilustración 1400 de otro método para transmitir un paquete. Este método puede ser realizado por un dispositivo de comunicaciones inalámbricas, tal como una estación en una red de comunicación inalámbrica, que incluye o bien un AP 144 o bien otra STA 146 en una red. Aunque se muestran diversos bloques en la ilustración 1400, un experto en la materia apreciará que se pueden añadir, eliminar o reordenar bloques dentro del alcance de la presente divulgación.

En el bloque 1405, el dispositivo de comunicación inalámbrica transmite un preámbulo del paquete a través de  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo a través de una pluralidad de tonos, incluyendo el preámbulo  $N_{LTF}$  campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal para cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo. Un subconjunto de los  $N_{STS}$  flujos de espacio-tiempo está activo en cada tono. Como se ha analizado anteriormente con respecto a las figuras 12-13, agrupar los flujos de espacio-tiempo puede dar como resultado una matriz P más pequeña. En consecuencia, al transmitir menos campos de entrenamiento que el número de flujos de espacio-tiempo, se puede reducir una tara del paquete. En diversas realizaciones,  $N_{STS}$  es mayor que uno y  $N_{LTF}$  es menor que  $N_{STS}$ . En algunos aspectos, se pueden transmitir menos campos de entrenamiento debido al agrupamiento basado en matriz de diferentes flujos de espacio-tiempo en un único campo de entrenamiento, como se ha descrito anteriormente. En algunos aspectos, los medios para transmitir un preámbulo pueden incluir un transmisor, y los medios para generar el preámbulo pueden incluir un procesador.

En diversas realizaciones, cada uno de los  $N_{TF}$  campos de entrenamiento se puede transmitir a través de la pluralidad de tonos. Cada uno de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo puede ser parte de un grupo de una pluralidad de  $N_g$  grupos. Cada grupo puede transmitir a un subconjunto de los tonos de la pluralidad de tonos basándose en una matriz ortogonal.

En diversas realizaciones, para cada campo de entrenamiento, cada tono se puede enmascarar mediante una columna de una matriz P de tamaño  $N_{STS} / N_g$  por  $N_{STS} / N_g$ . En diversas realizaciones,  $N_g = N_{STS}$  y se puede transmitir un único campo de entrenamiento a través de la pluralidad de flujos de espacio-tiempo intercalados a través de la pluralidad de tonos.

En diversas realizaciones,  $N_{STS}$  no puede ser un múltiplo entero de  $N_g$  y cada flujo de espacio-tiempo visita, como promedio,  $N_g / N_{STS}$  de la pluralidad de tonos. En diversas realizaciones,  $N_{STS}$  no puede ser un múltiplo entero de  $N_g$  y cada flujo de espacio-tiempo visita, como promedio,  $N_g$  de la pluralidad de tonos. En diversas realizaciones, cada tono impar se puede rellenar con un primer subconjunto de flujos de espacio-tiempo y cada tono par se puede rellenar con un segundo subconjunto de flujos de espacio-tiempo.

En el bloque 1410, el dispositivo de comunicación inalámbrica transmite una cabida útil del paquete a través de los



Nsts flujos de espacio-tiempo. En algunos aspectos, los medios para generar este paquete pueden incluir un procesador, y los medios para transmitir el paquete pueden incluir un transmisor.

Debería entenderse que cualquier referencia a un elemento en el presente documento usando una designación tal como "primero", "segundo" y así sucesivamente no limita en general la cantidad u orden de esos elementos. En su lugar, estas designaciones se pueden usar en el presente documento como un dispositivo inalámbrico conveniente para distinguir entre dos o más elementos o casos de un elemento. Por lo tanto, una referencia a un primer y un segundo elementos no significa que en ese caso solo puedan emplearse dos elementos o que el primer elemento deba preceder al segundo elemento de alguna manera. Asimismo, a no ser que se indique de otra manera, un conjunto de elementos puede incluir uno o más elementos.

Un experto en la materia entendería que la información y las señales pueden representarse usando cualquiera de una diversidad de diferentes tecnologías y técnicas. Por ejemplo, datos, instrucciones, órdenes, información, señales, bits, símbolos y chips a los que se puede hacer referencia a lo largo de toda la descripción anterior pueden representarse mediante voltajes, corrientes, ondas electromagnéticas, partículas o campos magnéticos, partículas o campos ópticos o cualquier combinación de los mismos.

Un experto en la materia debería apreciar adicionalmente que cualquiera de los diversos bloques lógicos, módulos, procesadores, medios, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos descritos en conexión con aspectos divulgados en el presente documento se puede implementar como hardware electrónico (por ejemplo, una implementación digital, una implementación analógica o una combinación de las dos, que puede diseñarse usando codificación de fuentes o alguna otra técnica), diversas formas de código de programa o de diseño que incorpora instrucciones (a las que puede hacerse referencia en el presente documento, por conveniencia, como "software" o un "módulo de software") o combinaciones de ambos. Para ilustrar de manera clara esta intercambiabilidad de hardware y software, se han descrito diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos anteriormente en general en términos de su funcionalidad. Que tal funcionalidad se implemente como hardware o software depende de la aplicación particular y de restricciones de diseño impuestas al sistema global. Los expertos pueden implementar la funcionalidad descrita de diversas formas para cada aplicación particular, pero no debería interpretarse que tales decisiones de implementación provoquen una desviación con respecto al alcance de la presente divulgación.

Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en conexión con los aspectos divulgados en el presente documento y en conexión con las figuras 1-7 pueden implementarse dentro de, o ser realizados por, un circuito integrado ("CI"), un terminal de acceso o un punto de acceso. El CI puede incluir un procesador de propósito general, un procesador de señales digitales (DSP), un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC), una matriz de puertas programables en campo (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, puerta discreta o lógica de transistores, componentes de hardware, componentes eléctricos, componentes ópticos o componentes mecánicos discretos, o cualquier combinación de los mismos, que se haya diseñado para realizar las funciones descritas en el presente documento, y puede ejecutar códigos o instrucciones que residen dentro del CI, fuera del CI o ambos. Los bloques lógicos, módulos y circuitos pueden incluir antenas y/o transceptores para comunicarse con diversos componentes dentro de la red o dentro del dispositivo. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador, pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados convencional. Un procesador puede también 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 en conjunto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo. La funcionalidad de los módulos se puede implementar de alguna otra forma como se enseña en el presente documento. La funcionalidad descrita en el presente documento (por ejemplo, con respecto a una o más de las figuras adjuntas) puede corresponder en algunos aspectos a la funcionalidad "medios para", designada de forma similar, en las reivindicaciones adjuntas.

Si se implementan en software, las funciones pueden almacenarse en o transmitirse a través como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Las etapas de un método o algoritmo divulgado en el presente documento se pueden implementar en un módulo de software ejecutable por procesador que puede residir en un medio legible por ordenador. Medios legibles por ordenador incluye tanto medios de almacenamiento informático como medios de comunicación, incluyendo cualquier medio que se pueda habilitar para transferir un programa informático de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible que al que pueda accederse mediante un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, tal medio legible por ordenador puede incluir RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM o cualquier otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda usarse para almacenar código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y al que pueda accederse mediante un ordenador. Asimismo, cualquier conexión se puede denominar apropiadamente como un medio legible por ordenador. Disco magnético y disco óptico, como se usan en el presente documento, incluyen disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco versátil digital (DVD), disco flexible y disco Blu-ray, en donde los discos magnéticos normalmente reproducen datos magnéticamente, mientras que los discos ópticos reproducen datos ópticamente con láseres. Combinaciones de lo anterior deberían incluirse también dentro del alcance de medio legible por ordenador. Adicionalmente, las operaciones de un método o algoritmo pueden residir como una o cualquier combinación o conjunto de códigos e instrucciones en un medio legible por máquina y medio legible por ordenador,

que puede incorporarse en un producto de programa informático.

Se entiende que cualquier orden o jerarquía específico de las etapas en cualquier proceso divulgado es un ejemplo de un enfoque de muestra. Basándose en preferencias de diseño, se entiende que el orden o jerarquía específico de las etapas en los procesos puede reorganizarse mientras se permanezca dentro del alcance de la presente divulgación. Las reivindicaciones de método adjuntas presentan elementos de las diversas etapas en un orden de muestra y no se pretende que estén limitadas al orden o jerarquía específico presentado.

Diversas modificaciones a las implementaciones descritas en esta divulgación pueden ser inmediatamente evidentes a los expertos en la materia, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otras implementaciones sin apartarse del espíritu o alcance de esta divulgación. Por lo tanto, no se pretende que la divulgación esté limitada a las implementaciones mostradas en el presente documento, sino que ha de concedérsele el ámbito más amplio coherente con las reivindicaciones, los principios y las características novedosas divulgadas en el presente documento. El término "ilustrativo" se usa en el presente documento exclusivamente con el significado de "que sirve como un ejemplo, caso o ilustración". Ninguna implementación descrita en el presente documento como "ilustrativa" ha de interpretarse necesariamente como preferida o ventajosa sobre otras implementaciones.

Ciertas características que se describen en esta memoria descriptiva en el contexto de implementaciones separadas pueden implementarse también en combinación en una única implementación.

De forma similar, aunque en los dibujos se representan operaciones en un orden particular, esto no se debería entender como que requiere que, para conseguir resultados deseables, tales operaciones se hayan de realizar en el orden particular mostrado o en orden secuencial, o que se hayan de realizar todas las operaciones ilustradas. En ciertas circunstancias, la multitarea y el procesamiento paralelo pueden ser ventajosos. Además, la separación de diversos componentes de sistema en las implementaciones anteriormente descritas no debería entenderse como que se requiere tal separación en todas las implementaciones, y debería entenderse que los componentes de programa y sistemas descritos pueden integrarse generalmente de forma conjunta en un único producto de software o empaquetarse en múltiples productos de software. Adicionalmente, son posibles otras implementaciones y las acciones divulgadas se pueden realizar en un orden diferente siempre que las mismas se encuentren dentro del alcance de protección según es definido por las reivindicaciones adjuntas.

