

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 286**

51 Int. Cl.:
H04W 16/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07761067 .3**
96 Fecha de presentación: **20.04.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2008484**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **31.12.2008**

54 Título: **Reutilización de recursos ortogonales con haces de SDMA.**

30 Prioridad:
20.04.2006 US 794001 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.05.2012

73 Titular/es:
**QUALCOMM INCORPORATED
5775 MOREHOUSE DRIVE
SAN DIEGO, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:
**DONG, Min;
GOROKHOV, Alexei y
JI, Tingfang**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 381 286 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

Reutilización de recursos ortogonales con haces de SDMA

Antecedentes de la invención

5 El presente documento versa en general acerca de la comunicación inalámbrica y, más específicamente, acerca de la asignación de recursos en sistemas de comunicaciones inalámbricas por acceso múltiple por división de espacio (SDMA).

10 Los sistemas de comunicaciones inalámbricas han llegado a ser un medio común mediante el cual ha venido a comunicarse una mayoría de personas en el mundo entero. Los dispositivos de comunicaciones inalámbricas se han hecho más pequeños y potentes para satisfacer las necesidades de consumo y mejorar la portabilidad y la comodidad. Los consumidores han encontrado muchos usos para dispositivos de comunicaciones inalámbricas como los teléfonos móviles, las agendas electrónicas (PDA) y similares, demandando un servicio fiable y zonas ampliadas de cobertura.

15 La capacidad del sistema es una restricción típica que limita la capacidad de un sistema de proporcionar un servicio fiable a los dispositivos de comunicaciones dentro de una zona dada de cobertura. Los sistemas de comunicaciones inalámbricas utilizan diversas técnicas que contribuyen a aumentar la capacidad del sistema.

El acceso múltiple por división de espacio (SDMA) es una técnica que puede ser implementada en un sistema de comunicaciones de múltiples antenas. El SDMA utiliza la dimensión espacial para soportar más terminaciones para las transmisiones de datos o de información. El SDMA utiliza las firmas espaciales de los terminales y programa múltiples transmisiones de datos por cada enlace que (idealmente) tienen formas espaciales ortogonales entre sí.

20 Un sistema de comunicaciones inalámbricas puede implementar SDMA de maneras diversas. Un procedimiento es utilizar patrones de antena de formación de haces o, en todo caso, direccionales. Sin embargo, los sistemas SDMA que utilizan una antena de formación de haces o, en todo caso, direccional puede sufrir de zonas de cobertura débil entre haces o un aumento de interferencia debido a haces solapados.

25 Se llama también la atención sobre el documento US 2004/196800 A1, que da a conocer un procedimiento de aumento de la capacidad y de las velocidades de datos de un sistema de comunicaciones de datos de CDMA y velocidades de datos maximizando las relaciones portadora-interferencia (C/I) medidas en las estaciones abonadas. La utilización de técnicas de conmutación de haces disminuye la interferencia causada por las transmisiones de una estación base a estaciones abonadas dentro de sectores de una célula y sus células vecinas.

Breve resumen de la invención

30 Un sistema de comunicaciones inalámbricas puede implementar la formación de haces entre múltiples antenas omnidireccionales para crear haces en diferentes direcciones espaciales. El sistema de comunicaciones puede disponer los haces en conjuntos, estando dispuesto cada conjunto para proporcionar una cobertura sustancialmente completa en una zona de cobertura predeterminada. El sistema de comunicaciones puede disponer los múltiples conjuntos de haces de SDMA para soportar zonas de cobertura sustancialmente complementarias, de forma que un haz principal de un primer conjunto proporciones cobertura a una zona de cobertura débil del segundo conjunto de haces.

El sistema de comunicaciones inalámbricas asigna o adjudica de otra forma recursos sustancialmente ortogonales a cada uno de los conjuntos de haces. Los recursos sustancialmente ortogonales pueden ser, por ejemplo, tiempo, frecuencia, código y similares, o alguna combinación de los mismos.

40 El sistema de comunicaciones inalámbricas asigna recursos a un enlace de comunicaciones usando una combinación de conjuntos de haces y recursos sustancialmente ortogonales para proporcionar una cobertura mejorada sin un aumento correspondiente de interferencia. Por ejemplo, el sistema de comunicaciones inalámbricas puede asignar un haz de un conjunto de haces y la frecuencia u otro recurso ortogonal correspondiente al conjunto de haces a un enlace particular de comunicaciones.

45 Aspectos de la invención incluyen un procedimiento según se expone en la reivindicación 1 y en las respectivas reivindicaciones dependientes.

Aspectos de la invención incluyen un aparato según se expone en la reivindicación 9 y en las respectivas reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

50 Las características, los objetos y las ventajas de las realizaciones de la revelación se harán más evidentes a partir de la descripción detallada expuesta a continuación cuando se toma en unión con los dibujos, en los que elementos similares tienen números de referencia semejantes.

La Figura 1 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema de comunicaciones inalámbricas.

La Figura 2 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un transmisor y un receptor en un sistema de comunicaciones inalámbricas de acceso múltiple.

5 La Figura 3 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema transmisor que soporta la reutilización de recursos en haces de SDMA.

La Figura 4 es un diagrama simplificado de una realización de patrones de haces para conjuntos de haces de SDMA.

10 La Figura 5 es un diagrama simplificado de una realización de patrones de haces para conjuntos sectorizados de haces de SDMA.

La Figura 6 es un gráfico de geometría de usuarios para diversas realizaciones particulares de SDMA con reutilización de frecuencia.

La Figura 7 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema receptor que soporta la reutilización de recursos en haces de SDMA.

15 Las Figuras 8A-8C son diagramas simplificados de flujo de realizaciones de procedimientos de reutilización de recursos en un sistema de SDMA.

La Figura 9 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema transmisor que soporta la reutilización de recursos en haces de SDMA.

20 La Figura 10 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un receptor que soporta la reutilización de recursos en haces de SDMA.

Descripción detallada de la invención

25 Un sistema de comunicaciones inalámbricas puede implementar SDMA proporcionando múltiples haces de antenas situados para dar soporte a una zona predeterminada de cobertura. El sistema de comunicaciones puede implementar los haces de antena como múltiples antenas direccionales, antenas de formación de haces o de dirección de haces y similares, o una combinación de las mismas. Los múltiples haces de antenas pueden estar configurados para dar soporte a una zona predeterminada de cobertura. La zona predeterminada de cobertura puede ser sustancialmente omnidireccional o puede estar limitada, tal como un sector de una zona de cobertura que esté modelada para ser circular o hexagonal.

30 Cada uno de los múltiples haces puede dar soporte a una zona sustancialmente independiente dentro de la zona predeterminada de cobertura. Además, los haces pueden estar asociados con conjuntos de haces, dando soporte cada conjunto de haces a la zona predeterminada de cobertura. Sustancialmente, los haces de un conjunto de haces no están solapados, de tal modo que las transmisiones por un haz no contribuyen sustancialmente a la interferencia de un haz adyacente del mismo conjunto de haces. Los conjuntos de haces pueden estar configurados de tal modo que un haz fundamental de un primer conjunto se dé dentro de un límite de uno o más haces adyacentes de un segundo conjunto. De esta manera, el primer conjunto de haces proporciona una potente cobertura de haz en zonas de débil cobertura de haz del segundo conjunto de haces. No es preciso que un conjunto de haces sea una pluralidad de haces independientes, sino que puede ser una pluralidad de diferentes ejes de haz a la que pueda direccionarse un haz usando, por ejemplo, una ponderación de señales de transmisiones para direccionar la señal emitida.

40 El sistema de comunicaciones inalámbricas también puede asociar un recurso con cada conjunto de haces. Idealmente, los recursos asociados con cada conjunto de haces son sustancialmente ortogonales con un recurso similar asociado con cualquier otro conjunto de haces. Ejemplos de recursos ortogonales incluyen, sin limitación, frecuencia, tiempo, codificación, entrelazado y similares, o alguna combinación de los mismos.

45 El sistema de comunicaciones inalámbricas puede determinar un haz en servicio y un conjunto asociado de haces y un recurso ortogonal para cada enlace de comunicaciones. El sistema de comunicaciones inalámbricas puede determinar que un dispositivo en comunicación esté pasando hacia el borde de un haz. Por ejemplo el dispositivo en comunicación puede proporcionar un mensaje de retroalimentación o suplementario que informe de una o más métricas, mensajes u otra información que esté relacionada con la posición dentro de un haz de un conjunto de haces.

50 El sistema de comunicaciones inalámbricas puede pasar el enlace de comunicaciones de un borde de un haz en un conjunto de haces que tenga un recurso ortogonal asociado a un segundo conjunto de haces que tenga un haz con un lóbulo principal superpuesto al borde del haz actual. El haz del segundo conjunto de haces tiene asociado un recurso ortogonal diferente. El sistema de comunicaciones inalámbricas pasa el enlace de comunicaciones de un

haz en el primer conjunto de haces y un primer recurso ortogonal a un haz en un segundo conjunto de haces con un segundo recurso ortogonal.

5 En una realización, un sistema de comunicaciones inalámbricas celulares puede implementar SDMA en una o más estaciones base usando antenas omnidireccionales de formación de haces. Usando la técnica de formación de haces, pueden usarse antenas omnidireccionales con la técnica de acceso múltiple por división de espacio (SDMA) para crear haces en una dirección espacial diferente para lograr la sectorización virtual de un sistema celular. Por ejemplo, una estación base puede generar haces usando múltiples antenas omnidireccionales para lograr ganancias máximas de haz a 0°, 60° y 120° y su respuesta espe- cular a 180°, 240° y 300° para formar un sistema SDM A de tres haces en una célula.

10 Resulta deseable contar con una cobertura de haz uniforme en toda la zona de cobertura de la célula. Sin embargo, los dispositivos de comunicaciones situados en una zona de solapamiento de dos haces experimentarán una relación muy baja de señal-interferencia (SINR) debido a la interferencia inseparable procedente de otros haces que tiene una potencia comparable a la potencia deseada de la señal. Por lo tanto, tal cobertura de haz fijo no es ideal para los dispositivos inalámbricos situados cerca del límite de un haz.

15 El sistema de comunicaciones inalámbricas puede implementar uno o más conjuntos de haces complementarios que tienen ganancias máximas de haz situadas en el solapamiento de haces adyacentes de un conjunto diferenciado de haces, y sustancialmente a medio camino entre los ejes principales de haces adyacentes. Los conjuntos complementarios de haces están asociados cada uno con un recurso diferenciado, siendo cada recurso sustancialmente ortogonal al recurso asociado con otro conjunto de haces.

20 La Figura 1 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas de acceso múltiple. Un sistema 100 de comunicaciones inalámbricas de acceso múltiple incluye múltiples células, por ejemplo las células 102, 104 y 106. En la realización de la Figura 1, cada célula 102, 104 y 106 puede incluir un punto 150 de acceso que incluya múltiples sectores.

25 Los múltiples sectores están formados por grupos de antenas, cada una de las cuales es responsable de la comunicación con terminales de acceso en una porción de la célula. En la célula 102, los grupos 112, 114 y 116 de antenas corresponden cada uno a un sector diferente. Por ejemplo, la célula 102 está dividida en tres sectores 102a-102c. Una primera antena 112 sirve a un primer sector 102a, una segunda antena 114 sirve a un segundo sector 102b, y una tercera antena 116 sirve a un tercer sector 102c. En la célula 104, los grupos 118, 120 y 122 de antenas corresponden cada uno a un sector diferente. En la célula 106, los grupos 124, 126 y 128 de antenas corresponden cada uno a un sector diferente.

30 Usando técnicas de formación de haces y de direccionamiento de haces, pueden usarse antenas omnidireccionales con técnicas de SDMA para crear haces en direcciones espaciales diferentes para lograr la sectorización virtual de un sistema celular. Por ejemplo, una estación base puede generar haces usando múltiples antenas direccionales para lograr ganancias máximas de haz a 0°, 60° y 12 0° y su respuesta especcular a 180°, 240° y 300° par a formar un sistema SDMA de tres haces en una célula.

35 Cada célula está configurada para dar soporte o servir de otro modo a varios terminales de acceso que están en comunicación con uno o más sectores del correspondiente punto de acceso. Por ejemplo, los terminales 130 y 132 de acceso están en comunicación con el punto 142 de acceso, los terminales 134 y 136 de acceso están en comunicación con el punto 144 de acceso y los terminales 138 y 140 de acceso están en comunicación con el punto 146 de acceso. Aunque se muestra que cada uno de los puntos 142, 144 y 146 de acceso está en comunicación con dos terminales de acceso, cada punto 142, 144 y 146 de acceso no está limitado a la comunicación con dos terminales de acceso y puede soportar cualquier número de terminales de acceso hasta cierto límite, que puede ser un límite físico o un límite impuesto por un estándar de comunicaciones.

40 Tal como se usa en el presente documento, un punto de acceso puede ser una estación fija usada para la comunicación con terminales y puede ser denominado también estación base, nodo B o alguna otra terminología, e incluir parte o toda la funcionalidad de los mismos. Un terminal de acceso (AT) también puede ser denominado equipo de usuario (UE), terminal de usuario, dispositivo de comunicaciones inalámbricas, terminal, terminal móvil, estación móvil o alguna otra terminología, e incluir parte o toda la funcionalidad de los mismos.

45 Las anteriores realizaciones pueden ser implementadas utilizando un procesador 220 o 260 de transmisión (TX), un procesador 230 o 270 y una memoria 232 o 272, tal como se muestra en la Figura 2. Los procedimientos pueden ser llevados a cabo en cualquier procesador, controlador u otro dispositivo de procesamiento y pueden ser almacenados como instrucciones legibles por ordenador en un medio legible por ordenador como código fuente, código objeto o de otra manera.

50 La Figura 2 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un transmisor y un receptor en un sistema 200 de comunicaciones inalámbricas de acceso múltiple. En el sistema transmisor 210 se proporcionan datos de tráfico para varios flujos de datos desde una fuente 212 de datos a un procesador 214 de datos de transmisión (TX). En una realización, cada flujo de datos es transmitido por una respectiva antena de transmisión. El

procesador 214 de datos de transmisión (TX) formatea, codifica e intercala los datos de tráfico para cada flujo de datos en base al esquema de codificación particular seleccionado para ese flujo de datos para proporcionar datos codificados.

