

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 711 836**

51 Int. Cl.:

H04B 7/04 (2007.01)

H04B 7/0456 (2007.01)

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.05.2011 PCT/CN2011/074718**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.11.2011 WO11137829**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2011 E 11777248 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2602943**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de alineamiento de interferencias y sistema de comunicación de múltiples canales**

30 Prioridad:

03.09.2010 CN 201010277366

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

07.05.2019

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**LI, BIN;
LUO, YI;
SHEN, HUI y
ZHU, HUFEI**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 711 836 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

Procedimiento y dispositivo de alineamiento de interferencias y sistema de comunicación de múltiples canales

Sector técnico de la invención

5 La presente invención se refiere a tecnologías de comunicaciones móviles, y en particular, a un procedimiento y un dispositivo de alineamiento de interferencias y a un sistema de comunicación multicanal.

Antecedentes de la invención

10 En un sistema de comunicación inalámbrica existen canales con interferencia gaussiana. La figura 1 muestra canales con interferencia gaussiana de dos usuarios. Dichos canales con interferencia gaussiana se pueden extender naturalmente a canales con interferencia de K usuarios. Los canales con interferencia mutua entre múltiples usuarios se denominan canales con interferencia. En la figura 1, x_1 y x_2 representan transmisores de señal, y_1 e y_2 representan correspondientes receptores de señal remotos, las flechas continuas representan transmisión de señal normal y las flechas discontinuas representan la interferencia que las señales en un transmisor de señal imponen sobre receptores remotos de otros transmisores de señal. Tal como se ve por la figura 1, para señales de transmisión en un punto x_1 , las señales de transmisión en un punto x_2 son fuentes de interferencia; por supuesto, para señales de transmisión en el punto x_2 , las señales de transmisión en el punto x_1 son asimismo fuentes de interferencia. Es decir, h_{12} y h_{21} son canales con interferencia, con el resultado de que Tx_1 impone interferencia sobre Rx_2 , y de que Tx_2 impone interferencia sobre Rx_1 . En los canales con interferencia gaussiana, existe interferencia mutua entre señales de usuarios diferentes; los datos no pueden ser compartidos entre usuarios y no se pueden enviar conjuntamente, pero cada usuario conoce una matriz de canal completa.

20 La investigación demuestra que un procedimiento de alineamiento de interferencias puede conseguir el grado de libertad de un canal con interferencia gaussiana. El alineamiento de interferencias significa que cuando se conocen ya las matrices de canal, las señales deseadas y las señales de interferencia en cada receptor se separan espacialmente mediante un preprocesamiento realizado por los transmisores. Uno de los procedimientos de alineamiento de interferencias de la técnica anterior es como sigue: en un receptor, la interferencia procedente de diferentes transmisores es alineada con una dimensión espacial, donde la dimensión espacial es diferente de la dimensión espacial en la que están situadas las señales deseadas, de tal modo que se evita la interferencia en las señales deseadas. Otro procedimiento de alineamiento de interferencias de la técnica anterior es como sigue: en un receptor, las señales formadas superponiendo señales de interferencia en señales de recepción filtradas por vectores de recepción pueden formar un patrón de constelación de cuadrícula.

30 El inventor descubre que la técnica anterior tiene por lo menos los problemas siguientes: la técnica anterior requiere que todas las señales de interferencia sean alineadas en una misma dirección, donde la dirección es diferente de la dirección en la que están situadas las señales deseadas; cuando la interferencia alineada está cerca de las señales deseadas en la dirección espacial, el receptor cancela la interferencia, pero se reduce la potencia de las señales deseadas y la relación señal/ruido de las señales deseadas disminuye en el receptor, lo que dificulta cumplir los requisitos actuales; para la técnica anterior, la investigación actual demuestra que en un canal de interferencia con más de dos usuarios, es difícil implementar alineamiento de interferencias utilizando un procedimiento de construcción de cuadrícula. Es decir, utilizando una sola de las dos soluciones de la técnica anterior, el alineamiento de interferencias del sistema de comunicación multicanal no puede prácticamente conseguir el rendimiento óptimo.

40 El documento de Jaehyun Park et. al., PHY 31-2 - "Lattice Reduction Aided precoding Combined with SDM for Clusters of Correlated Users", WIRELESS COMMUNICATIONS AND NETWORKING CONFERENCE, 31 de marzo de 2008, páginas 791 a 796, da a conocer un esquema de precodificación ayudado con reducción de cuadrícula, combinado con multiplexación por división espacial para grupos de múltiples usuarios correlacionados.

Compendio de la invención

45 Las realizaciones de la presente invención dan a conocer un procedimiento y un dispositivo de alineamiento de interferencias y un sistema de comunicación multicanal, que combinan las ventajas de las dos soluciones de alineamiento de interferencias de la técnica anterior y evitan sus desventajas para mejorar el rendimiento del alineamiento de interferencias.

Una realización de la presente invención da a conocer un procedimiento de alineamiento de interferencias, que incluye:

50 obtener una matriz de canal en un sistema de comunicación multicanal;

determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal de acuerdo con la matriz de canal, donde se implementa un alineamiento de interferencias para la primera señal deseada utilizando un modo de construcción de cuadrícula y se implementa un alineamiento de interferencias para la segunda señal deseada utilizando un modo de formación del haz;

llevar a cabo un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los vectores de precodificación y enviando las señales de transmisión precodificadas; y

obtener vectores de precodificación y vectores de recepción, donde dicha obtención de vectores de precodificación y vectores de recepción comprende:

- 5 determinar las ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero las ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada; y

10 determinar los vectores de precodificación y los vectores de recepción, de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada,

15 de tal modo que, en un receptor correspondiente a la primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia incluidas en la misma tiene una característica de patrón de constelación de cuadrícula, y que, en un receptor correspondiente a la segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan las señales de interferencia incluidas en la misma, donde la primera señal de recepción y la segunda señal de recepción son señales de transmisión enviadas a los receptores correspondientes después de que se realice el proceso de precodificación en los transmisores utilizando vectores de precodificación correspondientes.

20 Una realización de la presente invención da a conocer un dispositivo que comprende un dispositivo de alineamiento de interferencias y un transmisor, que incluye:

un primer módulo de obtención, configurado para obtener una matriz de canal en un sistema de comunicación multicanal;

25 un módulo de determinación, configurado para determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal de acuerdo con la matriz de canal, donde el alineamiento de interferencias es implementado para la primera señal deseada utilizando un modo de construcción de cuadrícula y el alineamiento de interferencias es implementado para la segunda señal deseada utilizando un modo de formación del haz;

un segundo módulo de obtención, configurado para obtener vectores de precodificación y vectores de recepción; y

el transmisor, configurado para realizar un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los vectores de precodificación y enviar las señales de transmisión precodificadas,

30 en el que el segundo módulo de obtención comprende además:

una tercera unidad, configurada para determinar ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada; y

35 una cuarta unidad, configurada para determinar los vectores de precodificación y los vectores de recepción utilizando un procedimiento analítico, de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada,

40 de tal modo que, en un receptor correspondiente a la primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada mediante un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia incluidas en la misma tiene una característica de un patrón de constelación de cuadrícula,

45 y que, en un receptor correspondiente la segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan señales de interferencia incluidas en la misma, donde la primera señal de recepción y la segunda señal de recepción son señales de transmisión enviadas a los correspondientes receptores después de que se realice un proceso de precodificación en transmisores utilizando vectores de precodificación correspondientes.

Una realización de la presente invención da a conocer un medio de almacenamiento legible por ordenador, que incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas, realizan etapas funcionales que comprenden:

obtener una matriz de canal en un sistema de comunicación multicanal;

50 determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal de acuerdo con la matriz de canal;

obtener vectores de precodificación y vectores de recepción; y

realizar un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los vectores de precodificación, y enviar las señales de transmisión precodificadas,

en el que la obtención de vectores de precodificación y vectores de recepción comprende:

5 determinar las ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero las ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada; y

determinar los vectores de precodificación y los vectores de recepción, de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada,

10 de tal modo que, en un receptor correspondiente a la primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia comprendidas en la misma tiene una característica de patrón de constelación de cuadrícula, y que, en un receptor correspondiente a la segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan algunas señales de interferencia comprendidas en la misma, en el que la primera señal de recepción y la
15 segunda señal de recepción son las señales de transmisión enviadas a los receptores correspondientes después de que se realice el proceso de precodificación en los transmisores utilizando vectores de precodificación correspondientes.

20 Un ejemplo útil para la comprensión de la presente invención da a conocer un sistema de comunicación multicanal, que incluye por lo menos dos receptores, por lo menos dos transmisores, y un dispositivo de alineamiento de interferencias. El dispositivo de alineamiento de interferencias está configurado para obtener vectores de precodificación y vectores de recepción, de tal modo que en un extremo del receptor, correspondiente a una primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por el vector de recepción correspondiente la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia incluidas en la
25 misma tiene una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y que, en un extremo del receptor correspondiente a la segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan señales de interferencia incluidas en la misma, donde el alineamiento de interferencias es implementado para la primera señal deseada utilizando un modo de construcción de cuadrícula y un alineamiento de interferencias es implementado para la segunda señal deseada utilizando un modo de formación del haz; los transmisores están configurados para llevar a cabo un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando vectores de precodificación entregados por el dispositivo de alineamiento de interferencias y enviar las señales de transmisión precodificadas a receptores correspondientes; y los receptores están configurados para filtrar señales de recepción correspondientes utilizando vectores de recepción entregados por el dispositivo de alineamiento de interferencias y obtener señales deseadas.

30 De acuerdo con las soluciones técnicas anteriores, utilizando el procedimiento y el dispositivo de alineamiento de interferencias y el medio de almacenamiento legible por ordenador proporcionados por realizaciones de la presente invención, se obtienen vectores de precodificación y vectores de recepción, de tal modo que después de que se filtra una primera señal de recepción de un receptor correspondiente a una primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia incluidas en la misma tiene una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y de tal modo que después de que se filtra una segunda señal de recepción de un receptor correspondiente a una segunda señal deseada, se cancelan señales de interferencia incluidas en la misma, es decir, algunas señales de recepción se procesan utilizando principios de implementación de la primera técnica anterior, mientras que algunas señales de recepción se procesan utilizando principios de implementación de la segunda técnica anterior. Por lo tanto, se pueden combinar las ventajas de las dos técnicas anteriores y se pueden evitar sus
45 desventajas para conseguir un rendimiento óptimo del sistema.

Breve descripción de los dibujos

50 Para describir más claramente las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención, a continuación se introducen brevemente los dibujos adjuntos para describir las realizaciones. Evidentemente, los dibujos adjuntos en la siguiente descripción muestran algunas realizaciones de la presente invención, y los expertos en la materia pueden obtener además otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos sin esfuerzos creativos.

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra interferencia gaussiana en la técnica anterior;

la figura 2 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 1 de la presente invención;

55 la figura 3 es un diagrama esquemático estructural de un sistema de comunicación multicanal, de acuerdo con la realización 2 de la presente invención;

la figura 4 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 2 de la presente invención;

la figura 5 es un diagrama esquemático estructural de un sistema de comunicación multicanal, de acuerdo con la realización 3 de la presente invención;

la figura 6 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 3 de la presente invención;

5 la figura 7a es un primer patrón de constelación después de que una señal de recepción de un primer receptor se filtre de acuerdo con la realización 3 de la presente invención;

la figura 7b es un segundo patrón de constelación después de que una señal de recepción de un primer receptor se filtre de acuerdo con la realización 3 de la presente invención;

10 la figura 7c es un tercer patrón de constelación después de que una señal de recepción de un primer receptor se filtre de acuerdo con la realización 3 de la presente invención;

la figura 7d es un cuarto patrón de constelación después de que una señal de recepción de un primer receptor se filtre de acuerdo con la realización 3 de la presente invención;

la figura 8 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 4 de la presente invención;

15 la figura 9 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para obtener vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento de iteración, de acuerdo con la realización 3 de la presente invención;

la figura 10 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 4 de la presente invención;

20 la figura 11 es un diagrama esquemático estructural de un sistema de comunicación multicanal, de acuerdo con la realización 5 de la presente invención;

la figura 12 es un diagrama esquemático de simulación que muestra la comparación entre un procedimiento analítico en una realización de la presente invención y una primera técnica anterior utilizando un procedimiento analítico; y

25 la figura 13 es un diagrama esquemático de simulación que muestra la comparación entre un procedimiento analítico en una realización de la presente invención y una primera técnica anterior, utilizando un procedimiento analítico y un procedimiento de iteración.

Descripción detallada de las realizaciones

30 Para hacer más comprensibles los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de las realizaciones de la presente invención, a continuación se describen claramente las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos de las realizaciones de la presente invención. Evidentemente, las realizaciones descritas son solamente una parte, y no la totalidad de las realizaciones de la presente invención. Todas las demás realizaciones obtenidas sin esfuerzos creativos por expertos en la materia en base a las realizaciones de la presente invención quedarán dentro del alcance de protección de la presente invención.

35 En un procedimiento de alineamiento de interferencias de la técnica anterior, las señales de interferencia de cada señal deseada están generalmente alineadas en una misma dirección espacial en un receptor. Aunque múltiples señales de interferencia se pueden alinear entre sí, es necesario realizar el alineamiento en múltiples receptores; esta restricción debilita la intensidad de las señales deseadas proyectadas en una dirección ortogonal de las señales de interferencia. Por lo tanto, la relación señal de recepción/ruido es relativamente mala, afectando así a la mejora del rendimiento del sistema.

40 Se ha descubierto que, en este caso, el rendimiento se reduce en los receptores debido a que las señales de interferencia y las señales deseadas están generalmente próximas espacialmente. Sin embargo, en este caso, si se pueden ajustar ligeramente los espacios de las señales de interferencia y las señales deseadas y se ajusta la potencia de los transmisores, las señales de interferencia y las señales deseadas se construyen en una cuadrícula, lo que separa fácilmente las señales de interferencia de las señales deseadas, aumentando de ese modo las relaciones señal de recepción/ruido de las señales deseadas y mejorando finalmente el rendimiento del sistema.

La figura 2 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 1 de la presente invención. El procedimiento puede incluir:

Etapa 21: obtener matrices de canal en un sistema de comunicación multicanal.

50 Las matrices de canal son representadas por H, y las matrices de canal incluyen en este caso matrices de canal en las que diferentes transmisores corresponden a diferentes receptores en el sistema de comunicación multicanal.

Etapa 22: determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada en el sistema de comunicación multicanal de acuerdo con las matrices de canal, donde se implementa alineamiento de interferencias para la primera señal deseada utilizando un modo de construcción de cuadrícula y se implementa alineamiento de interferencias para la segunda señal deseada utilizando un modo de formación del haz.

5 Se debe observar que la primera señal deseada y la segunda señal deseada representan dos tipos diferentes de señales deseadas. Específicamente, un tipo de señal deseada, es decir, la primera señal deseada, utiliza un modo de construcción de cuadrícula para alineamiento de interferencias, y el otro tipo de señal deseada, es decir, la segunda señal deseada, utiliza un modo de formación del haz para alineamiento de interferencias.

10 Es comprensible que cada tipo de señal deseada pueda incluir una o varias señales deseadas, y que se determine una cantidad específica de acuerdo con las aplicaciones reales.

15 Una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema se pueden determinar utilizando un principio de maximizar una tasa de sumas. Los detalles pueden ser los siguientes: las tasas de sumas que se pueden implementar bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas se calculan de acuerdo con las matrices de canal; una primera señal deseada y una segunda señal deseada correspondientes a la tasa de sumas máxima bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas, se seleccionan como una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema.