# REIVINDICACIONES

1. Un método (900) para transmitir un paquete en una red de comunicación inalámbrica, comprendiendo el método:
  - 5 transmitir (905) un preámbulo del paquete a través de múltiples flujos de espacio-tiempo, incluyendo el preámbulo uno o más campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal, comprendiendo cada uno de los uno o más campos de entrenamiento uno o más símbolos de una primera duración de símbolo; y
  - 10 transmitir (910) una cabida útil del paquete a través de los múltiples flujos de espacio-tiempo, comprendiendo la cabida útil múltiples símbolos de una segunda duración de símbolo, siendo la segunda duración de símbolo mayor que la primera duración de símbolo,
  - en donde los símbolos de la segunda duración de símbolo están, cada uno, separados entre sí por un prefijo cíclico de una tercera duración, y en donde la primera duración de símbolo se determina basándose al menos en parte en la tercera duración.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, en donde la primera duración de símbolo es de 3,2  $\mu$ s y la segunda duración de símbolo es de 6,4  $\mu$ s.
3. El método de la reivindicación 1, en donde la primera duración de símbolo es de 6,4  $\mu$ s y la segunda duración de símbolo es de 12,8  $\mu$ s.
- 20 4. El método de la reivindicación 1, en donde los uno o más símbolos de la primera duración de símbolo están precedidos por un prefijo cíclico de una tercera duración, en donde los símbolos de la segunda duración de símbolo están precedidos por un prefijo cíclico de una cuarta duración, y en donde el prefijo cíclico de la cuarta duración es mayor que el prefijo cíclico de la tercera duración.
- 25 5. El método de la reivindicación 4, en donde la tercera duración es de 0,8  $\mu$ s y la cuarta duración es de 3,2  $\mu$ s.
6. El método de la reivindicación 4, en donde la tercera duración es de 0,4  $\mu$ s y la cuarta duración es de 1,6  $\mu$ s.
- 30 7. Un aparato de comunicación inalámbrica, que comprende:
  - unos medios para generar un preámbulo de un paquete a transmitir a través de múltiples flujos de espacio-tiempo, incluyendo el preámbulo uno o más campos de entrenamiento configurados para usarse para una estimación de canal, comprendiendo cada uno de los uno o más campos de entrenamiento uno o más símbolos de una primera
  - 35 duración de símbolo;
  - unos medios para generar una cabida útil del paquete a transmitir a través de los múltiples flujos de espacio-tiempo, comprendiendo la cabida útil múltiples símbolos de una segunda duración de símbolo, en donde la segunda duración de símbolo es mayor que la primera duración de símbolo, en donde los símbolos de la segunda duración de símbolo están, cada uno, separados entre sí por un prefijo cíclico de una tercera duración, y en donde la primera
  - 40 duración de símbolo se determina basándose al menos en parte en la tercera duración; y unos medios para transmitir el paquete.
8. El aparato de comunicación inalámbrica de la reivindicación 7, en donde la primera duración de símbolo es de 3,2  $\mu$ s y la segunda duración de símbolo es de 6,4  $\mu$ s.
- 45 9. El aparato de comunicación inalámbrica de la reivindicación 7, en donde la primera duración de símbolo es de 6,4  $\mu$ s y la segunda duración de símbolo es de 12,8  $\mu$ s.
10. El aparato de comunicación inalámbrica de la reivindicación 7, en donde los uno o más símbolos de la primera duración de símbolo están precedidos por un prefijo cíclico de una tercera duración, en donde los símbolos de la segunda duración de símbolo están precedidos por un prefijo cíclico de una cuarta duración, y en donde el prefijo cíclico de la cuarta duración es mayor que el prefijo cíclico de la tercera duración.
- 50 11. El aparato de comunicación inalámbrica de la reivindicación 10, en donde la tercera duración es de 0,8  $\mu$ s y la cuarta duración es de 3,2  $\mu$ s.
12. El aparato de comunicación inalámbrica de la reivindicación 10, en donde la tercera duración es de 0,4  $\mu$ s y la cuarta duración es de 1,6  $\mu$ s.
- 60 13. Un programa informático que comprende instrucciones para realizar las etapas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, cuando es ejecutado por un ordenador.