5 El procesador 214 de datos de TX puede ser configurado para que aplique coeficientes de ponderación de formación de haces a los símbolos de los flujos de datos en base a la ubicación del usuario al que los símbolos están siendo transmitidos y a las antenas desde las cuales se está transmitiendo el símbolo. En algunas realizaciones, los coeficientes de ponderación de formación de haces pueden ser generados en base a la información de respuesta del canal que es indicativa de la condición de las trayectorias de transmisión entre el punto de acceso y el terminal de acceso. La información de respuesta del canal puede ser generada utilizando información CQI o estimaciones de canal proporcionadas por el usuario. Además, en los casos de transmisiones programadas, el procesador 214 de datos de TX puede seleccionar el formato de paquete en base a información de rango que es transmitida desde el usuario.

10 Los datos codificados para cada flujo de datos pueden ser multiplexados con datos piloto usando técnicas de OFDM. Los datos piloto son, típicamente, un patrón conocido de datos que se procesa de una manera conocida y que puede ser usado en el sistema receptor para estimar la respuesta del canal. Acto seguido, se modulan (es decir, se correlacionan con símbolos) los datos piloto y codificados multiplexados para cada flujo de datos en base a un esquema particular de modulación (por ejemplo, BPSK, QPSK, M-PSK o M-QAM) seleccionado para que ese flujo de datos proporcione símbolos de modulación. La velocidad de transferencia, la codificación y la modulación de los datos para cada flujo de datos pueden ser determinadas por medio de instrucciones proporcionadas por el procesador 230. En algunas realizaciones, el número de flujos espaciales paralelos puede variarse según la información de rango que es transmitida desde el usuario.

15 Acto seguido, los símbolos de modulación para todos los flujos de datos son proporcionados al procesador 220 de TX MIMO, que puede procesar además los símbolos de modulación (por ejemplo, para la OFDM). El procesador 220 de TX MIMO proporciona entonces N_T flujos de símbolos a N_T transmisores (TMTR) 222a a 222t. En ciertas realizaciones, el procesador 220 de TX MIMO aplica coeficientes de ponderación de formación de haces a los símbolos de los flujos de datos en base al usuario al que los símbolos están siendo transmitidos y a las antenas desde las cuales se está transmitiendo el símbolo a partir de la información de respuesta de canal de ese usuario.

20 Cada transmisor 222a a 222t recibe y procesa un respectivo flujo de símbolos para proporcionar una o más señales analógicas y acondiciona adicionalmente (por ejemplo, amplifica, filtra y eleva la frecuencia) las señales analógicas para proporcionar una señal modulada adecuada para su transmisión por el canal MIMO. Acto seguido, se transmiten N_T señales moduladas desde los transmisores 222a a 222t desde N_T antenas 224a a 224t, respectivamente.

25 En el sistema receptor 250, las señales moduladas transmitidas son recibidas por N_R antenas 252a a 252r y la señal recibida desde cada antena 252 es proporcionada a un respectivo receptor (RCVR) 254. Cada receptor 254 acondiciona (por ejemplo, filtra, amplifica y reduce la frecuencia) una respectiva señal recibida, digitaliza la señal acondicionada para proporcionar muestras y procesa adicionalmente las muestras para proporcionar un correspondiente flujo de símbolos "recibidos".

30 A continuación, un procesador 260 de datos de RX recibe y procesa los N_R flujos de símbolos recibidos de los N_R receptores 254 en base a una técnica particular de procesamiento de recepción para proporcionar el número de rango de los flujos de símbolos "detectados". El procesamiento del procesador 260 de datos de RX es descrito con mayor detalle en lo que sigue. Cada flujo de símbolos detectado incluye símbolos que son estimaciones de los símbolos de modulación transmitidos para el correspondiente flujo de datos. Acto seguido, el procesador 260 de datos de RX desmodula, desintercala y decodifica cada flujo de símbolos detectado para recuperar los datos de tráfico para el flujo de datos. El procesamiento del procesador 260 de datos de RX es complementario del llevado a cabo por el procesador 220 de TX MIMO y el procesador 214 de datos de TX en el sistema transmisor 210.

35 En el sistema transmisor 210, las señales moduladas del sistema receptor 250 son recibidas por las antenas 224, acondicionadas por los receptores 222, desmoduladas por un desmodulador 240 y procesadas por un procesador 242 de datos de RX para recuperar la CQI documentada por el sistema receptor. La CQI documentada es proporcionada entonces al procesador 230 y usada (1) para determinar las velocidades de transferencia de los datos y los esquemas de codificación y modulación que han de ser usados para los flujos de datos y (2) para generar diversos controles para el procesador 214 de datos de TX y el procesador 220 de TX MIMO.

40 La Figura 3 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema transmisor 300 que soporta la reutilización de recursos en haces de SDMA. El sistema transmisor 300 de la Figura 3 puede ser una realización de, por ejemplo, el sistema transmisor de la Figura 2 o un sistema transmisor dentro de una estación base o una estación abonada del sistema de comunicaciones inalámbricas de la Figura 1.

45 El sistema transmisor 300 incluye un transmisor 310 configurado para generar uno o más flujos de señales de RF en base a datos o a información. El transmisor 310 puede ser configurado para recibir uno o más flujos de señales de banda base y para procesar los unos o más flujos de señales de banda base en uno o más flujos de señales de RF.

Por ejemplo, el transmisor 310 puede ser configurado para generar uno o más símbolos de OFDM en base a los uno o más flujos de señales de banda base y al menos una subportadora de OFDM dentro del símbolo puede ser configurada para soportar un enlace particular de comunicaciones. El transmisor 310 convierte en frecuencia los uno o más símbolos de OFDM a bandas operativas asociadas de RF.

5 El transmisor 310 incluye soporte para uno o más recursos sustancialmente ortogonales. El transmisor 310 puede ser configurado para procesador el flujo de señales soportando un enlace particular de comunicaciones para utilizar selectivamente uno o más de los recursos sustancialmente ortogonales en base a una o más señales proporcionadas a una entrada de control.

10 El transmisor 310 acopla las señales de RF de salida a un codificador 320 de formación de haces configurado para formar haces de la señal de RF usando múltiples antenas 340₁-340_N. Las múltiples antenas 340₁-340_N pueden ser un conjunto de antenas sustancialmente similares o pueden incluir múltiples tipos de antenas diferentes, proporcionando cada tipo de antena un patrón de antena diferenciado. Por ejemplo, las antenas 340₁-340_N pueden ser una disposición de múltiples antenas omnidireccionales. En otro ejemplo, las antenas 340₁-340_N pueden ser una disposición de antenas direccionales o una combinación de una o más antenas direccionales con una o más antenas omnidireccionales.

15 Un módulo 350 de temporización y sincronización está configurado para proporcionar señales de temporización para controlar la temporización de eventos dentro del sistema transmisor 300. El módulo 350 de temporización y sincronización puede incluir, por ejemplo, una fuente de reloj y un bucle de control que sincroniza la fuente de reloj con una referencia temporal externa. Por ejemplo, el módulo 350 de temporización y sincronización puede ser configurado para sincronizar símbolos de OFDM generados por el sistema transmisor 310 con una hora del sistema. Además, los símbolos de OFDM generados por el sistema transmisor 300 pueden ser dispuestos en conjuntos de ranuras, tramas o alguna otra disposición, y el módulo 350 de temporización y sincronización puede mantener la sincronización para cada disposición de símbolos.

20 Un controlador 360 de recursos puede ser configurado para generar una o más señales de control que controlen el conjunto de haces y los recursos asociados para cada enlace de comunicaciones. El controlador 360 de recursos puede incluir un código de formación de haces que mantenga valores de vector usados para formar haces del flujo de señales usando las múltiples antenas 340₁-340_N. Por ejemplo, el código 362 de formación de haces puede incluir un vector de coeficientes de ponderación complejos, ponderando cada coeficiente de ponderación complejo en un vector una señal para una correspondiente antena. Por ejemplo, el código 362 de formación de haces puede incluir uno o más dispositivos de almacenamiento, tal como una memoria de estado sólido.

25 El codificador 320 de formación de haces pondera cada muestra en el flujo de señales con un vector de ponderación apropiado del código 362 de formación de haces. El codificador 320 de formación de haces puede incluir, por ejemplo, un divisor de señal que está configurado para dividir la señal procedente del transmisor 310 en N copias para N trayectorias paralelas de señal, representando N el número de las antenas 340₁-340_N. El codificador 320 de formación de haces puede incluir un multiplicador o un eclímetro en cada trayectoria de las señales de antena que opera multiplicando la señal de transmisión por un coeficiente de ponderación desde un vector del código 362 de formación de haces.

30 El codificador 320 de formación de haces puede aplicar los coeficientes de ponderación de formación de haces a una representación de señales de dominio temporal o a una representación de dominio frecuencial. Además, aunque el codificador 320 de formación de haces de la Figura 3 opera en la salida del transmisor 310, en otras realizaciones el codificador 320 de formación de haces puede estar integrado con el transmisor 310 y puede operar en las señales de banda base, antes de la conversión de la frecuencia a RF.

35 El controlador 360 de recursos determina qué vector del código 362 de formación de haces aplicar a una muestra particular, y suministra el vector al codificador 320 de formación de haces. El controlador 360 de recursos o el codificador 320 de formación de haces pueden usar una señal de referencia desde el módulo 350 de temporización y sincronización para alinear la temporización del vector con la muestra apropiada de la señal.

40 El controlador 360 de recursos puede organizar o hacer seguimiento de otra manera de los vectores de formación de haces en el código 362 de formación de haces según conjuntos predeterminados de haces. Cada conjunto de haces puede incluir un número suficiente de haces para soportar una zona predeterminada de cobertura, y corresponde a vectores de formación de haces usados para configurar haces en el conjunto de haces. Cada conjunto de haces puede ser configurado para ser sustancialmente complementario a otro de los conjuntos de haces, de tal modo que los conjuntos de haces no proporcione sustancialmente la misma cobertura dentro de la zona de cobertura.

45 En una realización, el eje principal de un haz de un primer conjunto de haces se encuentra sustancialmente a medio camino entre los ejes principales de los haces adyacentes de al menos otro conjunto de haces. Por ejemplo, en una realización que tiene dos conjuntos de haces, un eje principal de un haz del primer conjunto de haces está situado sustancialmente a medio camino entre los ejes principales de los dos haces adyacentes del segundo conjunto de haces. De modo similar, en realizaciones que tienen tres conjuntos de haces, el eje principal de un haz de un primer conjunto de haces se encuentra sustancialmente a medio camino entre los ejes principales de haces adyacentes,

siendo uno de los haces adyacentes de un segundo conjunto de haces y siendo otro de los haces adyacentes de un tercer conjunto de haces. La ubicación de los haces en los diversos conjuntos de haces puede ser determinado de manera similar para cualquier número de conjuntos de haces.

5 Cada conjunto de haces está asociado con uno o más recursos ortogonales, incluyendo el término ortogonal, en el contexto de los recursos asociados con los conjuntos de haces, lo sustancialmente ortogonal y lo casi ortogonal. Los recursos ortogonales pueden incluir, sin limitación, frecuencia, tiempo, código y similares, o alguna combinación de los mismos.

10 Tal como se describe en lo que antecede, el eje principal de un haz de un conjunto de haces está situado típicamente de forma que se encuentra dentro de una zona de cobertura nula o, en todo caso, débil de otro conjunto de haces. El número de haces que ocupan un nulo entre haces adyacentes de un conjunto de haces es igual a uno menos del número de conjuntos de haces, y se relaciona directamente con la tasa de reutilización de recursos. En general, la tasa de reutilización es la inversa del número de conjuntos de haces diferenciados y es igual a $1/K$, representando K el número de conjuntos de haces.

15 La Figura 4 es un diagrama simplificado de una realización de patrones de antena para múltiples conjuntos 400 de haces de SDMA. Los múltiples conjuntos 400 de haces de SDMA incluyen dos conjuntos de haces complementarios, teniendo cada conjunto de haces seis ejes de haz para soportar una zona de cobertura sustancialmente redonda.

20 Un primer conjunto de haces incluye los haces 420_1-420_6 , que tienen ejes principales a aproximadamente 0, 60, 120, 180, 240 y 300 grados. Un segundo conjunto de haces incluye los haces 410_1-410_6 , que tienen ejes principales a aproximadamente 30, 90, 150, 210, 270 y 330 grados. Cada conjunto de haces está asociado con un recurso sustancialmente ortogonal. Los dos conjuntos de haces proporcionan una reutilización de recursos de $1/2$. Por ejemplo, se ilustra el primer conjunto de haces asociado con una primera frecuencia, F_1 , mientras que se muestra el segundo conjunto de haces asociado con una segunda frecuencia, F_2 . Las frecuencias F_1 y F_2 pueden representar una frecuencia o una banda de frecuencias. Por ejemplo, las frecuencias F_1 y F_2 pueden representar conjuntos diferenciados de frecuencias subportadoras que son sustancialmente ortogonales en una tasa de muestreo y un periodo de integración.

25 Los haces y los conjuntos de haces pueden ser configurados para dar soporte a virtualmente cualquier zona de cobertura, y no es preciso que la zona de cobertura coincida con toda la zona de cobertura soportada por una estación base. La Figura 5 es un diagrama simplificado 500 de una realización de patrones de haces para conjuntos sectorizados de haces de SDMA.

30 En la realización de la Figura 5, dos conjuntos de haces, C_1 y C_2 , están configurados para dar soporte a una zona de cobertura que puede ser un sector de toda la zona de cobertura soportada por una estación base. El sector está limitado, aproximadamente, por un primer límite 502 de sector y un segundo límite 504 de sector. En una zona de cobertura sectorizada típica, el primer límite 502 de sector y el segundo límite 504 de sector abarcan una zona de cobertura de aproximadamente 120 grados.

35 El primer conjunto de haces, C_1 , incluye haces primero y segundo 510_1 y 510_2 que dan soporte al sector. El segundo conjunto de haces, C_2 , incluye haces primero y segundo 520_1 y 520_2 que dan soporte al sector y que están situados complementando los haces del primer conjunto de haces.