20 Después de que se determina la primera señal deseada y la segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal, se pueden determinar ganancias de canal equivalentes relativas q_{ij} de cada señal de interferencia con respecto a las señales deseadas. Las ganancias de canal equivalentes relativas en esta realización de la presente invención son una relación entre una distancia euclídea mínima entre puntos de constelación de la primera señal deseada y una distancia euclídea mínima entre puntos de constelación de la segunda señal deseada después de que la primera señal deseada y la segunda señal deseada son filtradas por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada.

25 Etapa 23: obtener vectores de precodificación y vectores de recepción, de tal modo que, en un receptor correspondiente a la primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia incluidas en la misma tiene una característica de patrón de constelación de cuadrícula, y de modo que en un receptor correspondiente a la segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan las señales de interferencia incluidas en la misma, donde la primera señal de recepción y la segunda señal de recepción son señales de transmisión enviadas a los receptores correspondientes después de que se realice el proceso de precodificación en los transmisores utilizando vectores de precodificación correspondientes.

35 El modo de construcción de cuadrícula incluye específicamente en este caso: después de que las señales de interferencia son filtradas por los vectores de recepción, superponer las señales de interferencia en una misma dirección espacial o dos direcciones espaciales ortogonales, de tal modo que las señales de interferencia superpuestas tienen un patrón de constelación regular, es decir, una característica de un patrón de constelación de cuadrícula. Además, la distancia mínima entre puntos de constelación es dos veces mayor que la distancia mínima entre puntos de constelación de las señales deseadas.

40 Además, los vectores de precodificación y vectores de recepción se pueden obtener del siguiente modo: se determinan ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y se determina que las ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada valgan cero; y se determinan los vectores de precodificación y los vectores de recepción de acuerdo con las matrices de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada.

45 Los vectores de precodificación y los vectores de recepción se pueden determinar de acuerdo con las matrices de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada, utilizando un procedimiento analítico o un procedimiento de iteración.

50 Los vectores de precodificación se utilizan para codificar señales de transmisión en los transmisores, donde las señales de transmisión se pueden modular utilizando un modo de modulación de amplitud en cuadratura (quadrature amplitude modulation, QAM), un modo de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (Quadrature Phase Shift Keying, QPSK) o un modo de modulación por desplazamiento de fase binaria (Binary Phase Shift Keying, BPSK).

55 Los vectores de recepción se utilizan para filtrar señales de recepción en los receptores.

Evidentemente, al obtener vectores de precodificación y vectores de recepción en esta realización, algunas señales de interferencia en los receptores tienen una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y algunas

señales de interferencia en los receptores se cancelan. De este modo, se pueden evitar los problemas causados cuando todas las señales de interferencia adoptan un único modo de alineamiento de interferencias en los receptores, y se mejora el rendimiento del sistema.

5 Cuando se calculan los vectores de precodificación y los vectores de recepción, se puede utilizar un procedimiento analítico y un procedimiento de iteración. La realización 2 y la realización 3 de la presente invención describen procesos de cálculo de vectores de precodificación y vectores de recepción en diferentes sistemas utilizando un procedimiento analítico. La realización 4 de la presente invención describe el proceso de calcular vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento de iteración.

10 En esta realización de la presente invención, se combinan dos procedimientos de alineamiento de interferencias de la técnica anterior; basándose en el alineamiento de interferencias de la primera técnica anterior, se seleccionan usuarios en una base adaptativa de acuerdo con condiciones de canal para realizar construcción de señal; se realiza precodificación en los transmisores y se ajusta la potencia de los transmisores. De este modo, las señales formadas superponiendo todas las señales de interferencia de señales de recepción filtradas pueden formar un patrón de constelación de cuadrícula, y la información de señales deseadas correspondiente a cada punto de cuadrícula es única. Además, la distancia entre puntos de cuadrícula es mayor o igual que la distancia euclídea entre puntos de constelación de señales deseadas bajo una condición sin interferencia, de tal modo que se pueden detectar de manera efectiva las señales deseadas y se pueden reducir los impactos de la interferencia.

15 Después de que el sistema implementa alineamiento de interferencias, si las señales deseadas están fuertemente correlacionadas con señales de interferencia, la interferencia se puede cancelar ajustando q_{ij} a cero, y esto puede reducir la potencia de recepción de las señales deseadas y reducir las relaciones señal de recepción/ruido de las señales deseadas. Si se utiliza un procedimiento para formar una cuadrícula en los receptores, la interferencia continúa superpuesta con las señales deseadas después de que las señales son filtradas por los vectores de recepción, pero se forman puntos de cuadrícula (cada punto de cuadrícula incluye información única de señales deseadas). Por lo tanto, se pueden detectar las señales deseadas sin reducir la potencia de las señales deseadas, y se mejora el rendimiento del sistema.

20 La figura 3 es un diagrama esquemático estructural de un sistema de comunicación multicanal, de acuerdo con la realización 2 de la presente invención. Tal como se muestra en la figura 3, la realización 2 está basada en tres transmisores y tres receptores. Por supuesto, la cantidad de transmisores o la cantidad de receptores no está limitada a tres, y el sistema de comunicación multicanal puede estar formado por cualquier número de múltiples transmisores y múltiples receptores. El sistema de esta realización incluye tres estaciones base y tres equipos de usuario. Se debe entender que las estaciones base son en este caso transmisores y los equipos de usuario son en este caso receptores, donde cada estación base tiene dos antenas de transmisión y cada equipo de usuario tiene dos antenas de recepción. En esta realización, la señal que tiene que ser transmitida por una primera estación base es d_1 , la señal que tiene que ser transmitida por una segunda estación base es d_2 , y la señal que tiene que ser transmitida por una tercera estación base es d_3 ; la señal deseada por un primer equipo de usuario es d_1 , la señal deseada por un segundo tipo de usuario es d_2 y la señal deseada por un tercer equipo de usuario es d_3 ; y las matrices de canal en el sistema de comunicación multicanal son H_{11} , H_{12} , H_{13} , H_{21} , H_{22} , H_{23} , H_{31} , H_{32} y H_{33} respectivamente, que se pueden entender como matrices de canal donde diferentes transmisores corresponden a diferentes receptores en el sistema de comunicación multicanal.

30 La figura 4 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 2 de la presente invención. El procedimiento se puede aplicar en el sistema mostrado en la figura 3. Tal como se muestra en la figura 4, el procedimiento puede incluir:

Etapa 41: obtener matrices de canal H_{11} , H_{12} , H_{13} , H_{21} , H_{22} , H_{23} , H_{31} , H_{32} y H_{33} .

45 Etapa 42: determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada en el sistema de comunicación multicanal, de acuerdo con las matrices de canal.

Se debe observar que la primera señal deseada y la segunda señal deseada representan dos tipos diferentes de señales deseadas. Específicamente, un tipo de señal deseada, es decir, la primera señal deseada, utiliza un modo de construcción de cuadrícula para alineamiento de interferencias, y el otro tipo de señal deseada, es decir, la segunda señal deseada, utiliza un modo de formación del haz para alineamiento de interferencias.

50 Es comprensible que cada tipo de señal deseada pueda incluir una o varias señales deseadas, y que se determine una cantidad específica de acuerdo con las aplicaciones reales.

Una primera señal deseada y una segunda señal deseada se pueden determinar utilizando el modo siguiente:

se calculan tasas de sumas que se pueden implementar bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas, de acuerdo con las matrices de canal; y

55 una primera señal deseada y una segunda señal deseada correspondientes a una tasa de sumas máxima bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas son seleccionadas como una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal.

Etapa 43: determinar ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero las ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada.

- 5 La ganancia de canal equivalente relativa q_{ij} tiene que cumplir las siguientes condiciones: q_{ij} es un número real, un número imaginario o cero y $|q_{ij}| = 0$ o $|q_{ij}| \geq 2q_j$, donde q_j representa el módulo de la parte real o la parte imaginaria del punto más alejado en un patrón de constelación. Además, cuando $|q_{ij}| \geq |q_{kj}| \neq 0$, $|q_{ij}| = |q_{kj}|$ o $|q_{ij}| \geq 2|q_{kj}|$.

q_{ij} representa la ganancia de canal equivalente del flujo i -ésimo (una señal de interferencia) con respecto al flujo j -ésimo (una señal deseada), por ejemplo, en la figura 3, q_{21} representa la ganancia de canal equivalente de d_2 con respecto a d_1 . Las descripciones se pueden extender de manera natural, y no se vuelven a repetir en este caso.

- 10 Las condiciones que q_{ij} tiene que cumplir pueden garantizar que después de que de las señales de recepción de algunos usuarios en los receptores se filtran mediante vectores de recepción, estas señales de recepción tienen una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y que las señales de interferencia de algunos usuarios están alineadas en una misma dimensión espacial que es diferente de la dimensión espacial de las señales deseadas.
- 15 Por ejemplo, pueden existir los siguientes tres casos:

Caso 1: en un receptor 1, la interferencia está alineada en una dirección y es ortogonal a un haz de recepción 1, mientras que está formada una cuadrícula en un receptor 2 y un receptor 3. En este caso, $q_{21} = q_{31} = 0$, $q_{12} = q_{32}$ y $q_{13} = q_{23}$.

- 20 Caso 2: en un receptor 2, la interferencia está alineada en una dirección y es ortogonal a un haz de recepción 2, mientras que está formada una cuadrícula en un receptor 1 y un receptor 3. En este caso, $q_{21} = q_{31}$, $q_{12} = q_{32} = 0$ y $q_{13} = q_{23}$.

Caso 3: en un receptor 3, la interferencia está alineada en una dirección y es ortogonal a un haz de recepción 3, mientras que está formada una cuadrícula en un receptor 1 y un receptor 2. En este caso, $q_{21} = q_{31}$, $q_{12} = q_{32}$ y $q_{13} = q_{23} = 0$.

- 25 Cuál de los casos anteriores existe, se puede determinar después de que se determinen una primera señal deseada y una segunda señal deseada de acuerdo con un principio de maximizar una tasa de sumas. Por ejemplo, cuando se determina que la primera señal deseada es una señal deseada por el receptor 1 y que la segunda señal deseada es una señal deseada por los receptores 2 y 3, existe el primer caso, y las ganancias de canal equivalentes relativas utilizadas son como sigue: $q_{21} = q_{31} = 0$, $q_{12} = q_{32}$ y $q_{13} = q_{23}$. Otros casos son similares.

- 30 Etapa 44: de acuerdo con q_{ij} y H_{11} , H_{12} , H_{13} , H_{21} , H_{22} , H_{23} , H_{31} , H_{32} y H_{33} , obtener vectores de precodificación v_1 , v_2 y v_3 y vectores de recepción u_1 , u_2 y u_3 utilizando un procedimiento analítico.

$$\mathbf{v}_n = [v_{n1} \ v_{n2}]^T, 1 \leq n \leq 3; \mathbf{u}_m = [u_{m1}, u_{m2}], 1 \leq m \leq 3.$$

Específicamente, los vectores de precodificación y vectores de recepción se pueden obtener por medio de las etapas siguientes:

- 35 Si se utiliza un modo de precodificación para transmisión, suponiendo que los vectores de precodificación son v_1 , v_2 y v_3 y los vectores de ruido son n_1 , n_2 y n_3 (el valor medio es 0 y la varianza es σ_n^2), las señales de recepción R_1 , R_2 y R_3 son como sigue:

$$\begin{aligned} \mathbf{R}_1 &= \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 d_1 + \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_2 d_2 + \mathbf{H}_{31} \mathbf{v}_3 d_3 + \mathbf{n}_1 \\ \mathbf{R}_2 &= \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1 d_1 + \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_2 d_2 + \mathbf{H}_{32} \mathbf{v}_3 d_3 + \mathbf{n}_2 \\ \mathbf{R}_3 &= \mathbf{H}_{13} \mathbf{v}_1 d_1 + \mathbf{H}_{23} \mathbf{v}_2 d_2 + \mathbf{H}_{33} \mathbf{v}_3 d_3 + \mathbf{n}_3 \end{aligned} \quad (1)$$

- 40 Suponiendo que los vectores de recepción son u_1 , u_2 y u_3 , las señales X_1 , X_2 y X_3 filtradas por los vectores de recepción son como sigue:

$$\begin{cases} X_1 = \mathbf{u}_1 \mathbf{R}_1 \\ X_2 = \mathbf{u}_2 \mathbf{R}_2 \\ X_3 = \mathbf{u}_3 \mathbf{R}_3 \end{cases} \quad (2)$$

Para permitir que las señales de recepción formen una cuadrícula, se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} X_1 &= \mathbf{u}_1 \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 (d_1 + q_{21} d_2 + q_{31} d_3) + \mathbf{u}_1 \mathbf{n}_1 \\ X_2 &= \mathbf{u}_2 \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_2 (d_2 + q_{12} d_1 + q_{32} d_3) + \mathbf{u}_2 \mathbf{n}_2 \\ X_3 &= \mathbf{u}_3 \mathbf{H}_{33} \mathbf{v}_3 (d_3 + q_{13} d_1 + q_{23} d_2) + \mathbf{u}_3 \mathbf{n}_3 \end{aligned} \quad (3)$$

Para establecer la fórmula (3), se tiene que cumplir las siguientes condiciones:

$$\begin{cases} \mathbf{u}_1 [q_{21} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_2 - q_{31} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{31} \mathbf{v}_3] = 0 \\ \mathbf{u}_2 [q_{12} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1 - q_{32} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{32} \mathbf{v}_3] = 0 \\ \mathbf{u}_3 [q_{13} \mathbf{H}_{33} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{13} \mathbf{v}_1 - q_{23} \mathbf{H}_{33} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{23} \mathbf{v}_2] = 0 \end{cases} \quad (4)$$

5 En esta realización, la fórmula (4) es una ecuación de condiciones. Dado que está ecuación de condiciones incluye tres vectores de precodificación y seis ecuaciones además de los vectores de recepción, es necesario seleccionar una q_{ij} adecuada para reducir el orden de la fórmula (4), es decir, es necesario que tres ecuaciones de esta sean equivalentes a las otras tres ecuaciones de la misma, y a continuación se calcula v utilizando un procedimiento algebraico común. Por ejemplo, v se puede obtener de acuerdo con q_{ij} en los tres casos en la etapa 31.

10 Es decir, obtener vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento analítico de acuerdo con q_{ij} y H incluye: calcular vectores de precodificación utilizando una ecuación de condiciones de orden reducido, donde la ecuación de condiciones de orden reducido incluye vectores de precodificación a calcular, las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y matrices de canal, y calcular a continuación vectores de recepción utilizando una ecuación de condiciones, donde la ecuación de condiciones incluye vectores de recepción a calcular, los vectores de precodificación calculados, las ganancias equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada, y las matrices de canal.