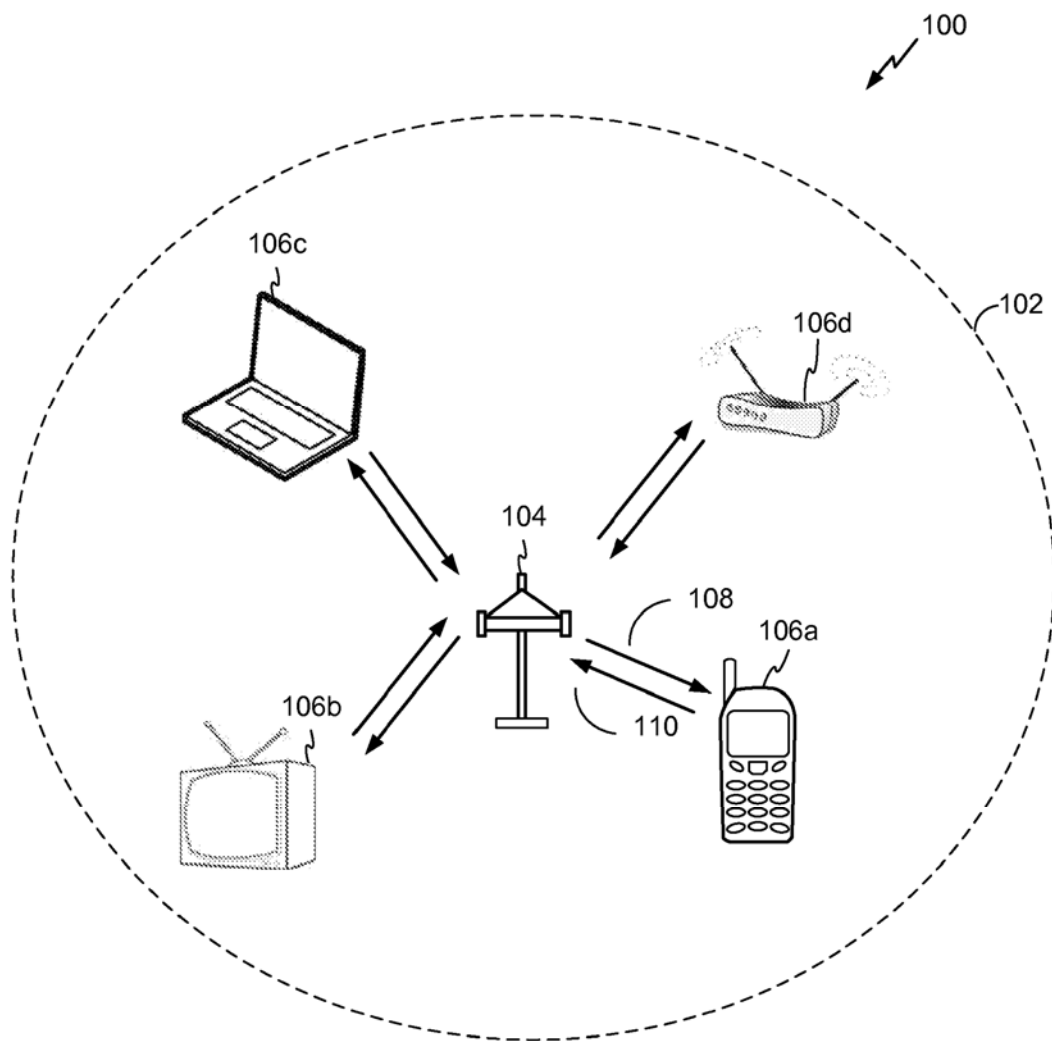


FIG. 1

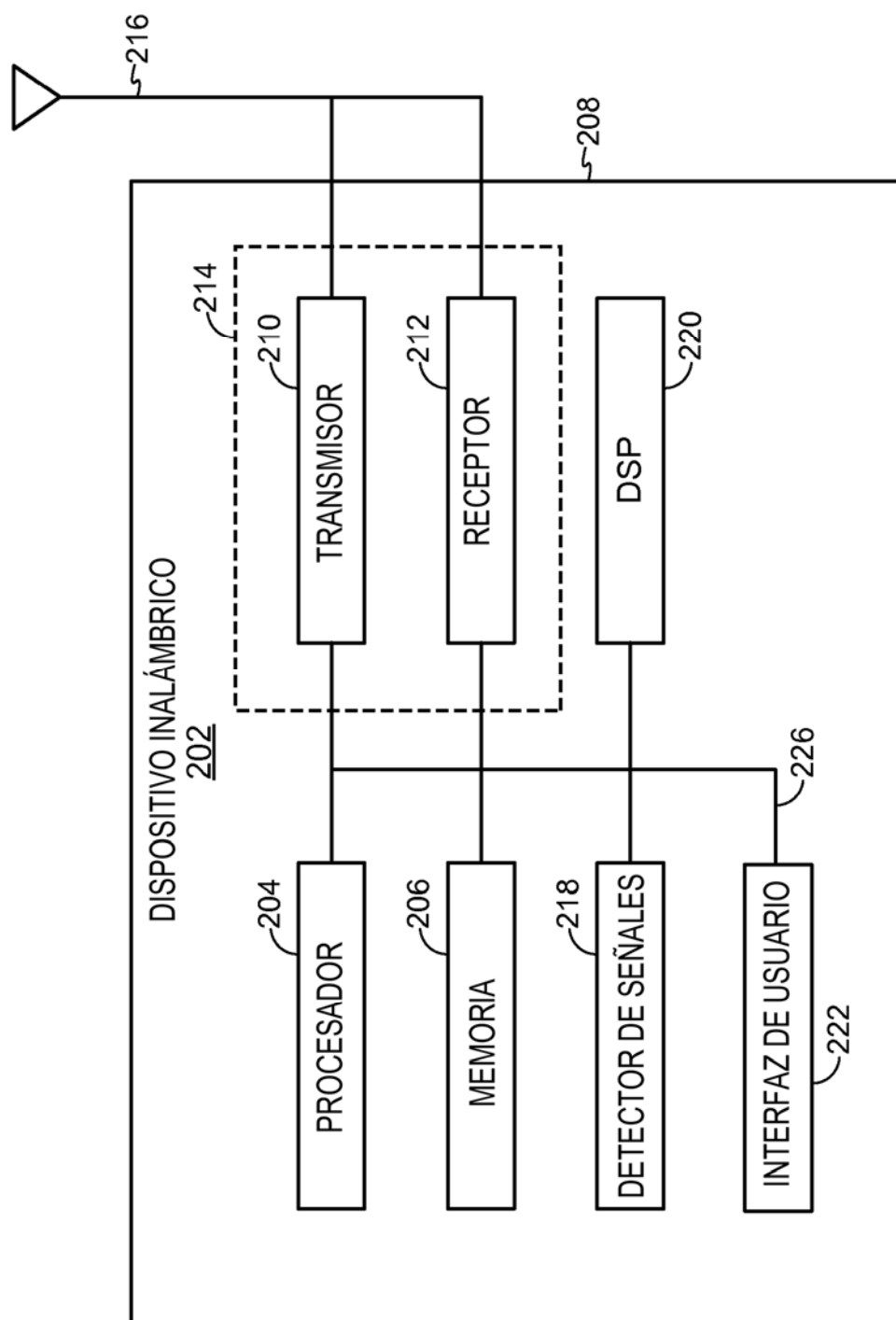


