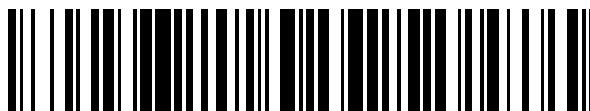


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 693 424**

51 Int. Cl.:

**H04L 1/00** (2006.01)

**H04L 1/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.03.2006 PCT/US2006/009468**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.09.2006 WO06099525**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.03.2006 E 06738520 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 1856832**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para reducir los recursos de enlace ascendente para proporcionar retroalimentación de rendimiento de canal para el ajuste de velocidades de datos de canal MIMO de enlace descendente**

30 Prioridad:  
**11.03.2005 US 78470**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.12.2018**

73 Titular/es:  
**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)  
5775 Morehouse Drive  
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:  
**KIM, BYOUNG-HOON**

74 Agente/Representante:  
**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 693 424 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistemas y procedimientos para reducir los recursos de enlace ascendente para proporcionar retroalimentación de rendimiento de canal para el ajuste de velocidades de datos de canal MIMO de enlace descendente

5

## ANTECEDENTES

## Campo

[0001] La invención se refiere en general a sistemas de comunicación inalámbricas, y más particularmente a sistemas y procedimientos para reducir la cantidad de retroalimentación que se necesita para seleccionar velocidades de datos apropiadas para codificar flujos de datos con el fin de maximizar el rendimiento de datos.

## Antecedentes

15

[0002] Los sistemas de comunicación inalámbrica pueden incluir múltiples estaciones base y múltiples estaciones móviles. En cualquier momento dado, una estación base particular puede estar en comunicación con una o más estaciones móviles. Las comunicaciones desde la estación base a las estaciones móviles se denominan a menudo enlace directo o enlace descendente, mientras que las comunicaciones desde las estaciones móviles a la estación base se denominan enlace inverso o enlace ascendente.

20

[0003] Los datos que se deben comunicar entre la estación base y la estación móvil típicamente son codificados, transmitidos por un transmisor (ya sea en la estación base o en la estación móvil), recibidos por un receptor (ya sea en la estación móvil o en la estación base) y a continuación descodificados. Los datos se codifican a una velocidad de datos que se selecciona basándose en la calidad del enlace de comunicación. Cuanto mejor sea el enlace, mayor será la velocidad de datos que se puede usar.

25

[0004] Si bien la estación base típicamente tiene la capacidad de poder aumentar la potencia a la que se transmiten los datos y de ese modo aumentar la calidad del canal, esto puede no ser siempre deseable. Por ejemplo, si la calidad del enlace de comunicación ya es suficiente para soportar una velocidad de datos adecuada, aumentar la potencia puede simplemente aumentar la interferencia con otras comunicaciones. Por lo tanto, las estaciones base suelen implementar algún tipo de mecanismo para controlar la potencia y las velocidades de datos a las que se transmiten los datos. Esto puede suponer, por ejemplo, medir el rendimiento (p. ej., relación señal/ruido o SNR) en la estación móvil, proporcionar información sobre el rendimiento a la estación base y cambiar la velocidad de datos a la que se codifican y transmiten los datos basándose en el rendimiento medido.

30

35

[0005] Uno de los avances más recientes en comunicaciones inalámbricas ha sido el desarrollo de sistemas MIMO (múltiples entradas, múltiples salidas). Un sistema MIMO usa múltiples antenas de transmisión y múltiples antenas de recepción para establecer canales múltiples que se pueden distinguir espacialmente entre sí. Uno de los problemas que se ha encontrado en el desarrollo de las comunicaciones que utilizan la tecnología MIMO es la maximización del rendimiento para cada uno de los canales MIMO y la cantidad de comentarios que se necesitan para maximizar el rendimiento.

40

[0006] Un enfoque (denominado Control de frecuencia por antena, o PARC) requiere que se proporcione un valor de SNR por separado para cada uno de los canales MIMO. Este enfoque no es ideal debido a la gran cantidad de recursos de enlace ascendente que se requieren para proporcionar SNR para cada uno de los canales. Otro enfoque (conocido como arquitectura de espacio tiempo en capas de Laboratorios Bell en diagonal, o D-BLAST) solo requiere un único valor de SNR como retroalimentación, pero requiere la transmisión de señales nulas antes de transmitir la secuencia de bloques de datos codificados para una parte de los canales MIMO. Esto da como resultado una utilización ineficiente de los canales. Un tercer enfoque (denominado arquitectura de espacio tiempo en capas de Laboratorios Bell de reutilización de códigos, o CR-BLAST) también requiere solo un único valor de SNR como retroalimentación, pero utiliza un único codificador común para codificar todos los flujos MIMO. Como resultado, no puede aprovechar la ventaja de la cancelación de interferencia sucesiva (SIC) y el control de velocidad optimizado individualmente. A menos que se incorpore con desmodulación y descodificación iterativa altamente compleja, el rendimiento de CR-BLAST se vuelve mucho más pobre que los sistemas que emplean SIC y control de velocidad optimizado individualmente. Por lo tanto, sería deseable proporcionar sistemas y procedimientos en los que se pueda transmitir una cantidad reducida de retroalimentación (por ejemplo, SNR separadas para cada uno de los canales) desde la estación móvil a la estación base en el enlace ascendente, en la que la utilización de los canales no se ve reducida por la transmisión de señales nulas, y en los que se puede aplicar control de velocidad individual y SIC.

45

50

55

60

[0007] Se llama la atención sobre el documento US 2005/031044 que se refiere a un procedimiento y sistema de comunicación para seleccionar un modo para codificar datos para la transmisión en un canal de comunicación inalámbrica entre una unidad de transmisión y una unidad de recepción. Los datos se transmiten inicialmente en un modo inicial y la selección del modo subsiguiente se basa en una selección de parámetros estadísticos de primer orden y de segundo orden de parámetros de calidad a corto y largo plazo. Entre los parámetros de calidad

65

a corto plazo adecuados se incluyen relación de señal a interferencia y ruido (SINR), la relación señal/ruido (SNR), el nivel de potencia, y entre los parámetros de calidad a largo plazo adecuados se incluyen tasas de error tales como tasa de error de bit (BER) y tasa de error de paquete (PER).

## 5 SUMARIO

[0008] De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento implementado en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO), como se establece en la reivindicación 1, un procedimiento para comunicación inalámbrica de múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO), como se establece en la reivindicación 11, un procedimiento para comunicación inalámbrica de múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO), como se establece en la reivindicación 17, un aparato para un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO), como se establece en la reivindicación 24, un aparato para un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO), como se establece en la reivindicación 30, y un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas, múltiples salidas (MIMO), como se establece en la reivindicación 37. Otros modos de realización se reivindican en las reivindicaciones dependientes.

[0009] Los modos de realización de la invención que se divulgan en el presente documento abordan una o más de las necesidades indicadas anteriormente proporcionando sistemas y procedimientos para mejorar el rendimiento de un sistema de comunicación inalámbrica MIMO reduciendo la cantidad de recursos de enlace ascendente necesarios para proporcionar retroalimentación de rendimiento del canal para el ajuste de velocidades de datos en los canales MIMO de enlace descendente. En un modo de realización, los flujos de datos se codifican, intercalan y asignan convencionalmente a símbolos de modulación en una estación base. A continuación, los símbolos de modulación se mezclan de acuerdo con un patrón pseudoaleatorio y se transmiten mediante un conjunto de antenas de transmisión de manera que los datos de cada flujo de datos se transmiten por todos los canales MIMO. En un modo de realización, se usa una permutación completa de las combinaciones posibles. Los datos se reciben en una estación móvil, sin mezclar (inversamente permutados) y descodificados. Se determina una SNR para cada flujo de datos. En un modo de realización, los flujos de datos se descodifican usando la cancelación de interferencia sucesiva. A continuación, se calcula una métrica de SNR condensada (por ejemplo, una SNR de referencia y una  $\Delta$ SNR) y se transmite de vuelta a la estación base. La estación base determina las SNR para cada uno de los flujos de datos basándose en la métrica de SNR condensada y utiliza estas SNR para ajustar las velocidades de datos a las que se codifican los flujos de datos respectivos. En otro modo de realización, los flujos de datos se descodifican sin SIC. En este caso, la parte  $\Delta$ SNR de la SNR condensada se pone a cero.

[0010] Un modo de realización comprende un procedimiento que incluye codificar cada uno de un conjunto de flujos de datos de acuerdo con las velocidades de datos correspondientes, mezclar los flujos de datos en un conjunto de canales MIMO de acuerdo con una permutación completa de combinaciones, transmitir los flujos de datos permutados, recibir los flujos de datos permutados, permutar inversamente los flujos de datos, descodificar y determinar una SNR para cada uno de los flujos de datos, calcular una métrica de SNR condensada para el conjunto de flujos de datos, proporcionar la métrica condensada como retroalimentación, determinar un conjunto de métricas de SNR individuales para los flujos de datos basándose en la métrica de SNR condensada, y ajustar las velocidades de datos a las que se codifican los flujos de datos basándose en las métricas de SNR individuales.

[0011] Otro modo de realización comprende un sistema de comunicación inalámbrica MIMO. El sistema incluye una estación base que tiene una pluralidad de antenas de transmisión MIMO y una estación móvil que tiene una pluralidad de antenas de recepción MIMO. La estación base está configurada para codificar cada una de una pluralidad de flujos de datos de acuerdo con una velocidad de datos correspondiente, permutar los flujos de datos y transmitir cada uno de los flujos de datos por una pluralidad de canales MIMO correspondientes a las antenas de transmisión MIMO. La estación móvil está configurada para permutar inversamente los flujos de datos para reproducir los flujos de datos codificados, descodificar los flujos de datos y determinar una métrica de calidad correspondiente a cada uno de los flujos de datos. A continuación, la estación móvil determina una métrica de calidad condensada basándose en las métricas de calidad correspondientes a cada uno de los flujos de datos y transmite la métrica de calidad condensada de vuelta a la estación base. La estación base está configurada para determinar una métrica de calidad individual asociada a cada una de los flujos de datos basándose en la métrica de calidad condensada, y luego ajustar las velocidades de datos a las que se codifica cada una de los flujos de datos basándose en las métricas de calidad individuales.

[0012] Numerosos modos de realización alternativos también son posibles.