15 Por ejemplo, suponiendo:

$$\begin{cases} q_{21} = q_{31} = 0 \\ q_{12} = q_{32} \\ q_{13} = q_{23} \end{cases} \quad (5)$$

entonces:

$$\mathbf{v}_2 = \mathbf{H}_{23}^{-1} \mathbf{H}_{13} \mathbf{v}_1$$

$$\mathbf{v}_3 = \mathbf{H}_{31}^{-1} \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_2$$

$$\mathbf{v}_1 \propto \text{gen. eigenvectors}((\mathbf{H}_{23})^{-1} \mathbf{H}_{13}, (\mathbf{H}_{21})^{-1} \mathbf{H}_{31} (\mathbf{H}_{32})^{-1} \mathbf{H}_{12}),$$

gen. eigenvectors(A, B) representa autovectores generalizados de matrices A y B. (6)

20

En otros dos casos, análogamente, se puede obtener lo siguiente:

$$\text{Caso 2: } \mathbf{v}_1 = \mathbf{H}_{13}^{-1} \mathbf{H}_{23} \mathbf{v}_2; \quad \mathbf{v}_3 = \mathbf{H}_{32}^{-1} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1;$$

$$\mathbf{v}_1 \propto \text{gen. eigenvectors}((\mathbf{H}_{23})^{-1} \mathbf{H}_{13}, (\mathbf{H}_{21})^{-1} \mathbf{H}_{31} (\mathbf{H}_{32})^{-1} \mathbf{H}_{12}),$$

gen. eigenvectors(A, B) representa autovectores generalizados de matrices A y B. (7)

$$\text{Caso 3: } \mathbf{v}_1 = \mathbf{H}_{12}^{-1} \mathbf{H}_{32} \mathbf{v}_3; \quad \mathbf{v}_2 = \mathbf{H}_{21}^{-1} \mathbf{H}_{31} \mathbf{v}_3;$$

$$\mathbf{v}_1 \propto \text{gen. eigenvectors}((\mathbf{H}_{23})^{-1} \mathbf{H}_{13}, (\mathbf{H}_{21})^{-1} \mathbf{H}_{31} (\mathbf{H}_{32})^{-1} \mathbf{H}_{12}),$$

gen. eigenvectors(A, B) representa autovectores generalizados de matrices A y B. (8)

25 Después de calcular v_1 , v_2 y v_3 por medio del proceso de derivación anterior, v_1 , v_2 y v_3 se sustituyen en la fórmula (4), y se puede obtener u_1 , u_2 y u_3 .

Etapa 45: los transmisores llevan a cabo un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los correspondientes vectores de precodificación, y a continuación envían las señales de transmisión precodificadas.

Etapa 46: los receptores filtran señales de recepción utilizando correspondientes vectores de recepción, y obtienen señales deseadas.

30 Evidentemente, en esta realización, se pueden obtener vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento analítico; al utilizar los vectores de precodificación y los vectores de recepción, algunas

señales de interferencia en los receptores tienen una característica de un patrón de constelación de cuadrícula después de la superposición, y se cancelan algunas señales de interferencia en los receptores. De este modo, se pueden evitar los problemas causados cuando todas las señales de interferencia adoptan un único modo de alineamiento de interferencias en los receptores, y se mejora el rendimiento del sistema.

5 En esta realización de la presente invención, se combinan dos procedimientos de alineamiento de interferencias de la técnica anterior; basándose en el alineamiento de interferencias de la primera técnica anterior, se seleccionan usuarios en una base adaptativa de acuerdo con las condiciones de canal para realizar construcción de señales; se realiza precodificación en los transmisores y se ajusta la potencia de los transmisores. De este modo, las señales formadas superponiendo todas las señales de interferencia de señales de recepción filtradas pueden formar un patrón de constelación de cuadrícula, y la información de señal deseada correspondiente a cada punto de cuadrícula es única. Además, la distancia entre puntos de cuadrícula es mayor o igual que la distancia euclídea entre puntos de constelación de señales deseadas bajo una condición sin interferencia, de tal modo que se pueden detectar de manera efectiva las señales deseadas y se pueden reducir los impactos de la interferencia.

10 Después de que el sistema implemente alineamiento de interferencias, si las señales deseadas están fuertemente correlacionadas con señales de interferencia, la interferencia se puede cancelar ajustando q_{ij} a cero, pero esto puede reducir la potencia de recepción de las señales deseadas y reducir las relaciones de señal de recepción/ruido de las señales deseadas. Si se utiliza un procedimiento para formar una cuadrícula en los receptores, la interferencia sigue superpuesta con las señales deseadas después de que las señales son filtradas por los vectores de recepción, pero se forman puntos de cuadrícula (cada punto de cuadrícula incluye información única de señales deseadas). Por lo tanto, se pueden detectar las señales deseadas sin reducir la potencia de las señales deseadas, y se mejora el rendimiento del sistema.

15 La figura 5 es un diagrama esquemático estructural de un sistema de comunicación multicanal, de acuerdo con la realización 3 de la presente invención. Tal como se muestra en la figura 5, el sistema de comunicación multicanal incluye dos estaciones base y dos equipos de usuario. Se debe entender que las estaciones base son en este caso transmisores y los equipos de usuario son en este caso receptores, donde cada estación base tiene tres antenas de transmisión y cada equipo de usuario tiene tres antenas de recepción. Las señales que tienen que ser transmitidas por una primera estación base son d_1, d_2 y las señales que tienen que ser transmitidas por una segunda estación base son d_3, d_4 ; las señales deseadas por un primer usuario son d_1, d_3 y las señales deseadas por un segundo usuario son d_2, d_4 . Las matrices de canal en el sistema de comunicación multicanal son $H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ respectivamente, que se pueden entender como matrices de canal donde diferentes transmisores corresponden a diferentes receptores en el sistema de comunicación multicanal.

20 La figura 6 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 3 de la presente invención. El procedimiento se puede aplicar en el sistema mostrado en la figura 5. Tal como se muestra en la figura 6, el procedimiento puede incluir:

35 Etapa 61: obtener matrices de canal $H_{11}, H_{12}, H_{21}, H_{22}$ en un sistema de comunicación multicanal.

Etapa 62: determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada en el sistema de comunicación multicanal, de acuerdo con las matrices de canal.

40 Se debe observar que la primera señal deseada y la segunda señal deseada representan dos tipos diferentes de señales deseadas. Específicamente, un tipo de señal deseada, es decir, la primera señal deseada, utiliza un modo de construcción de cuadrícula para alineamiento de interferencias, y el otro tipo de señal deseada, es decir, la segunda señal deseada, utiliza un modo de formación del haz para alineamiento de interferencias.

Es comprensible que cada tipo de señal deseada pueda incluir una o varias señales deseadas, y que se determine la cantidad específica de acuerdo con las aplicaciones reales.

Una primera señal deseada y una segunda señal deseada se pueden determinar utilizando el modo siguiente:

45 se calculan tasas de sumas que se pueden implementar bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas, de acuerdo con las matrices de canal; y

una primera señal deseada y una segunda señal deseada correspondientes a una tasa de sumas máxima bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas son seleccionadas como una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal.

50 Etapa 63: determinar ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero las ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada.

La ganancia de canal equivalente relativa q_{ij} tiene que cumplir las siguientes condiciones: q_{ij} es un número real, un número imaginario o cero y $|q_{ij}| = 0$ o $|q_{ij}| \geq 2q_j$, donde q_j representa el módulo de la parte real o la parte imaginaria del punto más alejado en un patrón de constelación. Además, cuando $|q_{ij}| \geq |q_{kj}| \neq 0$, $|q_{ij}| = |q_{kj}|$ o $|q_{ij}| \geq 2|q_{kj}|$.

q_{ij} representa la ganancia de canal equivalente del flujo i -ésimo (una señal de interferencia) con respecto al flujo j -ésimo (una señal deseada), por ejemplo, en la figura 5, q_{21} representa la ganancia de canal equivalente de d_2 con respecto a d_1 . Las descripciones se pueden extender de manera natural, y no se vuelven a repetir en este caso.

5 Las condiciones que q_{ij} tiene que cumplir pueden garantizar que después de que las señales de recepción de algunos usuarios en los receptores se filtran mediante vectores de recepción, estas señales de recepción tienen una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y que las señales de interferencia de algunos usuarios están alineadas en una misma dimensión espacial que es diferente de la dimensión espacial de las señales deseadas.

10 Si q_{ij} no es igual a 0 (siempre se forma una cuadrícula independientemente de si q_{ij} es un número real o un número imaginario), esto indica ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada; si q_{ij} es igual a 0, esto indica ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada.

Las figuras 7a a 7d muestran un patrón de constelación después de que se filtren señales de recepción correspondientes a valores diferentes de q_{ij} .

15 La figura 7a es un primer patrón de constelación después de que una señal de recepción de un primer receptor se filtre de acuerdo con la realización 3 de la presente invención. La q_{ij} prefijada en este escenario cumple las siguientes condiciones: $\text{abs}(q_{21}) = 0$, $\text{abs}(q_{31}) = 0$, $\text{abs}(q_{41}) = 0$ y $\text{abs}(q_0) = 3$, donde q_0 representa una distancia euclídea mínima entre puntos de constelación de una señal deseada. Cuatro puntos de cuadrícula en la figura 7a están situados en cuatro puntos de esquina de un cuadrado cuyo centro es (0, 0) y la longitud del lado es igual a 2.

20 La figura 7b es un segundo patrón de constelación después de que una señal de recepción de un primer receptor se filtre de acuerdo con una realización de la presente invención. La q_{ij} prefijada en este escenario cumple las siguientes condiciones: $\text{abs}(q_{21}) = 0$, $\text{abs}(q_{31}) = q_0$, $\text{abs}(q_{41}) = 0$ y $\text{abs}(q_0) = 3$. 16 puntos de cuadrícula en la figura 7b están situados en cuatro puntos de esquina de cuatro cuadrados respectivamente, cuyos centros son (-3, 3), (3,3), (-3, -3) y (-3, 3) respectivamente, y las longitudes de los lados son todas iguales a 2.

25 La figura 7c es un tercer patrón de constelación después de que una señal de recepción de un primer receptor se filtre de acuerdo con la realización 3 de la presente invención. La q_{ij} prefijada en este escenario cumple las siguientes condiciones: $\text{abs}(q_{21}) = 0$, $\text{abs}(q_{31}) = q_0$, $\text{abs}(q_{41}) = q_0$ y $\text{abs}(q_0) = 3$. 36 puntos de cuadrícula en la figura 7c están situados en cuatro puntos de esquina de nueve cuadrados respectivamente, cuyos centros son (-6, 6), (0, 6), (6, 6), (-6, 0), (0, 0), (6, 0), (-6, -6), (0, -6) y (6, -6) respectivamente, y las longitudes laterales de todos son iguales a 2.

30 La figura 7d es un cuarto patrón de constelación después de que una señal de recepción de un primer receptor se filtre de acuerdo con la realización 3 de la presente invención. La q_{ij} prefijada en este escenario cumple las siguientes condiciones: $\text{abs}(q_{21}) = q_0$, $\text{abs}(q_{31}) = q_0$, $\text{abs}(q_{41}) = q_0$ y $\text{abs}(q_0) = 3$. 64 puntos de cuadrícula en la figura 7d están situados en cuatro puntos de esquina en 16 cuadrados respectivamente, cuyos centros son (-9, 9), (-3, 9), (3, 9), (9, 9), (-9, 3), (-3, 3), (3, 3), (9, 3), (-9, -3), (-3, -3), (3, -3), (9, -3), (-9, -9), (-3, -9), (3, -9) y (9, -9) respectivamente, y las longitudes de los lados son todas iguales a 2.

Etapa 64: determinar, de acuerdo con q_{ij} y H_{11} , H_{12} , H_{21} , H_{22} , vectores de precodificación v_1 , v_2 , v_3 y v_4 y vectores de recepción u_1 , u_2 , u_3 y u_4 utilizando un procedimiento analítico.

$$\mathbf{v}_m = [v_{m1} \ v_{m2} \ v_{m3}]^T, \ 1 \leq m \leq 4; \ \mathbf{u}_m = [u_{m1} \ u_{m2} \ u_{m3}], \ 1 \leq m \leq 4.$$

40 El proceso del procedimiento analítico incluye:

calcular vectores de precodificación utilizando una ecuación de condiciones de orden reducido, donde la ecuación de condiciones de orden reducido incluye vectores de precodificación que tienen que ser calculados, ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y las matrices de canal; y

45 calcular vectores de recepción utilizando una ecuación de condiciones, donde la ecuación de condiciones incluye vectores de recepción que tienen que ser calculados, los vectores de precodificación calculados, las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y las matrices de canal.

50 Específicamente, para detalles acerca de las etapas de determinación de vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento analítico, se puede hacer referencia a las descripciones siguientes:

Si se utiliza un modo de precodificación para transmisión, suponiendo que los vectores de precodificación son v_1 , v_2 , v_3 y v_4 y los vectores de ruido son n_1 y n_2 y n_3 , las señales de recepción R_1 , R_2 y R_3 son como sigue:

$$\begin{cases} \mathbf{R}_1 = \mathbf{H}_{11}(\mathbf{v}_1 d_1 + \mathbf{v}_2 d_2) + \mathbf{H}_{21}(\mathbf{v}_3 d_3 + \mathbf{v}_4 d_4) + \mathbf{n}_1 \\ \mathbf{R}_2 = \mathbf{H}_{21}(\mathbf{v}_1 d_1 + \mathbf{v}_2 d_2) + \mathbf{H}_{22}(\mathbf{v}_3 d_3 + \mathbf{v}_4 d_4) + \mathbf{n}_2 \end{cases} \quad (9)$$

Suponiendo que los vectores de recepción son u_1, u_2, u_3 y u_4 , las señales X_1, X_2, X_3 y X_4 filtradas por los vectores de recepción son como sigue:

$$\begin{cases} X_1 = u_1 R_1 \\ X_2 = u_2 R_2 \\ X_3 = u_3 R_1 \\ X_4 = u_4 R_2 \end{cases} \quad (10)$$

5 Para permitir que las señales de recepción formen una cuadrícula, se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

$$\begin{cases} X_1 = u_1 \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 (d_1 + q_{21} d_2 + q_{31} d_3 + q_{41} d_4) + u_1 \mathbf{n}_1 \\ X_2 = u_2 \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 (d_2 + q_{12} d_1 + q_{32} d_3 + q_{42} d_4) + u_2 \mathbf{n}_2 \\ X_3 = u_3 \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 (d_3 + q_{13} d_1 + q_{23} d_2 + q_{43} d_4) + u_3 \mathbf{n}_1 \\ X_4 = u_4 \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 (d_4 + q_{14} d_1 + q_{24} d_2 + q_{34} d_3) + u_4 \mathbf{n}_2 \end{cases} \quad (11)$$

En la fórmula (11), q_{ij} representa ganancias de canal equivalentes prefijadas, de canales de interferencia.

Para establecer la fórmula (11), se tiene que cumplir lo siguiente:

$$\begin{cases} u_1 [q_{31} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 \quad q_{41} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_4 \quad q_{21} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_2] = 0 \\ u_2 [q_{32} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_3 \quad q_{42} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 \quad q_{12} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1] = 0 \\ u_3 [q_{13} \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 \quad q_{23} \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_2 \quad q_{43} \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_4] = 0 \\ u_4 [q_{14} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 - \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1 \quad q_{14} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 - \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 \quad q_{34} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 - \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_3] = 0 \end{cases} \quad (12)$$

10 Dado que cada usuario tiene solamente tres antenas de recepción, es necesario que dos elementos en cada línea de la fórmula (12) sean iguales, por ejemplo:

$$\begin{cases} q_{41} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_4 = q_{21} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_2 \\ q_{32} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_3 = q_{12} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1 \\ q_{23} \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_2 = q_{43} \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_4 \\ q_{14} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 - \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1 = q_{34} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 - \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_3 \end{cases} \quad (13)$$

Si se sustituye la fórmula (13) en la fórmula (12), se obtiene la siguiente fórmula (14):

$$\begin{cases} u_1 [q_{31} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 \quad q_{21} \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 - \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_2] = 0 \\ u_2 [q_{32} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_3 \quad q_{42} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2 - \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4] = 0 \\ u_3 [q_{13} \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_1 \quad q_{23} \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_3 - \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_2] = 0 \\ u_4 [q_{14} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 - \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1 \quad q_{14} \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_4 - \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_2] = 0 \end{cases} \quad (14)$$

15 En esta realización, la fórmula (14) es una ecuación de condiciones. Se puede llevar a cabo una reducción de orden en la fórmula (14) utilizando el modo de procesamiento de la realización mostrada en la figura 4, de manera que la ecuación de condiciones de orden reducido incluye vectores de precodificación que tienen que ser calculados, las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y las matrices de canal, pero no incluye vectores de recepción, de tal modo que se calculan vectores de precodificación. A continuación, se calculan los vectores de recepción de acuerdo con los vectores de precodificación calculados y la ecuación de condiciones.