FIG. 2

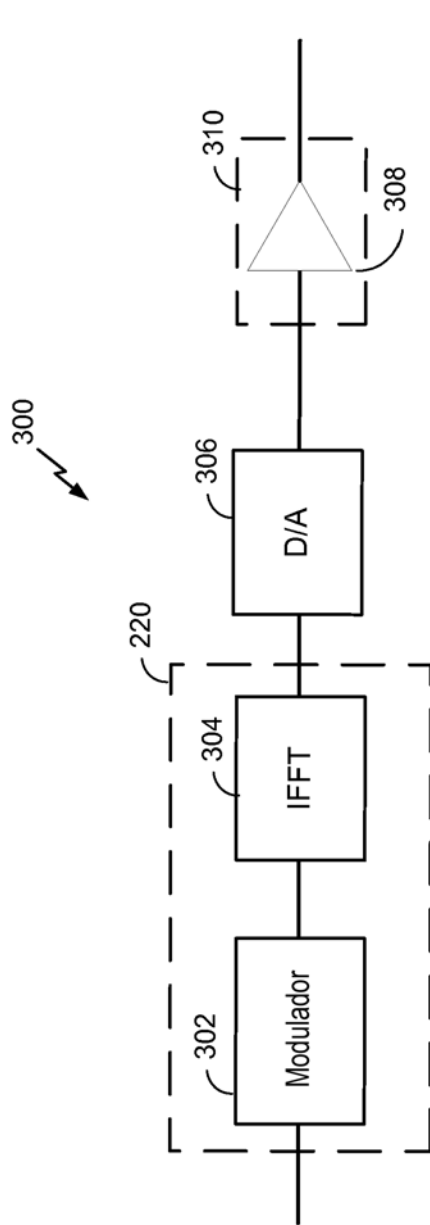


FIG. 3

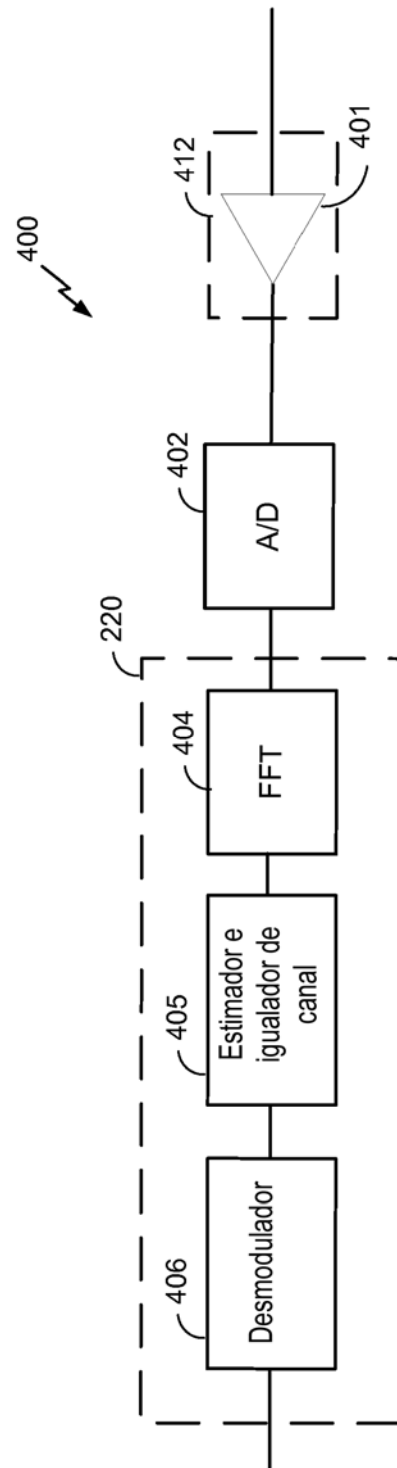