## 60 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

### [0013]

La FIG. 1 es un diagrama de bloques funcional que ilustra la estructura de un transmisor inalámbrico a modo de ejemplo;

La FIG. 2 es un diagrama de bloques funcional que ilustra la estructura de un receptor inalámbrico a modo de ejemplo;

5 La FIG. 3 es un diagrama que ilustra la transmisión de cada uno de un conjunto de flujos de datos por un conjunto correspondiente de canales MIMO de acuerdo con la técnica anterior;

Las FIGs. 4A y 4B son un par de diagramas que ilustran la transmisión de cada uno de un conjunto de flujos de datos por cada uno de un conjunto de canales MIMO de acuerdo con un modo de realización;

10 La FIG. 5 es una tabla que ilustra todas las posibles permutaciones de cuatro flujos de datos transmitidos a través de cuatro canales MIMO;

15 La FIG. 6 es un diagrama de bloques funcional que ilustra la estructura de un sistema que utiliza la permutación de antena pseudoaleatoria y la cancelación de interferencia sucesiva de acuerdo con un modo de realización; y

20 La FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento y transmisión de múltiples flujos de datos en un sistema de comunicación MIMO, así como la determinación de una métrica condensada que se proporcionará como retroalimentación para el control de las velocidades de datos en el procesamiento de los flujos de datos de acuerdo con un modo de realización.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

25 **[0014]** Uno o más modos de realización de la invención se describen a continuación. Debe observarse que estas y cualesquiera otros modos de realización descritos a continuación son a modo de ejemplo y están destinadas a ser ilustrativas de la invención, en lugar de limitar.

30 **[0015]** Como se describe en el presente documento, varios modos de realización de la invención comprenden sistemas y procedimientos para mejorar el rendimiento de un sistema de comunicación inalámbrica MIMO reduciendo la cantidad de recursos de enlace ascendente (enlace inverso) que se necesitan para proporcionar retroalimentación de rendimiento de SNR/canal para el ajuste de velocidades de datos en los canales MIMO del enlace descendente (enlace directo).

35 **[0016]** En un modo de realización, un conjunto de flujos de datos en una estación base se codifica usando velocidades de datos correspondientes. Los flujos de datos codificados están listos para ser transmitidos. En lugar de transmitir cada uno de los flujos de datos codificados por uno solo de los canales MIMO, sin embargo, los bloques sucesivos en una trama de cada flujo de datos codificados se mezclan y transmiten mediante los diferentes canales MIMO. Es decir, los flujos de datos se permutan a través de los diferentes canales.

40 **[0017]** En este modo de realización, se transmite un primer bloque de cada uno de los flujos de datos mediante una primera combinación de canales MIMO. Por ejemplo, si hay cuatro flujos de datos numerados 1-4 y cuatro canales MIMO numerados 1-4, los primeros bloques de flujos de datos 1-4 pueden transmitirse por los canales MIMO 1-4, respectivamente. Entonces, los segundos bloques de los flujos de datos 1-4 podrían transmitirse por los canales MIMO 2, 3, 4 y 1, respectivamente, y los terceros bloques podrían transmitirse por los canales 3, 4, 1 y 2, respectivamente. En este modo de realización, los bloques sucesivos de los flujos de datos 1-4 se transmiten por cada una de las 24 permutaciones posibles de los canales MIMO 1-4.

50 **[0018]** Los canales MIMO transmitidos por la estación base son distinguibles espacialmente por el receptor MIMO de una estación móvil. La estación móvil puede, por lo tanto, tomar los bloques de datos codificados de cada uno de los canales MIMO y reconstruir los flujos de datos codificados (se supone que la estación móvil conoce el esquema de permutación utilizado por la estación base para mezclar (permutar) los bloques de los flujos de datos a través de los canales MIMO). El receptor descodifica los flujos de datos y determina una SNR para cada uno de los flujos de datos.

55 **[0019]** Debido a que los bloques de cada flujo de datos se han transmitido a través de los cuatro canales MIMO, cada uno de los cuatro flujos de datos habrá experimentado las mismas condiciones de canal, en medio si el canal permanece casi estático durante la transmisión de toda la trama codificada. Como resultado, cuando se determinan las SNR (mediadas en una trama) para cada uno de los flujos de datos, los valores de SNR deberían variar solo debido a la cancelación de interferencia que se puede lograr cuando cada flujo de datos se descodifica y luego se usa como retroalimentación para eliminar la interferencia asociada de los flujos de datos restantes que se descodificarán posteriormente. Esto se conoce como cancelación de interferencia sucesiva.

60 **[0020]** Debido a que la SNR de los cuatro flujos de datos varía solo como resultado de la cancelación de interferencia sucesiva, los valores de SNR no variarán enormemente, sino que se comportarán relativamente bien. Esto es cierto incluso si las condiciones del canal MIMO pueden ser muy diferentes (y por lo tanto podrían hacer

que las SNR de los flujos de datos transmitidas por separado por los canales MIMO individuales correspondientes varíen en un grado mucho mayor).

[0021] El hecho de que las SNR de los diferentes flujos de datos se comporten relativamente bien permite que los valores de SNR se representen, con una precisión razonable, en forma condensada (es decir, una forma más compacta que separadamente proporcionando cada una de las cuatro valores de SNR diferentes.) Por ejemplo, las SNR pueden representarse mediante un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SNR, donde el valor de SNR de referencia corresponde a la SNR del primer flujo de datos descodificados, y el valor de  $\Delta$ SNR corresponde a la diferencia entre los valores de SNR de flujos de datos sucesivos.

[0022] La estación móvil transmite la representación SNR condensada a la estación base a través del enlace ascendente. Debido a que la representación de SNR condensada es menor que la representación de cuatro valores de SNR individuales, se requieren menos recursos de enlace ascendente para proporcionar esta retroalimentación a la estación base. La estación base utiliza entonces la representación condensada de las SNR para las diferentes flujos de datos como base para ajustar las velocidades de datos con las que los diferentes flujos de datos se codifican posteriormente. En otras palabras, para un flujo de datos, la estación base asumirá que la SNR medida por la estación móvil fue igual al valor de SNR de referencia y se ajustará a la velocidad de datos para este flujo de datos como se indica mediante la SNR de referencia. Para el próximo flujo de datos, la estación base asumirá un valor de SNR medido igual al valor de SNR de referencia más el valor  $\Delta$ SNR. Para el siguiente flujo de datos, se usará un valor igual a la SNR de referencia más dos veces el valor de  $\Delta$ SNR, y así sucesivamente, con la velocidad de datos de cada flujo de datos que se ajusta en consecuencia.

[0023] Antes de analizar en detalle los modos de realización a modo de ejemplo, será útil describir la operación básica de un solo canal físico en un sistema de comunicación inalámbrica típico. Con referencia a la FIGURA 1, se muestra un diagrama de bloques funcionales que ilustra la estructura de un transmisor inalámbrico a modo de ejemplo.

[0024] Como se representa en la FIGURA 1, un flujo de datos es recibido y procesado por un codificador 110. El flujo de datos está codificado a una velocidad de datos seleccionada, como se analizará más adelante. El flujo de datos codificados se envía a un intercalador 120, y luego a un asignador/modulador 130. La señal modulada se envía a continuación a una antena 140, que transmite la señal modulada.

[0025] Con referencia a la FIGURA 2, se muestra un diagrama de bloques funcionales que ilustra la estructura de un receptor inalámbrico a modo de ejemplo. En esta figura, la señal transmitida por la antena 140 es recibida por la antena 250, y a continuación es enviada al desmodulador/desasignador 260. La señal se desmodula y pasa al desintercalador 270. Después de que la señal se desintercala, se descodifica mediante el descodificador 280 para reproducir el flujo de datos original. Cabe señalar que pueden producirse algunos errores durante el procesamiento de la señal mediante el transmisor y el receptor, por lo que "flujo de datos original", como se usa aquí, se refiere a la señal descodificada, tanto si es una reproducción completamente precisa de la señal original, como si contiene algunos errores.

[0026] Las FIGURAS 1 y 2 representan un mecanismo para comunicar información en una única dirección. Por ejemplo, la información puede comunicarse desde una estación base a una estación móvil en un sistema de teléfono celular. Típicamente, las comunicaciones son bidireccionales, en lugar de unidireccionales, por lo que se puede usar un conjunto similar de estructuras para comunicar información desde la estación móvil a la estación base, así como desde la estación base a la estación móvil. En este tipo de sistema, las comunicaciones desde la estación base a la estación móvil se denominan típicamente el enlace directo, mientras que las comunicaciones desde la estación móvil a la estación base se denominan el enlace inverso.

[0027] Como se indicó anteriormente, la codificación del flujo de datos en el transmisor se basa en una velocidad de datos que se selecciona para la transmisión de los datos. La velocidad de datos, a su vez, se selecciona basándose en la calidad de la señal recibida. Si la calidad de la señal recibida es más alta, el receptor puede descodificar una velocidad de datos más alta. Por lo tanto, es deseable aumentar la velocidad de datos para que se pueda lograr un mayor rendimiento. Si la calidad de la señal recibida es menor, el receptor solo puede descodificar una velocidad de datos inferior. En este caso, es deseable disminuir la velocidad de datos de modo que haya menos errores en los datos descodificados.

[0028] Para determinar la velocidad de datos que se debe seleccionar para codificar el flujo de datos, primero es necesario determinar la calidad de la señal recibida. En algunos sistemas, la calidad de la señal se determina midiendo la relación señal/ruido (SNR) de la señal. En ciertos niveles de SNR, las velocidades de datos correspondientes pueden ser compatibles. Por ejemplo, SNR1 puede soportar hasta  $data\_rate1$  con una tasa de error aceptable, SNR2 puede soportar hasta  $data\_rate2$ , y así sucesivamente. Estos sistemas, por lo tanto, miden la SNR de la señal recibida y transmiten esta información de vuelta al transmisor, que luego determina si la velocidad de datos que se usa actualmente para codificar los datos para la transmisión es aceptable, demasiado alta o demasiado baja. Si la velocidad de datos es demasiado alta o demasiado baja, se puede seleccionar una velocidad de datos más apropiada para la codificación posterior.