20

Por ejemplo,

$$\text{Suponiendo } \begin{cases} q_{41} = q_{21} \\ q_{32} = q_{12} \\ q_{23} = q_{43} \\ q_{14} = q_{34} \end{cases} \quad (15)$$

entonces,

$$25 \quad \begin{cases} \mathbf{H}_{12} \mathbf{v}_1 = \mathbf{H}_{22} \mathbf{v}_3 \\ \mathbf{H}_{11} \mathbf{v}_2 = \mathbf{H}_{21} \mathbf{v}_4 \end{cases}$$

De acuerdo con las formulas (14) y (15), se puede obtener (u_1, u_2, u_3, u_4) y (v_1, v_2, v_3, v_4) .

Etapa 65: los transmisores codifican señales de transmisión utilizando correspondientes vectores de precodificación, y envían a continuación las señales de transmisión codificadas.

Etapa 66: los receptores filtran señales de recepción utilizando correspondientes vectores de recepción, y obtienen señales deseadas.

5 Evidentemente, en esta realización, se pueden obtener vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento analítico; al utilizar los vectores de precodificación y los vectores de recepción, algunas señales de interferencia en los receptores tienen una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y se cancelan algunas señales de interferencia en los receptores. De este modo, se pueden evitar los problemas causados cuando todas las señales de interferencia adoptan un único modo de alineamiento de interferencias en los receptores, y se mejora el rendimiento del sistema.

10 En algunas configuraciones del sistema, es difícil obtener por precodificación vectores y vectores de recepción utilizando un procedimiento analítico. En este caso, la relación entre la suma de la potencia de señales deseadas y la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre las señales deseadas se puede utilizar como una función de objetivo de optimización para realizar un cálculo iterativo, y se calculan vectores de precodificación y vectores de recepción maximizando la relación entre la suma de la potencia de señales deseadas y la suma de la potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre las señales deseadas.

15 La figura 8 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de alineamiento de interferencias, según una cuarta realización de la presente invención, que incluye:

etapa 81: obtener matrices de canal en un sistema de comunicación multicanal.

20 Se pueden obtener diferentes matrices de canal de acuerdo con diferentes estructuras del sistema, por ejemplo, las matrices de canal mostradas en la realización 2 o la realización 3.

Etapa 82: determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada en el sistema de comunicación multicanal, de acuerdo con las matrices de canal.

25 Para ver los detalles, se puede hacer referencia al procedimiento de determinación mostrado en la realización 3 o la realización 3.

Etapa 83: determinar ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero las ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada.

30 Para ver los detalles sobre las condiciones que tiene que cumplir q_{ij} , se puede hacer referencia a la realización 2 o la realización 3.

Etapa 84: determinar, de acuerdo con las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y las matrices de canal, vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento de iteración.

El proceso del procedimiento de iteración es como sigue:

35 Se calculan vectores de precodificación utilizando un procedimiento de optimización, utilizando vectores de recepción generados aleatoriamente como valores iniciales de entrada de una iteración y utilizando una suma de potencia de interferencia que imponen las señales de interferencia sobre las señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, o utilizando la relación entre una suma de intensidad de señales deseadas y a una suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, donde la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor o la relación entre la suma de intensidad de señal deseada y la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, se genera de acuerdo con las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y las matrices de canal. El procedimiento de optimización incluye, de forma no limitativa, un procedimiento de estimación por mínimos cuadrados medios, una optimización convexa, un procedimiento de relación señal/ruido mínimo y un procedimiento de forzar a cero.

40 Se calculan vectores de recepción de acuerdo con los vectores de precodificación calculados, utilizando una relación señal/ruido máxima como el objetivo de optimización, o utilizando un procedimiento de estimación por mínimos cuadrados medios (MMSE, minimum mean square estimation), y se utilizan como entrada de una siguiente iteración, donde la relación señal/ruido se genera de acuerdo con las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y las matrices de canal.

Las etapas anteriores se repiten hasta que se alcanza el número prefijado de iteraciones, y después de la iteración se obtienen los vectores de precodificación y vectores de recepción.

5 Específicamente, la figura 9 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento para determinar vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento de iteración de acuerdo con la realización 3 de la presente invención, que incluye:

Etapa 91: prefijar el número de iteraciones; después de la inicialización, ajustar a 0 el número de iteraciones y generar aleatoriamente vectores de recepción.

Tomando como ejemplo el sistema de la realización 2, se generan aleatoriamente u_1, u_2 y u_3 .

10 Etapa 92: calcular vectores de precodificación utilizando un procedimiento de optimización, en base a los vectores de recepción obtenidos (vectores de recepción generados aleatoriamente en la primera iteración, y vectores de recepción obtenidos en una iteración anterior después de la iteración) y utilizando una suma de potencia de interferencia que imponen las señales de interferencia sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, o utilizando la proporción entre una suma de intensidad de señales deseadas frente a una suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización.

15 Por ejemplo, en primer lugar se construyen matrices de canal de interferencia H_{int} , matrices de canal H_{sig} , de las señales deseadas, y un vector de señal de transmisión total V:

$$H_{int} = \begin{bmatrix} q_{21} u_1 H_{11} & -u_1 H_{21} & 0 \\ q_{31} u_1 H_{11} & 0 & -u_1 H_{31} \\ -u_2 H_{12} & q_{12} u_2 H_{22} & 0 \\ 0 & q_{32} u_2 H_{22} & -u_2 H_{32} \\ -u_3 H_{13} & 0 & q_{13} u_3 H_{33} \\ 0 & -u_3 H_{23} & q_{23} u_3 H_{33} \end{bmatrix}$$

$$H_{sig} = [u_1 H_{11} \quad u_2 H_{22} \quad u_3 H_{33}]$$

20 $V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$

Si la suma de la potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre las señales deseadas se utiliza como el objetivo de optimización, se minimiza $H_{int}V$ para calcular V, con el fin de obtener los correspondientes vectores de precodificación.

25 Si la relación entre la suma de la intensidad de las señales deseadas frente a la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor se utiliza como el objetivo de optimización, se maximiza la SLR o la SLNR para calcular V, donde:

$$SLR = \frac{|H_{sig} V|^2}{|H_{int} V|^2}$$

$$SLNR = \frac{|H_{sig} V|^2}{|H_{int} V|^2 + \sigma_n^2}$$

30 Etapa 93: calcular vectores de recepción utilizando los vectores de precodificación obtenidos en la etapa 92 y utilizando una relación señal/ruido máxima, como el objetivo de optimización, o utilizando el procedimiento MMSE.

Si se utiliza el procedimiento MMSE, es necesario minimizar la interferencia $u_i[q_{ji}H_{ii}v_i - H_{ji}v_j]$ que una señal de interferencia j imponen sobre una señal deseada i, para obtener vectores de recepción.

Si se utiliza la relación señal/ruido máxima como el objetivo de optimización, se maximiza la SIR_i o la SINR_i, donde:

$$SIR_i = \frac{|u_i H_{ii} v_i|^2}{\sum_{j \neq i} |u_j (q_{ji} H_{ii} v_i - H_{ji} v_j)|^2}$$

35
$$SINR_i = \frac{|u_i H_{ii} v_i|^2}{\sum_{j \neq i} |u_j (q_{ji} H_{ii} v_i - H_{ji} v_j)|^2 + \sigma_n^2}$$

Etapa 94: sumar 1 al número de iteraciones, y determinar a continuación si el número de iteraciones alcanza el número prefijado; en caso afirmativo, ejecutar la etapa 95; de lo contrario, repetir la etapa 92.

Etapa 95: terminar la iteración, y entregar vectores de precodificación y vectores de recepción que se obtienen por medio de las iteraciones anteriores.

Etapa 85: los transmisores realizan un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los vectores de precodificación obtenidos, y envían a continuación las señales de transmisión precodificadas.

5 Etapa 86: los receptores filtran señales de recepción utilizando los correspondientes vectores de recepción, y obtienen señales deseadas.

10 Evidentemente, en esta realización, se pueden obtener vectores de precodificación y vectores de recepción utilizando un procedimiento de iteración; al utilizar los vectores de precodificación y los vectores de recepción, algunas señales de interferencia en los receptores pueden tener una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y algunas señales de interferencia se cancelan en los receptores. De este modo, se pueden evitar los problemas causados cuando todas las señales de interferencia adoptan un único modo de alineamiento de interferencias en los receptores, y se mejora el rendimiento del sistema.

15 La figura 10 es un diagrama estructural esquemático de un dispositivo de alineamiento de interferencias, de acuerdo con la realización 4 de la presente invención. El dispositivo de alineamiento de interferencias 100 incluye un primer módulo de obtención 101, un módulo de determinación 102 y un segundo módulo de obtención 103.

El primer módulo de obtención 101 está configurado para obtener matrices de canal en un sistema de comunicación multicanal, donde las matrices de canal están representadas por H e incluyen matrices de canal donde diferentes transmisores corresponden a diferentes receptores en el sistema de comunicación multicanal.

20 El módulo de determinación 102 está configurado para determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal de acuerdo con las matrices de canal, donde el alineamiento de interferencias es implementado para la primera señal deseada utilizando un modo de construcción de cuadrícula y el alineamiento de interferencias es implementado para la segunda señal deseada utilizando un modo de formación del haz.

25 Se debe observar que la primera señal deseada y la segunda señal deseada representan dos tipos diferentes de señales deseadas. Específicamente, un tipo de señal deseada, es decir, la primera señal deseada, utiliza un modo de construcción de cuadrícula para alineamiento de interferencias, y el otro tipo de señal deseada, es decir, la segunda señal deseada, utiliza un modo de formación del haz para alineamiento de interferencias. Es comprensible que cada tipo de señal deseada pueda incluir una o varias señales deseadas, y que se determine una cantidad específica de acuerdo con las aplicaciones reales.

30 El segundo módulo de obtención 103 está configurado para obtener vectores de precodificación y vectores de recepción, de tal modo que, en un receptor correspondiente a la primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia incluidas en la misma tiene una característica de patrón de constelación de cuadrícula, y de modo que en un receptor correspondiente a la segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan las señales de interferencia incluidas en la misma, donde la primera señal de recepción y la segunda señal de recepción son señales de transmisión enviadas a los receptores correspondientes después de que se realice el proceso de precodificación en los transmisores utilizando vectores de precodificación correspondientes. El modo de obtener vectores de precodificación y vectores de recepción puede incluir: determinar ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada; y determinar vectores de precodificación y vectores de recepción de acuerdo con las matrices de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada.

45 El módulo de determinación 102 puede incluir una primera unidad 1021 y una segunda unidad 1022, donde:

la primera unidad 1021 está configurada para calcular, de acuerdo con las matrices de canal, tasas de sumas que se pueden implementar bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas; y

50 la segunda unidad 1022 está configurada para seleccionar una primera señal deseada y una segunda señal deseada correspondientes a una tasa de sumas máxima bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas, como una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal.

En un modo de implementación, el segundo módulo de obtención 103 puede incluir una tercera unidad 1031 y una cuarta unidad 1032, donde:

55 la tercera unidad 1031 está configurada para determinar ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada; y

la cuarta unidad 1032 está configurada para determinar, de acuerdo con las matrices de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada, los vectores de precodificación y los vectores de recepción utilizando un procedimiento analítico.

- 5 Además, la cuarta unidad 1032 puede estar configurada específicamente para: calcular vectores de precodificación utilizando una ecuación de condiciones de orden reducido, donde la ecuación de condiciones de orden reducido incluye vectores de precodificación que tienen que ser calculados, las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y las matrices de canal; y calcular vectores de recepción utilizando una ecuación de condiciones, donde la ecuación de
- 10 condiciones incluye vectores de recepción que tienen que ser calculados, los vectores de precodificación calculados, las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y las matrices de canal.

En otro modo de implementación, el segundo módulo de obtención 103 incluye una quinta unidad 1033 y una sexta unidad 1034, donde:

- 15 la tercera unidad 1033 está configurada para determinar ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interfaz correspondientes a cada segunda señal deseada; y

- la sexta unidad 1034 está configurada para determinar, de acuerdo con las matrices de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada
- 20 segunda señal deseada, los vectores de precodificación y los vectores de recepción utilizando un procedimiento de iteración.

- Además, la sexta unidad 1034 está configurada específicamente para: calcular vectores de precodificación utilizando un procedimiento de optimización, mediante utilizar vectores de recepción generados aleatoriamente como valores
- 25 iniciales de entrada de una iteración y utilizar una suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, o mediante utilizar la proporción entre una suma de intensidad de señales deseadas y una suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, donde la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor o la proporción entre la suma de intensidad de señales deseadas y la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor se genera de acuerdo con las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada
- 30 segunda señal deseada y las matrices de canal; calcular, de acuerdo con los vectores de precodificación calculados, vectores de recepción utilizando una relación señal/ruido máxima como un objetivo de optimización o utilizando un procedimiento MMSE, y utilizar los vectores de recepción como entrada de una siguiente iteración, donde la relación señal/ruido se genera de acuerdo con las matrices de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las
- 35 señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada; y repetir las etapas anteriores hasta que se alcanza el número prefijado de iteraciones, y obtener vectores de precodificación y vectores de recepción después de la iteración.

- Para detalles sobre los principios de trabajo y los procesos de trabajo de cada módulo o unidad en esta realización,
- 40 se puede hacer referencia a las descripciones del procedimiento de las realizaciones anteriores, que no se vuelven a describir en este caso.

- Evidentemente, al obtener vectores de precodificación y vectores de recepción, el dispositivo de alineamiento de interferencias dado a conocer en esta realización garantiza que después de que se filtra una señal de recepción en un receptor correspondiente a una primera señal deseada, las señales de interferencia en la misma tienen una
- 45 característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y que después de que se filtra una señal de recepción en un receptor correspondiente a una segunda señal deseada, las señales de interferencia en la misma se cancelan. De este modo, se pueden combinar las ventajas de las dos técnicas anteriores, y se pueden evitar sus desventajas para conseguir un rendimiento óptimo del sistema.

- En esta realización de la presente invención, se combinan dos procedimientos de alineamiento de interferencias de la técnica anterior; basándose en el alineamiento de interferencias de la primera técnica anterior, se seleccionan usuarios en una base adaptativa de acuerdo con las condiciones de canal para realizar construcción de señales; se realiza precodificación en los transmisores y se ajusta la potencia de los transmisores. De este modo, las señales formadas superponiendo todas las señales de interferencia de señales de recepción filtradas pueden formar un patrón de constelación de cuadrícula, y la información de señal deseada correspondiente a cada punto de cuadrícula es única. Además, la distancia entre puntos de cuadrícula es mayor o igual que la distancia euclídea entre puntos de
- 50 constelación de señales deseadas bajo una condición sin interferencia, de tal modo que se pueden detectar de manera efectiva las señales deseadas y se pueden reducir los impactos de la interferencia.
- 55

Después de que el sistema implemente alineamiento de interferencias, si las señales deseadas están fuertemente correlacionadas con señales de interferencia, la interferencia se puede cancelar ajustando q_{ij} a cero, pero esto

puede reducir la potencia de recepción de las señales deseadas y reducir las relaciones de señal de recepción/ruido de las señales deseadas. Si se utiliza un procedimiento para formar una cuadrícula en los receptores, la interferencia sigue superpuesta con las señales deseadas después de que las señales son filtradas por los vectores de recepción, pero se forman puntos de cuadrícula (cada punto de cuadrícula incluye información única de señales deseadas). Por lo tanto, se pueden detectar las señales deseadas sin reducir la potencia de las señales deseadas, y se mejora el rendimiento del sistema.

