

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 703**

51 Int. Cl.:

H04L 27/34 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.08.2014 PCT/CN2014/084812**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.02.2016 WO16026099**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2014 E 14900135 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 3171564**

54 Título: **Método y dispositivo de modulación digital**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.05.2019

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

72 Inventor/es:
**HE, XIAOYUE;
LIU, JIANHUA;
SUN, FANGLIN y
ZHAO, QUANBO**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 713 703 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

Método y dispositivo de modulación digital

Campo técnico

5 Las realizaciones de la presente invención se refieren al campo de las tecnologías de las comunicaciones y, en particular, a un método y aparato de modulación digital.

Antecedentes

10 El mapeo de constelación es una tecnología de modulación digital. Un proceso de mapeo de constelación es mapear una secuencia de "bits" de campo finito que lleva información digital a una secuencia de "símbolos" apropiada para la transmisión. Un espacio de valor de cada símbolo puede ser un espacio de número real unidimensional, o un espacio de número real bidimensional (es decir, un espacio de número complejo). El mapeo de constelación incluye dos elementos, es decir, un diagrama de constelación y un método de mapeo de puntos de la constelación. El diagrama de constelación representa un conjunto que consiste en todos los valores de símbolos de salida del mapeo de constelación. Cada punto en el diagrama de constelación corresponde a un valor de un símbolo de salida. El método de mapeo de puntos de constelación representa una relación de mapeo especificada de un bit de entrada (secuencia/grupo) a un punto de la constelación, o una relación de mapeo especificada de un punto de la constelación a un bit (secuencia/grupo). Actualmente, los diagramas de constelación más comunes y ampliamente usados incluyen, principalmente, modulación por amplitud de pulsos (PAM, por sus siglas en inglés) del espacio de número real unidimensional, modulación de amplitud en cuadratura (QAM, por sus siglas en inglés) del espacio de número real bidimensional, y modulación por desplazamiento de fase (PSK, por sus siglas en inglés).

20 Mientras un sistema de comunicaciones eleva un requisito cada vez más alto de velocidad de transmisión y eficacia espectral, antes de llevar a cabo el mapeo de diagrama de constelación en un tren de bits de datos mediante el uso de una tecnología QAM, un extremo de transmisión en un sistema de comunicaciones existente normalmente codifica algunos o todos los bits en el tren de bits de datos mediante el uso de una tecnología de código de corrección de errores en recepción. De manera específica, el extremo de transmisión puede, en realidad, dividir un tren de bits codificado o un tren de bits no codificado en el tren de bits de datos en un componente en fase (I, para abreviar) y componente en cuadratura (Q, para abreviar) correspondientes, y llevar a cabo el mapeo de diagrama de constelación en el tren de bits codificado o en el tren de bits no codificado según el componente I y el componente Q correspondientes al tren de bits codificado o al tren de bits no codificado, para obtener un diagrama de constelación codificado y un diagrama de constelación no codificado. El extremo de transmisión además integra el diagrama de constelación codificado con el diagrama de constelación no codificado en una manera de fusión de diagramas de constelación, para obtener un diagrama de constelación correspondiente al tren de bits de datos. QAM de diferentes órdenes pueden usarse según diferentes condiciones de un sistema de red. La QAM de diferentes órdenes es 2^n QAM, y diferentes órdenes se representan, de manera específica, mediante el uso de diferentes enteros n. n más grandes indican una utilización del espectro más alta. Si n es un número par, el diagrama de constelación es un diagrama de constelación cuadrado, por ejemplo, 4QAM o 16QAM; o si n es un número impar, el diagrama de constelación es un diagrama de constelación rectangular, por ejemplo, 32QAM, 128QAM o 256QAM. Un valor de n correspondiente a la QAM de diferentes órdenes es una longitud correspondiente al tren de bits de datos. Dado que dos señales correspondientes al diagrama de constelación rectangular, es decir, un componente I y un componente Q, corresponden a potencias asimétricas, y la energía en el punto de constelación es excesivamente grande, el diagrama de constelación rectangular además necesita formarse, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz. Por consiguiente, un extremo de recepción necesita llevar a cabo la decodificación y el desmapeo de QAM, para obtener el tren de bits de datos correspondiente. Sin embargo, antes de llevar a cabo la decodificación, el extremo de recepción además necesita aprender información de difícil cuantificación sobre los bits que indica una probabilidad de valor de bit, es decir, una relación máxima de probabilidad logarítmica (LLR, por sus siglas en inglés).