- 5 **[0029]** Es un asunto relativamente sencillo en este escenario de un solo canal proporcionar la SNR de la señal recibida como retroalimentación para usar en el ajuste de la velocidad de datos a la cual se codifican los datos. La información de SNR es suficiente a los efectos de seleccionar una velocidad de datos, y esta información no constituye un coste indirecto especialmente grande. Incluso si el coste general se considera grande, sería difícil reducir esta carga, ya que la SNR es un valor único y esta información es necesaria para determinar la velocidad de datos adecuada.
- 10 **[0030]** Algunos sistemas, sin embargo, no tienen un solo canal. Por ejemplo, un sistema MIMO (múltiples entradas, múltiples salidas) tiene múltiples canales físicos. Un transmisor MIMO tiene múltiples antenas, cada una de las cuales puede usarse para transmitir uno diferente de los múltiples canales MIMO. De manera similar, un receptor MIMO tiene múltiples antenas que se usan para distinguir entre los diferentes canales físicos transmitidos por las antenas del transmisor y para recibir estos canales físicos separados.
- 15 **[0031]** En un sistema MIMO típico, cada canal se procesa esencialmente de la misma manera que un sistema de un solo canal. En otras palabras, para cada canal, un flujo de datos se codifica a una velocidad de datos seleccionada, intercalada, asignada/modulada, transmitida a través de una correspondiente de las antenas MIMO, recibida en el receptor, desasignada/desmodulada, desintercalada y decodificada para construir el flujo de datos original. Este proceso continúa en paralelo para cada uno de los canales MIMO.
- 20 **[0032]** El sistema MIMO está configurado para que los canales físicos sean independientes entre sí. Por lo tanto, múltiples flujos de datos pueden transmitirse por separado a través de los diferentes canales. En otras palabras, cada uno de los flujos de datos puede ser transmitido por una antena de transmisión diferente, y puede distinguirse mediante el receptor MIMO de múltiples antenas. Esto se ilustra en la FIGURA 3.
- 25 **[0033]** Con referencia a la FIGURA 3, se muestra un diagrama que ilustra la transmisión de cada uno de un conjunto de flujos de datos por un conjunto correspondiente de canales MIMO de acuerdo con un sistema de la técnica anterior. El sistema de la FIGURA 3 es representativo de, por ejemplo, un sistema PARC. En este sistema, un conjunto de flujos de datos codificados 311-314 es transmitido por un conjunto de antenas de transmisión 321-324. Las señales transmitidas son recibidas por las antenas de recepción 331-334. El procesador de señal de espacio-tiempo 335 procesa las señales recibidas (todas las cuales son recibidas por cada una de las antenas 331-334) para distinguir los flujos de datos 341-344 (que son esencialmente las mismas que los flujos de datos 311-314).
- 30 **[0034]** Debido a que los canales MIMO son independientes entre sí, los diferentes canales pueden tener diferentes características de atenuación. En otras palabras, cada uno de los canales del sistema MIMO podría tener una SNR diferente. Como resultado, los diferentes canales pueden necesitar codificar los flujos de datos respectivos a diferentes velocidades de datos para maximizar el rendimiento de cada uno de los canales.
- 35 **[0035]** La forma directa de proporcionar esta información de SNR sería medir por separado las SNR para cada uno de los canales MIMO, y luego transmitir cada uno de estos valores de SNR al transmisor, de modo que las velocidades de datos para cada uno de los canales puedan seleccionarse basándose en los respectivos valores medidos de SNR. Este es el enfoque utilizado en los sistemas PARC. Si bien este enfoque es sencillo, requiere una cantidad relativamente grande de recursos de enlace inverso. Si hay  $n$  canales MIMO, este enfoque requiere  $n$  veces más recursos que el caso de un solo canal. Debido al alto coste de recursos asociado con este enfoque, los sistemas y procedimientos actuales utilizan un enfoque alternativo que permite que una métrica de SNR condensada sea devuelta al transmisor como retroalimentación y por lo tanto conserva los recursos del enlace inverso, al tiempo que permite la selección de velocidades de datos que maximizan más aproximadamente el rendimiento del sistema.
- 40 **[0036]** Debido a que los diferentes canales MIMO son independientes entre sí, tienen características independientes de atenuación y calidad de canal. Las SNR de cada uno de estos canales son, por lo tanto, también independientes. Debido a que las SNR son independientes, pueden variar sustancialmente entre sí. Por ejemplo, si hay cuatro canales, el primer canal puede tener una SNR de  $+15$  dB, el segundo canal puede tener una SNR de  $-15$  dB, el tercer canal puede tener una SNR de  $0$  dB, y el cuarto canal puede tener una SNR de  $+15$  dB. Está claro que, en esta situación, sería muy difícil caracterizar las SNR de todos los canales en una forma condensada. Los presentes modos de realización, por lo tanto, emplean una metodología que asegura que las SNR se comportarán suficientemente bien para permitir que se representen con una precisión razonable en una forma condensada.
- 45 **[0037]** La metodología utilizada en los presentes modos de realización implica la transmisión de datos para cada flujo de datos por todos los canales MIMO. En otras palabras, para cada flujo de datos, los datos se procesan dentro del transmisor esencialmente de la misma manera que un sistema MIMO típico, pero en lugar de transmitir los datos a través de una sola de las antenas MIMO, un bloque se transmite a través de una primera antena, el siguiente bloque se transmite a través de una segunda antena, y así sucesivamente. Los bloques de cada flujo de
- 50
- 55
- 60
- 65

datos se distribuyen por lo tanto a través de todos los canales MIMO (cada canal MIMO se asocia con una correspondiente de las antenas MIMO). Esto se ilustra en las FIGURAS 4A y 4B.

5 **[0038]** Con referencia a la FIGURA 4A, se muestra un diagrama que ilustra la transmisión de cada uno de un conjunto de flujos de datos por cada uno de un conjunto de canales MIMO de acuerdo con un modo de realización. En el lado derecho de la FIGURA 4A, se ilustran cuatro flujos de datos 411-414. Los flujos de datos 411-414 corresponden a los datos codificados, intercalados, asignados/modulados que han sido procesados por un transmisor y están listos para transmitirse a través de un enlace inalámbrico a un receptor. En particular, los flujos de datos múltiples representan los datos que convencionalmente se transmitirían a través de los canales separados del sistema MIMO (las antenas del transmisor MIMO). Dentro de cada una de los flujos de datos, hay una serie de bloques de datos. Los bloques de datos se identifican con una letra correspondiente con el flujo de datos y un número correspondiente a la posición del bloque de datos dentro del flujo de datos. Los bloques de datos pueden ser de cualquier tamaño que sea conveniente para una implementación particular, pero no deben ser tan grandes que se pierda la ventaja de permutar los flujos de datos a través de los diferentes canales.

15 **[0039]** Después de que los flujos de datos hayan sido sometidos al proceso de pretransmisión convencional, los bloques de cada flujo de datos se asignan a las diferentes antenas del transmisor MIMO. Como se muestra en la FIGURA 4A, el primer conjunto de bloques, A1, B1, C1 y D1, se asignan a las antenas 431, 432, 433 y 434, respectivamente. El siguiente conjunto de bloques, A2, B2, C2 y D2, se asignan a una combinación diferente de las cuatro antenas. Específicamente, están asignados a las antenas 432, 433, 434 y 431, respectivamente. Dicho de otra manera, los bloques de los diferentes flujos de datos se han girado un valor con respecto a las antenas. El tercer conjunto de bloques de datos se gira uno por uno nuevamente, de modo que los bloques de datos A3, B3, C3 y D3 se asignan a las antenas 433, 434, 431 y 432, respectivamente. Los bloques subsiguientes también se asignan a diferentes combinaciones de antenas, en la medida de lo posible. En un modo de realización, la serie de asignaciones de bloques de datos a canales MIMO comprende un patrón pseudoaleatorio (como se muestra y se describe en conexión con la FIGURA 5).

20 **[0040]** Con referencia a la FIGURA 4B, se muestra un diagrama que ilustra la recepción de cada uno de los flujos de datos mixtos transmitidos en el receptor. Se puede ver que cada una de las antenas de recepción 441-444 recibe las señales combinadas transmitidas por las antenas de transmisión 431-434. El procesador de señal de espacio-tiempo 445 procesa las señales recibidas para distinguir los flujos de datos permutados 451-454. El receptor conoce el algoritmo y/o patrón para la asignación de flujos de datos originales 411-414 en flujos de datos mixtos 421-424. Por lo tanto, el receptor puede desasignar o desmezclar los bloques de datos recibidos (451-454) para reconstruir los flujos de datos originales (461-464). Los flujos de datos reconstruidos 461-464 pueden ser desasignados/desmodulados, desintercalados y descodificados usando procedimientos convencionales.

35 **[0041]** Puede verse en las FIGURAS 4A y 4B que los flujos de datos reconstruidos consisten en bloques de datos que se han transmitido a través de todos los canales MIMO, preferentemente en un patrón pseudoaleatorio. Por ejemplo, el flujo de datos reconstruido 411 incluye bloques de datos A1, A2, A3, ... Estos bloques de datos se transmitieron a través del primer, segundo, tercer, etc. canales MIMO. Los otros flujos de datos reconstruidos también se transmitieron a través de todos los canales MIMO. Al transmitir cada flujo de datos por todos los canales MIMO, cada flujo de datos experimenta, en medio, las mismas condiciones de canal. En otras palabras, cada uno de los flujos de datos tiene aproximadamente una cuarta parte de sus bloques de datos transmitidos por cada uno de los canales MIMO y, por lo tanto, experimenta las condiciones del canal de cada uno de los canales MIMO durante una cuarta parte del tiempo.

40 **[0042]** Teniendo en cuenta el ejemplo anterior en el que las SNR de los diferentes canales variaron de [+15] dB a [-15] dB, la transmisión de cada flujo de datos por todos estos cuatro canales daría como resultado una SNR media de entre [+15] dB y [-15] dB. Por ejemplo, la SNR podría ser [+5] dB. Si bien las SNR de los diferentes flujos de datos probablemente no sean exactamente las mismas, deberían ser aproximadamente equivalentes, y ciertamente se comportarán muy bien en comparación con las variaciones de SNR en un sistema MIMO típico.

45 **[0043]** Debe observarse que, además de proporcionar la ventaja de igualar las SNR asociadas con los diferentes flujos de datos, la transmisión de cada uno de los flujos de datos por todos los canales físicos MIMO puede tener ventajas adicionales. Por ejemplo, existe la ventaja de utilizar diferentes rutas de señal para la transmisión de un flujo de datos, ya que la diversidad proporciona un canal más robusto.

50 **[0044]** Si cada uno de los flujos de datos va a transmitirse a través de múltiples canales físicos, es necesario determinar cómo se mezclarán los diferentes flujos de datos en los canales. En otras palabras, es necesario determinar qué flujo de datos se transmitirá por qué antena en cualquier momento particular. En algunos modos de realización, puede ser posible simplemente girar los flujos de datos a través de las diferentes antenas. Por ejemplo, si hay cuatro canales, las antenas 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, etc., pueden transmitir bloques sucesivos de un flujo de datos.

65 **[0045]** Si bien puede haber ventajas al usar un giro simple como este, se contempla que un mejor rendimiento, en términos tanto de la equalización de las SNR asociadas con los flujos de datos como de las ventajas de

diversidad, probablemente se logrará si se usa un patrón pseudoaleatorio que incluya una permutación completa de las posibles combinaciones de flujos de datos y canales físicos. Una permutación "completa" de combinaciones, como se usa en el presente documento, se refiere a todas las órdenes posibles de combinaciones de los flujos de datos y canales físicos. Un ejemplo se muestra en la FIGURA 5.

5  
**[0046]** Con referencia a la FIGURA 5, se muestra una tabla que ilustra todas las posibles permutaciones de cuatro flujos de datos transmitidos a través de cuatro canales MIMO. Los bloques de datos correspondientes a un flujo de datos particular se identifican con la misma letra. Por ejemplo, todos los bloques de datos de un primero de los flujos de datos se identifican con la letra "A". Los bloques de datos de los flujos de datos segundo, tercero y cuarto se identifican con las letras "B", "C" y "D", respectivamente. Cada fila de la tabla corresponde a un canal MIMO particular. Cada columna de la tabla corresponde a bloques de datos sucesivos que se transmiten en el canal MIMO.

