

SONDEO DE CANAL PARA TRANSMISIÓN DISTRIBUIDA

CAMPO TÉCNICO

La presente divulgación se refiere en general al campo de la comunicación inalámbrica. Más particularmente, se refiere a la transmisión distribuida (multipunto).

5 ANTECEDENTES

La transmisión coordinada distribuida (o multipunto) desde dos o más transmisores inalámbricos es bien conocida. Un ejemplo es el concepto de multipunto coordinado (CoMP) según lo especificado por los estándares del Proyecto de asociación de tercera generación (3GPP). Otro ejemplo es la propuesta de utilizar múltiples entradas y múltiples salidas de enlace descendente distribuido (D-DL-MIMO) – donde dos o más puntos de acceso (AP; un ejemplo de transmisores inalámbricos) transmiten varios flujos de espacio-tiempo simultáneamente a la misma estación receptora, (STA; un ejemplo de un receptor inalámbrico) – para el concepto de Rendimiento extremadamente alto (EHT) propuesto como una mejora del estándar IEEE 802.11. Algunos detalles adicionales del último se dan en "Constrained Distributed MU-MIMO", por Ron Porat y Srinath Puducheri, Broadcom, doc.: IEEE 802.11-18/1439r0, septiembre de 2018.

Cuando los dos o más transmisores inalámbricos están suficientemente coordinados, las señales transmitidas de forma distribuida se combinan constructivamente en la recepción por un receptor inalámbrico. Esto a menudo se puede lograr cuando los dos o más transmisores inalámbricos tienen acceso a un canal de comunicación mutua que es relativamente estático y libre de interferencias; por ejemplo, una conexión por cable.

Sin embargo, cuando los dos o más transmisores inalámbricos no están suficientemente coordinados, las señales transmitidas de forma distribuida no se combinan típicamente de manera constructiva en la recepción por el receptor inalámbrico. Puede ocurrir una coordinación insuficiente, por ejemplo, cuando los dos o más transmisores inalámbricos solo

tienen acceso a un canal de comunicación mutua que no es relativamente estático y libre de interferencias; por ejemplo, una conexión inalámbrica como una interfaz aérea.

Una forma de manejar la coordinación insuficiente entre dos o más transmisores inalámbricos es aplicar seguimiento de fase, en donde se estima y se compensa un desplazamiento de
5 frecuencia portadora en el receptor inalámbrico.

Por lo tanto, existe la necesidad de enfoques para permitir la estimación del desplazamiento de la frecuencia portadora en un escenario de transmisión coordinada distribuida (o multipunto). Preferiblemente, los enfoques deberían ser adecuados para el manejo de imperfecciones en la coordinación de los dos o más transmisores inalámbricos configurados
10 para transmisión coordinada distribuida.

RESUMEN

Se debe enfatizar que el término "comprende/comprendiendo" (reemplazable por "incluye/incluyendo") cuando se usa en esta especificación se toma para especificar la presencia de características, números enteros, pasos o componentes declarados, pero no
15 excluye la presencia o adición de una o más características, números enteros, etapas, componentes o grupos de estos. Como se usa en el presente documento, las formas singulares "un", "una," "el" y "la" pretenden incluir las formas plurales también, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Generalmente, cuando se hace referencia a una disposición en el presente documento, debe
20 entenderse como un producto físico; por ejemplo, un aparato. El producto físico puede comprender una o más partes, tales como circuitos de control en forma de uno o más controladores, uno o más procesadores o similares.

Un objeto de algunas realizaciones es resolver o mitigar, aliviar o eliminar al menos algunas de las anteriores u otras desventajas.

Un primer aspecto es un método para un transmisor inalámbrico primario configurado para participar en la transmisión a un receptor inalámbrico que usa multiplexación espacial en coordinación con uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

5 El método comprende asignar – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – los recursos de sondeo de canal respectivos al transmisor inalámbrico primario y los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores inalámbricos, en donde cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y en donde las primeras
10 señales de sondeo de canal son para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario y/o para el seguimiento de fase de señales transmitidas por los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

El método también comprende transmitir, a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados
15 a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

En algunas realizaciones, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios se transmite a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios junto con: datos de usuario para ser transmitidos al receptor inalámbrico por los uno o más transmisores inalámbricos
20 secundarios, y/o señalización de control para activar la operación coordinada de los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

En algunas realizaciones, el método comprende, además transmitir, al receptor inalámbrico, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

En algunas realizaciones, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios se transmite al receptor inalámbrico junto con una señal de anuncio de sondeo de canal.

5 En algunas realizaciones, la primera señal de sondeo de canal es para el seguimiento de fase de al menos señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además transmitir la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario.

10 En algunas realizaciones, el método comprende, además silenciar los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico primario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además escalar la potencia de transmisión para los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico primario, en donde el factor escalar es mayor que, y menor que, o igual a, una relación entre una cantidad total de recursos de sondeo de canal disponibles de la colección y una cantidad
15 de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico primario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además, simultáneamente transmitir la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario, así como transmitir una segunda señal de sondeo de canal multiplexado especialmente en cada recurso de sondeo de
20 canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además transmitir la segunda señal de sondeo de canal multiplexada especialmente también en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado a cualquiera de los transmisores inalámbricos secundarios.

25 En algunas realizaciones, la segunda señal de sondeo de canal es para la estimación del canal en relación con el transmisor inalámbrico primario.

En algunas realizaciones, la colección de recursos de canal disponibles comprende recursos de tiempo y/o recursos de frecuencia de una oportunidad de sondeo de un solo canal.

Un segundo aspecto es un método para un transmisor inalámbrico secundario configurado para participar en la transmisión a un receptor inalámbrico que usa multiplexación espacial en coordinación con al menos un transmisor inalámbrico primario.

El método comprende recibir, desde el transmisor inalámbrico primario, información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – asignados al transmisor inalámbrico secundario, en donde cada recurso de sondeo de canal asignado al transmisor inalámbrico secundario se asigna solo al transmisor inalámbrico secundario, en donde cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y en donde las primeras señales de sondeo de canal son para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario y/o para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario se recibe junto con: datos de usuario para ser transmitidos al receptor inalámbrico por los transmisores inalámbricos secundarios, y/o señalización de control para activar la operación coordinada del transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además transmitir, al receptor inalámbrico, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario se transmite al receptor inalámbrico junto con una señal de anuncio de sondeo de canal.

En algunas realizaciones, la primera señal de sondeo de canal es para el seguimiento de fase de al menos señales transmitidas por el transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además transmitir la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo
5 asignado al transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además silenciar los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además escalar la potencia de transmisión para los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico
10 secundario, en donde el factor escalar es mayor que, y menor que, o igual a, una relación entre una cantidad total de recursos de sondeo de canal disponibles de la colección y una cantidad de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además, simultáneamente transmitir la
15 primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico secundario, así como transmitir una segunda señal de sondeo de canal multiplexado especialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, el método comprende, además transmitir la segunda señal de
20 sondeo de canal multiplexada especialmente también en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario.

En algunas realizaciones, la segunda señal de sondeo de canal es para la estimación del canal en relación con el transmisor inalámbrico secundario.

En algunas realizaciones, la colección de recursos de canal disponibles comprende recursos de
25 tiempo y/o recursos de frecuencia de una oportunidad de sondeo de un solo canal.

Un tercer aspecto un método para un receptor inalámbrico configurado para recibir transmisiones de multiplexación espacial desde un transmisor inalámbrico primario en coordinación con uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

El método comprende recibir, de uno o más de los transmisores inalámbricos primarios y secundarios, información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – asignados a los transmisores inalámbricos primarios y secundarios, en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores inalámbricos, en donde cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y en donde las primeras señales de sondeo de canal son para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario y/o para el seguimiento de fase de señales transmitidas por los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

En algunas realizaciones, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los transmisores inalámbricos primario y secundario se recibe junto con una señal de anuncio de sondeo de canal.

En algunas realizaciones, las primeras señales de sondeo de canal son para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario y para el seguimiento de fase de señales transmitidas por los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

En algunas realizaciones, el método comprende, además recibir una primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo indicado, y estimar un desplazamiento de frecuencia portadora para los transmisores inalámbricos primario y secundario en base a las primeras señales de sondeo de canal recibidas.

En algunas realizaciones, estimar un desplazamiento de frecuencia portadora para los transmisores inalámbricos primario y secundario comprende estimar un desplazamiento de

frecuencia portadora promedio para los transmisores inalámbricos primario y secundario en base a las primeras señales de sondeo de canal recibidas.

En algunas realizaciones, estimar un desplazamiento de frecuencia portadora para los transmisores inalámbricos primario y secundario comprende estimar un desplazamiento de
5 frecuencia portadora respectivo para cada uno de los transmisores inalámbricos basándose en los correspondientes de las primeras señales de sondeo de canal recibidas.

En algunas realizaciones, el método comprende, además, simultáneamente al recibir la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo indicado, también recibir una segunda señal de sondeo de canal
10 multiplexado especialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo indicado.

En algunas realizaciones, el método comprende, además estimar canales en relación con los transmisores inalámbricos primario y secundario basándose en las segundas señales de sondeo de canal.