La figura 11 es un diagrama estructural esquemático de un sistema de comunicación multicanal de acuerdo con la realización 5 de la presente invención, que incluye por lo menos dos transmisores 111, por lo menos dos receptores 112 y un dispositivo de alineamiento de interferencias 113.

El dispositivo de alineamiento de interferencias 113 está configurado para obtener vectores de precodificación y vectores de recepción, de tal modo que en un extremo del receptor correspondiente a una primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia incluidas en la misma tiene una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y que, en un extremo del receptor correspondiente a una segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a una segunda señal deseada, se cancelan las señales de interferencia incluidas en la misma, donde el alineamiento de interferencias se implementa para la primera señal deseada utilizando un modo de construcción de cuadrícula y el alineamiento de interferencias se implementa para la segunda señal deseada utilizando un modo de formación del haz.

Los transmisores 111 están configurados para llevar a cabo un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando correspondientes vectores de precodificación entregados por el dispositivo de alineamiento de interferencias 113 y enviar las señales de transmisión precodificadas a correspondientes receptores. Se debe observar que las señales pueden ser enviadas por un transmisor-1 a un receptor-1, o enviadas por el transmisor-1 a todos los receptores.

Los receptores 112 están configurados para filtrar correspondientes señales de recepción mediante la utilización de correspondientes vectores de recepción entregados por el dispositivo de alineamiento de interferencias 113, y obtener señales deseadas.

La figura 11 se basa en la hipótesis de que el dispositivo de alineamiento de interferencias 113 está dispuesto de manera independiente. El dispositivo de alineamiento de interferencias 113 puede estar situado asimismo en el interior de un transmisor 111 o en el interior de un receptor 112.

Para más detalles sobre la estructura del dispositivo de alineamiento de interferencias 113 en esta realización, se puede hacer referencia al dispositivo mostrado en la figura 10.

Una realización de la presente invención da a conocer un transmisor, que incluye el dispositivo de alineamiento de interferencias de la realización anterior y un transmisor configurado para llevar a cabo un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando vectores de precodificación entregados por el dispositivo de alineamiento de interferencias, y enviar las señales de transmisión.

Evidentemente, en esta realización, al garantizar que después de que se filtra una señal de recepción en un receptor correspondiente a una primera señal deseada, las señales de interferencia en la misma tienen una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y que después de que se filtra una señal de recepción en un receptor correspondiente a una segunda señal deseada, las señales de interferencia en la misma se cancelan. De este modo, se pueden combinar las ventajas de las dos técnicas anteriores, y se pueden evitar sus desventajas para conseguir un rendimiento óptimo del sistema.

Al utilizar el alineamiento de interferencias implementado de acuerdo con los principios anteriores, se puede mejorar el rendimiento del sistema. Para más detalles, se puede hacer referencia a los diagramas de simulación mostrados en la figura 12 y la figura 13. Las condiciones de los diagramas de simulación son las siguientes: tres pares de transmisores y receptores, teniendo cada transmisor y cada receptor dos antenas. La figura 12 es un diagrama esquemático de simulación que muestra la comparación entre un procedimiento analítico en una realización de la presente invención y una primera técnica anterior que utiliza un procedimiento analítico, donde "⊖" representa el procedimiento analítico en esta realización de la presente invención y "→" representa a la primera técnica anterior que utiliza el procedimiento analítico. La figura 13 es un diagrama esquemático de simulación que muestra la comparación entre un procedimiento analítico en una realización de la presente invención y una primera técnica anterior que utiliza un procedimiento analítico y un procedimiento de iteración, donde "◇" representa el procedimiento analítico en esta realización de la presente invención, "→" representa la primera técnica anterior que utiliza el procedimiento analítico y "⊖" representa la primera técnica anterior que utiliza el procedimiento de iteración.

En las figuras 12 y 13, el eje horizontal representa una relación señal/ruido (SNR) en unidades de decibelios (dB), y el eje vertical representa la tasa de errores binarios (BER, bit error ratio). Por la figura 12 y la figura 13 se puede ver que la BER en esta realización de la presente invención es relativamente baja a la misma SNR, y que la SNR que requiere esta realización de la presente invención es relativamente baja a la misma BER (es decir, un mismo objetivo se puede conseguir sin la necesidad de mejores condiciones). Por lo tanto, el rendimiento del sistema es mejor.

Resumiendo, en realizaciones de la presente invención, se obtienen vectores de precodificación y vectores de recepción, de tal modo que después de que se filtra una primera señal de recepción de un receptor correspondiente a una primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia en la misma tiene una característica de un patrón de constelación de cuadrícula, y después de que se filtra una segunda señal de recepción de un receptor correspondiente a una segunda señal deseada, se cancelan las señales de interferencia en la misma, es decir, algunas señales de recepción se procesan utilizando principios de implementación de la primera técnica anterior, mientras que algunas señales de recepción se procesan utilizando principios de implementación de la segunda técnica anterior. Por lo tanto, se pueden combinar ventajas de las dos técnicas anteriores y se pueden evitar sus desventajas para conseguir un rendimiento óptimo del sistema. Las realizaciones de la presente invención dan a conocer un procedimiento analítico y un procedimiento de iteración, que amplían el ámbito de aplicación. El dispositivo de alineamiento de interferencias dado a conocer en la realización de la presente invención se puede disponer en el interior de un transmisor o en el interior de un receptor, o se puede disponer independientemente, lo que hace el dispositivo más flexible.

Los expertos en la materia pueden comprender que la totalidad o parte de las etapas de los procedimientos de las realizaciones se pueden implementar mediante un programa que instruye al hardware pertinente. El programa puede estar almacenado en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Cuando se ejecuta el programa, se llevan a cabo las anteriores etapas de los procedimientos de las realizaciones. El medio de almacenamiento puede ser cualquier medio que pueda almacenar códigos de programa, tal como ROM, RAM, disco magnético o disco óptico, y similares.

Finalmente, se debe observar que las anteriores realizaciones de la presente invención están destinadas tan sólo a describir las soluciones técnicas de la presente invención, que se definen mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de alineamiento de interferencias, que comprende:

obtener 41, 61, 81 una matriz de canal en un sistema de comunicación multicanal;

5 determinar 42, 62, 82 una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal de acuerdo con la matriz de canal;

obtener 43, 44, 63, 64, 83, 84 vectores de precodificación y vectores de recepción; y

realizar un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los vectores de precodificación y enviar las señales de transmisión precodificadas;

caracterizado por que la obtención de los vectores de precodificación y vectores de recepción comprende:

10 determinar 43, 63, 83 las ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero las ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada; y

15 determinar 44, 64, 84 los vectores de precodificación y los vectores de recepción, de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada,

20 de tal modo que, en un receptor correspondiente a la primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia comprendidas en la misma tiene una característica de patrón de constelación de cuadrícula, y que, en un receptor correspondiente a la segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan algunas señales de interferencia comprendidas en la misma, en el que la primera señal de recepción y la segunda señal de recepción son las señales de transmisión enviadas a los receptores correspondientes después de que se realiza el proceso de precodificación en los transmisores utilizando vectores de precodificación correspondientes.

25 2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal de acuerdo con la matriz de canal comprende:

calcular, de acuerdo con la matriz de canal en el sistema de comunicación multicanal, tasas de sumas que pueden ser implementadas bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas; y

30 seleccionar una primera señal deseada y una segunda señal deseada correspondientes a una tasa de sumas máxima bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas, como una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal.

35 3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que los vectores de precodificación se utilizan para codificar señales de transmisión, en el que las señales de transmisión son moduladas utilizando un modo de modulación de amplitud en cuadratura QAM, un modo de modulación por desplazamiento de fase en cuadratura QPSK o un modo de modulación por desplazamiento de fase binaria BPSK.

4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la implementación de alineamiento de interferencias utilizando un modo de construcción de cuadrícula comprende:

40 después de que las señales de interferencia son filtradas por los vectores de recepción, superponer las señales de interferencia en una misma dirección espacial o en dos direcciones espaciales ortogonales, de tal modo que las señales de interferencia superpuestas tienen una característica de un patrón de constelación de cuadrícula.

5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha determinación de los vectores de precodificación y los vectores de recepción se lleva a cabo utilizando un procedimiento de iteración.

6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la determinación de los vectores de precodificación y los vectores de recepción comprende:

45 calcular los vectores de precodificación utilizando una ecuación de condiciones de orden reducido, en el que la ecuación de condiciones de orden reducido comprende vectores de precodificación que tienen que ser calculados, la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada; y

50 calcular los vectores de recepción utilizando una ecuación de condiciones, en el que la ecuación de condiciones comprende los vectores de recepción que tienen que ser calculados, los vectores de precodificación calculados, la

matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada.

7. El procedimiento según la reivindicación 5, en el que la determinación de los vectores de precodificación y los vectores de recepción utilizando un procedimiento de iteración comprende:

- 5 calcular 92 los vectores de precodificación utilizando un procedimiento de optimización, utilizando vectores de recepción que se generan aleatoriamente como valores iniciales de entrada de una iteración y utilizando una suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, o utilizando una relación entre una suma de intensidad de señales deseadas y una
- 10 suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, en el que la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, o la relación entre la suma de potencia de señales deseadas y la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, se genera de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada;
- 15 calcular 93, de acuerdo con los vectores de precodificación calculados, los vectores de recepción utilizando una relación señal/ruido máxima como un objetivo de optimización, o utilizando un procedimiento de estimación por mínimos cuadrados medios, y utilizar los vectores de recepción como entrada de una siguiente iteración, en el que la relación señal/ruido se genera de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada; y
- 20 repetir las etapas anteriores hasta que se alcanza el número prefijado de iteraciones, y obtener vectores de precodificación y vectores de recepción después de la iteración.

8. Un dispositivo que incluye un dispositivo de alineamiento de interferencias y un transmisor, comprendiendo el dispositivo de alineamiento de interferencias:

- 25 un primer módulo de obtención 101, configurado para obtener una matriz de canal en un sistema de comunicación multicanal;
- un módulo de determinación 102, configurado para determinar una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal de acuerdo con la matriz de canal;
- un segundo módulo de obtención 103, configurado para obtener vectores de precodificación y vectores de recepción; y
- 30 el transmisor, configurado para realizar un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los vectores de precodificación y enviar las señales de transmisión precodificadas,

caracterizado por que el segundo módulo de obtención 103 comprende además:

- 35 una tercera unidad 1031, configurada para determinar ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada; y
- una cuarta unidad 1032, configurada para determinar los vectores de precodificación y los vectores de recepción utilizando un procedimiento analítico, de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada,
- 40 de tal modo que, en un receptor correspondiente a la primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada superponiendo señales de interferencia comprendidas en la misma tiene una característica de patrón de constelación de cuadrícula, y que, en un receptor correspondiente a la segunda señal deseada, después de que una
- 45 segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan algunas señales de interferencia comprendidas en la misma, en el que la primera señal de recepción y la segunda señal de recepción son señales de transmisión enviadas a los receptores correspondientes después de que se realiza el proceso de precodificación en los transmisores utilizando vectores de precodificación correspondientes.

9. El dispositivo según la reivindicación 8, en el que el módulo de determinación 102 comprende:

- 50 una primera unidad 1021, configurada para calcular, de acuerdo con la matriz de canal en el sistema de comunicación multicanal, tasas que pueden ser implementadas bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y segundas señales deseadas; y
- una segunda unidad 1022, configurada para seleccionar una primera señal deseada y una segunda señal deseada correspondientes a una tasa de sumas máxima bajo diferentes combinaciones de primeras señales deseadas y

segundas señales deseadas, como una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal.

10. El dispositivo según la reivindicación 8, en el que el segundo módulo de obtención 103 comprende:

5 una sexta unidad 1034, configurada para determinar los vectores de precodificación y los vectores de recepción utilizando un procedimiento de iteración.

11. El dispositivo según la reivindicación 8, en el que la cuarta unidad 1032 está configurada específicamente para: calcular los vectores de precodificación utilizando una ecuación de condiciones de orden reducido, en el que la ecuación de condiciones de orden reducido comprende los vectores de precodificación que tienen que ser calculados, las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y la matriz de canal; y calcular los vectores de recepción utilizando una ecuación de condiciones, en el que la ecuación de condiciones comprende los vectores de recepción que tienen que ser calculados, los vectores de precodificación calculados, las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada y la matriz de canal.

10

12. El dispositivo según la reivindicación 10, en el que la sexta unidad 1034 está configurada específicamente para:

calcular los vectores de precodificación utilizando un procedimiento de optimización, utilizando vectores de recepción que se generan aleatoriamente como valores iniciales de entrada de una iteración y utilizando una suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, o utilizando una relación entre una suma de intensidad de señales deseadas y una suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, como un objetivo de optimización, en el que la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, o la relación entre la suma de intensidad de señales deseadas y la suma de potencia de interferencia que las señales de interferencia imponen sobre señales deseadas en el receptor, se genera de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada;

20

25

calcular, de acuerdo con los vectores de precodificación calculados, los vectores de recepción utilizando una relación señal/ruido máxima como un objetivo de optimización, o utilizando un procedimiento de estimación por mínimos cuadrados medios, y utilizar los vectores de recepción como entrada de una siguiente iteración, en el que la relación señal/ruido se genera de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada; y

30

repetir las etapas anteriores hasta que se alcanza el número prefijado de iteraciones, y obtener vectores de precodificación y vectores de recepción después de la iteración.

13. Un transmisor 111, que comprende el dispositivo de alineamiento de interferencias según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12 y el transmisor configurado para llevar a cabo un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los vectores de precodificación entregados por el dispositivo de alineamiento de interferencias, y enviar las señales de transmisión precodificadas.

35

14. Un medio de almacenamiento legible por ordenador, que incluye instrucciones que, cuando son ejecutadas, llevan a cabo etapas funcionales que comprenden:

obtener 41, 61, 81 una matriz de canal en un sistema de comunicación multicanal;

40 determinar 42, 62, 82 una primera señal deseada y una segunda señal deseada del sistema de comunicación multicanal de acuerdo con la matriz de canal;

obtener 43, 44, 63, 64, 83, 84 vectores de precodificación y vectores de recepción; y

realizar un proceso de precodificación sobre señales de transmisión utilizando los vectores de precodificación y enviar las señales de transmisión precodificadas;

45 **caracterizado por que** la obtención de los vectores de precodificación y vectores de recepción comprende:

determinar 43, 63, 83 las ganancias de canal equivalentes relativas de cada señal de interferencia correspondiente a cada primera señal deseada, y ajustar a cero las ganancias de canal equivalentes relativas de señales de interferencia correspondientes a cada segunda señal deseada; y

50 determinar 44, 64, 84 los vectores de precodificación y los vectores de recepción, de acuerdo con la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada,

de tal modo que, en un receptor correspondiente a la primera señal deseada, después de que una primera señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la primera señal deseada, una señal formada

- superponiendo señales de interferencia comprendidas en la misma tiene una característica de patrón de constelación de cuadrícula, y que, en un receptor correspondiente a la segunda señal deseada, después de que una segunda señal de recepción es filtrada por un vector de recepción correspondiente a la segunda señal deseada, se cancelan algunas señales de interferencia comprendidas en la misma, en el que la primera señal de recepción y la segunda señal de recepción son las señales de transmisión enviadas a los receptores correspondientes después de que se realiza el proceso de precodificación en los transmisores utilizando vectores de precodificación correspondientes.
- 5
15. El medio de almacenamiento legible por ordenador según la reivindicación 14, en el que determinar los vectores de precodificación y los vectores de recepción comprende:
- 10 calcular los vectores de precodificación utilizando una ecuación de condiciones de orden reducido, en el que la ecuación de condiciones de orden reducido comprende vectores de precodificación que tienen que ser calculados, la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada; y
- 15 calcular los vectores de recepción utilizando una ecuación de condiciones, en el que la ecuación de condiciones comprende los vectores de recepción que tienen que ser calculados, los vectores de precodificación calculados, la matriz de canal y las ganancias de canal equivalentes relativas de las señales de interferencia correspondientes a cada primera señal deseada y cada segunda señal deseada.