15  
**[0047]** Se puede ver que, en cada punto del tiempo (es decir, en cada columna de la tabla), se transmite un bloque de datos desde cada uno de los cuatro flujos de datos. En la primera columna (extremo izquierdo), los bloques de datos de los flujos de datos A, B, C y D se transmiten en los canales MIMO 1, 2, 3 y 4, respectivamente. En la siguiente columna, los flujos de datos (o canales MIMO) se giran, de modo que los bloques de datos de los flujos de datos A, B, C y D se transmiten en los canales MIMO 2, 3, 4 y 1, respectivamente. Los flujos de datos se giran a más veces con los bloques de datos en este orden.

20  
**[0048]** En la quinta columna, los flujos de datos en el orden original se volverían a girar a la combinación original de flujos de datos y canales MIMO (es decir, flujos de datos A, B, C y D en los canales MIMO 1, 2, 3 y 4, respectivamente.) En lugar de repetir esta combinación, los flujos de datos se permutan de manera que los flujos de datos A, B, C y D se transmiten en los canales MIMO 1, 2, 4 y 3, respectivamente. Los flujos de datos se giran en este orden hasta que se haya transmitido nuevamente un bloque de cada flujo de datos en cada uno de los canales MIMO.

25  
**[0049]** Este proceso se repite para cada permutación de las combinaciones de flujos de datos y canales MIMO. Los cuatro flujos de datos se pueden ordenar en seis permutaciones diferentes: A-B-C-D; A-B-D-C; A-C-B-D; A-C-D-B; A-D-B-C; y A-D-C-B. Cada uno de estos ordenamientos de los flujos de datos puede a continuación girarse a través de cuatro canales MIMO diferentes. Por ejemplo, ABCD se puede transmitir en los canales 1-2-3-4, 4-1-2-3, 3-4-1-2 o 2-3-4-1. En consecuencia, hay 24 (4 factorial, ¡o 4!) diferentes combinaciones de los cuatro flujos de datos y los cuatro canales MIMO. La transmisión de los flujos de datos a través de los canales MIMO usando todas estas combinaciones diferentes se denomina a los propósitos de la divulgación como una permutación completa de las combinaciones.

35  
**[0050]** Debe observarse que el sistema descrito aquí pretende ser ilustrativo, y que los modos de realización alternativos pueden tener diferentes números de flujos de datos y/o canales MIMO. Para modos de realización en los que el número de flujos de datos es igual al número de canales MIMO, el número de combinaciones diferentes de los flujos de datos y canales MIMO viene dado por  $n!$  (n factorial,) donde n es el número de flujos de datos/canales MIMO. Por lo tanto, por ejemplo, un sistema que tenga tres flujos de datos y tres canales MIMO tendrá  $3!$ , o 6, combinaciones diferentes en una permutación completa. Un sistema que tenga cinco flujos de datos y cinco canales MIMO tendrá  $5!$ , o 120, combinaciones diferentes en una permutación completa.

45  
**[0051]** Dado que los bloques de cada uno de los flujos de datos se han transmitido a través de todos los canales MIMO y experimentan esencialmente las mismas condiciones de canal, las SNR de los diferentes flujos de datos se comportan bien. Idealmente, las SNR de los flujos de datos son equivalentes. Por lo tanto, puede ser posible proporcionar retroalimentación al transmisor en forma de una única SNR que represente todas los flujos de datos. Sin embargo, es posible que esto no proporcione el mayor rendimiento para los flujos de datos.

50  
**[0052]** En un modo de realización, el receptor MIMO es un receptor lineal sin cancelación de interferencia no lineal.

55  
**[0053]** Si no hay una operación de cancelación de interferencia sucesiva en el receptor, se puede lograr la velocidad de datos más alta con solo una retroalimentación SNR única aplicando la permutación de antena pseudoaleatoria descrita anteriormente. Cuando el vector recibido del sistema de  $N \times N$  MIMO en el tiempo de símbolo  $k$  se denota mediante  $y(k)$  de tal manera que

$$\begin{aligned}
 y_{N \times 1}(k) &= H_{N \times N}(k)x_{N \times 1}(k) + n_{N \times 1}(k) \\
 &= x^{(1)}(k)h_{N \times 1}^{(1)}(k) + x^{(2)}(k)h_{N \times 1}^{(2)}(k) + \dots + x^{(N)}(k)h_{N \times 1}^{(N)}(k) + n_{N \times 1}(k)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

60 la SNR del  $i$ -ésimo flujo en el receptor de error cuadrático medio mínimo (MMSE) lineal se vuelve



$$SNR^{(i)}(k) = \frac{P}{N} h_{1 \times N}^{(i)H}(k) [N_{N \times N}^{(i)}(k)]^{-1} h_{N \times 1}^{(i)}(k), \quad (2)$$

donde la matriz de covarianza de ruido  $i$ -ésima está representada por

$$N_{N \times N}^{(i)}(k) = \sigma^2 I_{N \times N} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{P}{N} h_{N \times 1}^{(j)}(k) h_{1 \times N}^{(j)H}(k). \quad (3)$$

5

En (1)-(3),  $H_{N \times N}(k) = [h_{N \times 1}^{(1)}(k), h_{N \times 1}^{(2)}(k), \dots, h_{N \times 1}^{(N)}(k)]^T$  denota la matriz del canal,  $x_{N \times 1}(k) = [x^{(1)}(k), x^{(2)}(k), \dots, x^{(N)}(k)]^T$  denota el vector de señal normalizado, y  $n_{N \times 1}(k)$  denota el vector de ruido de fondo recibido por las  $N$  antenas de recepción cuya varianza es  $\sigma^2$  por dimensión. Aunque el sistema MIMO considerado aquí tiene  $N$  flujos de datos,  $N$  antenas de transmisión y  $N$  antenas de recepción, el número de transmisiones MIMO no necesita ser igual al número de antenas de transmisión ni al número de antenas de recepción. El número de antenas de transmisión y el de las antenas de recepción tampoco tiene que ser el mismo.

10

**[0054]** En general, diferentes flujos verán diferentes valores de SNR ya que hay diferentes vectores de canal de recepción para diferentes antenas de transmisión. Cuando el número de símbolos en el bloque de codificación y el ancho de banda del sistema se denotan por  $K$  y  $W$ , la velocidad de datos alcanzable (bits por segundo) para el flujo  $i$ -ésimo del sistema PARC se puede calcular en un canal cuasiestático mediante el uso de la asignación (o mediante cualquier otra fórmula de asignación de tasa SNR adecuadamente diseñada) de

15

$$R^{(i)} = \frac{W}{K} \sum_{k=1}^K \log(1 + SNR^{(i)}(k)) = W \log(1 + SNR^{(i)}). \quad i=1,2,\dots,N. \quad (4)$$

20

**[0055]** Cabe señalar que el índice de tiempo  $k$  se ha omitido deliberadamente al representar la SNR, ya que se supone un canal cuasiestático. Estas  $N$  velocidades de datos solicitadas se retroalimentan y se utilizan para codificar la siguiente trama de datos de flujo  $N$ . La velocidad total de datos que se puede lograr mediante la codificación independiente de flujo viene dada por

25

$$R = \sum_{i=1}^N R^{(i)} = W \sum_{i=1}^N \log(1 + SNR^{(i)}). \quad (5)$$

**[0056]** Ahora bien, si se aplica la permutación de antena pseudoaleatoria como en las Figuras 3-4, se puede ver que las velocidades de los  $N$  flujos tienen el mismo valor. Más específicamente, cuando el índice de antena permutada del  $i$ -ésimo flujo en el tiempo  $k$  se denota por  $\pi(i,k)$ , la velocidad de datos alcanzable del  $i$ -ésimo flujo es

30

$$R^{(i)} = \frac{W}{K} \sum_{k=1}^K \log(1 + SNR^{\pi(i,k)}(k)) = \frac{W}{K} \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N \log(1 + SNR^{(j)}) = \frac{W}{N} \sum_{j=1}^N \log(1 + SNR^{(j)}), \quad i=1,2,\dots,N, \quad (6)$$

35

y todos los  $R^{(i)}$  tienen el mismo valor. La velocidad de datos total alcanzable sigue viniendo dada por (5) si el tamaño de la trama codificada es grande y se usa una codificación de tipo aleatorio tal como la codificación turbo. Las relaciones entre PARC y permutación de antena pseudoaleatoria son similares, incluso cuando se supone un receptor lineal de forzamiento a cero (ZF) o de filtro combinado (MF), en lugar de un receptor MMSE. Cabe señalar que solo se necesitan operaciones de ciclado de antena y una única respuesta de SNR para lograr la velocidad de datos máxima en el caso del receptor lineal en lugar de tomar todas las permutaciones.

40

**[0057]** En un modo de realización, el receptor MIMO emplea una metodología de cancelación de interferencia sucesiva (SIC) para descodificar los flujos de datos. El receptor SIC logra valores de SNR mejorados para algunos de los flujos de datos descodificando primero una de los flujos de datos, y luego usando esta información para cancelar parte de la interferencia en los flujos de datos restantes. Más específicamente, el primer flujo de datos descodificados se usa para regenerar la interferencia que creó durante la transmisión. Esta interferencia puede a continuación cancelarse de la superposición de flujos de datos recibida. A continuación se descodificaría un segundo de los flujos de datos. Debido a que la interferencia en este flujo de datos se reduce como resultado de la cancelación de la interferencia del primer flujo de datos, la SNR del segundo flujo de datos descodificados es mayor que la SNR del primer flujo de datos descodificados. El segundo flujo de datos descodificados se usa entonces de la misma manera que el primer flujo de datos para cancelar parte de la interferencia en los flujos de datos restantes. Este proceso se repite para cada uno de los flujos de datos restantes.

50

**[0058]** Cuando se utiliza esta metodología SIC, la SNR asociada a un flujo de datos particular corresponde al orden en que se descodificó el flujo de datos, con el primer flujo de datos a descodificar que tiene la SNR más baja y el último flujo de datos a descodificar con el mayor SNR. Debido a que las SNR de los diferentes flujos de datos no son las mismas, los flujos de datos pueden soportar (es decir, estar codificadas a) velocidades de datos diferentes. El flujo de datos que tiene la SNR más baja soporta la velocidad de datos más baja, mientras que el flujo de datos que tiene la SNR más alta soporta la velocidad de datos más alta. Si el receptor proporciona un único valor de SNR como retroalimentación y el transmisor lo usa como base para seleccionar una velocidad de datos para codificar cada flujo de datos, no se logrará el rendimiento máximo posible en los flujos de datos que tienen las SNR más altas. Por lo tanto, es útil en este modo de realización proporcionar alguna indicación de la diferencia entre las SNR de los diferentes flujos de datos, de modo que se puedan seleccionar velocidades de datos apropiadas para cada uno de los flujos de datos.

**[0059]** Cuando se usa un descodificador MMSE-SIC o ZF-SIC en el receptor, la velocidad de datos máxima no se puede lograr en un sentido estricto a menos que se proporcionen N valores de SNR como retroalimentación. Sin embargo, la mayor parte de la velocidad de datos máxima se puede lograr en un sentido práctico con la SNR condensada (o retroalimentación reducida) aplicando una fórmula de aproximación apropiada, como se describe en el presente documento.