40 El controlador 360 de recursos incluye un controlador 364 de conjuntos de haces que está configurado para hacer seguimiento del conjunto de haces y del haz asociado con un enlace particular de comunicaciones. El controlador 364 del conjunto de haces garantiza que se usen los vectores apropiados del código correspondientes a un conjunto de haces activo para un enlace particular de comunicaciones. Además, el controlador 360 del conjunto de haces controla uno o más parámetros relacionados con los uno o más recursos ortogonales asociados con los conjuntos de haces.

45 En una realización, el recurso ortogonal asociado con los conjuntos de haces es la frecuencia. El transmisor 310 puede ser configurado para generar símbolos de OFDM con un primer conjunto de subportadoras cuando da soporte a un primer conjunto de haces y puede ser configurado para generar símbolos de OFDM usando un segundo conjunto de subportadoras que sea sustancialmente ortogonal al primer conjunto de subportadoras, en base al tiempo de símbolo y de la velocidad de transferencia de los datos. El controlador 364 del conjunto de haces puede ser configurado para controlar el transmisor 310 para convertir en frecuencia el símbolo de OFDM a una frecuencia de RF que dependa, al menos en parte, del conjunto activo de haces para el enlace de comunicaciones. Alternativamente, el transmisor 310 puede ser configurado para generar dos símbolos ortogonales de OFDM, cada uno de los cuales corresponda a un conjunto diferenciado de haces, y el controlador 364 de conjuntos de haces puede ser configurado para controlar el transmisor para poblar selectivamente uno de los símbolos de OFDM en base al conjunto activo de haces asociado con el enlace de comunicaciones.

55 Cuando el recurso ortogonal es el tiempo, el controlador 364 de conjuntos de haces puede ser configurado para controlar el momento en el que el transmisor 310 genera una señal de salida para una muestra de datos, dependiendo del conjunto activo de haces asociado con la muestra de datos. De manera similar, si el recurso

ortogonal es el código, el controlador 364 de conjuntos de haces puede controlar qué código de una pluralidad de códigos ortogonales usa el transmisor 310 para codificar una muestra particular de datos en base al conjunto activo de haces asignado a la muestra de datos.

5 El transmisor 310 puede ser configurado para generar señales piloto diferenciadas para cada uno de los haces en cada uno de los conjuntos de haces. En otra realización, el transmisor puede ser configurado para generar una señal piloto que es compartida entre múltiples haces en un conjunto particular de haces. El código 362 de formación de haces puede ser configurado para proporcionar al transmisor 310 o hacer accesibles al mismo vectores de formación de haces que se usan para formar haces de las señales piloto en los haces apropiados. Los vectores de formación de haces también pueden aplicar coeficientes adicionales de ponderación a las señales piloto para 10 identificar cuál de los haces ocupa la señal piloto. Los coeficientes adicionales de ponderación pueden ser, por ejemplo, un coeficiente de ponderación complejo diferenciado con cada haz. En otra realización, el controlador 364 de conjuntos de haces puede controlar el transmisor 310 para que introduzca un procesamiento adicional de las señales piloto para permitir la identificación del haz desde el que se origina la señal piloto. El procesamiento adicional puede ser, por ejemplo, una rotación, un retardo temporal, una conjugación o algún otro procesamiento o 15 una combinación de procesamiento. En otra realización, cada antena puede ser configurada para que genere una señal piloto diferenciada.

20 El sistema transmisor 300 también incluye un receptor 330 configurado para recibir información espacial de un dispositivo de destino, tal como una estación abonada. El receptor 330 está representado acoplado a una antena receptora diferenciada 332. Sin embargo, en otras realizaciones, el receptor 330 puede utilizar algunas o la totalidad de las antenas 340₁-340_N usadas en la formación de haces con las señales de transmisión.

25 El receptor 330 puede recibir una comunicación de cada dispositivo soportado dentro de la zona de cobertura del sistema transmisor 300. La comunicación indica el haz en el que reside el dispositivo y puede proporcionar alguna indicación de la posición dentro del haz. No es preciso que la comunicación proporcione la información directamente, sino que puede proporcionar mensajes, métricas o parámetros que el receptor 330 use para determinar el haz y la ubicación dentro del haz. Por ejemplo, el dispositivo puede comunicar una indicación de la identidad del haz en base a las señales piloto recibidas, y puede proporcionar una métrica de la calidad de la señal que es generalmente 30 indicativa de la proximidad al borde de un haz.

30 El receptor 330 puede procesar la comunicación recibida para determinar si puede iniciar una conmutación de conjuntos de haces. Alternativamente, el receptor 330 puede acoplar la comunicación recibida al controlador 360 de recursos y el controlador de recursos puede determinar si puede iniciar una conmutación de conjuntos de haces para el dispositivo.

35 La Figura 6 es un gráfico 600 de geometría de usuarios para realizaciones particulares de SDMA con reutilización de frecuencia. El gráfico 600 ilustra una geometría de usuarios mejorada (SINR a largo plazo) en casos de reutilización 620 de 1/2 y de reutilización 630 de 1/3 de SDMA en comparación con un SDMA de haz fijo sin reutilización 610. Dependiendo de los elementos de antena, puede verse una ganancia del orden de 3~5dB. Para mejorar más la geometría de usuarios, el orden de la correspondencia de los conjuntos de haces con el conjunto de reutilización de frecuencias, es decir, {Ci} → {Fi}, puede ser rotado para células diferentes, de modo que, para dos células adyacentes, se usarán dos conjuntos de haces diferentes con orientaciones diferentes en el mismo conjunto de frecuencias Fi. Esta disposición puede evitar una interferencia frontal procedente de una célula vecina, y puede 40 mejorar la peor geometría de usuario.

45 Una realización de reutilización que usa el tiempo o el código como el recurso ortogonal asociado con los conjuntos de haces puede implementar una rotación de los conjuntos de haces de células vecinas o zonas de cobertura, de tal modo que los intervalos temporales o los códigos de las células adyacentes o de zonas de cobertura de la estación base también estén ortogonalizados en las dimensiones apropiadas entre sí. De forma similar, las realizaciones de reutilización que usan una combinación de recursos ortogonalizados pueden limitar el solapamiento de recursos similares en zonas de cobertura adyacentes.

50 Como ejemplo de la operación de conmutaciones de haces en un sistema de reutilización de la frecuencia, el sistema transmisor 300 de la Figura 3 puede ser implementado dentro de una estación base del sistema de comunicaciones inalámbricas de la Figura 1. El sistema transmisor 300 puede ser configurado para generar señales dentro de dos conjuntos de haces diferenciados y complementarios. El sistema transmisor 300 puede implementar la frecuencia como el recurso ortogonal para los conjuntos de haces. Además, el sistema transmisor 300 puede transmitir al menos una señal piloto en cada haz de un conjunto de haces, y la señal piloto en un haz puede identificar el haz al que corresponde.

55 Un dispositivo de destino, tal como una estación abonada dentro de una zona de cobertura del sistema transmisor 300, recibe las señales piloto y determina en cuál de los haces y de los correspondientes conjuntos de haces reside. La operación de un sistema receptor en un dispositivo de destino se describe con mayor detalle con respecto a la Figura 7.

El dispositivo de destino puede generar y transmitir al sistema transmisor 300 una comunicación indicativa del conjunto de haces, del haz y de la calidad de la señal dentro del haz. El dispositivo de destino puede, por ejemplo, transmitir una métrica de la calidad de la señal dentro de la comunicación para uno o más haces y los conjuntos de haces asociados. El receptor 330 del sistema transmisor 300 recibe la comunicación del dispositivo de destino y determina un haz y un conjunto de haces asociado preferentes en los que está situado el dispositivo de destino. El haz preferente puede ser, por ejemplo, el haz y el conjunto de haces asociado con los cuales el dispositivo de destino experimenta la mejor calidad de la señal recibida.

El receptor 330 presenta la información del haz y del conjunto de haces al controlador 360 de recursos. El controlador 364 de conjuntos de haces determina las señales apropiadas de control de recursos que hay que proporcionar al transmisor 310 para configurar el transmisor para el conjunto de haces apropiado. El controlador 360 de recursos selecciona el vector u otra entrada apropiada de código del código 362 de formación de haces para codificar las señales dirigidas al dispositivo de destino.

El codificador 320 de formación de haces codifica las señales dirigidas el dispositivo de destino usando la entrada apropiada del código para formar haces de la comunicación usando las múltiples antenas 340₁-340_N.

El receptor 330 monitoriza las comunicaciones procedentes del dispositivo de destino para determinar si conmutar las comunicaciones al dispositivo de destino a otro haz y un conjunto asociado de haces. El receptor 330 puede, por ejemplo, comparar las métricas de la calidad de la señal correspondientes a uno o más haces. El receptor 330 puede determinar si iniciar una conmutación de haz en base a la comparación. Por ejemplo, el receptor 330 puede iniciar una conmutación de haz si la métrica de calidad de la señal para un haz adyacente supera la métrica de calidad de la señal de haz actual de servicio en una cantidad mayor o igual a un umbral predeterminado de conmutación. típicamente, la configuración complementaria de los diversos conjuntos de haces da como resultado una conmutación de conjuntos de haces cuando ocurre una conmutación de haz.

El controlador 360 de recursos puede iniciar una conmutación de haz comunicando al transmisor 310 una conmutación de haz inminente, de modo que el transmisor 310 puede programar la conmutación de haz y comunicar al dispositivo de destino detalles relativos a la conmutación de haz. El transmisor 310 puede comunicar, por ejemplo, la temporización y los recursos del haz para la conmutación de haz. Por ejemplo, el transmisor 310 puede implementar conmutaciones de haces en límites de temporización predeterminados, tales como un límite de trama. el transmisor 310 comunica el límite de trama en el que ocurrirá la conmutación de haz y comunica la frecuencia, la temporización, el código u otro recurso asociado con el conjunto de haces para el cual se conmutan las comunicaciones.

La Figura 7 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema receptor 700 que soporta la reutilización de recursos en haces de SDMA. El sistema receptor 700 puede ser implementado, por ejemplo, dentro de una estación abonada de la Figura 1. El sistema receptor 700 está configurado para monitorizar uno o más conjuntos de haces en una zona de cobertura soportada por múltiples conjuntos de haces. El sistema receptor 700 está configurado para transmitir una comunicación a un sistema transmisor que es indicativa de uno o más haces en uno o más conjuntos de haces que soportan un enlace de comunicaciones con el sistema receptor 700.

El sistema receptor 700 incluye un receptor 710 configurado para recibir las una o más señales formadas en haces por medio de una antena 702. El receptor 710 filtra, amplifica y convierte en frecuencia las señales recibidas a señales de banda base.

El receptor 710 puede recibir una o más señales de temporización y sincronización procedentes de un módulo 730 de temporización y sincronización para asistir en la sincronización del receptor 710 con la señal recibida. Por ejemplo, las comunicaciones entre el sistema receptor 700 y un correspondiente sistema transmisor pueden ser implementadas como comunicaciones de duplexado por división de tiempo (TDD) o multiplexado por división de tiempo (TDM), y el módulo 730 de temporización y sincronización puede operar manteniendo la temporización del sistema receptor 300 con respecto a la hora del sistema.

El receptor 710 también puede ser configurado para recibir y procesar señales de múltiples haces, correspondientes a múltiples conjuntos de haces. El receptor 710 puede procesar la totalidad de las señales recibidas, de modo que el sistema receptor 700 pueda presentar métricas de señales o alguna otra información de calidad de las señales para un haz activo, así como uno o más haces candidatos, que pueden estar asociados con uno más conjuntos alternativos de haces.

El sistema receptor 700 incluye un controlador 740 de conjuntos de haces/recursos que está configurado para controlar el receptor 710 para permitir que el receptor 710 reciba y procese las señales de los múltiples conjuntos de haces. Por ejemplo, el controlador 740 de conjuntos de haces/recursos puede hacer seguimiento de una frecuencia, una temporización o algún otro recurso o una combinación de recursos asociados con los múltiples conjuntos de haces. El controlador 740 de conjuntos de haces/recursos configura el receptor 710 para que procese las señales recibidas según cada uno de los recursos de los conjuntos de haces. El controlador 740 de conjuntos de haces/recursos puede ser configurado para controlar el receptor 710 para que procese los diferentes conjuntos de