En algunas realizaciones, la colección de recursos de canal disponibles comprende recursos de
15 tiempo y/o recursos de frecuencia de una oportunidad de sondeo de un solo canal.

Un cuarto aspecto es un producto de programa de computador que comprende un medio no transitorio legible por computador, que tiene en él un programa de computador que comprende instrucciones de programa. El programa de computador se puede cargar en una unidad de procesamiento de datos y configurado para provocar la ejecución del método de
20 acuerdo con cualquiera de los primer, segundo o tercer aspectos cuando el programa de computador es ejecutado por la unidad de procesamiento de datos.

Un quinto aspecto es un aparato para un transmisor inalámbrico primario configurado para participar en la transmisión a un receptor inalámbrico que usa multiplexación espacial en coordinación con uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

El aparato comprende circuitos de control configurados para causar asignación – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – de los recursos de sondeo de canal respectivos al transmisor inalámbrico primario y los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores inalámbricos, en donde cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y en donde las primeras señales de sondeo de canal son para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario y/o para el seguimiento de fase de señales transmitidas por los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

Los circuitos de control también están configurados para causar transmisión, a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, de información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

Un sexto aspecto es un aparato para un transmisor inalámbrico secundario configurado para participar en la transmisión a un receptor inalámbrico que usa multiplexación espacial en coordinación con al menos un transmisor inalámbrico primario.

Comprendiendo el aparato circuitos de control configurados para causar recepción, desde el transmisor inalámbrico primario, de información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – asignados al transmisor inalámbrico secundario, en donde cada recurso de sondeo de canal asignado al transmisor inalámbrico secundario se asigna solo al transmisor inalámbrico secundario, en donde cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y en donde las primeras señales de sondeo de canal son para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario y/o para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico secundario.

Un séptimo aspecto es un transmisor que comprende uno o más de los aparatos según cualquiera del quinto o sexto aspecto.

Un octavo aspecto es un punto de acceso que comprende el transmisor del séptimo aspecto y/o uno o más de los aparatos según cualquiera del quinto o sexto aspecto.

- 5 Un noveno aspecto es un aparato para un receptor inalámbrico configurado para recibir transmisiones de multiplexación espacial desde un transmisor inalámbrico primario en coordinación con uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

- El aparato comprende circuitos de control configurados para causar recepción, de uno o más de los transmisores inalámbricos primarios y secundarios, de información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – asignados a los transmisores inalámbricos primarios y secundarios, en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores inalámbricos, en donde cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y en donde las primeras señales de sondeo de canal son para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario y/o para el seguimiento de fase de señales transmitidas por los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.
- 10
15

Un décimo aspecto es un receptor que comprende uno o más de los aparatos según el noveno aspecto

- 20 Un undécimo aspecto es una estación de usuario que comprende el receptor del décimo aspecto y/o el aparato según el noveno aspecto.

- Un duodécimo aspecto es un aparato para un nodo de control de un sistema que comprende un transmisor inalámbrico primario configurado para participar en la transmisión a un receptor inalámbrico del sistema que usa multiplexación espacial en coordinación con uno o más transmisores inalámbricos secundarios del sistema. El aparato comprende circuitos de
- 25

control configurados para causar asignación – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – de los recursos de sondeo de canal respectivos al transmisor inalámbrico primario y los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores

5 inalámbricos, en donde cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y en donde las primeras señales de sondeo de canal son para el seguimiento de fase de señales transmitidas por el transmisor inalámbrico primario y/o para el seguimiento de fase de señales transmitidas por los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

- 10 Un decimotercer aspecto es un nodo de control que comprende el aparato según el duodécimo aspecto

En algunas realizaciones, cualquiera de los aspectos anteriores puede tener adicionalmente características idénticas o correspondientes a cualquiera de las diversas características explicadas anteriormente para cualquiera de los otros aspectos.

- 15 Una ventaja de algunas realizaciones es que se proporcionan enfoques que permiten la estimación del desplazamiento de frecuencia portadora (CFO) en un escenario de transmisión coordinada distribuida (o multipunto). Algunas realizaciones proporcionan una precisión mejorada de la estimación de CFO.

- Una ventaja adicional de algunas realizaciones es que se permite una estimación de canal más
- 20 precisa. Esto se debe a que se alivia el problema de la estimación del canal, ya que se habilita la corrección de CFO precisa antes de la estimación del canal.

Una ventaja de algunas realizaciones es que se proporcionan enfoques para el manejo de imperfecciones en la coordinación de dos o más transmisores inalámbricos configurados para transmisión coordinada distribuida.

Otra ventaja de algunas realizaciones es que se proporcionan enfoques para la estimación de imperfecciones en la coordinación de los dos o más transmisores inalámbricos configurados para transmisión coordinada distribuida.

- 5 Otra ventaja de algunas realizaciones es que las imperfecciones estimadas en la coordinación de los dos o más transmisores inalámbricos pueden ser más precisas que las estimaciones correspondientes logradas por otros enfoques.

Sin embargo, una ventaja de algunas realizaciones es que se puede lograr y/o mejorar la mitigación de las imperfecciones en la coordinación de los dos o más transmisores inalámbricos.

- 10 Otra ventaja más de algunas realizaciones es que se puede lograr un seguimiento de fase preciso en el receptor inalámbrico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS GRÁFICAS

- 15 Otros objetos, características y ventajas aparecerán a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones, con referencia a las gráficas adjuntas. Las gráficas no están necesariamente a escala, sino que se hace hincapié en ilustrar los ejemplos de realización.

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un ejemplo de señalización según algunas realizaciones;

La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un ejemplo de señalización según algunas realizaciones;

- 20 La Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra los pasos de un método de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones;

La Figura 4 es un diagrama de flujo combinado y de señalización que ilustra los pasos del método de ejemplo y la señalización de acuerdo con algunas realizaciones;

La Figura 5 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un aparato de ejemplo según algunas realizaciones;

La Figura 6 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un aparato de ejemplo según algunas realizaciones;

- 5 La Figura 7 es un gráfico que ilustra errores de frecuencia estimados de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones; y

La Figura 8 gráfica esquemática que ilustra un medio de ejemplo legible por computador de acuerdo con algunas realizaciones.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 10 Como ya se mencionó anteriormente, se debe enfatizar que el término "comprende/comprendiendo" (reemplazable por "incluye/incluyendo") cuando se usa en esta especificación se toma para especificar la presencia de características, números enteros, pasos o componentes declarados, pero no excluye la presencia o adición de una o más de otras características, números enteros, etapas, componentes o grupos de estos. Como se usa en el
- 15 presente documento, las formas singulares "un", "una," "el" y "la" pretenden incluir las formas plurales también, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

- Las realizaciones de la presente divulgación se describirán y ejemplificarán más completamente a continuación con referencia a las gráficas adjuntas. Sin embargo, las soluciones descritas en el presente documento pueden realizarse de muchas formas
- 20 diferentes y no deben interpretarse como limitadas a las realizaciones expuestas en el presente documento.

- Como se mencionó anteriormente, cuando dos o más transmisores inalámbricos configurados para transmisión coordinada distribuida (o multipunto) no están suficientemente coordinados, las señales transmitidas de forma distribuida no se combinan típicamente de
- 25 manera constructiva en la recepción por el receptor inalámbrico. Por lo tanto, existe la

necesidad de enfoques para el manejo de imperfecciones en la coordinación (es decir, coordinación insuficiente) de los dos o más transmisores inalámbricos configurados para transmisión coordinada distribuida.

Una forma de mitigar la coordinación insuficiente de los dos o más transmisores inalámbricos es compensar – en la recepción por el receptor inalámbrico – las señales transmitidas de forma distribuida en relación con la coordinación insuficiente. La mitigación de la coordinación insuficiente por parte del receptor inalámbrico es particularmente relevante en situaciones en las que se usa una velocidad de símbolo relativamente alta y/o un orden de modulación relativamente alto.

- 10 Una coordinación insuficiente (es decir, imperfecciones en la coordinación) puede incluir, por ejemplo, una diferencia de frecuencia de reloj entre al menos dos de los transmisores inalámbricos y/o entre el receptor inalámbrico y cualquiera de los transmisores inalámbricos. En consecuencia, la mitigación de tales imperfecciones puede incluir, por ejemplo, el seguimiento de fase. El seguimiento de fase puede comprender, por ejemplo, estimar una o
- 15 más diferencias de frecuencia de reloj y compensar una o más de las señales recibidas en consecuencia.

- El efecto de tales (y otras) mitigaciones depende típicamente de la precisión de la estimación de las imperfecciones en la coordinación (por ejemplo, la precisión de una estimación de la CFO). Por tanto, un problema con los conceptos de transmisión coordinada distribuida es
- 20 cómo estimar las imperfecciones en la coordinación de los dos o más transmisores inalámbricos.

- A continuación, se describirán realizaciones en las que se proporcionan enfoques para permitir una estimación precisa del desplazamiento de la frecuencia portadora en un escenario de transmisión coordinada distribuida (o multipunto). Los enfoques son adecuados
- 25 para el manejo de imperfecciones en la coordinación de dos o más transmisores inalámbricos configurados para transmisión coordinada distribuida. En particular, algunas realizaciones

proporcionan enfoques para la estimación de imperfecciones en la coordinación de los dos o más transmisores inalámbricos.