**[0060]** Por otro lado, cuando se usa un descodificador MF-SIC incorporado con la permutación de antena pseudoaleatoria, los valores de SNR de los otros flujos de datos pueden calcularse más exactamente en el transmisor utilizando la SNR del primer flujo de datos y un factor de correlación de canal media entre los flujos. La SNR instantánea del primer flujo a la salida de la MF (o combinador ponderado por piloto) está representada por

$$SNR^{(1)}(k) = \frac{\|h_{N \times 1}^{\pi(1,k)}\|^4 P/N}{\sum_{i=2}^N |h_{1 \times N}^{\pi(1,k)H} \cdot h_{N \times 1}^{\pi(i,k)}|^2 P/N + \|h_{N \times 1}^{\pi(1,k)}\|^2 \sigma^2} \quad (7)$$

donde P, N y  $\sigma^2$  indican respectivamente la energía de la señal, el número de flujos de datos y la varianza del ruido de fondo. Una forma simple (aunque no es óptima en términos de velocidad de datos alcanzable) para calcular la SNR media de una trama de codificación es tomar la relación de la potencia de señal media (o más específicamente, la media aritmética) a la potencia de interferencia y ruido media (media aritmética) tal que

$$\begin{aligned} SNR_{frame,avg}^{(1)} &\equiv \frac{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \|h_{N \times 1}^{\pi(1,k)}\|^4 P/N}{\frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \left\{ \sum_{i=2}^N |h_{1 \times N}^{\pi(1,k)H} \cdot h_{N \times 1}^{\pi(i,k)}|^2 P/N + \|h_{N \times 1}^{\pi(1,k)}\|^2 \sigma^2 \right\}} \\ &= \frac{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4 P/N}{(N-1) \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N |h_{1 \times N}^{(i)H} \cdot h_{N \times 1}^{(j)}|^2 P/N + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2 \sigma^2} \\ &= \frac{P \cdot \frac{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4}{N \sigma^2}}{(N-1) \cdot \rho_{avg} \cdot \frac{P}{N \sigma^2} \cdot \frac{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4}{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2} + 1}, \end{aligned} \quad (8)$$

donde el factor de correlación de canal medio es calculado por

$$\rho_{avg} \equiv \frac{2}{N(N-1)} \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=i+1}^N |h_{1 \times N}^{(i)H} \cdot h_{N \times 1}^{(j)}|^2}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N}. \quad (9)$$

**[0061]** De la misma manera, se puede calcular la SNR media de una trama de codificación del flujo  $i$ -ésimo, que se descodifica después de la cancelación de los primeros  $i-1$  flujos. Debido a la estructura simétrica de la permutación de antena pseudoaleatoria, se obtiene un resultado de SNR similar al del 1.er flujo con una discrepancia del número efectivo de señales de interferencia, que se representa mediante

$$SNR_{frame,avg}^{(i)} = \frac{\frac{P}{N\sigma^2} \cdot \frac{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4}{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2}}{(N-i) \cdot \rho_{avg} \cdot \frac{P}{N\sigma^2} \cdot \frac{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^4}{\sum_{j=1}^N \|h_{N \times 1}^{(j)}\|^2} + 1}, \quad (10)$$

**[0062]** De (8) y (10), se puede obtener una relación de la SNR entre el 1.er flujo y el  $i$ -ésimo flujo de modo que sea

$$SNR_{frame,avg}^{(i)} = \frac{SNR_{frame,avg}^{(1)}}{1 - (i-1) \cdot \rho_{avg} \cdot SNR_{frame,avg}^{(1)}}, \quad (11)$$

o, de manera equivalente, la relación SNR puede reescribirse para ser

$$SNR_{frame,avg}^{(i)} = \frac{SNR_{frame,avg}^{(N)}}{1 + (N-i) \cdot \rho_{avg} \cdot SNR_{frame,avg}^{(N)}}, \quad (12)$$

a través de la SNR del último flujo. Por lo tanto, si está disponible la SNR del 1.er flujo descodificado (o la última o cualquier otro flujo descodificado) y el factor de correlación de canal medio, los valores de SNR de los otros flujos del sistema de permutación de antena pseudoaleatoria incorporados con el receptor MF-SIC se pueden predecir con precisión. Las fórmulas (11)-(12), sin embargo, presentan solo un ejemplo de cómo se puede restaurar el conjunto completo de valores de SNR de todos los flujos de datos cuando solo están disponibles un valor de SNR y un parámetro de correlación. Cabe señalar que la SNR efectiva más sofisticada basada en (6) se debe proporcionar como retroalimentación en lugar de la SNR media basada en la media aritmética en (10) para hacer una selección de frecuencia más pertinente y optimizada. Por lo tanto, en la implementación real, cualquier otra fórmula que represente eficazmente las relaciones SNR de los flujos en un sistema MIMO dado, puede usarse con la SNR de referencia y uno o una serie de parámetros auxiliares. El parámetro auxiliar puede ser el factor de correlación de canal medio,  $\Delta SNR$  o cualquier otro.

**[0063]** La fórmula de predicción de SNR en (11) o (12), que es una calculadora precisa de los valores de SNR en el caso del receptor MF-SIC, se puede utilizar como un límite inferior de SNR de un receptor MMSE-SIC. De hecho, la SNR del último flujo descodificado será la misma entre MF-SIC y MMSE-SIC si el ruido de fondo es blanco, y la brecha de SNR (es decir, MMSE SNR - MF SNR) entre los otros flujos dependerá en gran medida en el factor de correlación de canal medio. Cuando el factor de correlación de canal medio es pequeño (o, la mayoría de las firmas espaciales son casi ortogonales entre sí), la brecha será casi cero incluso para las otras flujos (y los valores de SNR a través de diferentes flujos casi serán los mismos); de lo contrario, puede volverse grande. Suponiendo que la MS devuelve la SNR del último flujo descodificado y el factor de correlación de canal medio de (9), la estación base puede elegir las velocidades de forma conservadora sobre la base de (12) para que los últimos flujos puedan descodificarse casi con seguridad una vez que el primer flujo se descodifica. Por otro lado, la estación base puede descontar el factor de correlación de canal medio comunicado a un valor más pequeño en consideración de la capacidad del receptor avanzado (es decir, MMSE-SIC): El factor de correlación de canal medio comunicado en (9) puede disminuirse más agresivamente si es grande, mientras que se mantiene casi intacto si es pequeño.

**[0064]** De forma alternativa, la estación móvil puede generar realmente todos los valores medios de SNR de los  $N$  flujos en el paso de descodificación y estimar el factor de correlación de canal medio *efectivo* óptimo de modo que la curva en (12) (u otra curva diseñada adecuadamente para el MMSE- SIC o ZF-SIC) es lo más cercano posible a los valores de SNR generados. A continuación, se retroalimentan la SNR del último flujo y el factor de correlación de canal medio *efectivo* para que la estación base pueda elegir las velocidades de acuerdo con (12).

**[0065]** En la práctica, es posible obtener una relación SNR aproximada mejor que (12) en el caso del receptor MMSE-SIC o ZF-SIC en términos de simplicidad, descripción efectiva de las relaciones SNR, etc. Por ejemplo, puede ser posible tomar una relación SNR aditiva

$$5 \quad SNR_{frame,avg}^{(i-1)} = SNR_{frame,avg}^{(i)} - f^{(i)}(SNR_{frame,avg}^{(N)}, \rho) \quad (13)$$

o una relación SNR multiplicativa

$$SNR_{frame,avg}^{(i-1)} = \frac{SNR_{frame,avg}^{(i)}}{f^{(i)}(SNR_{frame,avg}^{(N)}, \rho)} \quad (14)$$

10

para un parámetro auxiliar seleccionado correctamente  $\rho$  y una función de recursión  $f^{(i)}(\cdot, \cdot)$ . La función de recursión puede tomar un valor constante, por ejemplo,  $f^{(i)}(SNR_{frame,avg}^{(N)}, \rho) = K$ , para una implementación simple.

15

**[0066]** En un modo de realización, la retroalimentación proporcionada por el receptor consiste en un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SNR. Debido a que la calidad del canal experimentada por cada uno de los flujos de datos es esencialmente la misma, la diferencia en las SNR para cada uno de los flujos de datos es resultado de la cancelación de la interferencia cuando se descodifican flujos de datos sucesivos. Debido a que el efecto de SIC en la SNR de flujos de datos sucesivos se comporta bien y se entiende bien, las SNR de los flujos de datos pueden aproximarse razonablemente mediante un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SNR, donde el valor de SNR de referencia es la SNR real para el primer canal descodificado (o el último canal descodificado o cualquier otro canal especificado previamente que depende del diseño del sistema) y el valor  $\Delta$ SNR es la mejora (o degradación que depende del diseño del sistema) en la SNR para cada canal descodificado sucesivamente. Por ejemplo, la SNR del primer canal descodificado es igual a la SNR de referencia, la SNR del segundo canal descodificado es igual a la SNR de referencia más  $\Delta$ SNR, la SNR del tercer canal descodificado es igual a la SNR de referencia más dos veces  $\Delta$ SNR, y así sucesivamente. Debe observarse que se supone que la estación base conoce el orden en que la estación móvil descodifica los flujos de datos y, por lo tanto, puede aplicar las SNR (SNR de referencia más múltiplo de  $\Delta$ SNR) a los flujos de datos apropiados. El cálculo y la operación más de  $\Delta$ SNR pueden realizarse en la escala lineal o en la escala de decibelios (dB). Como la operación más en la escala de dB corresponde a la operación de multiplicación en la escala lineal, las operaciones más de escala lineal y escala de dB son respectivamente equivalentes a usar (13) y (14) con  $f^{(i)}(SNR_{frame,avg}^{(N)}, \rho) = \Delta SNR(\text{linear} - \text{scaled} - \text{value})$ .

20

25

**[0067]** Con referencia a la FIGURA 6, se muestra un diagrama de bloques funcional que ilustra la estructura de un sistema que utiliza la permutación de antena pseudoaleatoria y la cancelación de interferencia sucesiva de acuerdo con un modo de realización. En este modo de realización, el sistema consiste en un transmisor 610 y un receptor 620. En un modo de realización, el transmisor 610 se implementa en una estación base inalámbrica y el receptor 620 se implementa en una estación móvil inalámbrica para formar un enlace descendente de comunicación. La estación móvil también incluye un transmisor y la estación base incluye un receptor para formar un enlace ascendente de comunicación correspondiente.

35

**[0068]** El transmisor 610 y el receptor 620 son dispositivos MIMO que están configurados para transmitir y recibir cuatro canales. El transmisor 610 está configurado para procesar cuatro flujos de datos y transmitir flujos de datos codificados correspondientes sobre combinaciones pseudoaleatorias de los cuatro canales MIMO físicos. El receptor 620 está configurado para recibir los datos en los cuatro canales MIMO, reconstruir los flujos de datos codificados y procesar estos datos para regenerar los flujos de datos originales.