- haces correspondientes a diferentes recursos de forma secuencial o concurrente, dependiendo de los recursos diferenciadores de los conjuntos de haces. Por ejemplo, el controlador 740 de conjuntos de haces/recursos puede controlar el receptor 710 para que procese señales recibidas desde conjuntos de haces diferenciados de manera secuencial, siendo el recurso asociado con los conjuntos de haces un tiempo diferenciado. El controlador 740 de
- 5 conjuntos de haces/recursos puede controlar el receptor 710 para que procese señales recibidas desde conjuntos de haces diferenciados de manera concurrente, siendo el recurso asociado con los conjuntos de haces la frecuencia o el código. Por supuesto, el controlador 740 de conjuntos de haces/recursos puede controlar el receptor 710 para que procese señales recibidas desde conjuntos de haces diferenciados de manera secuencial, aunque las señales de los diferentes conjuntos de haces puedan ser procesadas concurrentemente.
- 10 El receptor 710 acopla las señales de banda base resultantes del procesamiento de las señales recibidas a un procesador 720 de banda base para su procesamiento ulterior. El procesador 720 de banda base puede ser configurado para procesar las señales recibidas de un enlace activo de comunicaciones para recuperar los datos o la información subyacentes. El procesador 720 de banda base puede ser configurado para acoplar los datos y la información a un puerto de salida de un dispositivo apropiado de destino (no mostrado).
- 15 El procesador 720 de banda base también puede ser configurado para que genera la comunicación al sistema transmisor que tenga la métrica o la evaluación de calidad de los diversos haces y conjuntos de haces. El procesador 720 de banda base puede incluir, por ejemplo, un procesador 722 de pilotos y un módulo 724 de calidad del haz.
- 20 El procesador 722 de pilotos puede ser configurado para procesar las señales piloto en los múltiples haces correspondientes a múltiples conjuntos de haces. El procesador 722 de pilotos puede ser configurado para generar una métrica de calidad basa en las señales piloto procesadas, o puede acoplar la información de los pilotos al módulo 724 de calidad del haz, generándose una métrica de calidad del haz para el haz activo y uno o más haces candidatos. Un haz candidato puede ser, por ejemplo, un haz adyacente al haz activo para los cuales el sistema receptor 700 monitoriza la posibilidad de conmutación.
- 25 El procesador 722 de pilotos puede determinar también una estimación del canal correspondiente a cada uno de los haces, y puede generar un mensaje al sistema transmisor indicativo del canal para cada haz. El procesador 722 de pilotos también puede ser configurado para procesar señales piloto sin conocimiento sustancial del haz de origen, y volver a presentar una métrica relativa a las señales piloto recibidas al sistema transmisor. El sistema transmisor puede determinar el haz apropiado en base a las métricas piloto documentadas y puede seleccionar el conjunto apropiado de haces y el haz.
- 30 El módulo 724 de calidad del haz puede determinar una métrica de calidad del haz en base, por ejemplo, a los resultados del procesamiento de los pilotos. Alternativa o adicionalmente, el módulo 724 de calidad del haz puede determinar una métrica de la calidad del haz en base a la calidad de la señal en cada uno de los múltiples haces recibidos. Las diversas métricas de calidad de la señal pueden, por ejemplo, corresponder a múltiples conjuntos de
- 35 haces, estando asociado cada haz con al menos un recurso diferenciado. Las métricas de calidad de la señal puede incluir, por ejemplo, una indicación de la intensidad de la señal recibida, una relación señal-ruido, una tasa de error de símbolo y similares, o alguna otra métrica de la calidad de la señal o una combinación de métricas de calidad de la señal.
- 40 El procesador 720 de banda base puede utilizar la información del procesador 722 de pilotos y del módulo 724 de calidad del haz para generar una comunicación con el sistema transmisor indicativa de la calidad del haz. En una realización, el procesador 720 de banda base puede generar una comunicación que incluye toda la información recibida del procesador 722 de pilotos y del módulo 724 de calidad del haz. En otra realización, el procesador 720 de banda base puede generar una comunicación que identifique un haz y un conjunto de haces preferentes. En otra
- 45 realización, el procesador 720 de banda base puede generar una comunicación que identifique una entrada preferente del código o coeficientes de ponderación preferentes del haz.
- El procesador 720 de banda base acopla la comunicación a un transmisor 750. El transmisor 750 procesa la comunicación para la transmisión al sistema transmisor. El transmisor 750 puede, por ejemplo, elevar la frecuencia de la comunicación hasta una banda de RF y procesar la comunicación en el formato apropiado de la interfaz aérea.
- 50 Las Figuras 8A-8C son diagramas simplificados de flujo de realizaciones de procedimientos de reutilización de recursos en un sistema de SDMA. Las Figuras 8A y 8B ilustran procedimientos de reutilización de recursos que pueden ser implementados en un sistema transmisor, y la Figura 8C ilustra un procedimiento de reutilización de recursos que puede ser implementado en un sistema receptor.
- 55 La Figura 8A es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 800 para asignar un dispositivo de usuario a un haz en un entorno de comunicaciones inalámbricas según una o más realizaciones presentadas en el presente documento. Se determina la relación espacial entre el dispositivo de usuario y la estación base o alguna otra información de terminal (bloque 810). La ubicación del dispositivo de usuario puede determinarse en base a la señal espacial de la pareja estación base – dispositivo de usuario. Alternativamente, el dispositivo de usuario puede incluir un sistema de posicionamiento global (GPS) capaz de determinar la ubicación del dispositivo de usuario. Acto

seguido, se selecciona o se determina de otra manera el haz apropiado para el usuario en base a la información del terminal, que puede incluir la posición o la ubicación del terminal (bloque 812).

5 En ciertos aspectos, el haz apropiado se selecciona en base a la posición del usuario. En otros aspectos, tanto el bloque 810 como el 812 pueden ser llevados a cabo por un único bloque en respuesta información procedente de un usuario que indique el haz que debe usarse. Esto puede realizarse, por ejemplo, seleccionando un haz asociado con una entrada particular de código.

10 El haz es entonces asociado con el recurso ortogonal adicional asignado al haz (bloque 814). Cada haz de un conjunto de haces puede ser asociado con un subconjunto de los recursos ortogonales. El recurso ortogonal adicional puede ser, por ejemplo, un periodo temporal no utilizado para la transmisión por haces adyacentes, un código ortogonal o cuasiortogonal no utilizado para la transmisión por haces adyacentes, o un conjunto de subportadoras asociadas con el haz. El recurso ortogonal asociado puede variar con el tiempo debido a las condiciones del canal para un haz dado, el número de usuarios asignado al haz, combinaciones de los mismos o algunos otros parámetros. Además, en algunos casos, la cantidad de recursos ortogonales asignados a un haz dado puede variar con el tiempo. Es decir, el número de subportadoras por subconjunto o la longitud o el número de periodos de tiempo puede variar.

15 El haz con el recurso ortogonal asociado puede ser transmitido o emitido de otra forma al dispositivo del usuario. A medida que cambia la información del terminal, la estación base puede pasar la transmisión de las señales de un primer haz de un primer conjunto de haces a un haz de otro conjunto de haces distinto del primer conjunto de haces. Los diferentes conjuntos de haces pueden estar asociados con diferentes subconjuntos de recursos ortogonales.

20 La Figura 8B es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 802 de reutilización de recursos que puede ser implementado en un sistema transmisor, tal como el sistema transmisor de la Figura 3 o un sistema transmisor en una estación base de la Figura 1.

25 El procedimiento 802 comienza en el bloque 820. El sistema transmisor ya está configurado para soportar comunicaciones con un sistema receptor en un enlace de comunicaciones por un haz de un conjunto de haces. En el bloque 820, el sistema transmisor recibe la comunicación, que tiene las una o más métricas de calidad de la señal o información asociada procedentes del sistema receptor.

El sistema transmisor prosigue al bloque 822 y determina, en base al menos en parte a la comunicación recibida, el haz preferente y el conjunto de haces asociado. El sistema transmisor prosigue al bloque 830 de decisión y determina si actualizar el haz y el conjunto de haces que sirven al sistema receptor.

30 El sistema transmisor puede, por ejemplo, iniciar una conmutación de haces inmediatamente después de detectar que un haz preferente es diferente de un haz actual que sirva al sistema receptor. En otra realización, el sistema transmisor puede utilizar cierto umbral o histéresis en la decisión para iniciar una conmutación de haz, para reducir la posibilidad de conmutar rápidamente entre asignaciones de haces. Por ejemplo, el sistema transmisor puede iniciar una conmutación de haces cuando la calidad de la señal de un haz propuesto supera la calidad de la señal del haz de servicio en cierto umbral predeterminado. En otro ejemplo, el sistema transmisor puede iniciar una conmutación de haces cuando la calidad de la señal de un haz propuesto supere la calidad de la señal del haz de servicio más de un periodo de tiempo de histéresis.

Una vez que el sistema transmisor determina que debe iniciarse una conmutación de haces, el sistema transmisor determina si la conmutación de haces requiere una conmutación asociada del conjunto de haces de servicio.

40 Si no se requiere ninguna conmutación de haces, como cuando no hay programada ninguna conmutación de haz o cuando está programada una conmutación de haz a un conjunto de haces de servicio, el sistema transmisor prosigue desde el bloque 830 de decisión al bloque 832 y sigue soportando la presente asignación de recursos. Es decir, dado que no hay programada una conmutación de conjuntos de haces, no es preciso que el sistema transmisor cambie los recursos asociados. El sistema transmisor puede actualizar los coeficientes de ponderación de los haces a partir del código si se desea una conmutación de haces dentro del mismo conjunto de haces. El sistema transmisor vuelve al bloque 820 para seguir monitorizando las comunicaciones procedentes del sistema receptor.

50 Si el sistema transmisor determina en el bloque 830 de decisión que se desea una conmutación de conjuntos de haces, el sistema transmisor prosigue al bloque 840. En el bloque 840, el sistema transmisor inicia un traspaso de conjuntos de haces. El sistema transmisor puede comunicar al sistema receptor la temporización de la conmutación de conjuntos de haces y los recursos asociados con el conjunto de haces actualizado. El sistema transmisor puede comunicar la información al sistema receptor usando un canal suplementario en la asignación actual de recursos y de conjuntos de haces.

55 El sistema transmisor prosigue al bloque 842 y actualiza los coeficientes de ponderación de formación de haces seleccionado la entrada apropiada de código. La aplicación de los coeficientes de ponderación de formación de

haces a la señal da como resultado que la señal sea formada en haces mediante las múltiples antenas de transmisión.

5 El sistema transmisor prosigue al bloque 844 y revisa los recursos utilizados en el enlace de comunicaciones para corresponderse a los recursos asociados con el conjunto de haces. En un límite de traspaso, por ejemplo un límite de trama, el sistema transmisor dirige un traspaso de comunicaciones con el sistema receptor al nuevo haz en el nuevo conjunto de haces. El sistema transmisor actualiza el conjunto de haces y los recursos asociados correspondientes al enlace particular de comunicaciones. El sistema transmisor puede actualizar, por ejemplo, la frecuencia, la ranura de tiempo, el código o algún otro recurso asociado con el conjunto de haces. El sistema transmisor vuelve al bloque 820 para monitorizar las comunicaciones procedentes del sistema receptor.

10 La Figura 8C es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento 804 de reutilización de recursos. El procedimiento 804 puede ser implementado, por ejemplo, por el sistema receptor de la Figura 7 y puede ser implementado en un sistema abonado del sistema de comunicaciones inalámbricas de la Figura 1.

15 El procedimiento 804 comienza en el bloque 850, en el que el sistema receptor recibe señales mediante múltiples recursos. Los múltiples recursos corresponden a recursos asociados con cada uno de los diferentes conjuntos de haces soportados por el sistema transmisor. El sistema transmisor puede recibir las señales con los diferentes recursos de manera concurrente, secuencial o según una programación o un algoritmo predeterminados.

20 El sistema receptor prosigue al bloque 852 y determina una métrica de calidad para cada una de las señales recibidas en base a los recursos del conjunto de haces. Por ejemplo, el sistema receptor puede determinar una métrica de calidad basada en las señales particulares recibidas usando los recursos para un conjunto de haces, y puede no asociar una métrica de calidad con ningún haz particular de un conjunto de haces. Alternativamente, el sistema receptor puede tener la capacidad de discernir un haz y el correspondiente conjunto de haces para las señales recibidas, y puede ser configurado para que genere una métrica de la calidad para múltiples haces y conjuntos de haces. Por ejemplo, el sistema receptor puede recibir múltiples señales piloto, y puede ser capaz de determinar un haz particular de un conjunto de haces en base a las señales piloto recibidas. En tal realización, el sistema receptor puede generar una métrica de la calidad para múltiples parejas de haces y conjuntos de haces. La métrica de la calidad puede ser virtualmente cualquier información a partir de la cual el sistema transmisor pueda correlacionar el rendimiento del enlace de comunicaciones. Por ejemplo, la métrica de la calidad puede ser una relación señal-ruido dentro de un haz de un conjunto de haces, una intensidad de la señal recibida, una estimación del canal o alguna otra información.

30 El sistema receptor prosigue al bloque 854 y transmite las una o más métricas de la calidad al sistema transmisor, que puede incluir la estación base que atiende la zona de cobertura en la cual reside el sistema receptor. Alternativa o adicionalmente, el sistema receptor puede comunicar un haz y un conjunto de haces deseados con el sistema transmisor.

35 El sistema receptor prosigue al bloque 860 de decisión y determina si se ha iniciado una conmutación de haces y de conjuntos de haces. La conmutación de haces y de conjuntos de haces puede iniciarse como consecuencia de la comunicación más reciente de las métricas de la calidad o puede basarse en una o más comunicaciones pasadas. El sistema transmisor puede comunicar un mensaje, una orden o una instrucción al sistema receptor iniciando una conmutación de haces y de conjuntos de haces y un tiempo, un límite o un evento asociados con la conmutación.

40 Si el sistema receptor determina que no hay programada ninguna conmutación de conjuntos de haces, el sistema receptor prosigue desde el bloque 860 de decisión al bloque 850 y sigue monitorizando las señales recibidas. En algunas realizaciones, no es preciso que el receptor tenga conocimiento alguno del haz particular en el que opera. Solo necesita operar con los recursos asociados con el conjunto activo de haces. Así, no es preciso que el sistema receptor altere el procesamiento de ninguna señal cuando no ocurre ninguna conmutación de conjuntos de haces.

45 Si el sistema receptor determina en el bloque 860 de decisión que hay programada una conmutación de conjuntos de haces, el sistema receptor prosigue al bloque 870. En el bloque 870, el sistema receptor determina la temporización y los recursos asociados con el traspaso de conjuntos de haces. Por ejemplo, el sistema receptor puede recibir el conjunto de haces e información de temporización del traspaso. El sistema receptor puede recibir un mensaje de control de los recursos asociados con un conjunto de haces o puede incluir una tabla de consulta en memoria que asocie los recursos con los conjuntos de haces. El sistema receptor puede sincronizar la actualización de recursos con la temporización del traspaso.

50 El receptor prosigue al bloque 880. En el bloque 880, el sistema receptor controla la porción apropiada del sistema receptor para que pase al recurso asociado con el conjunto actualizado de haces a instancias del traspaso. Por ejemplo, cuando el recurso diferenciado asociado con los conjuntos de haces incluye una asignación de tiempos, el sistema receptor puede re sincronizarse con la ranura de tiempo apropiada. De manera similar, cuando el recurso diferenciado asociado con los conjuntos de haces es la frecuencia, el sistema receptor puede actualizar la frecuencia del oscilador local que se usa para convertir en frecuencia la señal recibida desde la frecuencia actualizada a la banda base. El sistema receptor vuelve entonces al bloque 850 para recibir y procesar señales con el nuevo conjunto de haces y la asignación de recursos.

55

La Figura 9 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema transmisor 1100 que soporta la reutilización de recursos en haces de SDMA. El sistema transmisor 1100 incluye un medio para transmitir una señal 1110 que incluye un medio para generar una señal de transmisión.