50 En la técnica anterior, en un diagrama de constelación en forma de cruz correspondiente a un diagrama de constelación rectangular 128QAM obtenido según un número impar de bits, los valores de bits codificados correspondientes a un componente I pero diferentes componentes Q o un componente Q pero diferentes componentes I son diferentes. Por lo tanto, cuando una LLR requerida para decodificar un bit se calcula, la división de área muy fina necesita llevarse a cabo en el diagrama de constelación en forma de cruz. Como resultado, el cálculo de LLR es relativamente complejo.

55 El documento EP2675124 A2 describe una constelación en forma de cruz que se emplea para llevar a cabo el mapeo de símbolos. La constelación en forma de cruz se genera a partir de una constelación en forma de rectángulo. Teniendo en cuenta la constelación en forma de rectángulo y su lado izquierdo, un primer subconjunto de puntos de constelación ubicado a lo largo de dicho lado izquierdo se mueve para ubicarse a lo largo de una parte superior de la constelación en forma de cruz mientras un segundo subconjunto de puntos de constelación ubicado a lo largo de dicho lado izquierdo se mueve para ubicarse a lo largo de una parte inferior de la constelación en forma de cruz.

El documento US20050163242 A1 describe el mapeo de m bits de entrada a 2^m símbolos de modulación de una constelación de símbolos bidimensional.

5 El documento "*Exact BER computation for cross QAM constellations*", *IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS*, 2005-11-01, ISSN:1536-1276 describe un método para derivar una tasa de error en los bits exacta para constelaciones QAM cruzadas en ruido blanco gaussiano aditivo y canales de desvanecimiento Rayleigh.

10 El documento "*Constellation Labeling for Linear Encoders*", *IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION THEORY, IEEE PRESS*, Estados Unidos, 2001-09-01, ISSN:0018-9448 describe una estructura de etiquetado ultracompuesta simétrica y la estructura provee perfiles de borde no dominados para 2^n -PSK, 2^n -PAK, y 2^{2n} -cuadrado de puntos QAM.

Compendio

Las realizaciones de la presente invención proveen un método y aparato de modulación digital, para resolver el problema de que el cálculo de LLR es complejo en la técnica anterior.

15 Según un primer aspecto, una realización de la presente invención provee un método de modulación digital, que incluye:

20 determinar puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, donde los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano, los puntos de la constelación que se moverán incluyen S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano, y el diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo la modulación de amplitud en cuadratura QAM de 128 en un tren de bits de datos, donde S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante;

25 dividir los puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector horizontal de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular; y

mover horizontalmente y mover verticalmente cada subconjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz, donde

30 el movimiento horizontal de cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes incluye:

35 mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que una coordenada vertical máxima del otro conjunto de puntos de la constelación, y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales máximo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, donde el primer grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante, el segundo grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante, la distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular, una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica, y una distancia entre puntos de la constelación con valores de coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica; y

el movimiento vertical de cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes incluye:

50 mover cada conjunto de puntos de la constelación en conjunto, a lo largo de un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en el conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes que se mueven a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

Según el primer aspecto, en una primera manera de implementación posible del primer aspecto, antes de determinar los puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, el método además incluye:

5 obtener una diferencia entre una cantidad de columnas y una cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener la cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

10 Según el primer aspecto o la primera manera de implementación posible del primer aspecto, en una segunda manera de implementación posible, la división de puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular incluye:

15 dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación y un segundo conjunto de puntos de la constelación, dividir los puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación y un cuarto conjunto de puntos de la constelación, dividir los puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación y un sexto conjunto de puntos de la constelación, y dividir los puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación y un octavo conjunto de puntos de la constelación, según el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