40

**[0069]** Con referencia al transmisor 610, los cuatro codificadores de datos originales son recibidos por los codificadores 630. Cada uno de los codificadores codifica el flujo de datos correspondiente a una velocidad de datos que se selecciona para ese flujo de datos particular. Los símbolos de datos codificados son intercalados por los intercaladores 635 y asignados por los asignadores 640 a símbolos de modulación. A continuación, los símbolos de modulación se asignan mediante la unidad de permutación 645 a las antenas 650. Los símbolos de modulación son luego transmitidos por antenas 650 de acuerdo con el esquema de permutación implementado por la unidad de permutación 645.

45

**[0070]** Con referencia al receptor 620, los símbolos transmitidos son recibidos por las antenas 655 y son enviados a un primer ecualizador 660. Este primer ecualizador calcula la SNR para un primero de los flujos de datos y envía la señal a un primero de los desasignadores 665. Los símbolos codificados son luego desintercalados por el primero de los desintercaladores 670 y descodificados por el primero de los descodificadores 675. Los datos descodificados se proporcionan a un primero de canceladores de interferencias 680, que regenera la interferencia correspondiente al primer flujo de datos y cancela esta interferencia de la señal recibida. Se proporciona una ruta de procesamiento similar para las señales correspondientes a cada uno de los flujos de datos restantes.

55

60

5 [0071] Después de que se hayan descodificado los cuatro flujos de datos, se han determinado las SNR para cada uno de los flujos de datos. Como se describió anteriormente, las SNR de los flujos de datos se ecualizan transmitiéndolas a través de todos los canales MIMO, de modo que las diferencias en las SNR determinadas para cada uno de los flujos de datos surgen de las sucesivas cancelaciones de interferencia. Por lo tanto, el receptor puede calcular una métrica de SNR condensada para el conjunto de SNR de buen comportamiento correspondiente a los cuatro flujos de datos. En un modo de realización, esta métrica condensada consiste en un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SNR, donde el valor de  $\Delta$ SNR es la diferencia entre las SNR de los flujos de datos sucesivos en escala lineal o en escala de dB. Esta métrica condensada se proporciona luego como retroalimentación al transmisor, que puede ajustar las velocidades de datos a las que se codifican los diferentes flujos de datos basándose en las SNR correspondientes, como se determina a partir de la métrica de SNR condensada.

15 [0072] El funcionamiento de este sistema se puede resumir como se muestra en la FIGURA 7. La FIGURA 7 es un diagrama de flujo que ilustra el procesamiento y transmisión de múltiples flujos de datos en un sistema de comunicación MIMO, así como la determinación de una métrica condensada que se proporcionará como retroalimentación para el control de las velocidades de datos en el procesamiento de los flujos de datos de acuerdo con un modo de realización.

20 [0073] Como se muestra en la FIGURA 7, un conjunto de n flujos de datos iniciales es el primer proceso para producir un conjunto correspondiente de flujos de datos codificados (700). Este procesamiento corresponde a la codificación, intercalado y asignación/modulación de una trama de datos completa realizada por los componentes 630, 635 y 640 del transmisor 610. Las porciones sucesivas (por ejemplo, bloques) en una trama de cada uno de los flujos de datos codificados se transmiten luego en los alternativos de una pluralidad de canales MIMO (705). Como se indicó anteriormente, la transmisión en canales alternativos de los canales MIMO puede, por ejemplo, seguir un patrón pseudoaleatorio. En un modo de realización, el patrón pseudoaleatorio incluye todas las permutaciones posibles de las combinaciones de flujos de datos y canales MIMO. La mezcla y transmisión de los flujos de datos codificados corresponde a los componentes 645 y 650 del transmisor 610.

30 [0074] Los datos transmitidos son luego recibidos por el receptor (710). El receptor es un receptor MIMO que puede distinguir espacialmente los diferentes canales MIMO. Las porciones mezcladas de los flujos de datos no se mezclan y los flujos de datos codificados se reconstruyen (715). Después de reconstruir los flujos de datos codificados, se determina una SNR para cada uno de los flujos de datos codificados, y los flujos de datos codificados se descodifican a los flujos de datos iniciales (720, 725). Como se describió anteriormente, en el modo de realización de la FIGURA 6, los flujos de datos se descodifican secuencialmente y se usan para regenerar y luego cancelar la interferencia correspondiente a los flujos de datos descodificados.

40 [0075] Cuando se han determinado las SNR para cada uno de los flujos de datos, se calcula una métrica de SNR condensada a partir de estos valores (730). Como se analizó anteriormente, la métrica condensada en un modo de realización comprende un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SRN. La métrica de SNR condensada se envía a continuación de vuelta al transmisor (735). Como se indicó previamente, el transmisor 610 y el receptor 620 forman el enlace descendente de un sistema de comunicación inalámbrica que también incluye un transmisor y receptor de enlace ascendente (no mostrado en la FIGURA 6) que se utilizan para transmitir la métrica de SNR condensada como retroalimentación. Cuando se recibe la métrica de SNR condensada, se reconstruyen las SNR para cada uno de los flujos de datos (740), y las velocidades de datos a las que se codifican cada uno de los flujos de datos se ajustan basándose en estos valores de SNR (745). Si el receptor no utiliza la cancelación de interferencia sucesiva, el  $\Delta$ SNR se establece en 0 en el caso de escala lineal y en 0dB en el caso de escala de dB.

50 [0076] En un modo de realización, el receptor puede retroalimentar adicionalmente la información que solicita el apagado de algunas de las antenas de transmisión. Entonces, la permutación de antena pseudoaleatoria presentada y la retroalimentación SNR condensada se aplicarán solo a las antenas de transmisión activas que en realidad están transmitiendo flujos de datos.

55 [0077] En otro modo de realización, el número de flujos de datos activos ( $N_s$ ) puede ser menor que el número de antenas de transmisión ( $N_t$ ). Entonces, las antenas de transmisión  $N_t - N_s$  pueden no transmitir ninguna señal en un momento dado. Incluso en este caso, la permutación de antena pseudoaleatoria y la retroalimentación de SNR condensada pueden aplicarse considerando que hay  $N_t - N_s$  más flujos de datos, todos los cuales tienen potencia de transmisión cero.

60 [0078] Como se indicó anteriormente, los modos de realización anteriores son ilustrativos de la invención, en lugar de limitativos. Los modos de realización alternativos pueden tener numerosas variaciones de los sistemas y procedimientos descritos anteriormente. Por ejemplo, los modos de realización alternativos pueden usar una métrica de retroalimentación condensada que comprende un valor distinto de un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SRN. De hecho, la métrica puede comprender valores distintos a las SNR, tales como tasas de error en los flujos de datos descodificados recibidos. Los modos de realización alternativos también pueden tener diferentes tipos de receptores (por ejemplo, no SIC), diferentes números de canales y otras variaciones.

65

**[0079]** Aunque no se ha analizado en detalle anteriormente, debe observarse que la funcionalidad descrita anteriormente puede implementarse en estaciones móviles y estaciones base de un sistema de comunicación inalámbrica proporcionando programas adecuados que se ejecutan en los respectivos subsistemas de procesamiento de estos dispositivos. Los subsistemas de procesamiento controlan entonces el procesamiento de los datos y la transmisión/recepción de los datos mediante los respectivos subsistemas transceptores de las estaciones móviles y las estaciones base.

**[0080]** Las instrucciones del programa están típicamente incorporadas en un medio de almacenamiento que es legible por los respectivos subsistemas de procesamiento. Los medios de almacenamiento a modo de ejemplo pueden incluir memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Tal medio de almacenamiento que incorpora instrucciones del programa para implementar la funcionalidad descrita anteriormente comprende un modo de realización alternativo de la invención.

**[0081]** Los expertos en la técnica entenderán que la información y las señales pueden representarse usando cualquiera de varias tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, los datos, las instrucciones, los comandos, la información, las señales, los bits, los símbolos y los chips que puedan haberse mencionado a lo largo de la descripción anterior pueden representarse mediante tensiones, flujos, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos o cualquier combinación de los mismos.

**[0082]** Los expertos en la materia apreciarán además que los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y pasos de algoritmo ilustrativos descritos en relación con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y software, anteriormente se han descrito, en general, diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y pasos ilustrativos desde el punto de vista de su funcionalidad. Si dicha funcionalidad se implementa como hardware o software depende de la aplicación y las restricciones de diseño particulares impuestas al sistema global. También debe observarse que los componentes, bloques, módulos, circuitos y pasos ilustrativos se pueden reordenar o reconfigurar de otro modo en modos de realización alternativos. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de formas diversas para cada aplicación particular, pero no debería interpretarse que dichas decisiones de implementación suponen apartarse del alcance de la presente invención.

**[0083]** Los diversos bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de uso general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), con una matriz de puertas programables de campo (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable, lógica de puertas discretas o de transistores, componentes de hardware discretos o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar 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 estados convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

**[0084]** La anterior descripción de los modos de realización divulgados se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica realice o use la presente invención. Diversas modificaciones de estos modos de realización resultarán muy evidentes a los expertos en la materia, y los principios genéricos definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros modos de realización sin apartarse del alcance de la presente invención. Por lo tanto, la presente invención no pretende limitarse a los modos de realización mostrados en el presente documento, sino que se le concede el alcance más amplio compatible con los principios y características novedosas divulgados en el presente documento.