5 Un medio 1130 de recepción puede ser configurado para recibir, por medio de una antena 1132 de recepción, una o más señales procedentes de una fuente de señales, tal como un terminal de usuario, y puede determinar información del terminal basada en las señales recibidas. La información del terminal puede incluir, por ejemplo, la ubicación de un terminal en una zona de cobertura o puede incluir una posición angular de un terminal en una zona de cobertura.

10 El sistema transmisor 1100 también incluye un medio 1150 de temporización y sincronización acoplado al medio de transmisión y configurado para proporcionar una o más señales de temporización para sincronizar o controlar de otro modo la temporización de las operaciones dentro del medio de transmisión de una señal. El medio 1150 de temporización y sincronización puede operar en conjunción con el medio 1130 de recepción para determinar la información del terminal.

15 Un medio 1160 de control de la asignación de recursos incluye un medio 1162 de formación de haces que puede incluir un medio de almacenamiento de al menos un código de formación de haces que define múltiples vectores de formación de haces en cada uno de múltiples conjuntos de haces. El medio 1160 de control de la asignación de recursos incluye un medio para controlar un conjunto de haces que incluye medios para determinar un primer haz de un primer conjunto de haces para soportar un enlace de comunicaciones, estando asociado cada haz del primer conjunto de haces con un primer recurso. El primer conjunto de haces puede formar parte de una pluralidad de conjuntos de haces, estando asociado cada haz del primer conjunto de haces con un subconjunto de recursos de una pluralidad de recursos.

20 El medio 1160 de control de la asignación de recursos también puede incluir un medio para determinar un primer haz de un segundo conjunto de haces para soportar el enlace de comunicaciones, estando asociado cada haz del segundo conjunto de haces con un segundo recurso que es distinto del primer recurso, cuando una señal recibida indica que ha de ocurrir un traspaso de conjuntos de haces.

25 Un medio 1120 de formación de haces de señales puede ser configurado para generar una pluralidad de copias de una señal de transmisión desde el medio de transmisión, y puede incluir un medio para aplicar un coeficiente diferenciado de ponderación de formación de haces a partir de un vector de formación de haces asociado con el haz para cada una de las copias de la pluralidad de copias de señales de transmisión para generar señales ponderadas. El medio 1120 de formación de haces de señales acopla las señales ponderadas a las múltiples antenas 1140₁-1140_N para su transmisión a un dispositivo de destino dentro de la zona de cobertura.

30 Un medio 1130 de recepción de una comunicación puede recibir la comunicación desde una antena 1132 de recepción y puede determinar un evento de transición de conjuntos de haces basado en la comunicación. El medio 1130 de recepción de una comunicación puede iniciar un traspaso de conjuntos de haces en respuesta a la comunicación. Por ejemplo, el medio 1130 de recepción de una comunicación puede controlar el medio 1160 de control de la asignación de recursos para controlar el medio 1110 de transmisión y el medio 1120 de formación de haces para formar haces o direccionar haces de otra manera con las señales de transmisión en un haz de un segundo conjunto de haces usando un segundo recurso en vez de usar el primer conjunto de haces y el primer recurso asociado.

35 La Figura 10 es un diagrama simplificado de bloques funcionales de una realización de un sistema receptor 1200 que soporta la reutilización de recursos en haces de SDMA. El sistema receptor 1200 incluye un medio 1210 de recepción de señales entre múltiples recursos sustancialmente ortogonales, transmitiéndose las señales por al menos una porción de los múltiples recursos sustancialmente ortogonales. El medio 1210 de recepción de señales puede incluir un medio de recepción de una señal formada en haces utilizando al menos uno de los múltiples recursos sustancialmente ortogonales en base a una comunicación recibida de una fuente de señales, tal como un sistema transmisor o una estación base.

40 El medio 1210 de recepción de señales puede ser controlado para que soporte cada uno de los múltiples recursos sustancialmente ortogonales en base a una o más señales de control procedentes de un medio 1240 de control de conjuntos de haces/recursos. El medio 1240 de control de conjuntos de haces/recursos puede incluir una tabla de consulta o registros que enumeren cada uno de los múltiples recursos sustancialmente ortogonales, y las correspondientes señales de control necesarias para controlar el sistema receptor 1200 para soportar comunicaciones que utilicen el recurso.

45 Un medio 1230 de temporización y sincronización puede ser configurado para mantener la referencia de sincronización o temporización que es usada por el medio 1210 de recepción de señales cuando procesa las señales recibidas. Un medio 1220 de procesamiento está configurado para procesar adicionalmente las señales procedentes del medio 1210 de recepción de señales. El medio 1220 de procesamiento puede incluir un medio de medición o determinación de otro modo de al menos una métrica 1224 de la calidad que determine una métrica de la calidad de la señal para cada uno de los recursos sustancialmente ortogonales. El medio 1220 de procesamiento

puede también incluir un medio 1222 de procesamiento de pilotos que esté configurado para procesar las señales piloto recibidas para asistir en la generación de las métricas de la calidad de la señal.

El sistema receptor 1200 incluye un medio 1250 de transmisión de una comunicación configurado para recibir las métricas de la calidad de la señal y para generar una comunicación que es transmitida a una estación base. La comunicación pueden ser las métricas reales de la calidad de la señal o puede estar basada en las métricas de la calidad. Por ejemplo, el medio 1250 de transmisión de una comunicación puede ser configurado para transmitir una indicación de una selección de conjuntos de haces en vez de un valor de una métrica de la calidad.

En el presente documento han sido descritos procedimientos y aparatos para soportar la reutilización de recursos en un sistema de SDMA. El sistema puede soportar múltiples conjuntos de haces, teniendo cada conjunto de haces múltiples haces que dan soporte a una zona predeterminada de cobertura. Cada conjunto de haces puede ser sustancialmente complementario de un conjunto de haces diferenciado, de tal forma que los ejes de los haces principales para un primer conjunto de haces se encuentren aproximadamente a medio camino entre los ejes de los haces principales de los haces adyacentes más cercanos. Típicamente, los haces adyacentes más cercanos son de conjuntos de haces distintos, pero no es preciso que sean del mismo conjunto de haces.

Cada conjunto de haces está asociado con un recurso particular, y los recursos asociados con los conjuntos de haces pueden ser ortogonales o sustancialmente ortogonales. El número de conjuntos diferenciados de haces y el número correspondiente de recursos sustancialmente ortogonales definen un conjunto de reutilización o una tasa de reutilización.

La colocación complementaria de los haces en los conjuntos diferenciados de haces reduce la cantidad de interferencia experimentada en cada haz, a la vez que proporciona un soporte sustancialmente uniforme en toda la zona de cobertura.

Tal como se usa en el presente documento, el término acoplado o conectado se usa con el significado de un acoplamiento indirecto, así como el de un acoplamiento o una conexión directos. Cuando están acoplados dos o más bloques, módulos, dispositivos o aparatos, puede haber uno o más bloques intermedios entre los dos bloques acoplados.

Los diversos bloques lógicos ilustrativos, módulos y circuitos descritos en conexión con las realizaciones dadas a conocer en el presente documento pueden ser implementados o realizaciones con un procesador de uso general, un procesador de señales digitales (DSP), un procesador de ordenador con un juego de instrucciones reducido (RISC), un circuito integrado de aplicaciones específicas (ASIC), una matriz de puertas programables in situ (FPGA) u otro dispositivo de lógica programable, puerta discreta o lógica de transistor, componentes diferenciados de soporte físico, o cualquier combinación de los mismos diseñada para llevar a cabo las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de uso general puede ser un microprocesador, pero, de forma alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estado. Un procesador también puede ser implementado 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 unión con un núcleo DSP, o cualquier otra configuración semejante.

Para una implementación en soporte lógico inalterable y/o soporte lógico, las técnicas descritas en el presente documento pueden ser implementadas como instrucciones (por ejemplo, procedimientos, funciones, etcétera) que lleven a cabo las funciones descritas en el presente documento. El soporte lógico inalterable y/o los códigos de soporte lógico pueden ser almacenados en una memoria y ejecutados por un procesador o procesadores. Si se implementan en soporte lógico, las funciones pueden ser almacenadas o transmitidas como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento de ordenador como medios de comunicaciones, incluyendo cualquier medio que facilite la transferencia de un programa de ordenador de un lugar a otro. Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible que pueda ser objeto de acceso por un ordenador. A título de ejemplo, y no de limitación, tales medios legibles por ordenador pueden comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento en disco óptico, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que pueda ser usado para portar o almacenar un código de programa deseado en forma de instrucciones o estructuras de datos y que pueda ser objeto de acceso por un ordenador. Además, cualquier conexión es denominada con acierto medio legible por ordenador. Por ejemplo, si el soporte lógico es transmitido desde un sitio web, un servidor u otra fuente remota usando un cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, una línea digital de abonado (DSL) o tecnología inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas, entonces el cable coaxial, el cable de fibra óptica, el par trenzado, DSL o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojos, radio y microondas están incluidos en la definición de medio. Tal como se usan en el presente documento, los términos *disk* y *disc*, en inglés, incluyen el disco (*disc*) compacto (CD), el disco (*disc*) láser, el disco (*disc*) óptico, el disco (*disc*) versátil digital (DVD), el disquete (*floppy disk*) y el disco (*disc*) Blu-ray, reproduciendo normalmente los datos los discos escritos *disk* en inglés de forma magnética, mientras que los discos escritos *disc* en inglés reproducen los datos ópticamente con láseres. Las combinaciones de los anteriores también debieran estar incluidas dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

5 Las etapas de un procedimiento, proceso o algoritmo descritas en conexión con las realizaciones dadas a conocer en el presente documento pueden ser implementadas directamente en soporte físico, en un módulo de soporte lógico ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Las diversas etapas o acciones en un procedimiento o proceso pueden ser llevadas a cabo en el orden mostrado, o puede ser llevadas a cabo en otro orden. Además, una o más etapas del proceso o del procedimiento pueden ser omitidas, o pueden añadirse una o más etapas de proceso o de procedimiento a los procedimientos y a los procesos. Pueden añadirse una etapa, un bloque o una acción adicionales al comienzo, al final o entre elementos existentes de los procedimientos y los procesos.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de reutilización de recursos en un sistema (100) de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 determinar la información del terminal, que incluye una ubicación del terminal (130, 132, 134, 136, 138, 140) dentro de una zona de cobertura;
 - determinar un primer haz (4201) en un primer conjunto (4201-4206) de haces a partir de una pluralidad de conjuntos de haces en base a la ubicación del terminal (130, 132, 134, 136, 138, 140), estando asociado cada haz en el primer conjunto (4201-4206) de haces con un subconjunto de recursos de una pluralidad de recursos; y
 - 10 transmitir señales utilizando el primer haz (4201) en el primer conjunto (4201-4206) de haces en al menos algunos recursos del subconjunto de recursos, y en el que la determinación del primer haz (4201) incluye seleccionar un vector de un código correspondiente al primer haz (4201) del primer conjunto (4201-4206) de haces y en el que la transmisión comprende ponderar las señales usando el vector del código para generar señales ponderadas; y
 - 15 pasar la transmisión de las señales del primer haz (4201) a un segundo haz de un segundo conjunto (4101-4106) de haces diferente del primer conjunto (4201-4206) de haces y en otro subconjunto de los recursos ortogonal con respecto al subconjunto de recursos asociados con el primer conjunto (4201-4206) de haces, estando asociado el otro subconjunto con el segundo conjunto (4101-4106) de haces, en el que las posiciones de los haces en el primer conjunto (4201-4206) de haces son complementarias de las posiciones de los haces en el segundo conjunto (4101-4106) de haces, de tal modo que un haz del primer conjunto (4201-4206) de haces proporcione una cobertura potente a una zona de débil cobertura del segundo conjunto (4101-4106) de haces, en el que cada conjunto de haces está dispuesto para proporcionar una cobertura sustancialmente completa en una misma zona de cobertura predeterminada.
2. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que el eje principal de un haz en el segundo conjunto (4101-4106) de haces está sustancialmente a medio camino entre los ejes principales de los haces adyacentes procedentes de conjuntos de haces diferenciados.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que la pluralidad de recursos comprende ranuras de tiempo y cada subconjunto de las ranuras de tiempo asociadas con cada conjunto de haces es ortogonal con cada subconjunto de ranuras de tiempo asociadas con cada uno de los demás conjuntos de haces.
4. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que la determinación de la información de terminal comprende determinar al menos una métrica de la calidad.
5. El procedimiento de la reivindicación 4 en el que la determinación de al menos una métrica de la calidad comprende determinar una entrada de un código recibida del terminal (130, 132, 134, 136, 138, 140).
6. El procedimiento de la reivindicación 4 en el que la determinación de al menos una métrica de la calidad comprende determinar una entrada de un código en base a las señales piloto recibidas del terminal (130, 132, 134, 136, 138, 140).
7. El procedimiento de la reivindicación 4 en el que la determinación de al menos una métrica de la calidad comprende determinar información de la calidad del canal.
8. El procedimiento de la reivindicación 4 en el que la determinación de al menos una métrica de la calidad comprende determinar información de la calidad del canal en base a señales recibidas del terminal (130, 132, 134, 136, 138, 140).
9. Un aparato (200) configurado para soportar la reutilización de recursos en un sistema (100) de comunicaciones inalámbricas, comprendiendo el aparato (200):
 - 45 un medio para determinar la información del terminal, que incluye una ubicación del terminal (130, 132, 134, 136, 138, 140) dentro de una zona de cobertura;
 - un medio para determinar un primer haz (4201) en un primer conjunto (4201-4206) de haces a partir de una pluralidad de conjuntos de haces en base a la ubicación del terminal (130, 132, 134, 136, 138, 140), estando asociado cada haz en el primer conjunto (4201-4206) de haces con un subconjunto de recursos de una pluralidad de recursos; y
 - 50 un medio para transmitir señales utilizando el primer haz (4201) en el primer conjunto (4201-4206) de haces en al menos algunos recursos del subconjunto de recursos, en el que el medio para la determinación del primer haz (4201) incluye un medio para seleccionar un vector de un código correspondiente al primer haz (4201) del primer conjunto (4201-4206) de haces y en el que el medio de transmisión comprende un medio para ponderar las señales usando el vector del código para generar señales ponderadas; y
 - 55 un medio para pasar la transmisión de las señales del primer haz (4201) a un segundo haz de un segundo conjunto (4101-4106) de haces diferente del primer conjunto (4201-4206) de haces y en otro subconjunto

de los recursos ortogonal con respecto al subconjunto de recursos asociados con el primer conjunto (4201-4206) de haces, estando asociado el otro subconjunto con el segundo conjunto (4101-4106) de haces, en el que las posiciones de los haces en el primer conjunto (4201-4206) de haces son complementarias de las posiciones de los haces en el segundo conjunto (4101-4106) de haces, de tal modo que un haz del primer conjunto (4201-4206) de haces proporcione una cobertura potente a una zona de débil cobertura del segundo conjunto (4101-4106) de haces, en el que cada conjunto de haces está dispuesto para proporcionar una cobertura sustancialmente completa en una misma zona de cobertura predeterminada.