Para ejemplificar un contexto en el que algunas realizaciones pueden ser particularmente aplicables, se hace referencia a las Figuras 1 y 2, que ilustran esquemáticamente la señalización de ejemplo para el enlace descendente distribuido de múltiples entradas y múltiples salidas (D-DL-MIMO) sugeridas para el concepto de Rendimiento extremadamente alto (EHT) propuesto como una mejora del estándar IEEE 802.11 (véase también “Constrained Distributed MU-MIMO”, por Ron Porat y Srinath Puducheri, Broadcom, doc.: IEEE 802.11-18/1439r0, Sept. 2018).

- 10 Cabe señalar que una estimación de canal muy precisa (y, por lo tanto, un seguimiento de fase muy preciso) puede ser particularmente importante en EHT, ya que hay discusiones para admitir 4096-QAM (modulación de amplitud en cuadratura). Además, se explica cómo admitir 16 flujos espaciales en EHT, en cuyo caso la fase de entrenamiento del canal puede llegar a ser relativamente larga (por ejemplo, hasta 208 μ s). Entonces, cualquier CFO no compensado
- 15 puede dar lugar a errores de fase graves durante la estimación del canal debido a la duración de la fase de entrenamiento del canal. Por tanto, el seguimiento de fase preciso puede ser particularmente importante también por esta razón.

- Sin embargo, también debe tenerse en cuenta que las realizaciones pueden ser igualmente aplicables para cualquier sistema de transmisión inalámbrica distribuida que tenga varios
- 20 transmisores inalámbricos y una o más estaciones de usuario asociadas, donde hay un transmisor maestro (transmisor inalámbrico primario) y uno o más transmisores esclavos (transmisores inalámbricos secundarios) asociados con el transmisor maestro, y donde los transmisores esclavos pueden ser activados por el transmisor maestro para realizar transmisiones a una o más de las estaciones de usuario.

La señalización de ejemplo de la Figura 1 es para la transmisión de paquetes de datos, o tramas de datos, (DATPS) de manera distribuida, en donde los paquetes de datos de dos o más transmisores inalámbricos comprenden típicamente la misma información.

En el ejemplo de la Figura 1, dos puntos de acceso (AP1 y AP2) 110, 120 transmiten los
5 respectivos flujos de espacio-tiempo (representados en la Figura 1 por los respectivos paquetes de datos 114, 124) simultáneamente a la misma estación receptora (STA) 130. Generalmente, uno de los puntos de acceso (AP1 en este caso) puede ser un transmisor inalámbrico primario que actúa como nodo maestro, los otros puntos de acceso (AP2 en este caso) pueden ser transmisores inalámbricos secundarios que actúan como nodos esclavos, y
10 la estación receptora puede ser un receptor inalámbrico.

El transmisor inalámbrico primario 110 inicia la transmisión coordinada distribuida de los respectivos flujos de espacio-tiempo emitiendo una señal de activación (TRIG1) 112 para los transmisores inalámbricos secundarios 120. En algunas realizaciones, la transmisión de los respectivos paquetes de datos 114, 124 de los flujos de espacio-tiempo son iniciados por los
15 transmisores inalámbricos primario y secundario una duración de tiempo especificada 103 (por ejemplo, un espaciado entre tramas corto; SIFS) después del final de la señal de activación 112.

En algunas realizaciones, el receptor inalámbrico 130 envía una señal de acuse de recibo (ACK) 136 – o una señal de no acuse de recibo – una duración de tiempo especificada 105 (por
20 ejemplo, un espaciado entre tramas corto; SIFS) después del final de la transmisión de los respectivos paquetes de datos 114, 124.

La transmisión de los respectivos flujos de espacio-tiempo (representados por los respectivos paquetes de datos 114, 124) se realiza típicamente en modo MIMO. Por ejemplo, la transmisión puede realizarse usando formación de haz estrecho hacia el receptor inalámbrico
25 para permitir la multiplexación espacial.

En particular, “Constrained Distributed MU-MIMO” propone un esquema D-DL-MIMO donde las transmisiones de transmisores inalámbricos se alinean en fase para crear interferencia constructiva en un receptor inalámbrico. Un esquema de este tipo normalmente requiere una sincronización precisa de frecuencia y fase de los transmisores inalámbricos y una estimación precisa del canal en el receptor inalámbrico. El resultado de la estimación del canal puede retroalimentarse a los transmisores inalámbricos en forma de Información de estado del canal (CSI). El procedimiento utilizado para la estimación de canal se denomina sondeo de canal y puede implementarse como se ilustra en la Figura 2.

La señalización de ejemplo de la Figura 2 es para la estimación del canal en un receptor inalámbrico (por ejemplo, una estación receptora - STA - no mostrada) en relación con un transmisor inalámbrico primario (por ejemplo, un punto de acceso – AP1 – 210) y un transmisor inalámbrico secundario (por ejemplo, un punto de acceso – AP2 – 220). Por ejemplo, AP1 y AP2 de la Figura 2 pueden corresponder respectivamente a AP1 y AP2 de la Figura 1.

El transmisor inalámbrico primario 210 inicia una oportunidad de estimación de canal emitiendo una señal de activación (TRIG2) 212 para los transmisores inalámbricos secundarios 220. Los dos puntos de acceso (AP1 y AP2) 210, 220 transmiten los respectivos paquetes de anuncios (representados en la Figura 2 por los anuncios de paquetes de datos nulos – NDPA – 214, 224) para la estación receptora (STA), en donde transmisión los respectivos paquetes de anuncios 214, 224 es iniciada por los transmisores inalámbricos primario y secundario una duración de tiempo especificada 203 (por ejemplo, un espaciado entre tramas corto; SIFS) después del final de la señal de activación 212.

El transmisor inalámbrico primario 210 también emite otra señal de activación (TRIG3) 216 para los transmisores inalámbricos secundarios 220 una duración de tiempo especificada 205 (por ejemplo, un espaciado entre tramas corto; SIFS) después del final de los paquetes de anuncios 214, 224. Los dos puntos de acceso (AP1 y AP2) 210, 220 transmiten los respectivos paquetes de estimación (representados en la Figura 2 por el paquete de datos nulos de

rendimiento extremadamente alto – EHT NDP – 218, 228) para la estación receptora (STA), en donde transmisión de los respectivos paquetes de estimación 218, 228 es iniciada por los transmisores inalámbricos primario y secundario una duración de tiempo especificada 207 (por ejemplo, un espaciado entre tramas corto; SIFS) después del final de la señal de activación

5 216. Los paquetes de estimación 218, 228 son adecuados para la estimación de canal por el receptor inalámbrico. El EHT NDP puede, por ejemplo, comprender varios Campos de entrenamiento largos (LTF) para este propósito.

El estándar IEEE 802.11-16 especifica un conjunto de matrices ortogonales (a menudo llamadas matrices P) que se emplean como códigos de cobertura ortogonales, aplicados al

10 LTF, para la estimación del canal cuando se utiliza más de un flujo de espacio-tiempo (es decir, en la operación MIMO). En 802.11n, el código de cobertura ortogonal se aplica a todas las subportadoras, mientras que en 802.11ac/ax el código de cobertura ortogonal no se aplica a las subportadoras piloto (que se utilizan para el seguimiento de fase).

Por lo tanto, en 802.11ac/ax las subportadoras piloto se transmiten en modo SISO incluso en

15 operación MIMO (es decir, el mismo símbolo de dominio de frecuencia se transmite en todos los flujos de espacio-tiempo cuando la subportadora es una subportadora piloto). Esto permite que un receptor inalámbrico que admita 802.11ac/ax realice el seguimiento de fase sobre el LTF; incluso antes de que se realice la estimación del canal.

Generalmente, la transmisión de los paquetes de estimación 118, 128 se puede realizar, al

20 menos en parte, en una sola entrada y una sola salida (modo SISO), lo que permite el seguimiento de fase antes de que se realice la estimación del canal. El seguimiento de fase antes de la estimación del canal puede ser beneficioso ya que un desplazamiento de frecuencia portadora (CFO) no compensado (residual) puede conducir a una estimación de canal degradada; aunque el seguimiento de fase proporciona la mitigación de la frecuencia

25 insuficiente y la sincronización de fase (coordinación) de los transmisores inalámbricos.

Para D-DL-MIMO existe el riesgo de que una coordinación insuficiente lleve a que los relojes de los transmisores inalámbricos (y del receptor inalámbrico) se desvíen entre sí, provocando un desplazamiento de la frecuencia de la portadora y un desplazamiento de fase de las señales recibidas. Con referencia a la Figura 1, esto se manifestaría en que los relojes de AP1, AP2 y STA se pueden desviar independientemente durante la transmisión del paquete de datos (DATOS). Tal desviación puede ocurrir incluso si los relojes de AP1 y AP2 se han sincronizado antes (por ejemplo, usando una trama de activación, tal como 112). La desviación de fase es particularmente indeseable cuando el EHT NDP es transmitido simultáneamente por todos los AP en modo SISO.