**REIVINDICACIONES**

- 5           **1.** Un procedimiento implementado en un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO; que comprende:

                  determinar (725) una métrica de calidad para cada una de una pluralidad de flujos de datos en una primera estación;

                  determinar (730) una métrica de calidad condensada en la primera estación basándose en la métrica de calidad para cada uno de la pluralidad de flujos de datos, con la métrica de calidad condensada que comprende una métrica de calidad de referencia y una métrica de calidad delta, en el que la métrica de calidad para cada flujo de datos comprende una relación de señal a ruido, SNR, en la que la métrica de calidad condensada está representada por un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SNR, donde el valor de SNR de referencia corresponde a la SNR de un primer flujo de datos descodificados, y el valor de  $\Delta$ SNR corresponde a la diferencia entre los valores de SNR de flujos de datos sucesivos;

                  transmitir (735) la métrica de calidad condensada desde la primera estación a una segunda estación;

                  recibir la pluralidad de flujos de datos desde la segunda estación por una pluralidad de canales MIMO, en el que cada flujo de datos se recibe por toda la pluralidad de canales MIMO y se codifica de acuerdo con una velocidad de datos para el flujo de datos determinado basándose en la métrica de calidad condensada; y

                  descodificar cada uno de la pluralidad de flujos de datos en la primera estación de acuerdo con la velocidad de datos para el flujo de datos.
- 2.** El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de canales MIMO corresponde a una pluralidad de antenas (441 ... 444) en la segunda estación.
- 30           **3.** El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la primera estación es una estación móvil y la segunda estación es una estación base.
- 4.** El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de flujos de datos se asignan a la pluralidad de canales MIMO basándose en un patrón pseudoaleatorio.
- 35           **5.** El procedimiento según la reivindicación 4, en el que el patrón pseudoaleatorio comprende una permutación completa de posibles combinaciones de la pluralidad de flujos de datos y la pluralidad de canales MIMO.
- 6.** El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de flujos de datos se giran a través de la pluralidad de canales MIMO.
- 40           **7.** El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de flujos de datos se descodifican en la primera estación usando la cancelación de interferencia sucesiva.
- 45           **8.** Un procedimiento para comunicaciones inalámbricas de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, que comprende:

                  recibir una métrica de calidad condensada de una primera estación en una segunda estación, con la métrica de calidad condensada que comprende una métrica de calidad de referencia y una métrica de calidad delta;

50           determinar una velocidad de datos para cada una de una pluralidad de flujos de datos basándose en la métrica de calidad condensada, en el que la métrica de calidad para cada flujo de datos comprende una relación señal/ruido, SNR, en el que la métrica de calidad condensada está representada por un valor de SNR de referencia y un valor  $\Delta$ SNR, donde el valor de SNR de referencia corresponde a la SNR de un primer flujo de datos descodificados, y el valor de  $\Delta$ SNR corresponde a la diferencia entre los valores de SNR de los flujos de datos sucesivos;

55           codificar cada uno de la pluralidad de flujos de datos de acuerdo con la velocidad de datos correspondiente para el flujo de datos; y

60           transmitir la pluralidad de flujos de datos por una pluralidad de canales MIMO desde la segunda estación a la primera estación, en el que cada flujo de datos se transmite por toda la pluralidad de canales MIMO.
- 65           **9.** El procedimiento según la reivindicación 8, que comprende además:

asignación de la pluralidad de flujos de datos a la pluralidad de canales MIMO basándose en un patrón pseudoaleatorio.

- 5 **10.** El procedimiento según la reivindicación 9, en el que el patrón pseudoaleatorio comprende una permutación completa de posibles combinaciones de la pluralidad de flujos de datos y la pluralidad de canales MIMO.
- 11.** Una estación base para un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, que comprende:
- 10 medios para recibir una métrica de calidad condensada que comprende una métrica de calidad de referencia y una métrica de calidad delta desde una estación móvil;
- 15 medios para determinar una velocidad de datos para cada una de una pluralidad de flujos de datos basándose en la métrica de calidad condensada, en el que la métrica de calidad para cada flujo de datos comprende una relación señal/ruido, SNR, en el que la métrica de calidad condensada está representada por un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SNR, donde el valor de SNR de referencia corresponde a la SNR de un primer flujo de datos descodificados, y el valor de  $\Delta$ SNR corresponde a la diferencia entre los valores de SNR de flujos de datos sucesivos;
- 20 medios para codificar cada uno de la pluralidad de flujos de datos de acuerdo con la velocidad de datos para el flujo de datos; y
- 25 medios para transmitir la pluralidad de flujos de datos por una pluralidad de canales MIMO correspondientes a una pluralidad de antenas de transmisión (431 ... 434), en el que cada flujo de datos se transmite por toda la pluralidad de canales MIMO.
- 12.** La estación base, según la reivindicación 11, que comprende, además:
- 30 medios para asignar la pluralidad de flujos de datos a la pluralidad de canales MIMO basándose en un patrón pseudoaleatorio.
- 13.** La estación base de la reivindicación 12, en el que el patrón pseudoaleatorio comprende una permutación completa de posibles combinaciones de la pluralidad de flujos de datos y la pluralidad de canales MIMO.
- 35 **14.** Una estación móvil para un sistema de comunicación inalámbrica de múltiples entradas y múltiples salidas, MIMO, que comprende:
- 40 medios para determinar una métrica de calidad individual correspondiente a cada una de una pluralidad de flujos de datos,
- 45 medios para determinar una métrica de calidad condensada basándose en la métrica de calidad individual correspondiente a cada uno de la pluralidad de flujos de datos, con la métrica de calidad condensada que comprende una métrica de calidad de referencia y una métrica de calidad delta, en el que la métrica de calidad para cada flujo de datos comprende una relación señal/ruido, SNR, en el que la métrica de calidad condensada está representada por un valor de SNR de referencia y un valor de  $\Delta$ SNR, donde el valor de SNR de referencia corresponde a la SNR de un primer flujo de datos descodificados, y el valor de  $\Delta$ SNR corresponde a la diferencia entre los valores de SNR de flujos de datos sucesivos;
- 50 medios para transmitir la métrica de calidad condensada a una estación base;
- 55 medios para recibir la pluralidad de flujos de datos transmitidos por la estación base por una pluralidad de canales MIMO, en el que cada flujo de datos se codifica de acuerdo con una velocidad de datos determinada basándose en la métrica de calidad condensada y se recibe por toda la pluralidad de canales MIMO; y
- 60 medios para descodificar cada uno de la pluralidad de flujos de datos de acuerdo con la velocidad de datos para el flujo de datos.
- 15.** La estación móvil de la reivindicación 14, que comprende además:
- 65 medios para asignar inversamente la pluralidad de flujos de datos de acuerdo con un patrón pseudoaleatorio.
- 16.** La estación móvil de la reivindicación 15, en la que el patrón pseudoaleatorio comprende una permutación completa de combinaciones posibles de la pluralidad de flujos de datos y la pluralidad de canales MIMO.



17. La estación móvil de la reivindicación 14, en la que la pluralidad de canales MIMO corresponde a una pluralidad de antenas en la estación base.
- 5
18. La estación móvil de la reivindicación 14, en la que los medios para descodificar comprenden medios para descodificar la pluralidad de flujos de datos usando la cancelación de interferencia sucesiva.

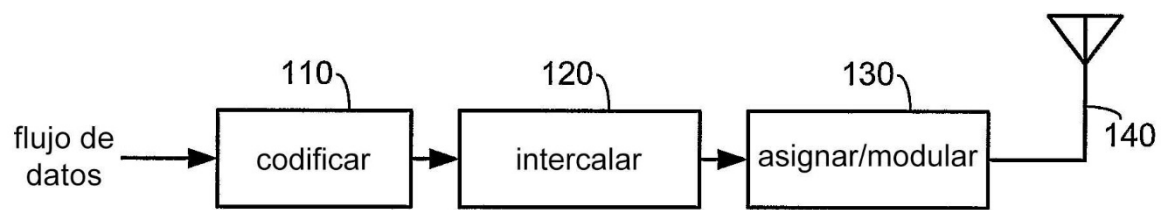


Fig. 1

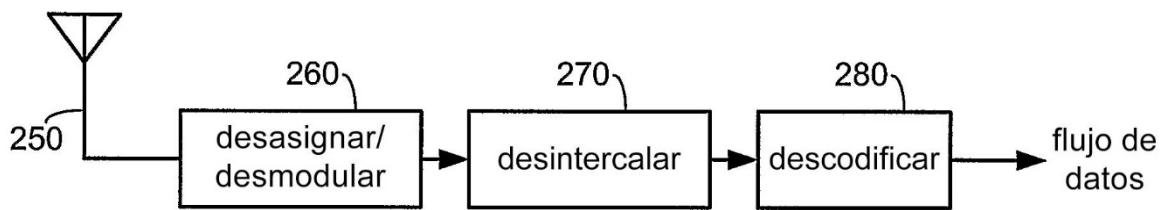
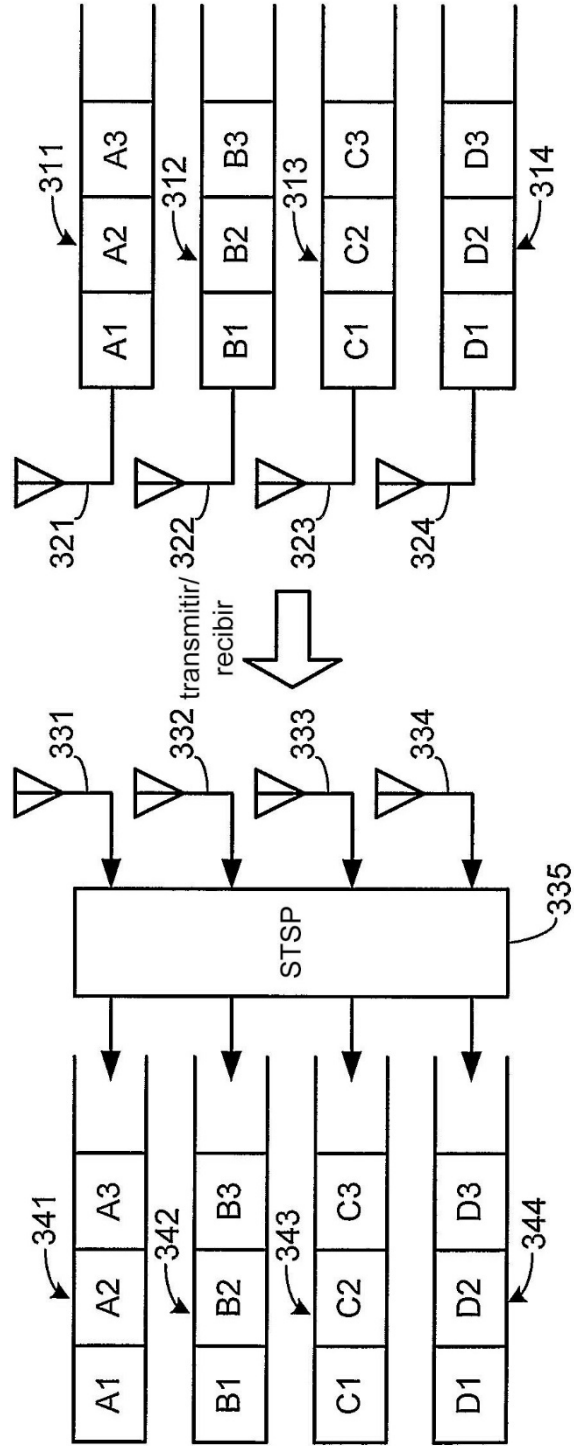


Fig. 2



(Técnica anterior)