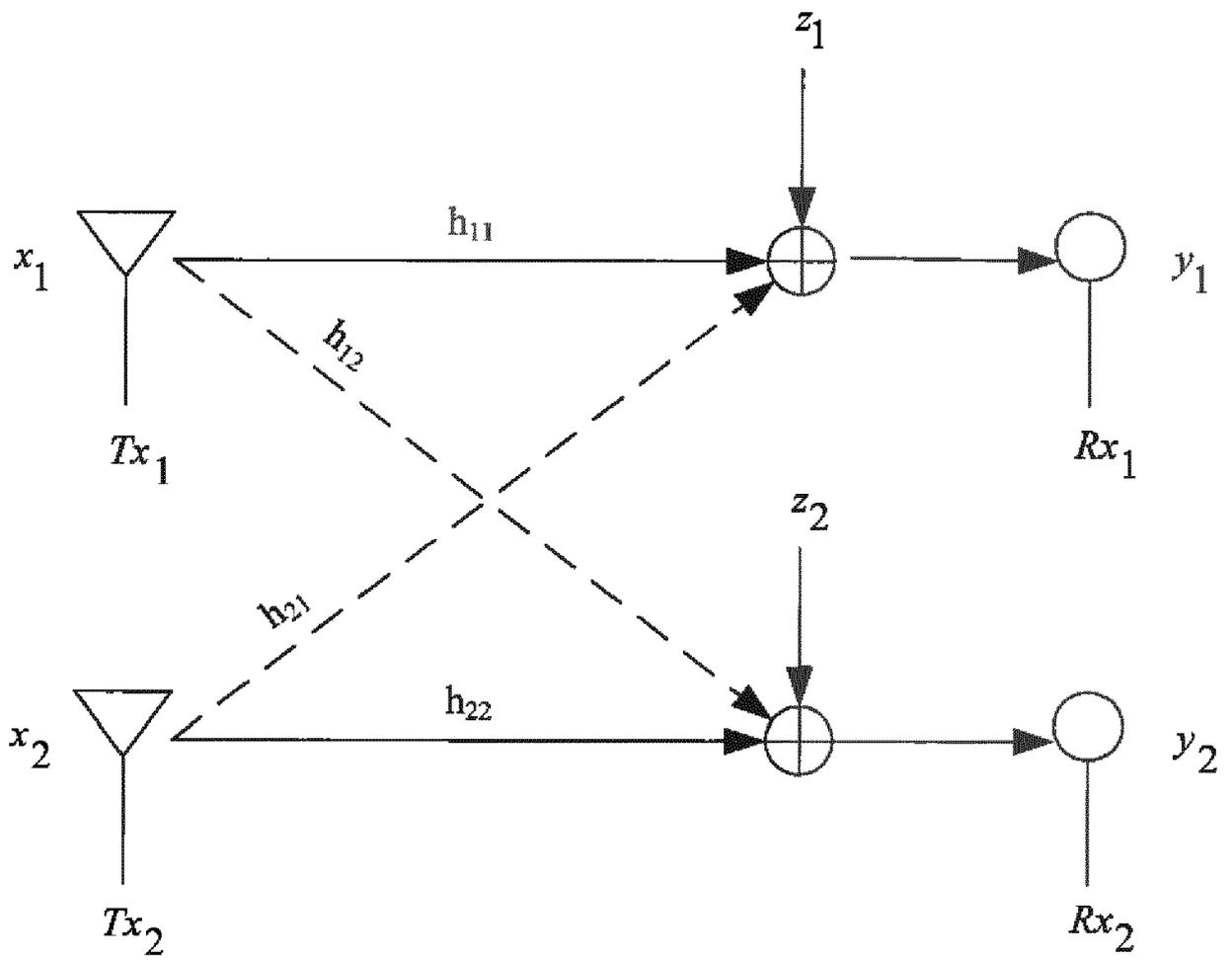


FIG. 1

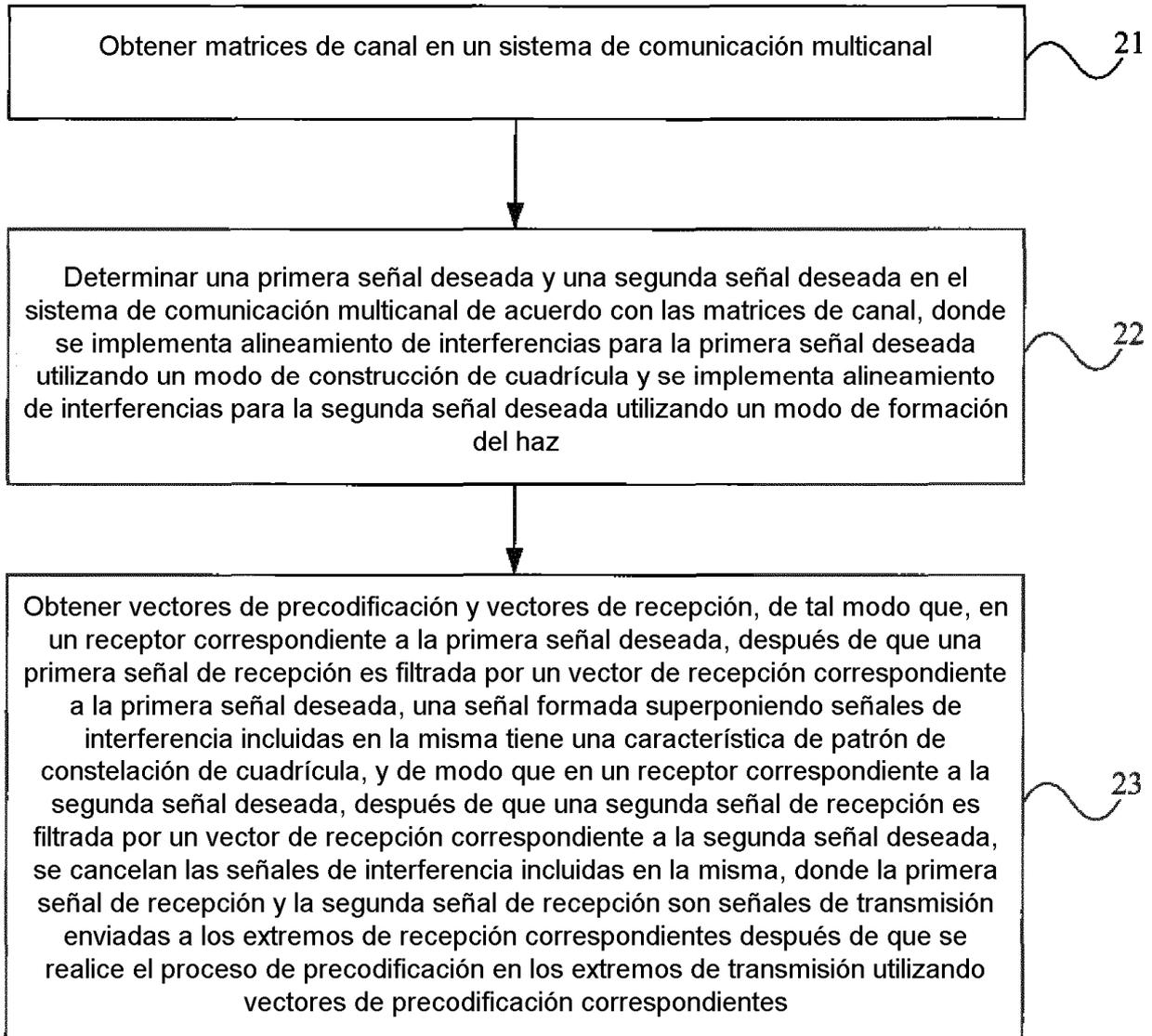


FIG. 2

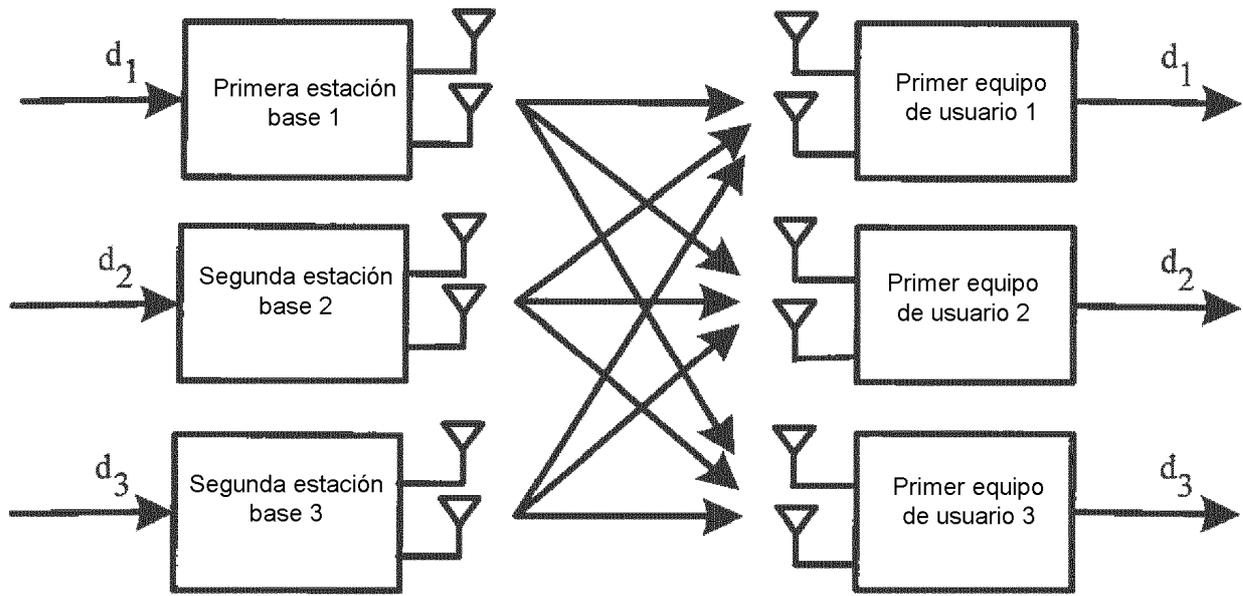


FIG. 3

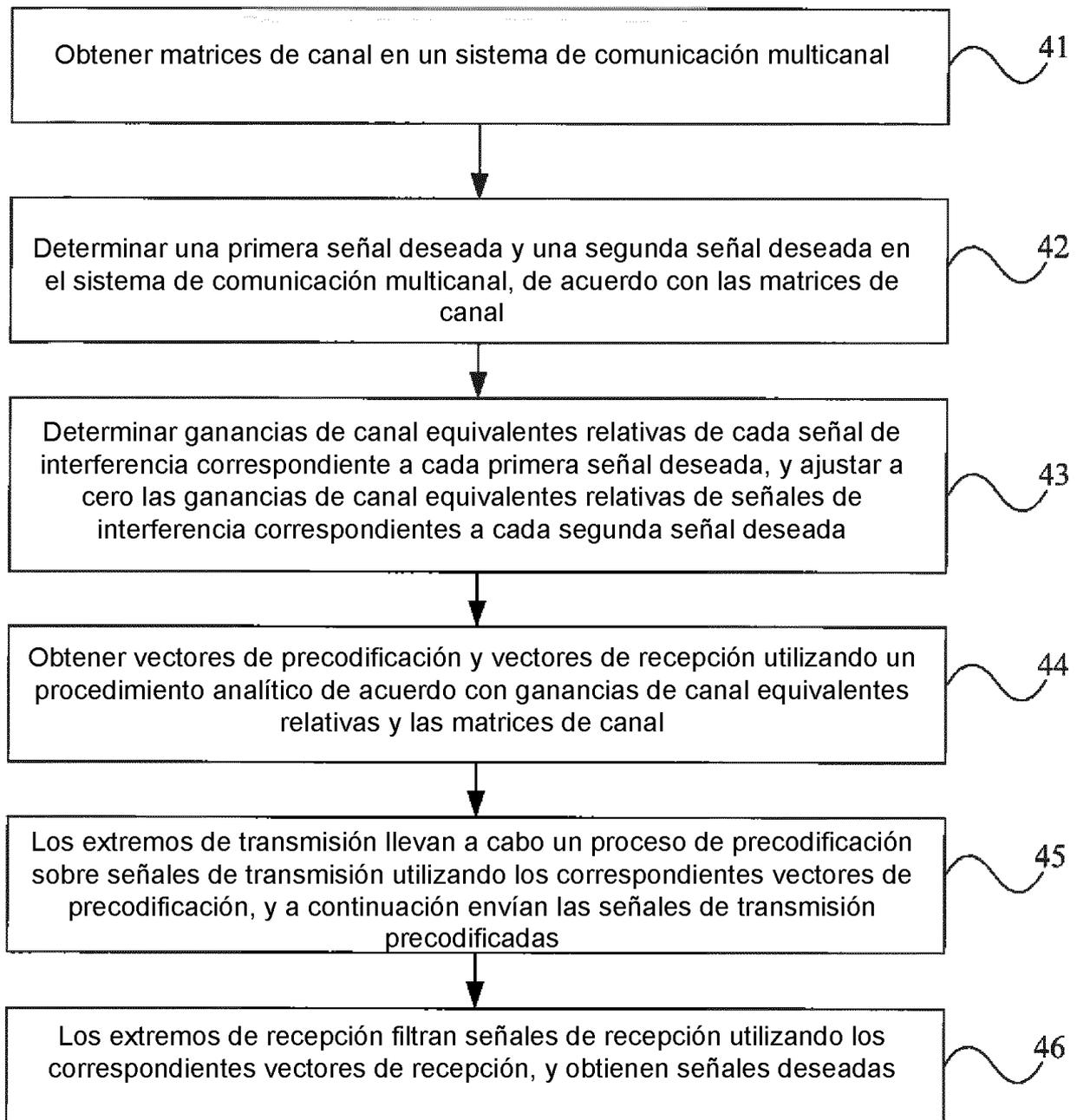


FIG. 4

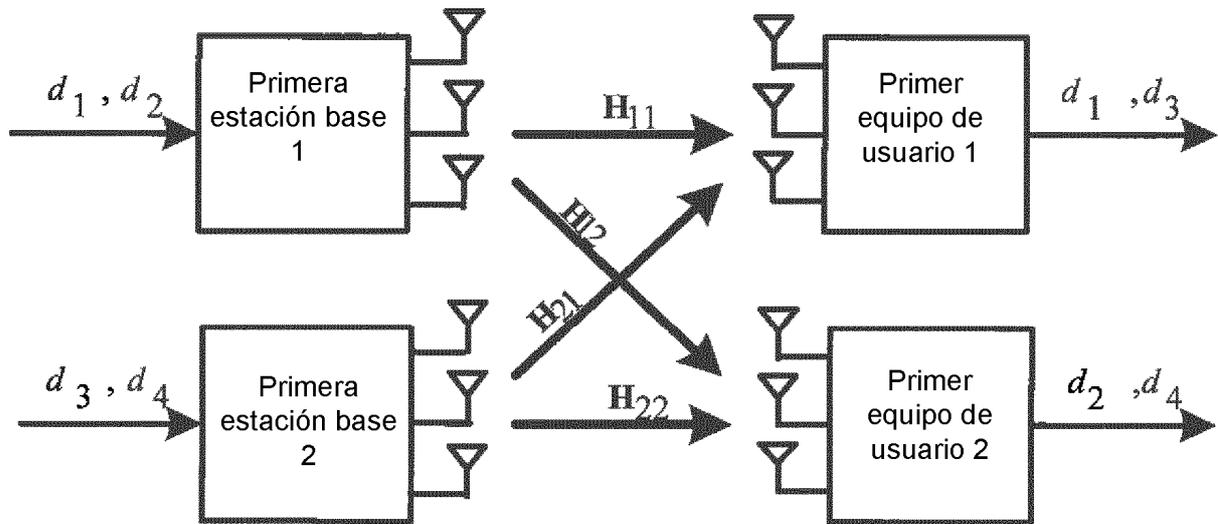


FIG. 5