- 5
- 10
- 15
- 20
10. El aparato (200) de la reivindicación 9 en el que el medio para determinar la información del terminal y el medio para determinar el primer haz comprenden un procesador, memoria e instrucciones almacenadas en la memoria.
 11. El aparato de la reivindicación 10 en el que el primer subconjunto de recursos comprende un subconjunto de subportadoras en un sistema de acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia OFDMA.
 12. El aparato (200) de la reivindicación 10 en el que el primer subconjunto de recursos comprende un subconjunto de ranuras de tiempo y cada subconjunto de ranuras de tiempo asociadas con cada conjunto de haces es ortogonal con cada subconjunto de ranuras de tiempo asociadas con cada uno de los demás conjuntos de haces.
 13. Un medio legible por ordenador que incluye instrucciones sobre el mismo que pueden ser ejecutadas por uno o más procesadores, comprendiendo las instrucciones instrucciones para llevar a cabo las etapas de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

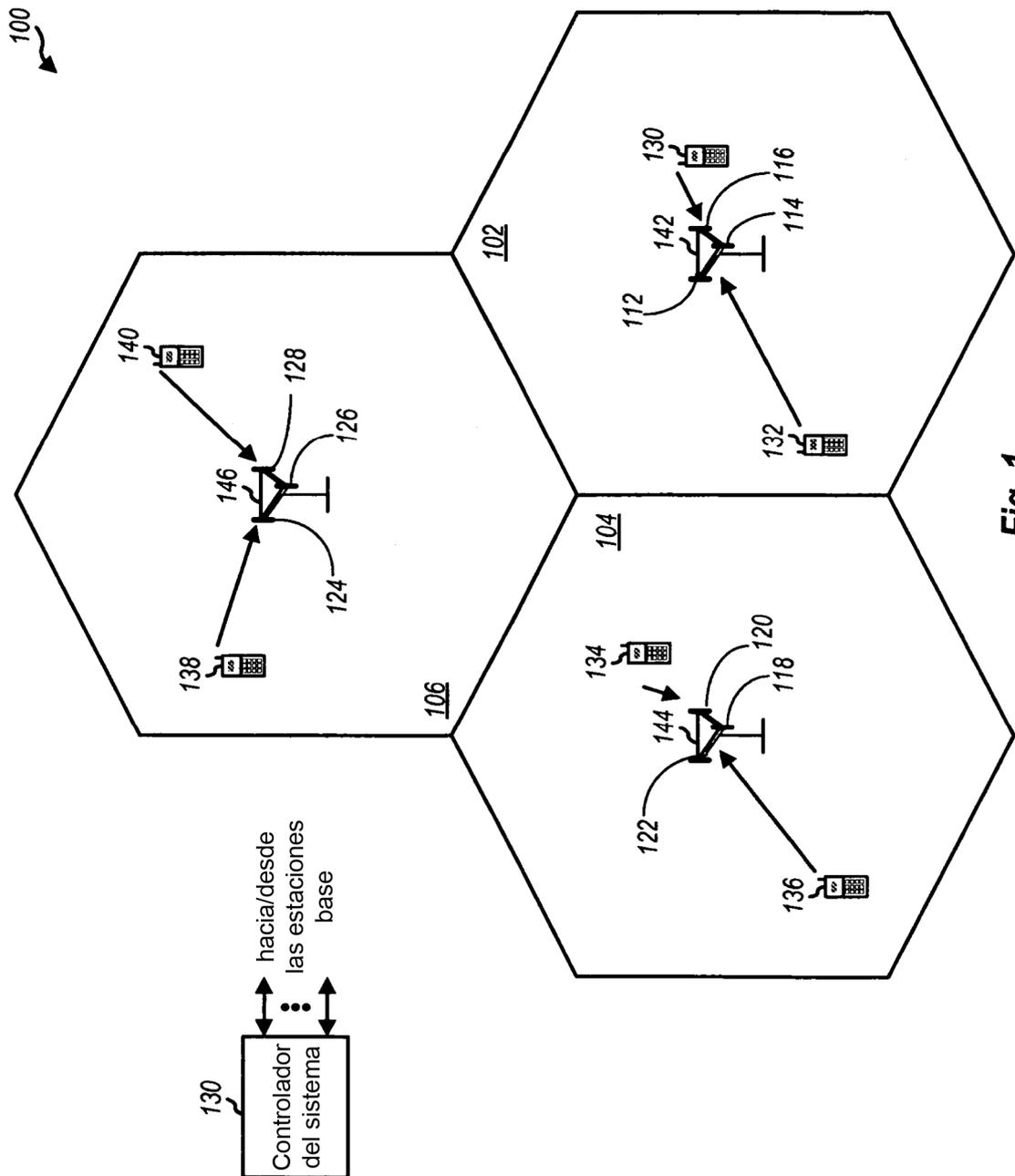


Fig. 1

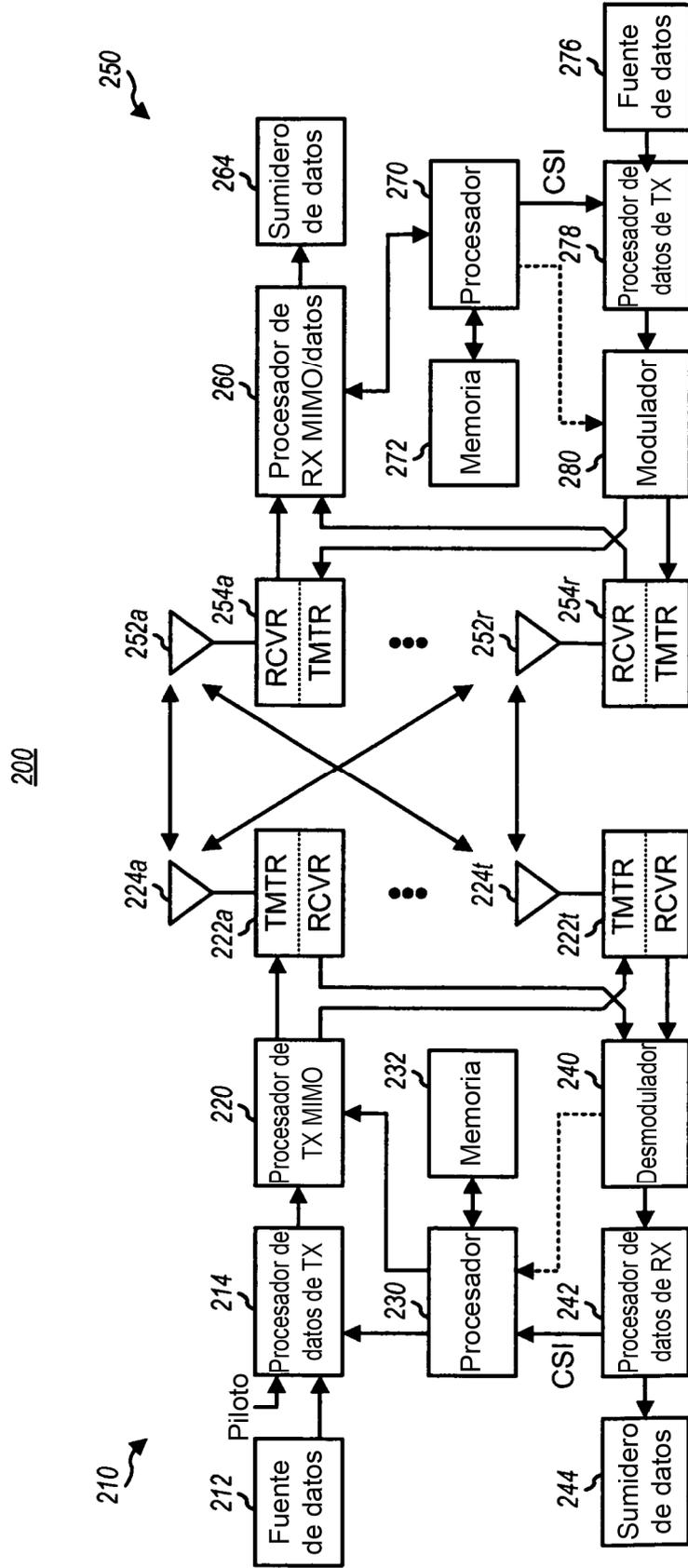