En el presente documento se describirán realizaciones en las que se proporcionan enfoques para el manejo de imperfecciones en la coordinación de dos o más transmisores inalámbricos configurados para transmisión coordinada distribuida. Se habilita la estimación de imperfecciones en la coordinación, así como la mitigación de las imperfecciones en la coordinación.

La Figura 3 ilustra un método de ejemplo 300 para un transmisor inalámbrico primario (compárese con 110 de la Figura 1 y 210 de la Figura 2) configurado para participar en la transmisión a un receptor inalámbrico (compárese con 130 de la Figura 1) que usa multiplexación espacial en coordinación con uno o más transmisores inalámbricos secundarios (compárese con 120 de la Figura 1 y 220 de la Figura 2).

En el paso opcional 310, se determina si se aplica o no transmisión distribuida (por ejemplo, D-DL-MIMO). Si no se aplica la transmisión distribuida (ruta N fuera del paso 310), el transmisor inalámbrico primario usa el sondeo de canal por defecto tal como se ilustra en el paso opcional 320.

Si se aplica la transmisión distribuida (ruta Y fuera del paso 310), el transmisor inalámbrico primario asigna diferentes recursos de sondeo de canal a diferentes transmisores inalámbricos (cada uno de los cuales actúa como un transmisor inalámbrico primario o como un transmisor

inalámbrico secundario) tal como se ilustra en paso 330, para el seguimiento de fase relacionado con el transmisor inalámbrico primario y secundario.

La asignación comprende asignar (a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles) los recursos de sondeo de canal respectivos al transmisor inalámbrico primario y

5 los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores inalámbricos.

La colección de recursos de canal disponibles puede, por ejemplo, comprender recursos de tiempo y/o frecuencia de una oportunidad de sondeo de un solo canal. Los recursos de tiempo pueden, por ejemplo, clasificarse en términos de la duración de un LTF o similar. Los recursos

10 de frecuencia pueden, por ejemplo, categorizarse en términos de subportadoras o similares. Una oportunidad de sondeo de canal puede definirse, por ejemplo, como una transmisión de un paquete de estimación (compárese con 218 de la Figura 2).

Cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo (por ejemplo, transmisión

15 en modo SISO).

Cabe señalar que, según algunas realizaciones, el paso de asignación 330 puede comprender recibir la asignación desde un dispositivo no incluido en el transmisor inalámbrico primario, por ejemplo, un nodo de control.

Luego, la información de asignación se transmite a los otros transmisores inalámbricos como se ilustra en el paso 340. Este paso comprende transmitir, a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

Por ejemplo, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios puede transmitirse a los uno

25 o más transmisores inalámbricos secundarios junto con datos de usuario para ser transmitidos

al receptor inalámbrico por los uno o más transmisores inalámbricos secundarios (compárese con los datos que se incluirán en el paquete de datos 124 de la Figura 1). Alternativa o adicionalmente, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios puede transmitirse a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios junto con señalización de control para activar la operación coordinada de los uno o más transmisores inalámbricos secundarios (compárese con 212 y 216 de la Figura 2).

La asignación también puede transmitirse al receptor inalámbrico como se ilustra en el paso opcional 350. Este paso comprende transmitir (al receptor inalámbrico) la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, así como información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico primario.

Por ejemplo, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor primario y uno o más transmisores inalámbricos secundarios puede transmitirse al receptor inalámbrico junto con una señal de anuncio de sondeo de canal (compárese con 214 de la Figura 2).

Cabe señalar que, incluso si los pasos 340 y 350 se han ilustrado en la Figura 3 como realizados en un cierto orden, algunas realizaciones los presentan realizados en otro orden o, parcial o totalmente, en paralelo.

Como se ilustra en el paso opcional 370, el transmisor inalámbrico primario puede transmitir la señal de sondeo del canal de acuerdo con la asignación. Este paso comprende transmitir la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario (compárese con 218 de la Figura 2). La primera señal de sondeo de canal transmitida por el transmisor inalámbrico primario es típicamente para el seguimiento de fase relacionado con al menos el transmisor inalámbrico primario.

En algunas realizaciones, paso 370 también comprende silenciar los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico primario. El silenciamiento puede ser un silenciamiento completo de los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico primario, o puede comprender silenciar sólo las primeras señales de sondeo de canal para los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico primario.

Alternativa o adicionalmente, paso 370 puede comprender además, simultáneamente transmitir la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario, así como transmitir una segunda señal de sondeo de canal multiplexado especialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario, en donde la segunda señal de sondeo de canal es para la estimación del canal en relación con el transmisor inalámbrico primario. La segunda señal de sondeo de canal puede transmitirse típicamente (por el transmisor inalámbrico primario) en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario así, como en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado a cualquiera de los transmisores inalámbricos secundarios.

Como se ilustra en el paso opcional 360, el transmisor inalámbrico primario puede escalar la potencia de transmisión antes de transmitir la señal de sonido del canal. Este paso comprende escalar la potencia de transmisión para los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico primario. El escalamiento puede usarse como un aumento de potencia y es factible cuando se usan menos recursos para transmitir la primera señal de sondeo de canal. El escalamiento puede ser un escalamiento completo (por ejemplo, para los recursos de sondeo de canal disponibles asignados al transmisor inalámbrico primario), o puede comprender escalar sólo las primeras señales de sondeo de canal.

El factor escalar puede ser mayor que uno y menor o igual a una relación entre una cantidad total de recursos de sondeo de canal disponibles de la colección y una cantidad de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico primario. Por lo general,

el factor escalar es igual a la relación si los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico primario están silenciados; para lograr la misma potencia de transmisión que si se utilizaran todos los recursos de sondeo de canal disponibles para transmitir la primera señal de sondeo de canal.

- 5 La asignación del paso 330, la transmisión del paso 340, y (posiblemente) la transmisión del paso opcional 350 pueden ser dinámicas o semiestáticas. En un enfoque dinámico, la asignación y la transmisión se realizan repetidamente (por ejemplo, para cada oportunidad de sondeo de canal, en algunos intervalos de tiempo regulares o evento activado). En un enfoque semiestático, la asignación y transmisión se realiza inicialmente una vez (por ejemplo, en la
- 10 instalación del transmisor inalámbrico primario) y posiblemente se actualiza cuando cambia el sistema (por ejemplo, en la instalación de un nuevo transmisor inalámbrico secundario).

- Cabe señalar que la determinación de si se aplica o no transmisión distribuida se puede realizar repetidamente (por ejemplo, para cada oportunidad de sondeo de canal, en algunos intervalos de tiempo regulares, o evento activado) como se ilustra en los retornos automáticos
- 15 al paso opcional 310 de los pasos 320 y 370. La repetición puede aplicarse a todo el método para el enfoque dinámico, o puede excluir los pasos 330, 340 y 350 para el enfoque semiestático.

- La Figura 4 es un diagrama de flujo combinado y de señalización que ilustra los pasos del método de ejemplo y la señalización para un transmisor inalámbrico primario 410 (AP1;
- 20 compárese con 110 de la Figura 1 y 210 de la Figura 2), para un transmisor inalámbrico secundario 420 (AP2; compárese con 120 de la Figura 1 y 220 de la Figura 2), y para el receptor inalámbrico 430 (STA; compárese con 130 de la Figura 1).

- El transmisor inalámbrico primario 410 está configurado para participar en la transmisión al receptor inalámbrico 430 que usa multiplexación espacial en coordinación con el transmisor
- 25 inalámbrico secundario 420. De manera similar, el transmisor inalámbrico secundario 420 está configurado para participar en la transmisión al receptor inalámbrico 430 que usa

multiplexación espacial en coordinación con el transmisor inalámbrico primario 410. El receptor inalámbrico 430 está configurado para recibir transmisiones de multiplexación espacial desde el transmisor inalámbrico primario 410 en coordinación con el transmisor inalámbrico secundario 420.

- 5 La Figura 4 ilustra el funcionamiento cuando se aplica la transmisión distribuida. Como se ejemplifica en conexión con la Figura 3, puede haber una determinación de si se aplica o no la transmisión distribuida y el enfoque de la Figura 4 puede aplicarse cuando se determina que se aplica la transmisión distribuida (compárese con la ruta Y del paso 310).

- 10 El transmisor inalámbrico primario 410 asigna – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – los recursos de sondeo de canal respectivos al transmisor inalámbrico primario 410 (es decir, a sí mismo) y al transmisor inalámbrico secundario 420 como se ilustra en el paso 411 (compárese con el paso 330 de la Figura 3).

- 15 La colección de recursos de canal disponibles puede, por ejemplo, comprender recursos de tiempo y/o frecuencia de una oportunidad de sondeo de un solo canal. Los recursos de tiempo pueden, por ejemplo, clasificarse en términos de la duración de un LTF o similar. Los recursos de frecuencia pueden, por ejemplo, clasificarse en términos de subportadoras (por ejemplo, subportadoras piloto) o similares. Una oportunidad de sondeo de canal puede definirse, por ejemplo, como una transmisión de un paquete de estimación (compárese con 218 de la Figura 2).