FIG. 4

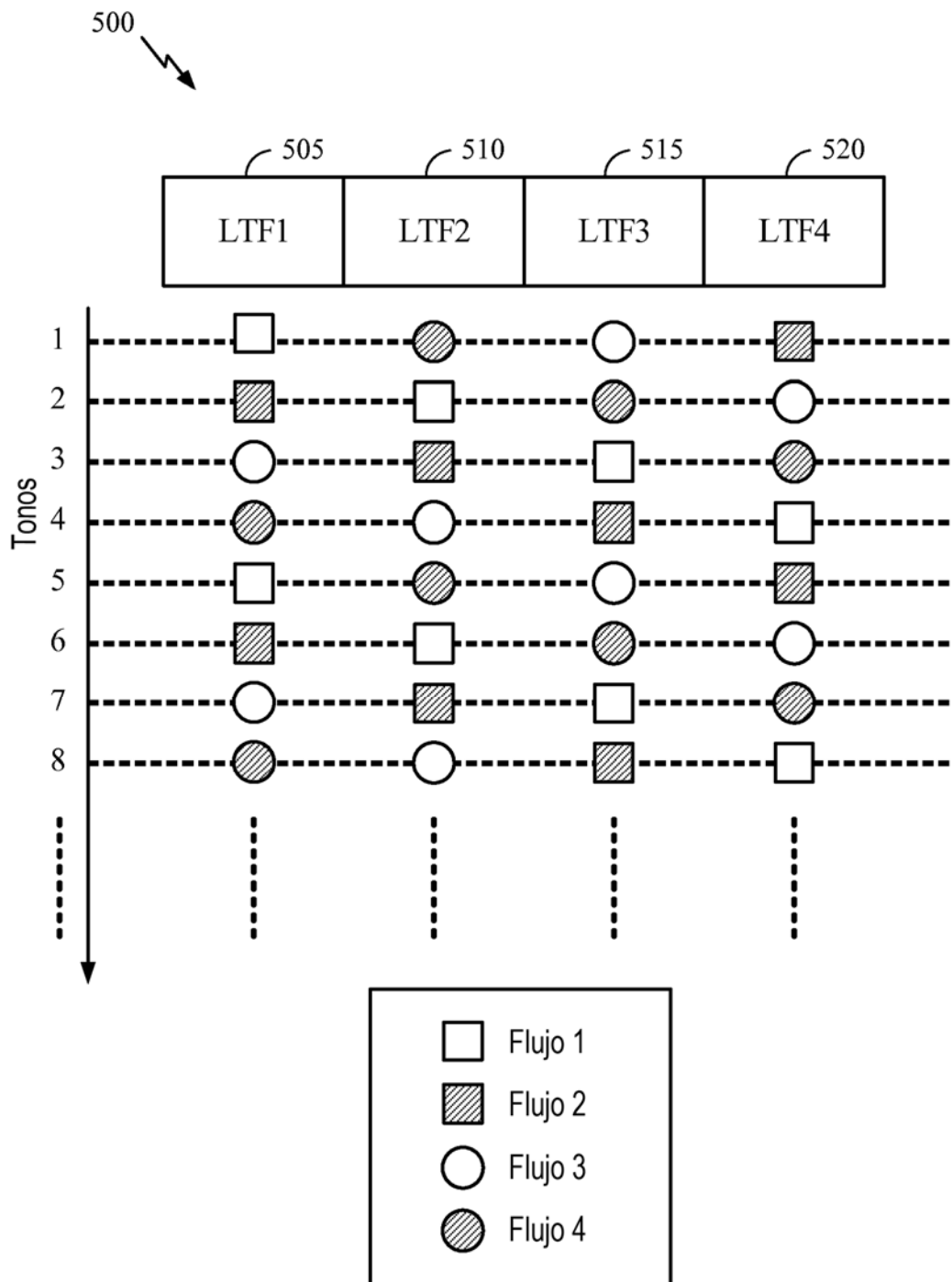
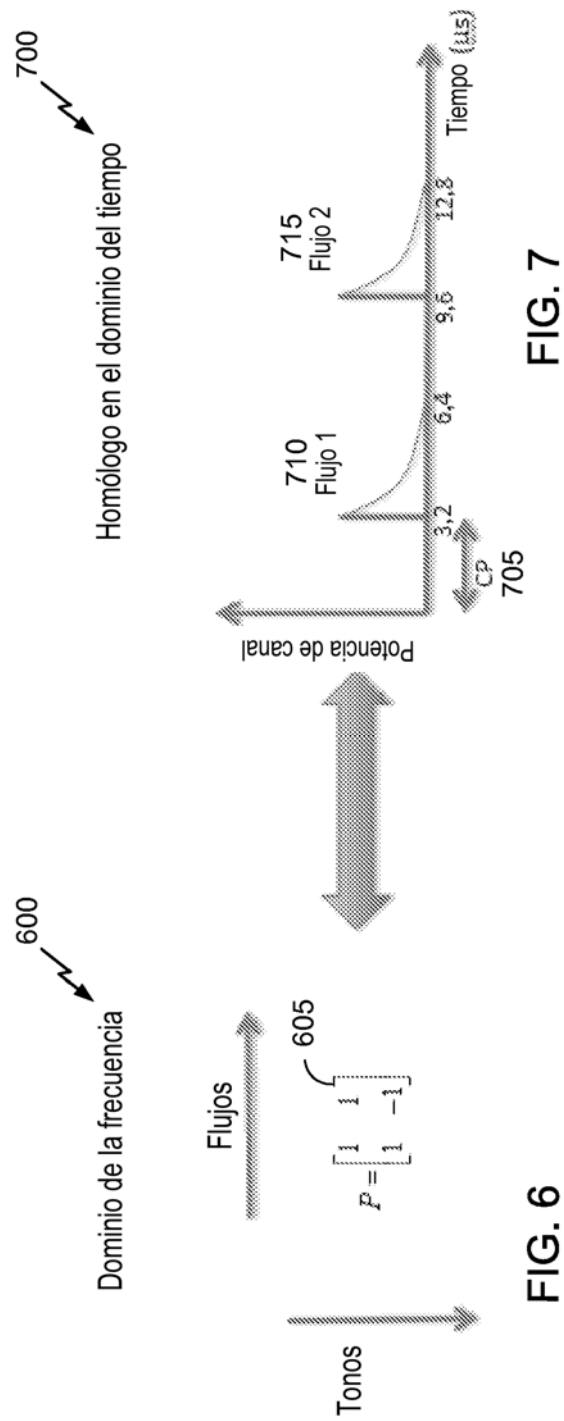