Fig. 2

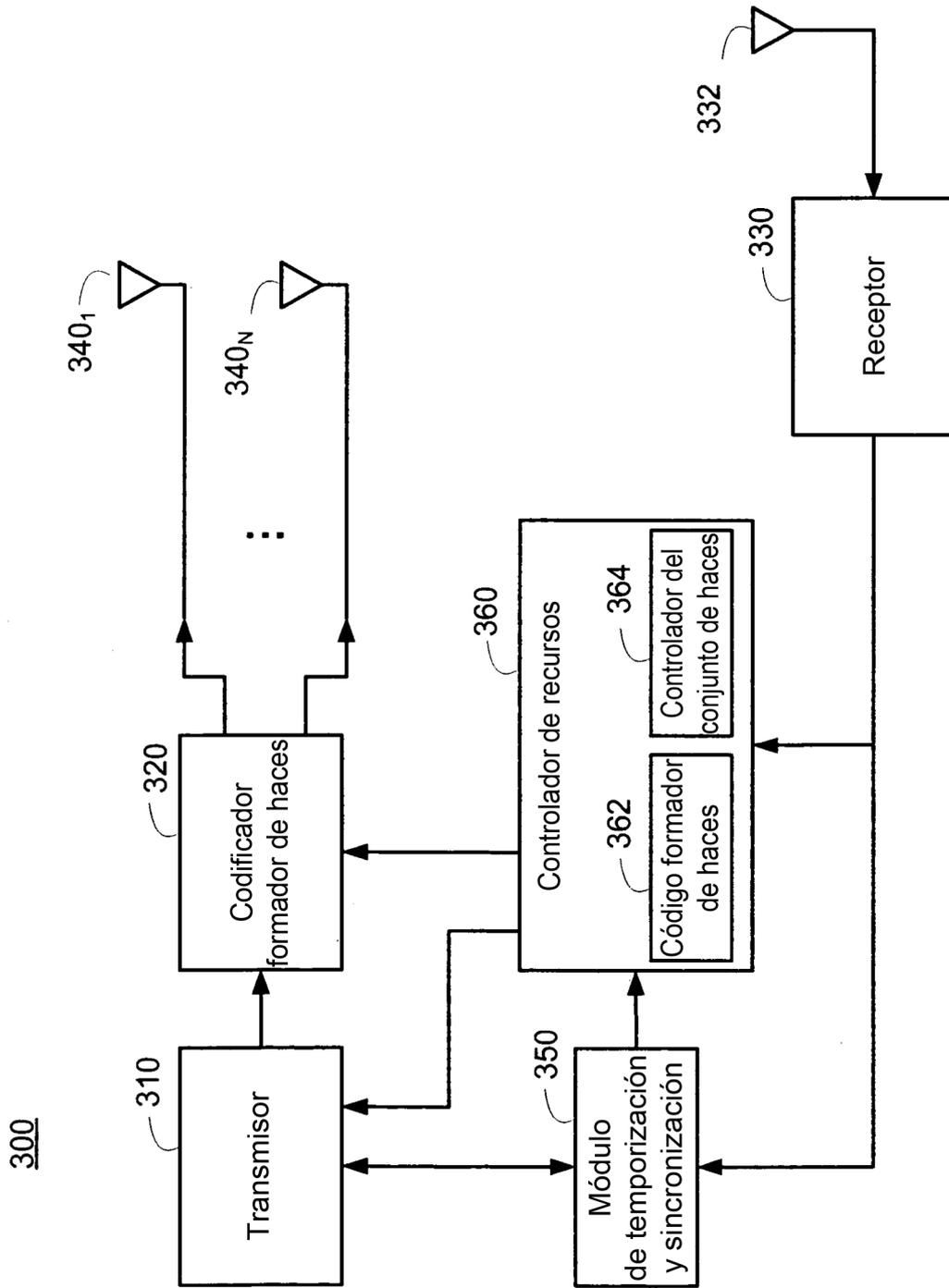


Fig. 3

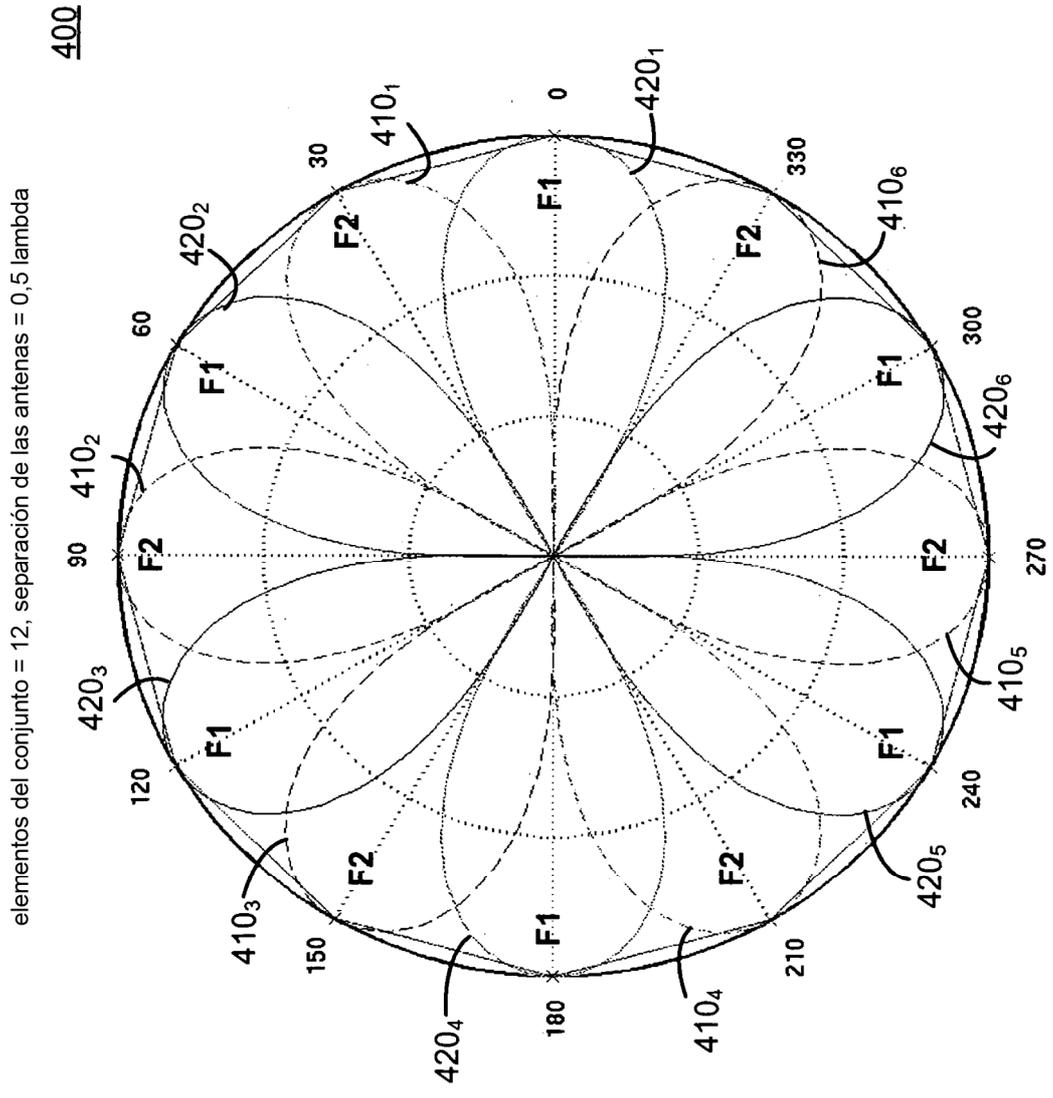


Fig. 4

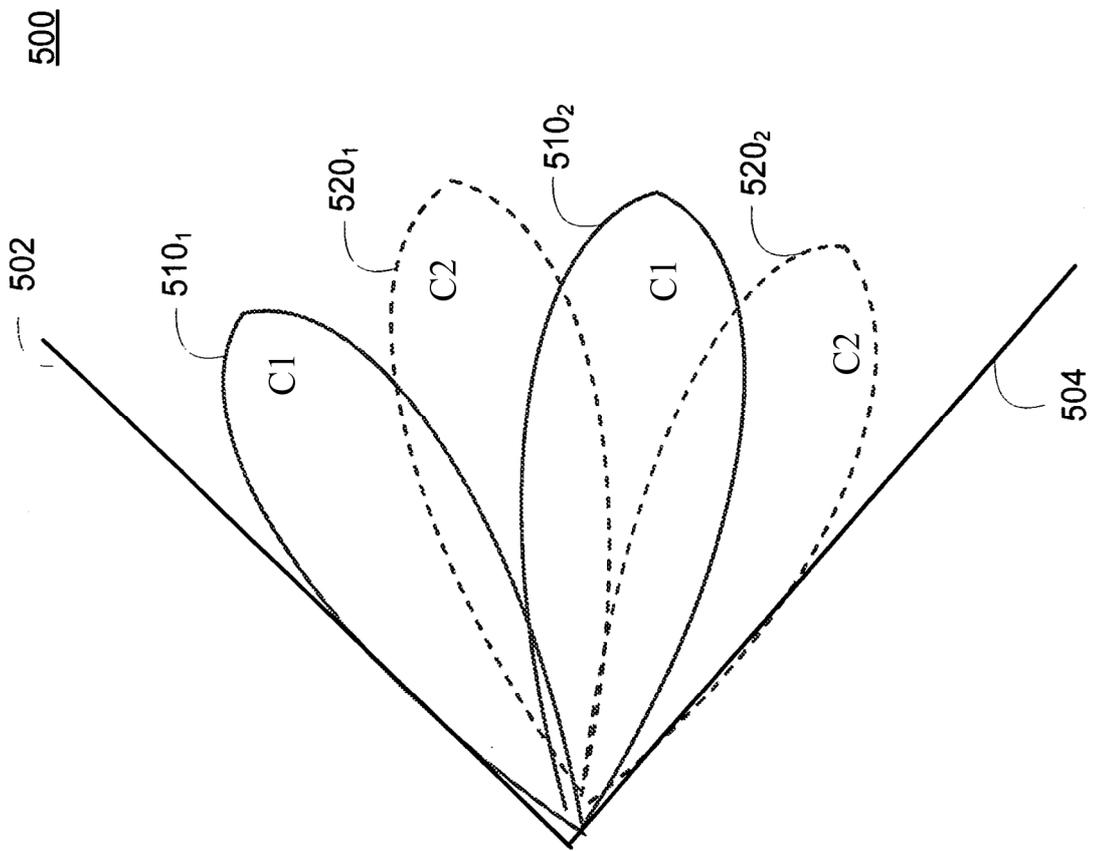


Fig. 5

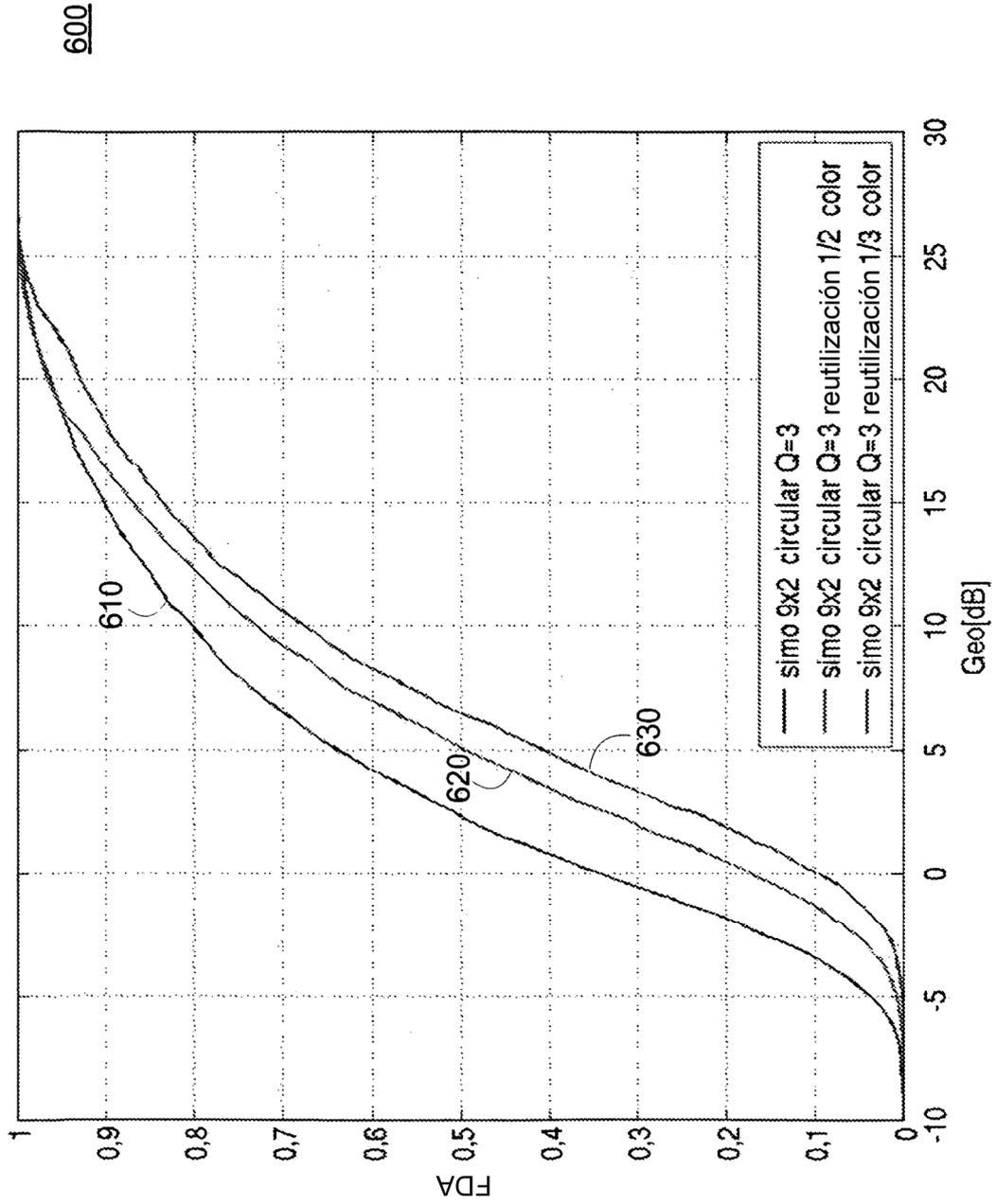


Fig. 6

700

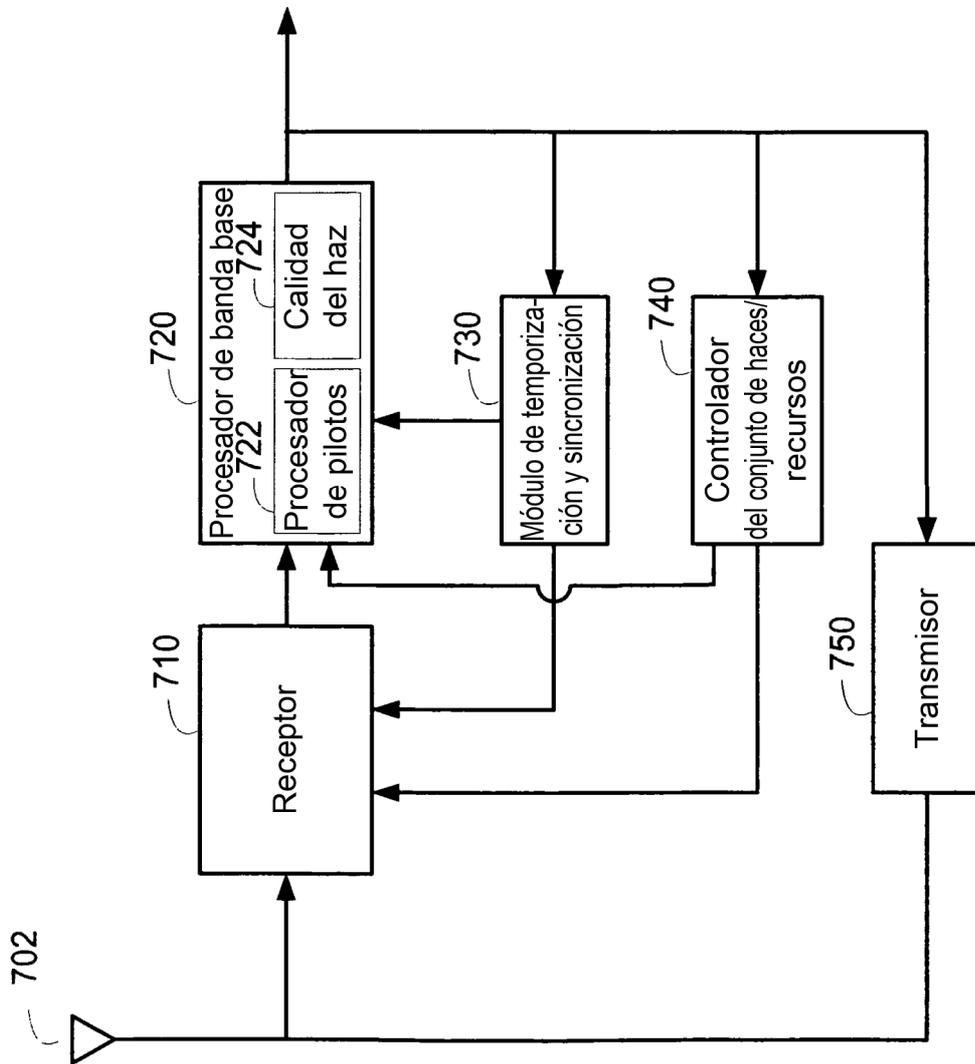


Fig. 7

800

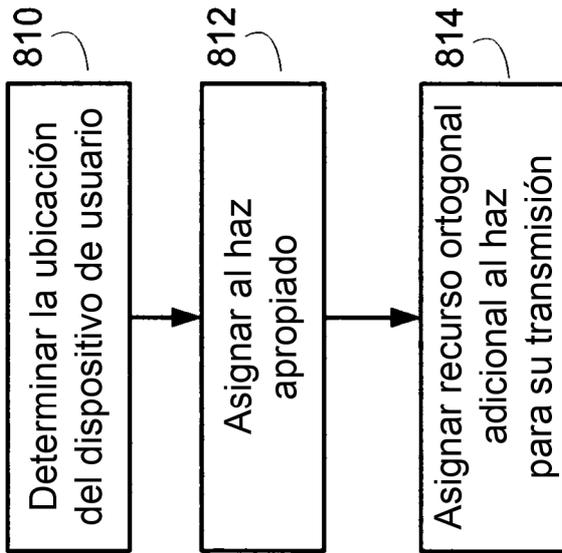


Fig. 8A

802

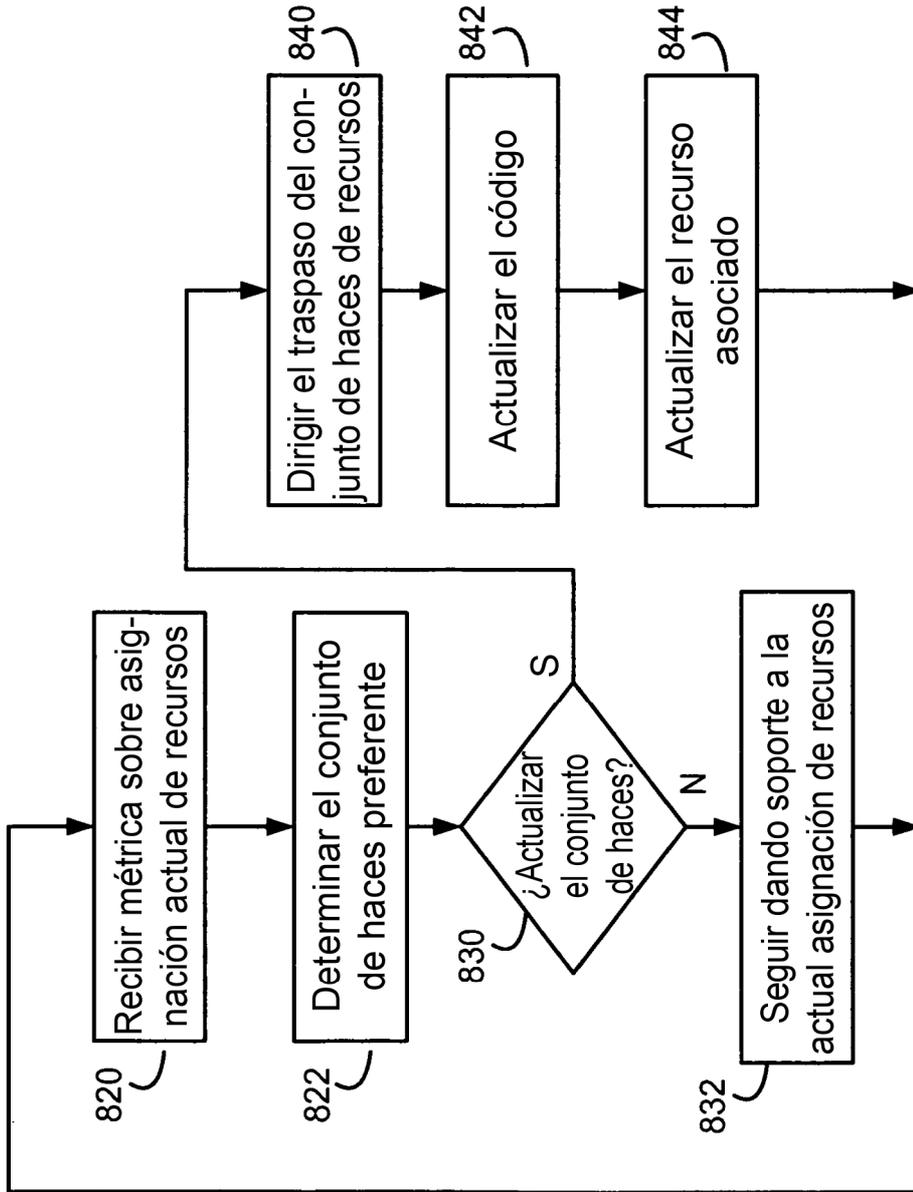


Fig. 8B

804

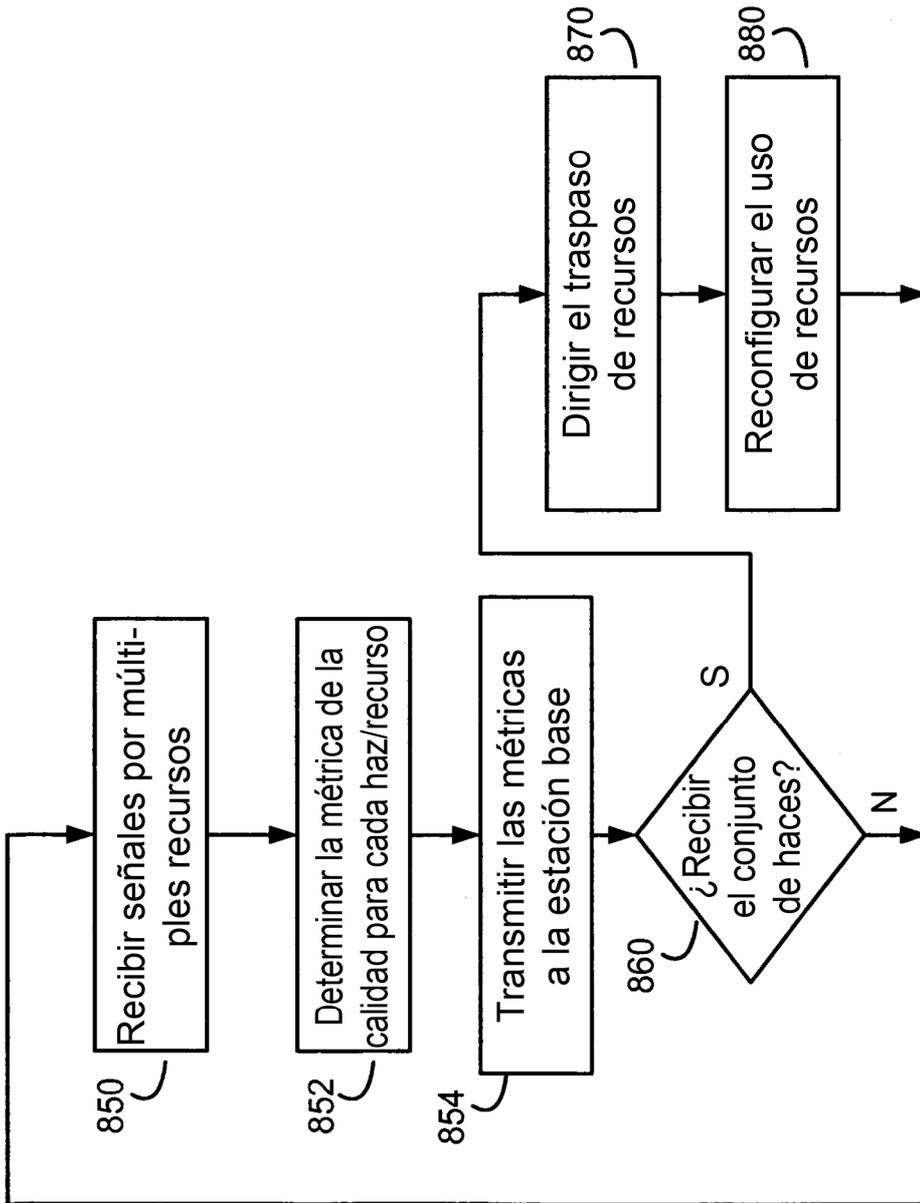


Fig. 8C

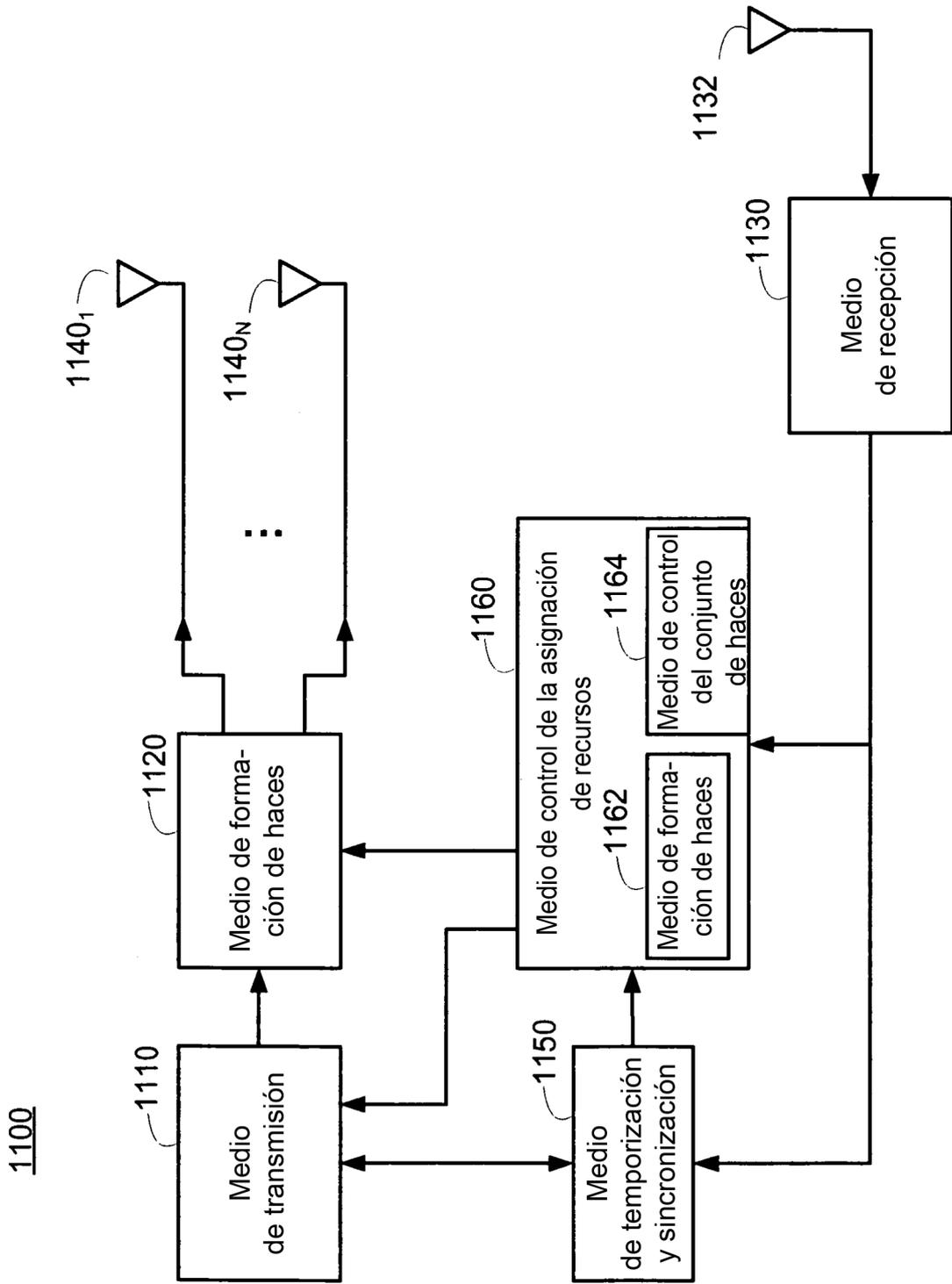


Fig. 9

1200

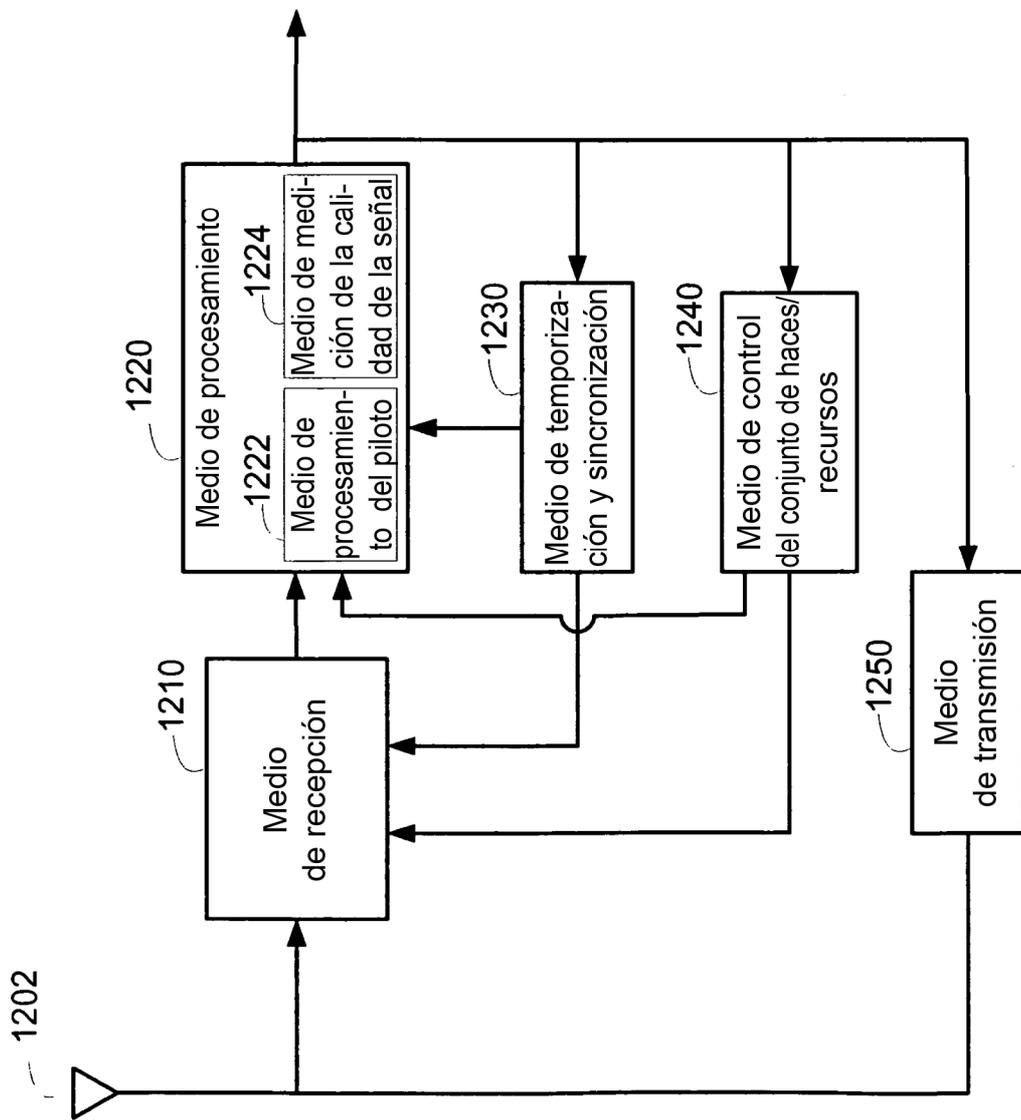


Fig. 10