20 Según la segunda manera de implementación posible del primer aspecto, en una tercera manera de implementación posible, el respectivo movimiento de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, el movimiento respectivo, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación incluye:

35 mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales; y

45 mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

50 Según la segunda manera de implementación posible del primer aspecto, en una cuarta manera de implementación posible, el respectivo movimiento de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, el movimiento respectivo, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de

puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de constelación incluye:

5 mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales; y

10 mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

15 Según la segunda manera de implementación posible del primer aspecto, en una quinta manera de implementación posible, el respectivo movimiento de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, el movimiento respectivo, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales máximo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación incluye:

25 mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales; y

30 mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

35 Según la segunda manera de implementación posible del primer aspecto, en una sexta manera de implementación posible, el respectivo movimiento de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, el movimiento respectivo, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de

la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación incluye:

5 mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales; y

15 mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

Según un segundo aspecto, una realización de la presente invención provee un aparato de modulación digital, que incluye:

25 un módulo de determinación, configurado para determinar puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, donde los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano, los puntos de la constelación que se moverán incluyen S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano, y el diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo la modulación de amplitud en cuadratura QAM de 128 en un tren de bits de datos, donde S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante;

un módulo de división, configurado para dividir puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector horizontal de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular; y

35 un módulo de movimiento, configurado para mover horizontalmente y mover verticalmente cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz, donde el módulo de movimiento incluye:

40 una unidad de movimiento horizontal, configurada para: mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, donde el primer grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante, el segundo grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante, la distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular, una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica, y una distancia entre puntos de la constelación con valores de coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica; y

una unidad de movimiento vertical, configurada para: mover cada conjunto de puntos de la constelación en conjunto, a lo largo de un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en el conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes que se mueven a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

Según el segundo aspecto, en una primera manera de implementación posible del segundo aspecto, el aparato además incluye:

un módulo de obtención, configurado para: antes de que el módulo de determinación determine los puntos de la constelación que se moverán en el diagrama de constelación rectangular, obtener una diferencia entre una cantidad de columnas y una cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener la cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

Según el segundo aspecto o la primera manera de implementación posible del segundo aspecto, en una segunda manera de implementación posible, el módulo de división se configura además para: dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación y un segundo conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación y un cuarto conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación y un sexto conjunto de puntos de la constelación, y dividir puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación y un octavo conjunto de puntos de la constelación, según el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

Según la segunda manera de implementación posible del segundo aspecto, en una tercera manera de implementación posible, la unidad de movimiento horizontal además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

Según la segunda manera de implementación posible del segundo aspecto, en una cuarta manera de implementación posible, la unidad de movimiento horizontal además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

Según la segunda manera de implementación posible del segundo aspecto, en una quinta manera de implementación posible, la unidad de movimiento horizontal además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en

el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

Según la segunda manera de implementación posible del segundo aspecto, en una sexta manera de implementación posible, la unidad de movimiento horizontal además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

Según un tercer aspecto, un ejemplo útil para comprender la invención provee un aparato de modulación digital, que incluye un receptor, un procesador y un transmisor, donde

el procesador se configura para: determinar puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, dividir puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector horizontal de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular, y mover horizontalmente y mover verticalmente cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz, donde

los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano, los puntos de la constelación que se moverán incluyen S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en los cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano, y el diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo la modulación de amplitud en cuadratura QAM de 128 en un tren de bits de datos, donde S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante;

el procesador se configura, de manera específica, para: mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, donde el primer grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante, el segundo grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto

cuadrante, la distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular; una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica, y una distancia entre puntos de la constelación con valores de coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica; y

el procesador además se configura para: mover cada conjunto de puntos de la constelación en conjunto, a lo largo de un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en el conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes que se mueven a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

Según el tercer aspecto, en una primera manera de implementación posible del tercer aspecto, el procesador además se configura para: antes de determinar los puntos de la constelación que se moverán en el diagrama de constelación rectangular, obtener una diferencia entre una cantidad de columnas y una cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener la cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