- 20 Cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno (por ejemplo, exactamente uno cuando se utilizan todos los recursos disponibles) de los transmisores inalámbricos 410, 420. Esto significa que dos transmisores inalámbricos diferentes no pueden tener el mismo recurso de sondeo de canal disponible asignado, y que ningún recurso de sondeo de canal disponible puede asignarse a dos o más transmisores inalámbricos diferentes.

- 25 Por lo tanto, la asignación se realiza de manera que los recursos de sondeo del canal asignados a diferentes transmisores inalámbricos sean ortogonales (no se superponen).

Como se ilustra en el paso 412, el transmisor inalámbrico primario 410 transmite, al transmisor inalámbrico secundario 420, información 442 indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario (compárese con el paso 340 de la Figura 3), y el transmisor inalámbrico secundario 420 recibe la información 442, tal como se ilustra en el paso 422. La información 442 puede ser específica para cada transmisor inalámbrico secundario (por ejemplo, indicativo de solo los recursos de sondeo del canal asignados al transmisor inalámbrico secundario receptor) o puede ser idéntica para todos los transmisores inalámbricos secundarios (por ejemplo, indicativo de los recursos de sondeo del canal asignados a cada uno de los transmisores inalámbricos secundarios). La transmisión de la información 442 permite que el transmisor inalámbrico secundario 420 sepa qué recursos de sondeo de canal debe utilizar para transmitir la primera señal de sondeo de canal.

La información 442 indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario puede, por ejemplo, transmitirse al transmisor inalámbrico secundario junto con datos de usuario para ser transmitidos al receptor inalámbrico por los uno o más transmisores inalámbricos secundarios (compárese con los datos que se incluirán en el paquete de datos 124 de la Figura 1). Alternativa o adicionalmente, la información 442 indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario puede, por ejemplo, transmitirse al transmisor inalámbrico secundario junto con señalización de control para activar la operación coordinada de los uno o más transmisores inalámbricos secundarios (compárese con 212 y 216 de la Figura 2).

Tal como se ilustra en el paso opcional 413, el transmisor inalámbrico primario 410 también puede transmitir, al receptor inalámbrico 430, información 443 indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados to los transmisores inalámbricos (compárese con el paso 350 de la Figura 3), y el receptor inalámbrico 430 recibe la información 443 tal como se ilustra en el paso opcional 433. La información 443 puede ser específica para cada transmisor inalámbrico (por ejemplo, indicativa de sólo los recursos de sondeo de canal asignados al transmisor inalámbrico que transmite) o puede ser idéntica para todos los transmisores

inalámbricos (por ejemplo, indicativa de los recursos de sondeo de canal asignados a cada uno de los transmisores inalámbricos).

Alternativa o adicionalmente, tal como se ilustra en el paso opcional 423, el transmisor inalámbrico secundario 420 también puede transmitir, al receptor inalámbrico 430, información 444 indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario, y el receptor inalámbrico 430 recibe la información 444 tal como se ilustra en el paso opcional 433. La información 444 puede ser específica para cada transmisor inalámbrico secundario (por ejemplo, indicativa de sólo los recursos de sondeo de canal asignados al transmisor inalámbrico secundario que transmite) o puede ser idéntica para todos los transmisores inalámbricos (por ejemplo, indicativa de los recursos de sondeo de canal asignados a cada uno de los transmisores inalámbricos).

La transmisión de la información 443, 444 permite que el receptor inalámbrico 430 sepa qué recursos de sondeo de canal son usados por qué transmisores inalámbricos 410, 420 para transmitir la respectiva primera señal de sondeo de canal.

La información 443, 444 indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los transmisores inalámbricos puede transmitirse al receptor inalámbrico junto con una señal de anuncio de sondeo de canal (compárese con 214 y 224 de la Figura 2).

Los pasos 411, 412 y 422 se pueden realizar de forma dinámica o semiestática. En un enfoque dinámico, la asignación 411 y la transmisión/recepción 412, 422 se realizan repetidamente (por ejemplo, para cada oportunidad de sondeo de canal, en algunos intervalos de tiempo regulares, o activados por evento). En un enfoque semiestático, la asignación 411 y la transmisión/recepción 412, 422 se realizan inicialmente una vez (por ejemplo, en la instalación del transmisor inalámbrico primario) y posiblemente se actualizan cuando cambia el sistema (por ejemplo, en la instalación de un nuevo transmisor inalámbrico secundario).

Adicionalmente, los pasos 413, 423 y 433 posiblemente también se pueden realizar de forma dinámica o semiestática. En un enfoque dinámico, la transmisión/recepción 413, 423, 433 se

realiza repetidamente (por ejemplo, para cada oportunidad de sondeo de canal, en algunos intervalos de tiempo regulares, o activados por evento). En un enfoque semiestático, la transmisión/recepción 413, 423, 433 se realiza inicialmente una vez (por ejemplo, en la instalación del transmisor inalámbrico primario) y posiblemente se actualiza cuando el sistema cambia (por ejemplo, en la instalación de un nuevo transmisor inalámbrico secundario).

El enfoque dinámico para los pasos 413, 423 y 433 puede combinarse con el enfoque dinámico o semiestático para los pasos 411, 412 y 422. El enfoque semiestático para los pasos 413, 423 y 433 puede combinarse con el enfoque semiestático para los pasos 411, 412 y 422.

10 Tal como se ilustra en el paso opcional 415, el transmisor inalámbrico primario 410 también puede transmitir, al receptor inalámbrico 430, una primera señal de sondeo de canal 445 no multiplexada espacialmente (por ejemplo, transmisión en modo SISO, sin formación de haces) en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario (compárese con el paso 370 de la Figura 3), y el receptor inalámbrico 430 recibe la primera
15 señal de sondeo 445 tal como se ilustra en el paso opcional 435.

En consecuencia, y tal como se ilustra en el paso opcional 425, el transmisor inalámbrico secundario 420 también puede transmitir, al receptor inalámbrico 430, una primera señal de sondeo de canal 446 no multiplexada espacialmente (por ejemplo, transmisión en modo SISO, sin formación de haces) en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor
20 inalámbrico secundario, y el receptor inalámbrico 430 recibe la primera señal de sondeo 446 tal como se ilustra en el paso opcional 435.

Los pasos 415 y 435 se realizan típicamente simultáneamente. Por ejemplo, realizar los pasos 415 y 435 simultáneamente puede significar que EHT NDP se transmite simultáneamente desde todos los AP.

25 Los pasos 415 y/o 435 pueden comprender además silenciar los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico que transmite tal como se explica en

relación con el paso 370 de la Figura 3. El silenciamiento puede ser un silenciamiento completo de los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico que transmite, o puede comprender silenciar sólo las primeras señales de sondeo de canal para los recursos de sondeo de canal disponibles no asignados al transmisor inalámbrico que transmite.

Además, tal como se ilustra en los pasos opcionales 414 y 424, los transmisores inalámbricos pueden escalar la potencia de transmisión para los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico que transmite (compárese con el paso 360 de la Figura 3). El escalamiento puede ser un escalamiento completo (por ejemplo, para los recursos de sondeo de canal disponibles asignados al transmisor inalámbrico que transmite), o puede comprender escalar sólo las primeras señales de sondeo de canal.

Por lo tanto, cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y cada una de las primeras señales de sondeo de canal transmitidas son para seguimiento de fase relacionado con el transmisor inalámbrico (primario y secundario) que transmitió la primera señal de sondeo de canal.

Tal como se ilustra en el paso opcional 435, el receptor inalámbrico 430 recibe las primeras señales de sondeo 445, 446 no multiplexadas espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo indicado.

El receptor inalámbrico 430 estima un desplazamiento de frecuencia portadora (CFO) para los transmisores inalámbricos primario y secundario en base a las primeras señales de sondeo de canal recibidas 445, 446.

La estimación puede comprender estimar la CFO individualmente para cada transmisor inalámbrico. Por lo tanto, estimar un desplazamiento de frecuencia portadora para los transmisores inalámbricos primario y secundario puede comprender estimar un desplazamiento de frecuencia portadora respectivo para cada uno de los transmisores

inalámbricos basándose en los correspondientes de las primeras señales de sondeo de canal recibidas.

Alternativa o adicionalmente, la estimación puede comprender estimar un CFO colectivo para los transmisores inalámbricos (por ejemplo, un CFO promedio). Por lo tanto, estimar un desplazamiento de frecuencia portadora para los transmisores inalámbricos primario y secundario puede comprender estimar un desplazamiento de frecuencia portadora promedio para los transmisores inalámbricos primario y secundario en base a las primeras señales de sondeo de canal recibidas.

La CFO estimada se puede utilizar para mitigar la coordinación insuficiente mediante el seguimiento de fases. Por ejemplo, las señales recibidas de cada transmisor inalámbrico pueden compensarse (rotar en fase) individualmente usando estimaciones de CFO individuales, y/o las señales recibidas desde el transmisor inalámbrico pueden compensarse colectivamente usando una estimación promedio de CFO.

Cuando dicha mitigación se realiza antes de la estimación del canal, se puede mejorar la precisión de las estimaciones del canal.