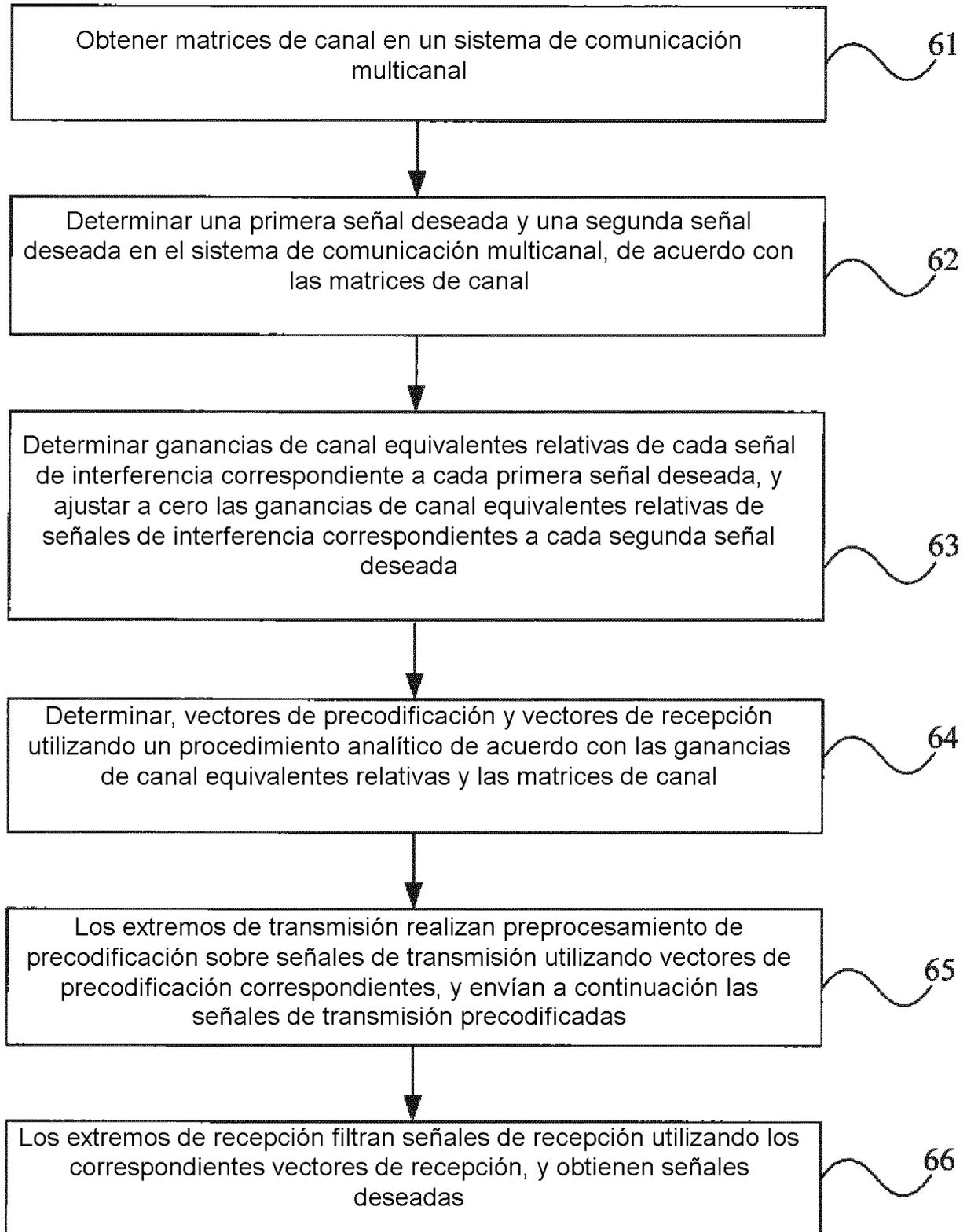


FIG. 6

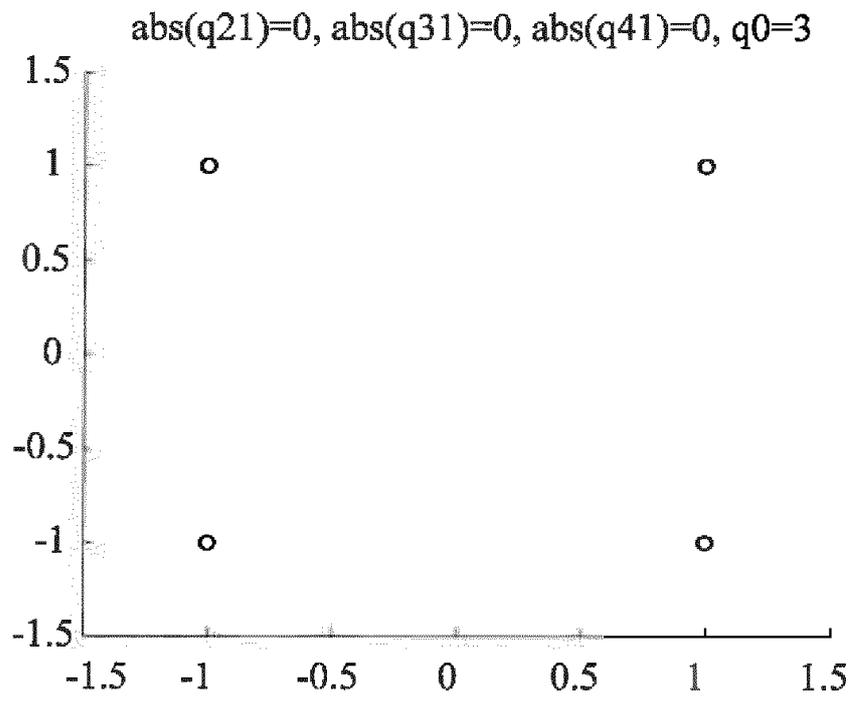


FIG. 7a

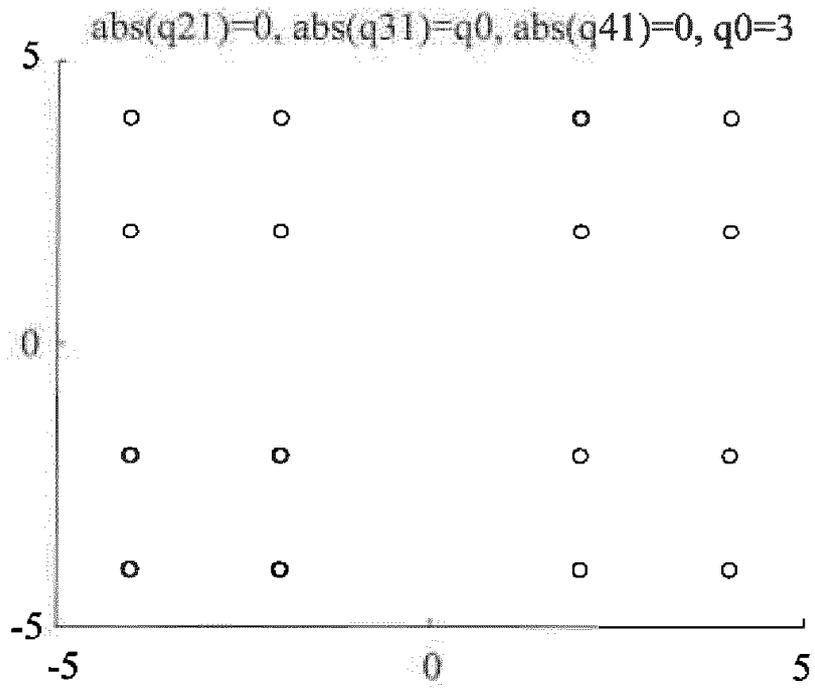


FIG. 7b

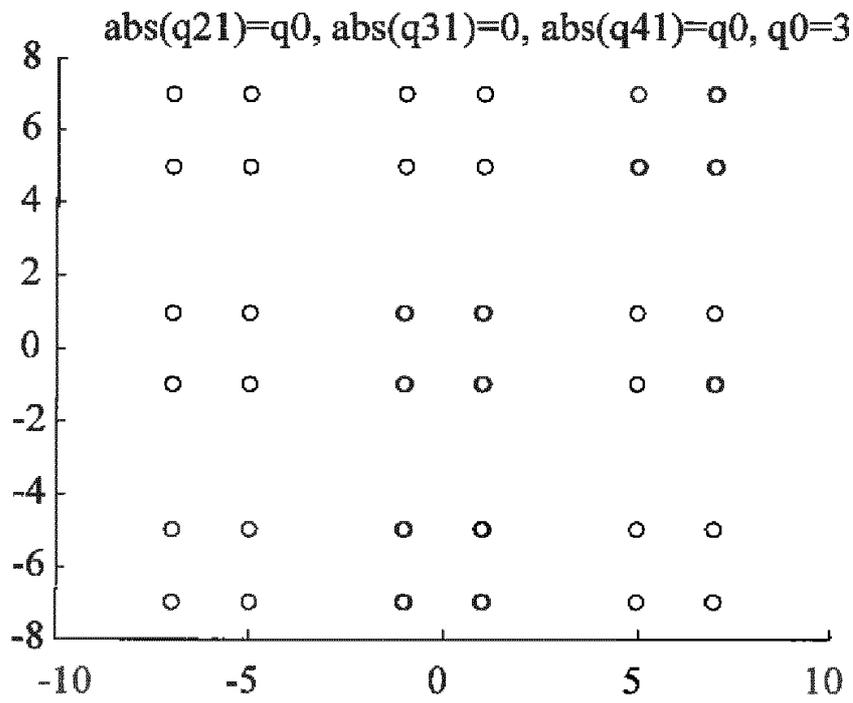


FIG. 7c

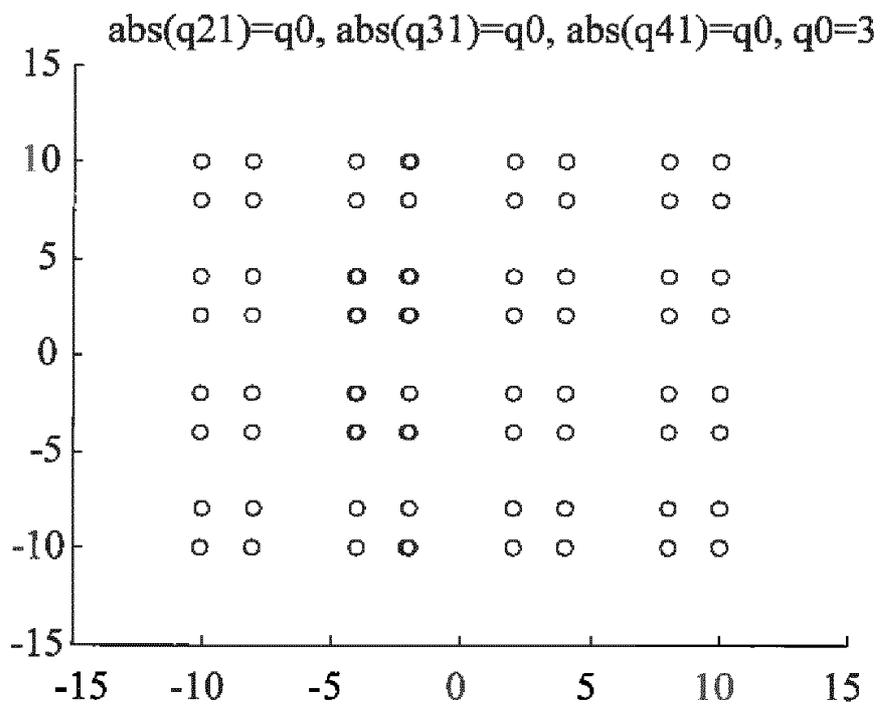


FIG. 7d

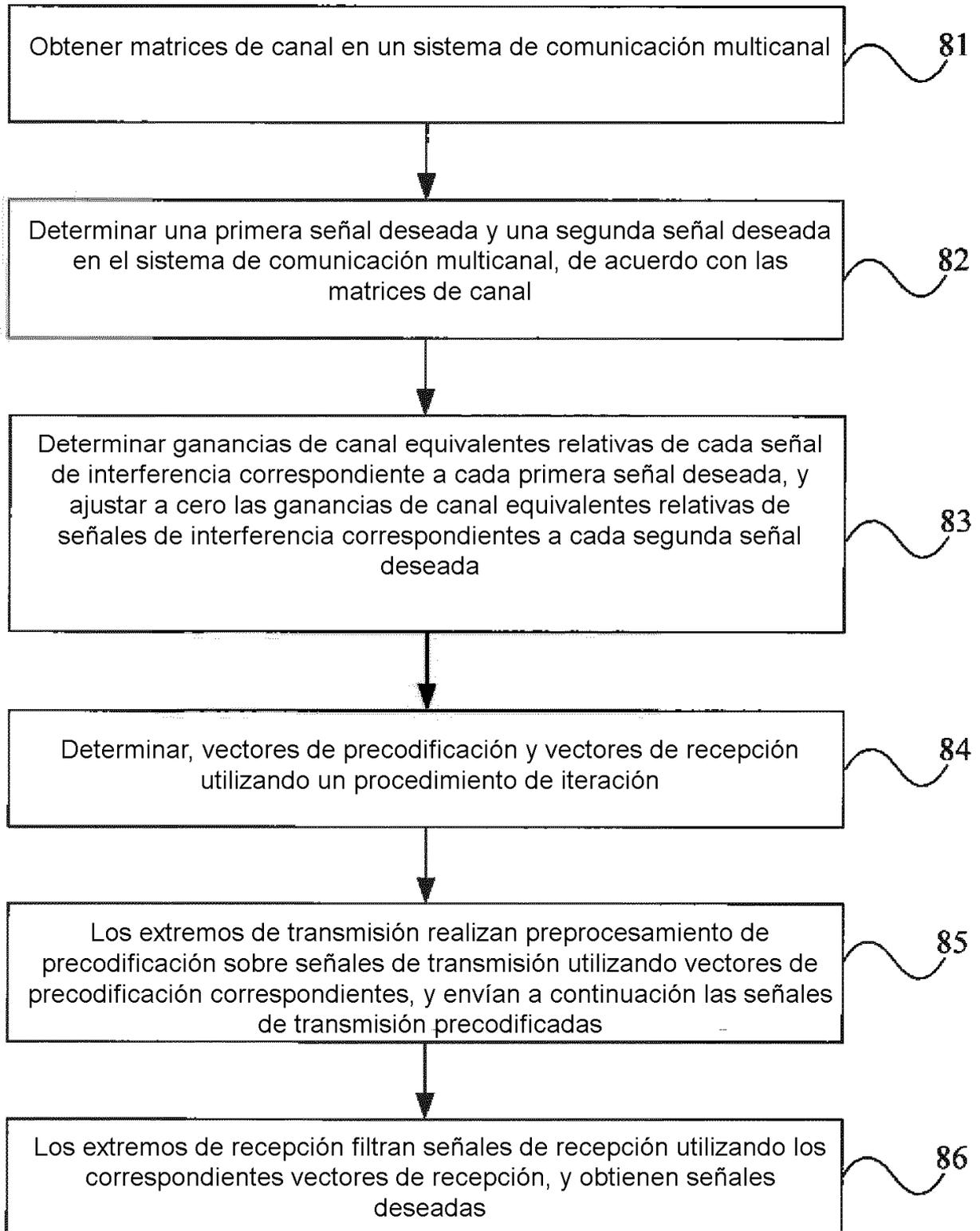