FIG. 5





800 ↗

Tonos de CC	LTF1 805	LTF2 810	LTF3 815	LTF4 820
	Grupo 1	Grupo 4	Grupo 3	Grupo 2
	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 4	Grupo 3
	Grupo 3	Grupo 2	Grupo 1	Grupo 4
	Grupo 4	Grupo 3	Grupo 2	Grupo 1

FIG. 8

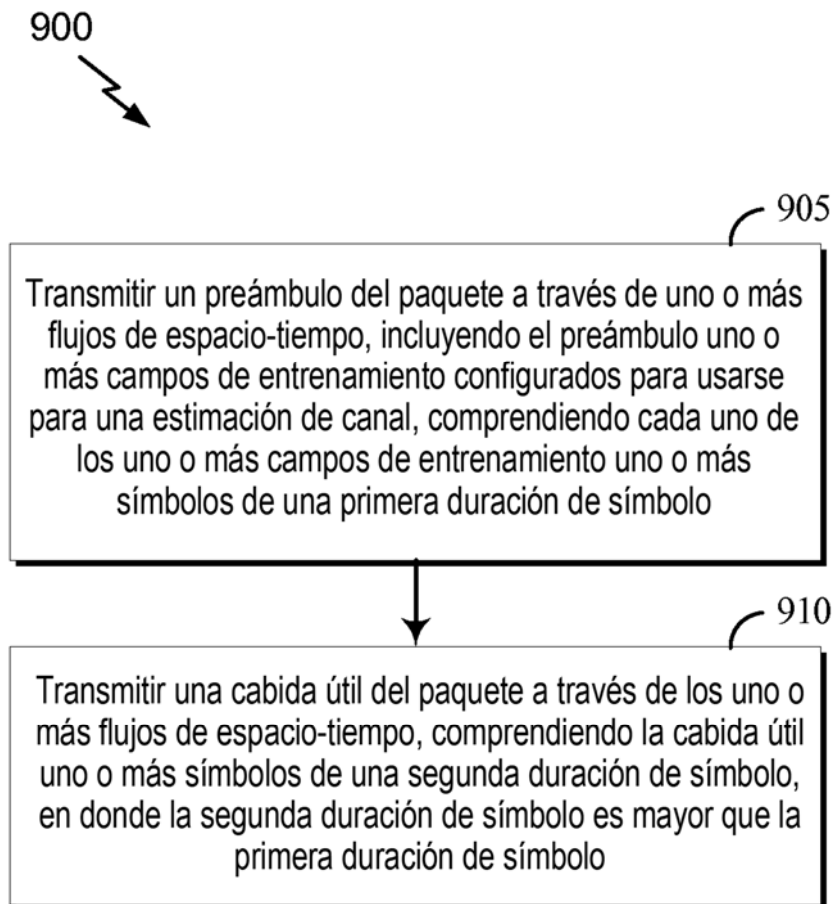


FIG. 9

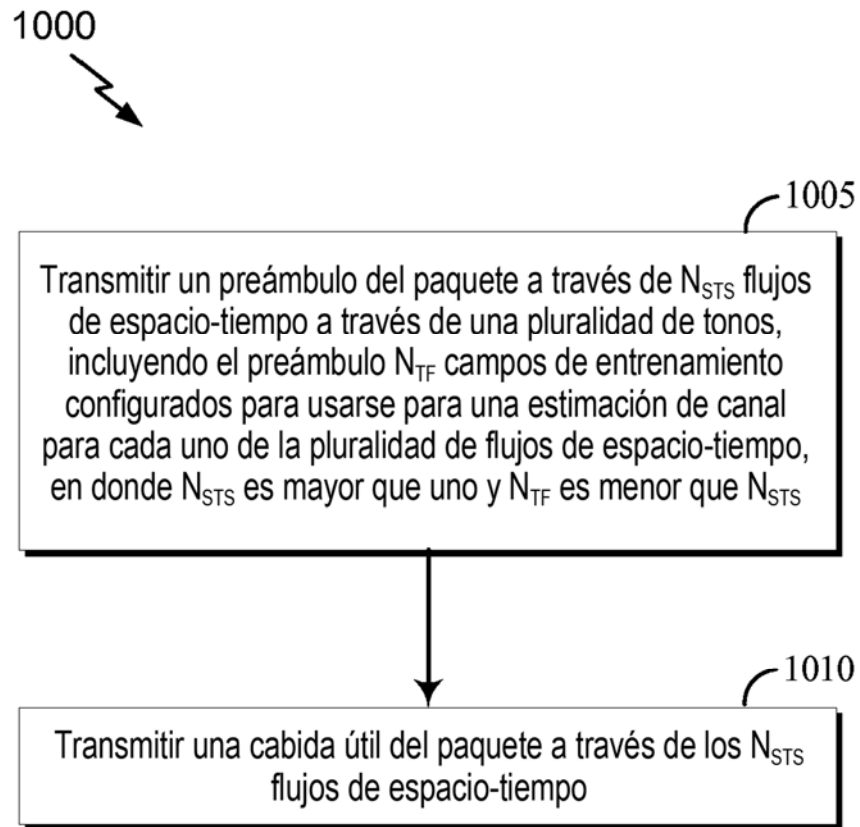


FIG. 10

1100A

$$P_{4 \times 4} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

→ Tiempo

↓ Flujo espacial

1110A

FIG. 11A

1100B

1110A

N <sub>ss</sub> = 4, Matriz P				
Tono	LTF1	LTF2	LTF3	LTF4
1	x1 + x2 + x3 - x4	-x1 + x2 + x3 + x4	x1 - x2 + x3 + x4	x1 + x2 - x3 + x4
2	x1 + x2 + x3 - x4	-x1 + x2 + x3 + x4	x1 - x2 + x3 + x4	x1 + x2 - x3 + x4
3	x1 + x2 + x3 - x4	-x1 + x2 + x3 + x4	x1 - x2 + x3 + x4	x1 + x2 - x3 + x4
4	x1 + x2 + x3 - x4	-x1 + x2 + x3 + x4	x1 - x2 + x3 + x4	x1 + x2 - x3 + x4
5	x1 + x2 + x3 - x4	-x1 + x2 + x3 + x4	x1 - x2 + x3 + x4	x1 + x2 - x3 + x4
6	x1 + x2 + x3 - x4	-x1 + x2 + x3 + x4	x1 - x2 + x3 + x4	x1 + x2 - x3 + x4
7	x1 + x2 + x3 - x4	-x1 + x2 + x3 + x4	x1 - x2 + x3 + x4	x1 + x2 - x3 + x4
8	x1 + x2 + x3 - x4	-x1 + x2 + x3 + x4	x1 - x2 + x3 + x4	x1 + x2 - x3 + x4

FIG. 11B