Simultáneamente transmitir, en los pasos 415 y 425, la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico, los transmisores inalámbricos 410, 420 también puede transmitir una segunda señal de sondeo de canal multiplexado especialmente (para la estimación del canal en relación con el transmisor inalámbrico) en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico. Los recursos de sondeo de canal usados para las segundas señales de sondeo de canal multiplexadas espacialmente (por ejemplo, transmisión en modo MIMO, formadora de haces) son por lo general no ortogonales (pueden superponerse en una o más dimensiones). La segunda señal de sondeo de canal puede por lo general transmitirse (por cada uno de los transmisores inalámbricos) en cada recurso de sondeo de canal

respectivo asignado al transmisor inalámbrico primario así, como en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado a cualquiera de los transmisores inalámbricos secundarios.

Las segundas señales de sondeo de canal multiplexadas espacialmente son recibidas por el receptor inalámbrico y los canales en relación con los transmisores inalámbricos primario y secundario son estimados basándose en las segundas señales de sondeo de canal.

La Figura 5 ilustra esquemáticamente un aparato 510 de ejemplo que comprende circuitos de control (CNTR) 500. El aparato 510 puede estar comprendido, o comprenderse, en un transmisor y/o en un punto de acceso (por ejemplo, cualquiera de los puntos de acceso AP1 110, 210, 410 o AP2 120, 220, 420).

Los circuitos de control 500 pueden configurarse para causar la ejecución de uno o más de los pasos del método tal como se describen en cualquiera de las Figuras 3 y 4. Por ejemplo, los circuitos de control 500 pueden configurarse para ejecutar uno o más de los pasos del método tal como se describen en cualquiera de las Figuras 3 y 4.

El aparato 510 puede ser para un transmisor inalámbrico primario (por ejemplo, cualquiera de los puntos de acceso AP1 110, 210, 410) y/o para un transmisor inalámbrico secundario (por ejemplo, cualquiera de los puntos de acceso AP2 120, 220, 420). En cualquier caso, el transmisor inalámbrico está configurado para participar en la transmisión a un receptor inalámbrico que usa multiplexación espacial en coordinación con uno o más transmisores inalámbricos, en donde un transmisor inalámbrico actúa como transmisor inalámbrico primario y el resto de los transmisores inalámbricos actúa como transmisores inalámbricos secundarios.

Cuando el aparato 510 es para un transmisor inalámbrico primario, los circuitos de control 500 están configurados para causar asignación – a partir de una colección de recursos de sondeo de canal disponibles – de los recursos de sondeo de canal respectivos al transmisor inalámbrico primario y los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores

inalámbricos (compárese con el paso 330 de la Figura 3 y paso 411 de la Figura 4). Como se describió previamente, cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado es para la transmisión de una señal de sondeo del primer canal no multiplexado espacialmente respectivo, y las primeras señales de sondeo de canal son para seguimiento de fase
5 relacionado con el transmisor primario y/o transmisores inalámbricos secundarios.

Con este fin, los circuitos de control 500 pueden comprender, o estar asociados de otro modo con (por ejemplo, conectables operativamente, o conectado a) un asignador (ASS; por ejemplo, circuito de asignación o un módulo de asignación) 501. El asignador 501 puede configurarse para asignar – a partir de la colección de recursos de sondeo de canal disponibles
10 –los recursos de sondeo de canal respectivos al transmisor inalámbrico primario y los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores inalámbricos.

Cuando el aparato 510 es para un transmisor inalámbrico primario, los circuitos de control 500 también están configurados para causar transmisión, a los uno o más transmisores
15 inalámbricos secundarios, de información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios (compárese con el paso 340 de la Figura 3 y paso 412 de la Figura 4).

Con este fin, los circuitos de control 500 pueden estar asociados con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a) un transmisor (por ejemplo, circuitos de transmisión o un
20 módulo de transmisión), ilustrado en la Figura 5 en forma de un transceptor (TX/RX) 530. El transceptor 530 puede configurarse para transmitir, a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

Cuando el aparato 510 es para un transmisor inalámbrico secundario, los circuitos de control
25 500 están configurados para causar recepción, desde el transmisor inalámbrico primario, de

información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario (compárese con el paso 422 de la Figura 4).

Con este fin, los circuitos de control 500 pueden estar asociados con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a) un receptor (por ejemplo, circuitos de recepción o un módulo de recepción), ilustrado en la Figura 5 en forma de un transceptor (TX/RX) 530. El transceptor 530 puede configurarse para recibir, desde el transmisor inalámbrico primario, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico secundario.

Cuando el aparato 510 es para un transmisor inalámbrico primario o secundario, los circuitos de control 500 pueden configurarse además para causar transmisión, al receptor inalámbrico, de la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico primario y/o a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios (compárese con el paso 350 de la Figura 3 y los pasos 413 y 423 de la Figura 4).

Con este fin, los circuitos de control 500 pueden estar asociados con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a) un transmisor (por ejemplo, circuitos de transmisión o un módulo de transmisión), ilustrado en la Figura 5 en la forma del transceptor (TX/RX) 530. El transceptor 530 puede configurarse para transmitir, al receptor inalámbrico, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados al transmisor inalámbrico primario y/o a los uno o más transmisores inalámbricos secundarios.

Cuando el aparato 510 es para un transmisor inalámbrico primario o secundario, los circuitos de control 500 pueden configurarse además para causar transmisión de la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico (compárese con el paso 370 de la Figura 3 y los pasos 415 y 425 de la Figura 4). Como se mencionó anteriormente, la transmisión de la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente puede comprender silenciar el recurso de sondeo de canal no asignado al transmisor inalámbrico y/o escalar la potencia de

transmisión para la primera señal de sondeo de canal (compárese con el paso 360 de la Figura 3 y los pasos 414 y 424 de la Figura 4).

Con este fin, los circuitos de control 500 pueden estar asociados con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a) un transmisor (por ejemplo, circuitos de transmisión o un
5 módulo de transmisión), ilustrado en la Figura 5 en la forma del transceptor (TX/RX) 530. El transceptor 530 puede configurarse para transmitir la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico.

Cuando el aparato 510 es para un transmisor inalámbrico primario o secundario, los circuitos
10 de control 500 pueden configurarse además para causar transmisión de una segunda señal de sondeo de canal multiplexado especialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo asignado al transmisor inalámbrico (simultáneamente a la transmisión de la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente), en donde la segunda señal de sondeo de canal es para la estimación del canal en relación con el transmisor inalámbrico.

La Figura 6 ilustra esquemáticamente un aparato de ejemplo 610 que comprende circuitos de control (CNTR) 600. El aparato 610 puede estar comprendido, o comprenderse, en un receptor y/o en una estación de usuario (por ejemplo, cualquiera de las estaciones de usuario STA 130,
15 430).

Los circuitos de control 600 pueden configurarse para causar la ejecución de uno o más de los
20 pasos del método como se describen en la Figura 4. Por ejemplo, los circuitos de control 600 pueden configurarse para ejecutar uno o más de los pasos del método como se describen en la Figura 4.

Los circuitos de control 600 están configurados para causar recepción, de uno o más de los transmisores inalámbricos primarios y secundarios, de información indicativa de los recursos
25 de sondeo de canal respectivos asignados a los transmisores inalámbricos primario y secundario (compárese con el paso 433 de la Figura 4).

Con este fin, los circuitos de control 600 pueden estar asociados con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a) un receptor (por ejemplo, circuitos de recepción o un módulo de recepción), ilustrado en la Figura 6 en forma de un transceptor (TX/RX) 630. El transceptor 630 puede configurarse para recibir, desde uno o más de los transmisores inalámbricos primario y secundario, la información indicativa de los recursos de sondeo de canal respectivos asignados a los transmisores inalámbricos primario y secundario.

Los circuitos de control 600 pueden configurarse además para causar recepción de una primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo indicado (compárese con el paso 435 de la Figura 4).

10 Con este fin, los circuitos de control 600 pueden estar asociados con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a) un receptor (por ejemplo, circuitos de recepción o un módulo de recepción), ilustrado en la Figura 6 en forma de un transceptor (TX/RX) 630. El transceptor 630 puede configurarse para recibir la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo indicado.

15 Los circuitos de control 600 pueden configurarse además para causar estimación de un desplazamiento de frecuencia portadora para los transmisores inalámbricos primario y secundario en base a las primeras señales de sondeo de canal recibidas (compárese con el paso 435 de la Figura 4).

20 Con este fin, los circuitos de control 600 pueden comprender, o estar asociado de otro modo con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a), un estimador (EST; por ejemplo, circuito de estimación o un módulo de estimación) 601. El estimador 601 puede configurarse para estimar el desplazamiento de frecuencia portadora para los transmisores inalámbricos primario y secundario en base a las primeras señales de sondeo de canal recibidas.

25 Los circuitos de control 600 pueden configurarse además para causar recepción de una segunda señal de sondeo de canal multiplexado especialmente en cada recurso de sondeo de

canal respectivo indicado, simultáneamente a la recepción de la primera señal de sondeo de canal no multiplexada espacialmente.