FIG. 8

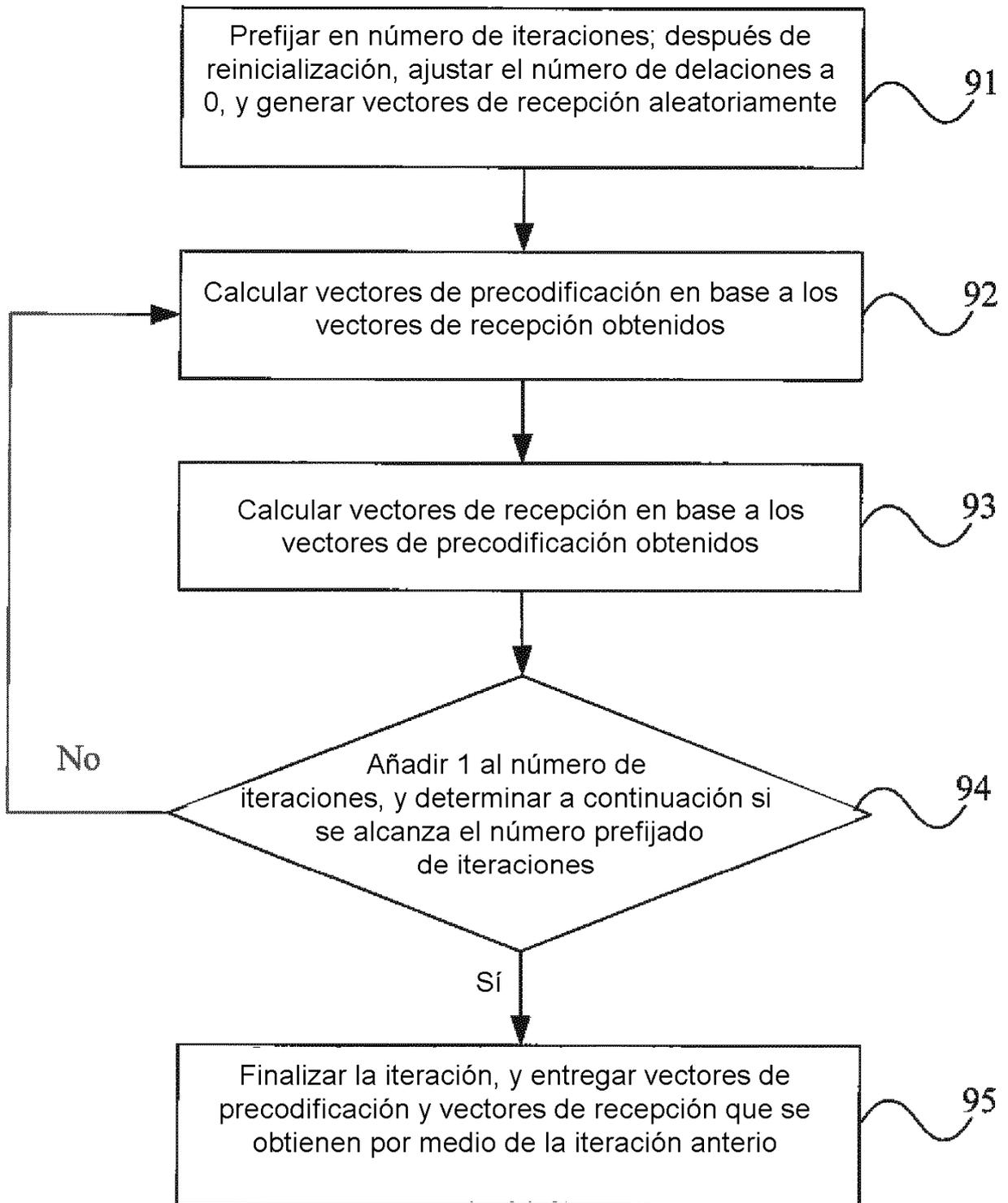


FIG. 9

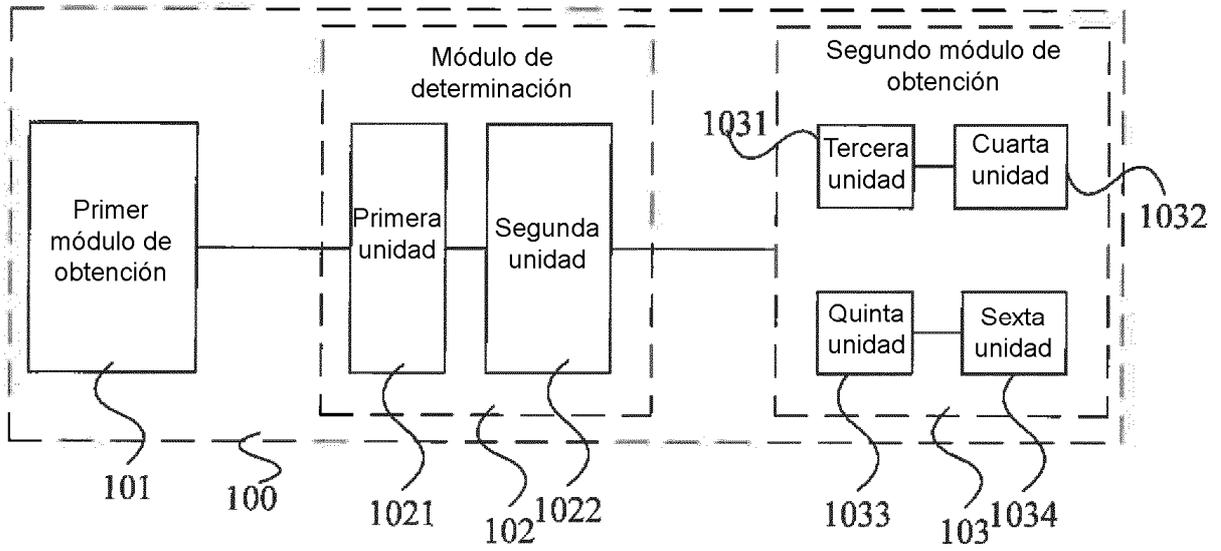


FIG. 10

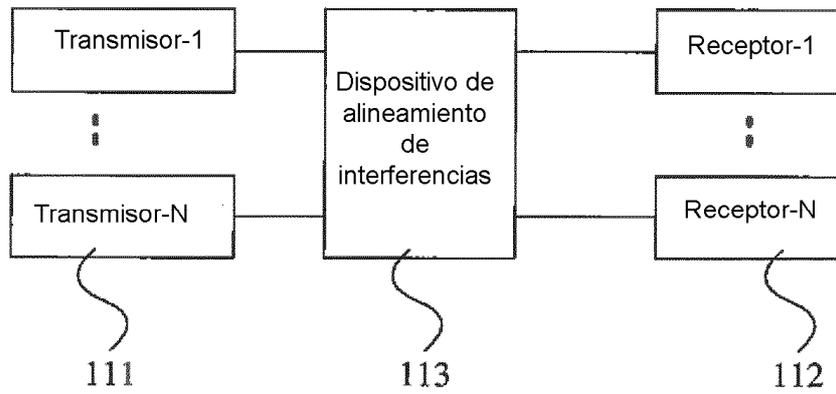


FIG. 11

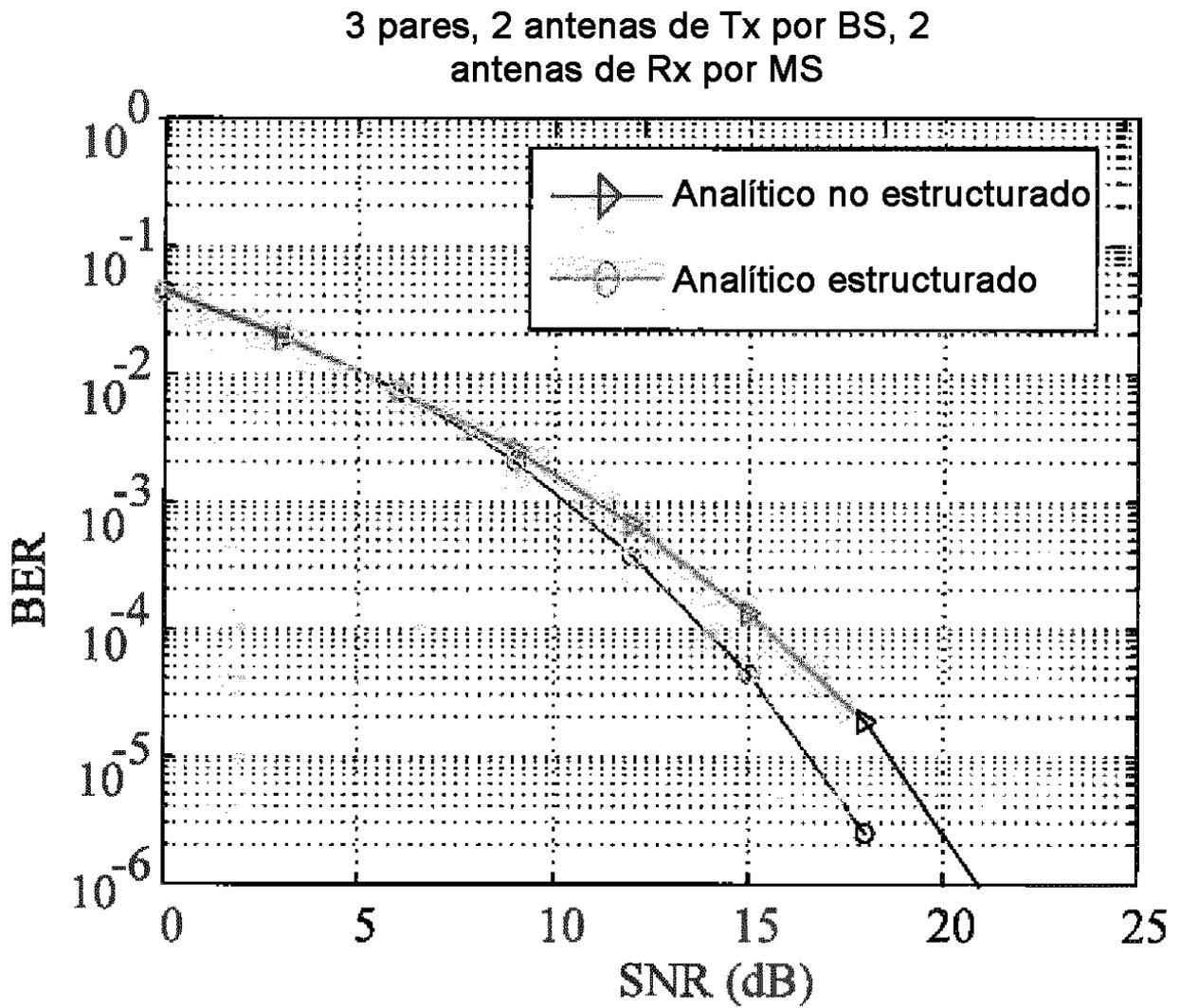


FIG. 12

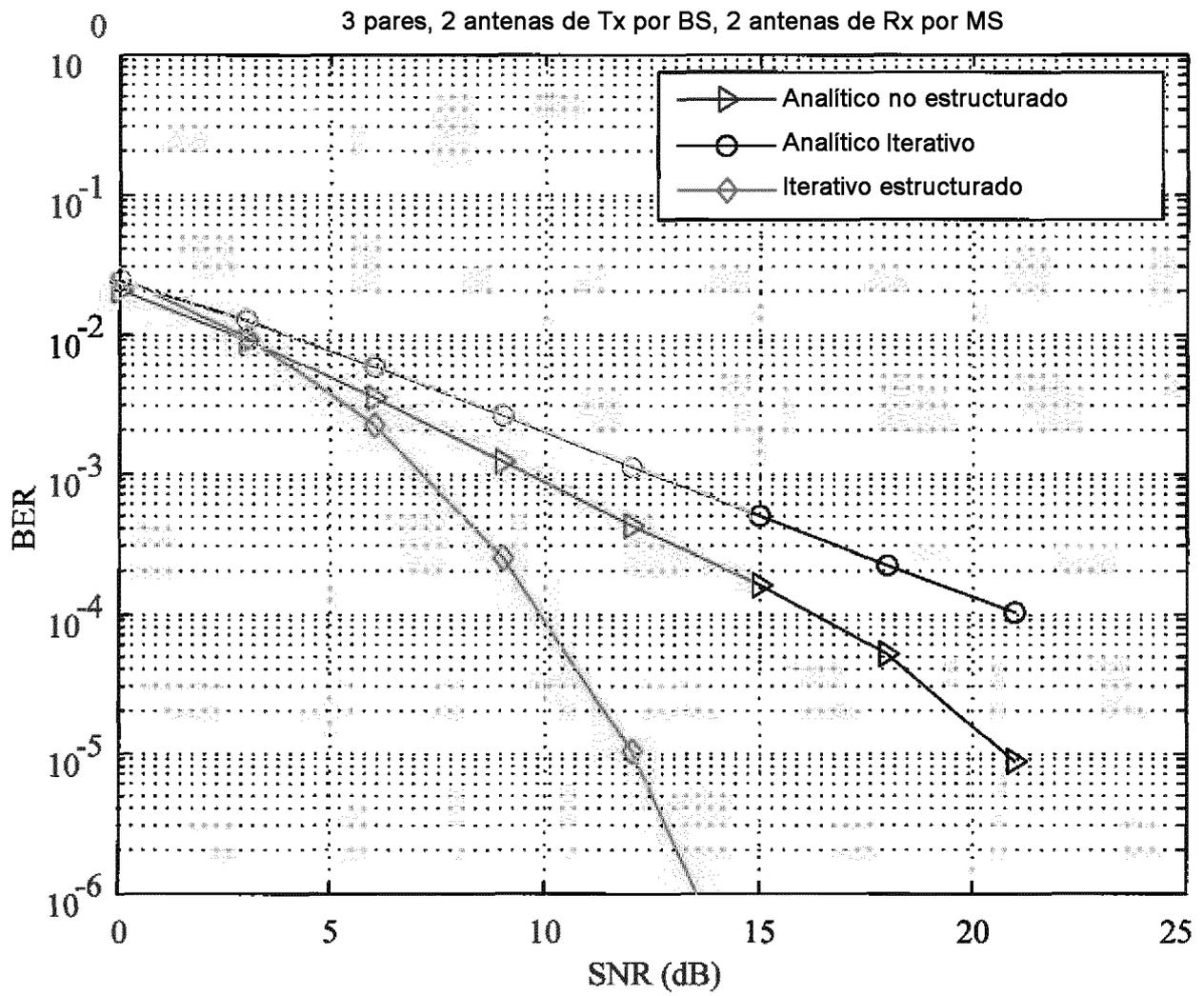


FIG. 13