1200A

$$P_{2 \times 2} = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

→ Tiempo

↓ Flujo espacial

FIG. 12A

1200B

$$P_{4 \times 2} \text{ (tono impar)} = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad P_{4 \times 2} \text{ (tono par)} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & -1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

1210A

1205B

1210B

FIG. 12B

1200C

N <sub>SS</sub> = 4, Matriz P con Ng = 2		
Tono	LTF1	LTF2
1	x1 + x2	-x1 + x2
2	x3 + x4	-x3 + x4
3	x1 + x2	-x1 + x2
4	x3 + x4	-x3 + x4
5	x1 + x2	-x1 + x2
6	x3 + x4	-x3 + x4
7	x1 + x2	-x1 + x2
8	x3 + x4	-x3 + x4

1210A

1210B

FIG. 12C

N <sub>ss</sub> = 4, Matriz P con Ng = 4	
Tono	LTF1
1	x1
2	x2
3	x3
4	x4
5	x1
6	x2
7	x3
8	x4

1300A

FIG. 13A

N <sub>ss</sub> = 3, Matriz P con Ng = 2		
Tono	LTF1	LTF2
1	x1 + x2	-x1 + x2
2	x1 + x3	-x1 + x3
3	x2 + x3	-x2 + x3
4	x1 + x2	-x1 + x2
5	x1 + x3	-x1 + x3
6	x2 + x3	-x2 + x3

1300B

FIG. 13B

N <sub>ss</sub> = 3, Matriz P con Ng = 2		
Tono	LTF1	LTF2
1	x1 + x2	-x1 + x2
2	x3	x3
3	x1 + x2	-x1 + x2
4	x3	x3
5	x1 + x2	-x1 + x2
6	x3	x3

1300C

FIG. 13C

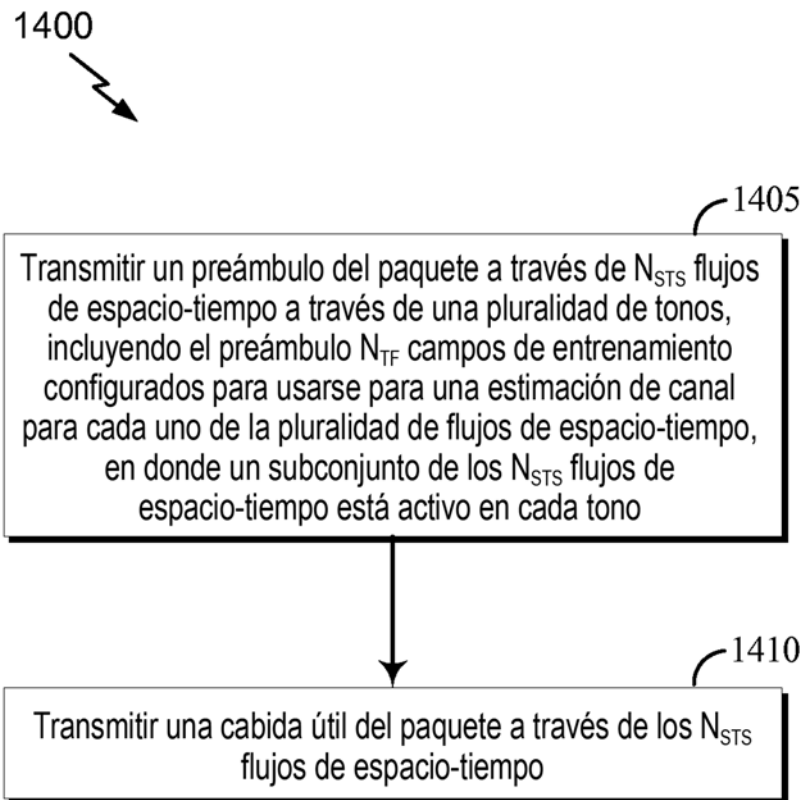


FIG. 14