Con este fin, los circuitos de control 600 pueden estar asociados con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a) un receptor (por ejemplo, circuitos de recepción o un módulo de recepción), ilustrado en la Figura 6 en forma de un transceptor (TX/RX) 630. El transceptor 630 puede configurarse para recibir la segunda señal de sondeo de canal multiplexada especialmente en cada recurso de sondeo de canal respectivo indicado.

Los circuitos de control 600 pueden configurarse además para causar estimación de canales en relación con los transmisores inalámbricos primario y secundario basándose en las segundas señales de sondeo de canal.

Con este fin, los circuitos de control 600 pueden comprender, o estar asociado de otro modo con (por ejemplo, conectables operativamente o conectados a), un estimador (EST; por ejemplo, circuitos de estimación o un módulo de estimación) 601. El estimador 601 puede configurarse para estimar los canales en relación con los transmisores inalámbricos primario y secundario basándose en las segundas señales de sondeo de canal.

Por lo tanto, se proporciona un enfoque para el sondeo de canal para D-DL-MIMO de acuerdo con algunas realizaciones. El enfoque puede permitir que el receptor inalámbrico realice un seguimiento de fase sobre los recursos de sondeo del canal (por ejemplo, los campos LTF) por separado para cada transmisor inalámbrico. Tal seguimiento de fase se puede realizar preferiblemente antes de la estimación del canal. Esto se logra asignando recursos de sondeo de canal no superpuestos (por ejemplo, subportadoras piloto) a cada transmisor inalámbrico.

El seguimiento de fase puede comprender estimar la CFO para los transmisores inalámbricos (CFO individual y/o colectivo, por ejemplo, CFO promedio) y compensar (por ejemplo, rotación de fase) las señales recibidas en consecuencia. El seguimiento de fase preciso es particularmente importante cuando se utilizan modulaciones de orden relativamente alto, porque entonces el proceso de demodulación es particularmente sensible al CFO residual.

Cuando la CFO residual se compensa adecuadamente en las señales de sondeo del canal para la estimación del canal (por ejemplo, señales de sondeo del segundo canal en LTF) antes de que se generen las estimaciones del canal, se puede mejorar la precisión de las estimaciones del canal. Normalmente, las estimaciones de canal se pueden utilizar para proporcionar
5 información de estado de canal (CSI) a los transmisores inalámbricos.

Algunos enfoques de la técnica anterior, por ejemplo, siguiendo la metodología 802.11n, ignoran la desviación de fase durante la estimación del canal. Por ejemplo, tales enfoques pueden omitir pilotos en los LTF que pertenecen al EHT NDP. Tales enfoques producen resultados insatisfactorios, ya que ignorar la CFO residual conduce a estimaciones de canal
10 degradadas.

Ahora se describirá una situación de ejemplo para aclarar cómo las realizaciones presentadas en este documento pueden permitir un seguimiento de fase mejorado, mejorando la precisión de las estimaciones de CFO. La situación de ejemplo es aplicable, por ejemplo, cuando se utiliza la metodología de sondeo de canal según IEEE 802.11ac/ax.

15 La metodología de seguimiento de fase de la técnica anterior utilizada en 802.11ac/ax asume implícitamente que solo hay un reloj en el lado del transmisor (TX) y solo un reloj en el lado del receptor (RX) y, por lo tanto, cualquier CFO se debe a la desviación relativa del reloj entre los relojes laterales TX y RX.

Sin embargo, en escenarios de transmisión distribuida (por ejemplo, EHT) esta suposición
20 puede no ser cierta ya que podría haber tres o más relojes, posiblemente no sincronizados (uno en el lado RX y dos o más en el lado TX). Como será evidente en la siguiente situación de ejemplo, la aplicación de la metodología de seguimiento de fase de la técnica anterior utilizada en 802.11ac/ax al escenario con tres o más relojes conduce a problemas con respecto a la estimación de la CFO.

25 Con fines ilustrativos, se supone que el receptor inalámbrico (STA) tiene dos antenas receptoras (RX), aunque puede, por supuesto, tener otro número de antenas RX en varias

implementaciones. También se supone que se utilizan dos transmisores inalámbricos (AP1 y AP2) para D-DL-MIMO.

Como se mencionó anteriormente, las subportadoras piloto se transmiten en modo SISO en 802.11ac/ax también para la operación D-DL-MIMO, para habilitar el seguimiento de fase antes de la estimación del canal. Por lo tanto, si, al contrario de lo que se sugiere de acuerdo con algunas realizaciones aquí presentadas, tanto AP1 como AP2 transmiten estos símbolos piloto (señales de sondeo de canal) en estas mismas subportadoras y en modo SISO, la señal $r_k^n(t_1)$ recibida en la k -ésima antena de la STA, en una subportadora piloto n en el momento t_1 , se puede modelar así

$$r_k^n(t_1) = h_{k,1}^n e^{j t_1 \theta_1} s_1 + h_{k,2}^n e^{j t_1 \theta_2} s_1 + w(t_1), k = 1, 2,$$

donde s_1 denota un símbolo piloto conocido transmitido por AP1 y AP2, w modela el ruido, $h_{k,m}^n$ representa el canal correspondiente a la propagación de AP $m = 1, 2$ para la antena receptora $k = 1, 2$ a la subportadora n , y θ_1, θ_2 modela las CFO de AP1 y AP2 respectivamente. Posteriormente, t_2 , la señal $r_k^n(t_2)$ recibida en la k -ésima antena de la STA, en una subportadora piloto n , puede modelarse así

$$r_k^n(t_2) = h_{k,1}^n e^{j t_2 \theta_1} s_2 + h_{k,1}^n e^{j t_2 \theta_2} s_2 + w(t_2), k = 1, 2,$$

donde se asume que el canal $h_{k,m}^n$ no ha cambiado entre el momento t_1 y el momento t_2 . Sin pérdida de generalidad, también se puede suponer que $s_1 = s_2 = 1$.

Siguiendo la metodología 802.11ac/ax, la STA puede intentar estimar la desviación de fase (CFO) al recibir un EHT NDP (donde s_1, s_2 se transmiten en los LTF) y antes de la estimación del canal, para compensar la CFO antes de generar las estimaciones del canal. Una forma de estimar la CFO es utilizando la estadística z_k^n definida por

$$z_k^n := r_k^n(t_1) r_k^n(t_2)^*, k = 1, 2.$$

Para resaltar el problema experimentado en esta situación, se supone además que la relación señal/ruido (SNR) es tan alta que los términos de ruido $w(t_1)$ y $w(t_2)$ pueden ignorarse.

Si los símbolos piloto s_1, s_2 fueran transmitidos por un solo transmisor inalámbrico (AP1), la estadística se expresaría como

$$5 \quad z_k^n = |h_{k,1}^n|^2 e^{j(t_1-t_2)\theta_1},$$

y la CFO representada por θ_1 podría extraerse fácilmente de la fase de z_k^n cuando la se conoce la diferencia entre el momento t_1 y el momento t_2 .

Sin embargo, dado que los símbolos piloto s_1, s_2 son transmitidos por dos transmisores inalámbricos (AP1 y AP2), la estadística se expresa así

$$10 \quad z_k^n = |h_{k,1}^n|^2 e^{j(t_1-t_2)\theta_1} + |h_{k,2}^n|^2 e^{j(t_1-t_2)\theta_2} + h_{k,1}^n (h_{k,2}^n)^* e^{j(t_1\theta_1-t_2\theta_2)} \\ + h_{k,2}^n (h_{k,1}^n)^* e^{j(t_1\theta_2-t_2\theta_1)}.$$

Un problema grave con esta estadística es que las fases de los términos $h_{k,1}^n (h_{k,2}^n)^*$ y $h_{k,2}^n (h_{k,1}^n)^*$ tienen una naturaleza aleatoria e introducen un ruido no despreciable en el seguimiento de fase. Cabe señalar que este problema ocurre incluso si las
15 señales recibidas son esencialmente silenciosas (es decir, los términos de ruido $w(t_1)$ y $w(t_2)$ pueden ignorarse). También debe tenerse en cuenta que este problema ocurre incluso si la sincronización es perfecta entre AP1 y AP2 (es decir, $\theta_1 = \theta_2$).

Por lo tanto, tener dos transmisores inalámbricos transmitiendo los símbolos piloto simultáneamente usando SISO conduce a que la CFO no pueda ser estimada con precisión
20 usando este enfoque, ya que los términos $h_{k,1}^n (h_{k,2}^n)^*$ y $h_{k,2}^n (h_{k,1}^n)^*$ introducen errores de estimación muy significativos que dependerán de las estadísticas del canal, y que aparecen incluso en sincronización perfecta y SNR muy alta. Por lo tanto, la coordinación insuficiente entre los AP y la STA no se puede manejar con precisión utilizando este enfoque. Además, no existe la posibilidad de estimar la coordinación insuficiente entre AP1 y AP2 (es decir, $\theta_1 \neq$

θ_2) utilizando este enfoque. Por lo tanto, la coordinación insuficiente entre los APs no se puede manejar con precisión utilizando este enfoque.