Fig. 3

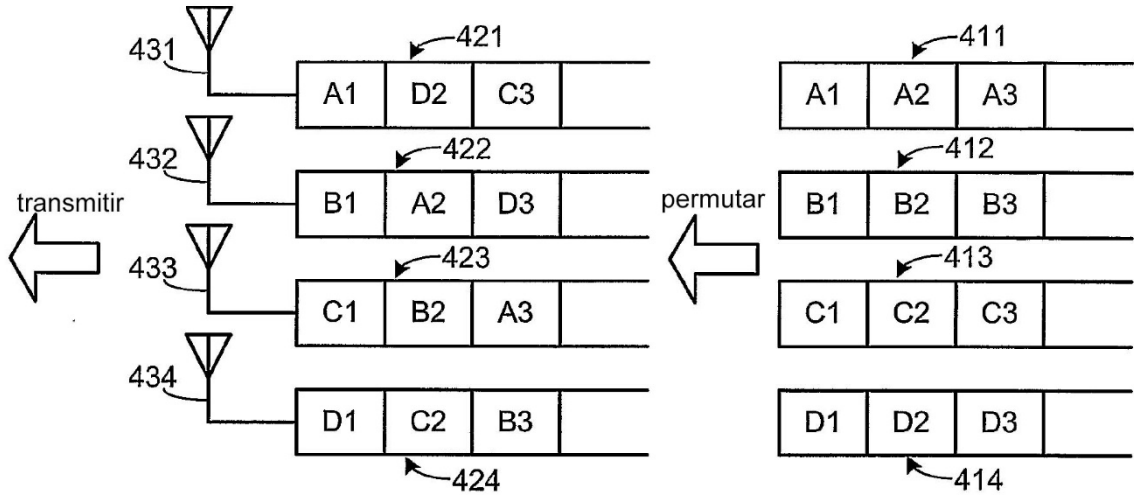


Fig. 4A

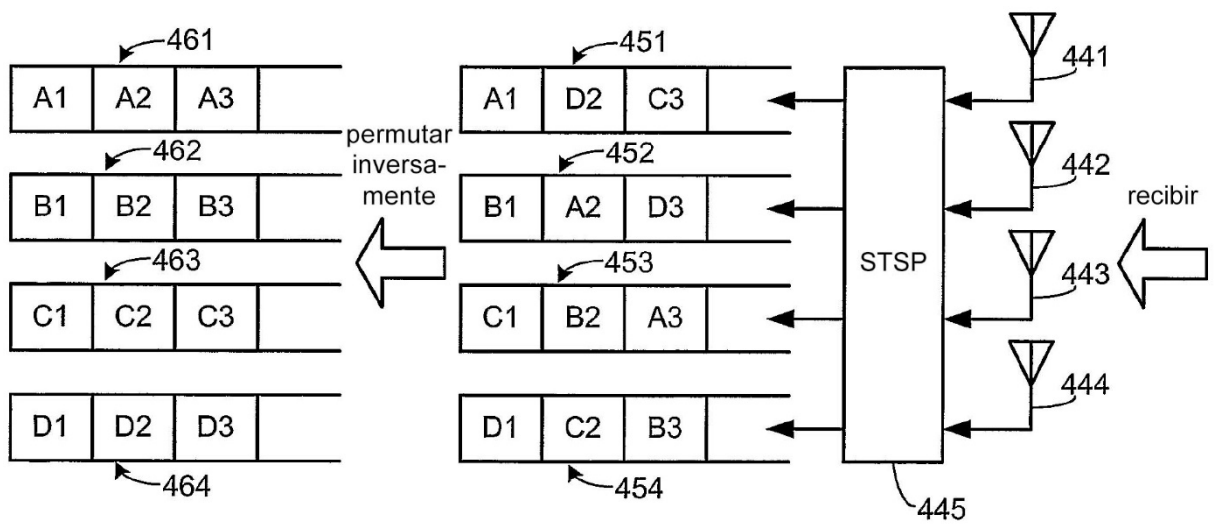


Fig. 4B

A	D	C	B	A	C	D	B	A	D	B	C	A	B	D	C	A	C	B	D	A	B	C	D
B	A	D	C	B	A	C	D	C	A	D	B	C	A	B	D	D	A	C	B	D	A	B	C
C	B	A	D	D	B	A	C	B	C	A	D	D	C	A	B	B	D	A	C	C	D	A	B
D	C	B	A	C	D	B	A	D	B	C	A	B	D	C	A	C	B	D	A	B	C	D	A

Fig. 5

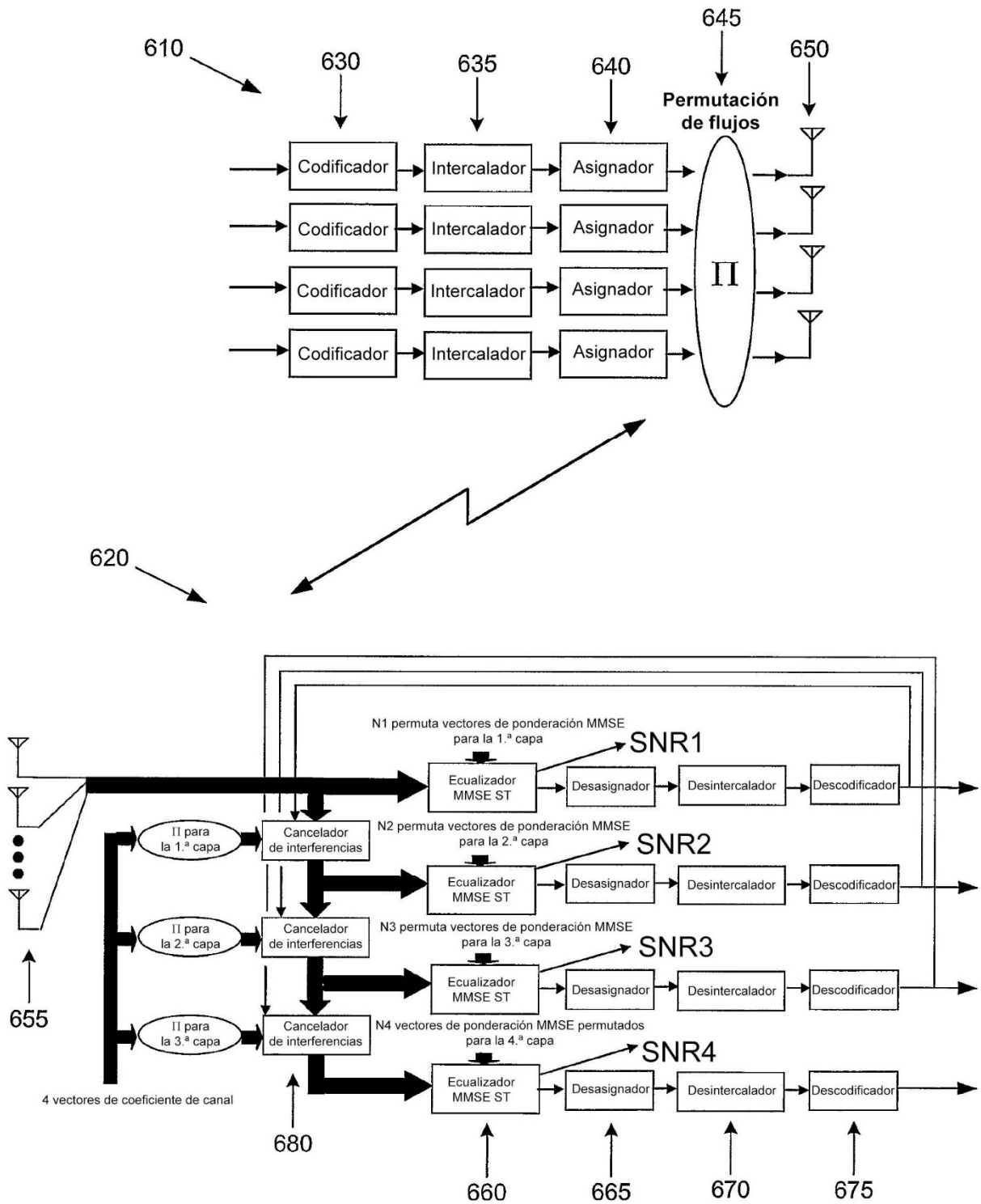


Fig. 6

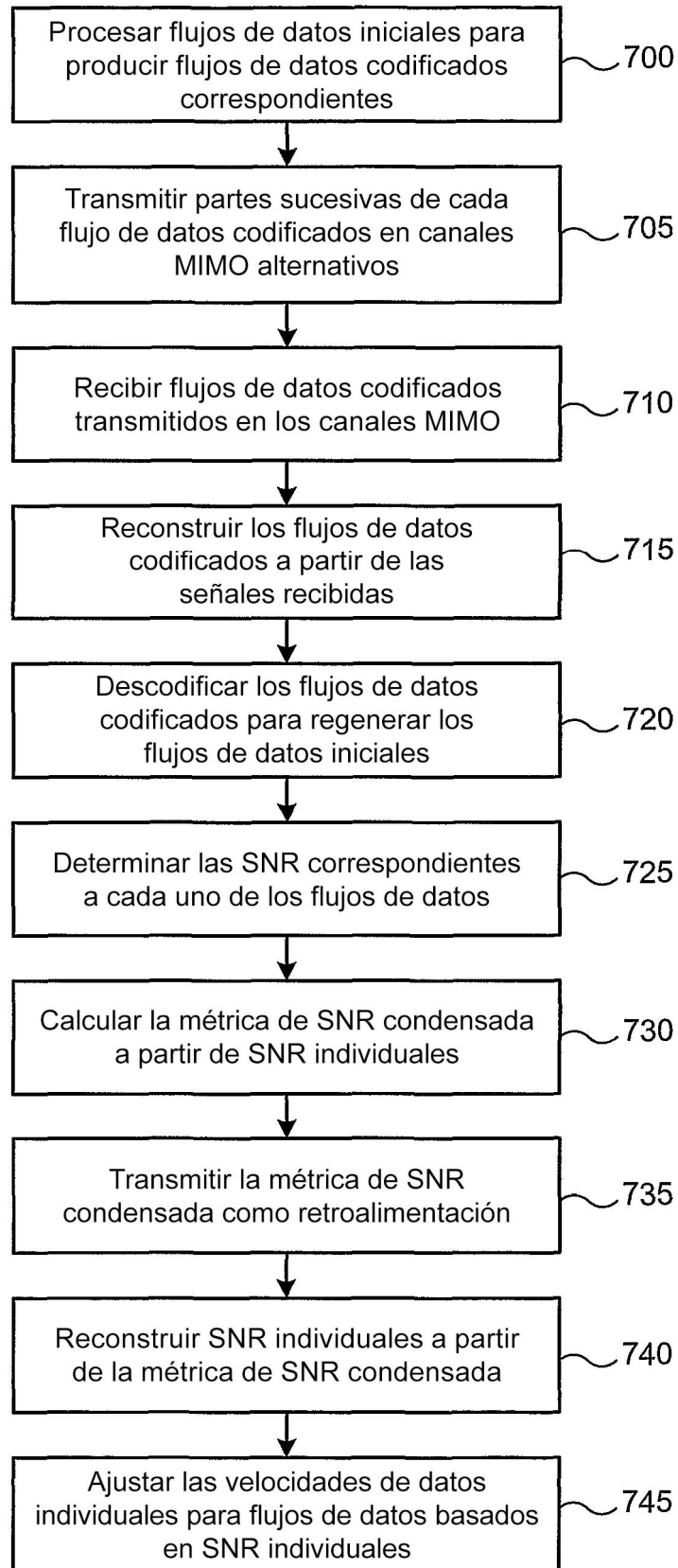


Fig. 7