Por lo tanto, se sugiere de acuerdo con algunas realizaciones presentadas en este documento que, para el sondeo del canal SISO, debería haber señales de sondeo del canal (por ejemplo, símbolos piloto) que no se transmitan en el mismo recurso de sondeo de canal (por ejemplo, subportadora) tanto por AP1 como por AP2.

Por lo tanto, como se explicó anteriormente, se sugiere que el transmisor inalámbrico primario asigna los recursos de sondeo de canal respectivos al transmisor inalámbrico primario y los uno o más transmisores inalámbricos secundarios (en donde cada recurso de sondeo de canal disponible se asigna como máximo a uno de los transmisores inalámbricos) para la transmisión de las respectivas primeras señales de sondeo de canal no multiplexadas espacialmente para el seguimiento de fase.

Volviendo a la situación de ejemplo descrita anteriormente, y ajustándola para que se asignen subportadoras piloto no superpuestas a AP1 y AP2 durante los LTF (es decir, cada LTF comprendido en un EHT NDP tiene algunas subportadoras designadas como pilotos, y se asignan a diferentes AP grupos de pilotos no superpuestos), se puede ver que la señal $r_k^{n_i}(t_1)$ recibida en la k -ésima antena de la STA en el momento t_1 en la subportadora n_i , puede modelarse así

$$r_k^{n_i}(t_1) = h_{k,i}^{n_i} e^{j t \theta_i} s_i + w(t), k = 1, 2; i = 1, 2,$$

donde se asume que $n_1 \neq n_2$ son índices para las subportadoras piloto de AP1 y AP2, respectivamente, en los LTF, que AP1 transmite pilotos en la subportadora n_1 y está silenciado en la subportadora n_2 , y que AP2 transmite pilotos en la subportadora n_2 y está silenciado en la subportadora n_1 .

Entonces, la STA puede estimar los términos de la CFO θ_i , $i = 1, 2$, por ejemplo, usando las estadísticas

$$z_k^{n_i} = r_k^{n_i}(t_1)r_k^{n_i}(t_2)^* = |h_{k,i}^{n_i} s_i|^2 e^{j(t_1-t_2)\theta_i} + \text{ruido}.$$

Existen técnicas estadísticas bien conocidas para obtener estimadores $\hat{\theta}_i$ de las estadísticas $z_k^{n_i}$.

La Figura 7 ilustra una función de distribución acumulativa (CDF) de ejemplo de errores de frecuencia estimados en la STA para un enfoque según la técnica anterior 710 y para un enfoque sugerido por las realizaciones en el presente documento 720.

La configuración es similar a la situación de ejemplo descrita anteriormente con dos AP que tienen cuatro antenas de transmisión (TX) cada uno y una STA que tiene dos antenas RX, y el canal se modela utilizando un modelo de desvanecimiento de Rayleigh. Se supone que hay ocho tonos piloto, separados por 2 MHz en frecuencia (similar a 802.11ax con ancho de banda de canal de 20 MHz), y que no hay ruido en el receptor (es decir, la SNR es tan alta que el ruido puede ser descuidado). También se supone que el ancho de banda de coherencia del canal es inferior a 1 MHz, por lo que se puede suponer que los tonos piloto no están correlacionados.

Además, se supone que los AP se han sincronizado hasta cierto punto dejando una CFO relativa residual (una discrepancia de frecuencia) de 35 Hz entre AP1 y AP2, y que la STA ha realizado una corrección de frecuencia aproximada dejando una CFO residual de 82,5 Hz con respecto a AP1 y una CFO residual de 117,5 Hz con respecto a AP2. Por lo tanto, una CFO promedio estimada correctamente debe ser de 100 Hz.

Puede verse que el enfoque de la técnica anterior produce estimaciones de CFO 710 con un valor medio de 100 Hz, que es el valor medio exacto de las CFO reales 82,5 Hz y 117,5 Hz. Sin embargo, las diferentes estimaciones de CFO abarcan una gran cantidad de valores a pesar de que la señal recibida es silenciosa. De hecho, el enfoque 710 de la técnica anterior produce estimaciones de CFO tan bajas como -2000 Hz y tan altas como 4000 Hz, incluso si esto no es directamente visible en la Figura 7. Dado que la señal recibida es silenciosa, todo el ruido en la estimación se origina en términos de la forma $h_{k,1}^n(h_{k,2}^n)^*$ y $h_{k,2}^n(h_{k,1}^n)^*$ que, como se explicó

anteriormente, dependen solo de la realización del canal y son independientes de cualquier ruido. La fluctuación significativa de las estimaciones de la CFO generalmente da como resultado estimaciones de canal degradadas, o incluso inútiles.

5 También se puede ver que el enfoque sugerido por las realizaciones en este documento produce estimaciones de CFO 720 que siempre son iguales a 100 Hz, que es el valor medio exacto de los CFO reales 82,5 Hz y 117,5 Hz. No hay fluctuación de las estimaciones de la CFO, lo que generalmente resulta en una mejor estimación del canal.

10 Las realizaciones descritas y sus equivalentes pueden realizarse en software o hardware o una combinación de estos. Las realizaciones pueden realizarse mediante circuitos de propósito general. Los ejemplos de circuitos de propósito general incluyen procesadores de señales digitales (DSP), unidades centrales de procesamiento (CPU), unidades de coprocesador, arreglos de puertas programables en campo (FPGA) y otro hardware programable. Alternativa o adicionalmente, las realizaciones pueden realizarse mediante circuitos especializados, tales como circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC). Los circuitos de propósito general y/o los circuitos especializados pueden, por ejemplo, estar asociados o comprendidos en un aparato tal como una estación de usuario o un punto de acceso.

20 Las realizaciones pueden aparecer dentro de un aparato electrónico (tal como una estación de usuario o un punto de acceso) que comprenden disposiciones, circuitos y/o lógica de acuerdo con cualquiera de las realizaciones descritas en este documento. Alternativa o adicionalmente, un aparato electrónico (tal como una estación de usuario o un punto de acceso) puede configurarse para realizar métodos de acuerdo con cualquiera de las realizaciones descritas en este documento.

25 Según algunas realizaciones, un producto de programa de computador comprende un medio legible por computador tal como, por ejemplo, una memoria de bus serie universal (USB), una tarjeta enchufable, una unidad incorporada o una memoria de solo lectura (ROM). La Figura 8 ilustra un medio legible por computador de ejemplo en forma de un disco compacto (CD) ROM

800. El medio legible por computador tiene almacenado en el mismo un programa de computador que comprende instrucciones de programa. El programa de computador se puede cargar en un procesador de datos (PROC; por ejemplo, un circuito de procesamiento de datos o una unidad de procesamiento de datos) 820, que puede, por ejemplo, estar
5 comprendido en una estación de usuario o un punto de acceso 810. Cuando se carga en el procesador de datos, el programa de computador puede almacenarse en una memoria (MEM) 830 asociada o comprendida en el procesador de datos. Según algunas realizaciones, el programa de computador puede, cuando se carga en el procesador de datos y éste lo ejecuta, provocar la ejecución de los pasos del método según, por ejemplo, cualquiera de los métodos
10 ilustrados en las Figuras 3-4 o descritos de otro modo en el presente documento.

Generalmente, todos los términos usados en este documento deben interpretarse de acuerdo con su significado ordinario en el campo técnico relevante, a menos que se dé claramente un significado diferente y/o esté implícito en el contexto en el que se usa.

En el presente documento se ha hecho referencia a diversas realizaciones. Sin embargo, una
15 persona experta en la técnica reconocería numerosas variaciones de las realizaciones descritas que aún estarían dentro del alcance de las reivindicaciones.

Por ejemplo, las realizaciones del método descritas en el presente documento describen métodos de ejemplo a través de pasos que se realizan en un cierto orden. Sin embargo, se reconoce que estas secuencias de eventos pueden tener lugar en otro orden sin apartarse del
20 alcance de las reivindicaciones. Además, algunos pasos del método pueden realizarse en paralelo, aunque se hayan descrito como realizados en secuencia. Por lo tanto, los pasos de cualquier método divulgado en este documento no tienen que realizarse en el orden exacto divulgado, a menos que un paso se describa explícitamente como siguiente o anterior a otro paso y/o cuando esté implícito que un paso debe seguir o preceder a otro paso.

25 De la misma manera, debe observarse que, en la descripción de las realizaciones, la partición de bloques funcionales en unidades particulares no se pretende en modo alguno como

limitante. Por el contrario, estas particiones son solo ejemplos. Los bloques funcionales descritos en este documento como una unidad pueden dividirse en dos o más unidades. Además, los bloques funcionales descritos en el presente documento como implementados como dos o más unidades pueden fusionarse en menos unidades (por ejemplo, una sola
5 unidad).

Cualquier característica de cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento puede aplicarse a cualquier otra realización, siempre que sea adecuado. Asimismo, cualquier ventaja de cualquiera de las realizaciones puede aplicarse a cualquier otra realización y viceversa.

10 Por tanto, debe entenderse que los detalles de las realizaciones descritas son simplemente ejemplos presentados con fines ilustrativos, y que todas las variaciones que caen dentro del alcance de las reivindicaciones deben incluirse en estas.