Según el tercer aspecto o la primera manera de implementación posible del tercer aspecto, en una segunda manera de implementación posible del tercer aspecto, el procesador se configura además para: dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación y un segundo conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación y un cuarto conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación y un sexto conjunto de puntos de la constelación, y dividir puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación y un octavo conjunto de puntos de la constelación, según el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

Según la segunda manera de implementación posible del tercer aspecto, en una tercera manera de implementación posible, el procesador además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

Según la segunda manera de implementación posible del tercer aspecto, en una cuarta manera de implementación posible, el procesador además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

Según la segunda manera de implementación posible del tercer aspecto, en una quinta manera de implementación posible, el procesador además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

Según la segunda manera de implementación posible del tercer aspecto, en una sexta manera de implementación posible, el procesador además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

Según el método y aparato de modulación digital provistos en las realizaciones de la presente invención, S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cada cuadrante de un sistema de coordenadas rectangulares de plano se determinan como puntos de la constelación que se moverán; los puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes se dividen en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales; dos conjuntos de puntos de la constelación en cada cuadrante se mueven, respectivamente, a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales; dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación se mueven, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante; dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual una coordenada vertical mínima de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que una coordenada vertical máxima del otro conjunto de puntos de la constelación se mueven al segundo grupo de cuadrantes; y un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación se mueve a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en un diagrama de constelación rectangular, y una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación se mantiene sin cambios, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz. Por lo tanto, valores de bits codificados correspondientes a un componente I pero diferentes componentes Q o un componente Q pero diferentes componentes I en el diagrama de constelación en forma de cruz obtenido son iguales, para simplificar la complejidad de cálculo de LLR.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de describir las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención o en la técnica anterior de forma más clara, a continuación se describen brevemente los dibujos anexos requeridos para describir las realizaciones o la técnica anterior. De manera aparente, los dibujos anexos en la siguiente descripción muestran

algunos ejemplos de la presente invención, y una persona con experiencia ordinaria en la técnica puede incluso derivar otros dibujos a partir de dichos dibujos anexos sin esfuerzos creativos.

La Figura 1 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 1 de la presente invención;

5 la Figura 2 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 2 de la presente invención;

la Figura 3 es un diagrama estructural esquemático de una división de conjunto de puntos de la constelación durante la modulación digital en un diagrama de constelación según la Realización 2 de la presente invención;

10 la Figura 4 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 3 de la presente invención;

la Figura 5 es un diagrama estructural esquemático de un diagrama de constelación en forma de cruz obtenido mediante el uso del método de modulación digital según la Realización 3 de la presente invención;

la Figura 6 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 4 de la presente invención;

15 la Figura 7 es un diagrama estructural esquemático de un diagrama de constelación en forma de cruz obtenido mediante el uso del método de modulación digital según la Realización 4 de la presente invención;

la Figura 8 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 5 de la presente invención;

20 la Figura 9 es un diagrama estructural esquemático de un diagrama de constelación en forma de cruz obtenido mediante el uso del método de modulación digital según la Realización 5 de la presente invención;

la Figura 10 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 6 de la presente invención;

la Figura 11 es un diagrama estructural esquemático de un diagrama de constelación en forma de cruz obtenido mediante el uso del método de modulación digital según la Realización 6 de la presente invención;

25 la Figura 12A y Figura 12B son un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 7 de la presente invención;

la Figura 13 es un diagrama estructural esquemático de un aparato de modulación digital según la Realización 8 de la presente invención;

30 la Figura 14 es un diagrama estructural esquemático de un aparato de modulación digital según la Realización 9 de la presente invención; y

la Figura 15 es un diagrama estructural esquemático de un aparato de modulación digital según la Realización 10 de la presente invención.

Descripción de las realizaciones

35 La invención se define por las reivindicaciones anexas. Todas las realizaciones que no caen dentro del alcance de las reivindicaciones anexas se considerarán meramente ejemplos apropiados para comprender la invención. Todas las demás realizaciones obtenidas por una persona con experiencia ordinaria en la técnica a partir de las realizaciones de la presente invención sin esfuerzos creativos caerán dentro del alcance de protección de la presente invención.

Realización 1

40 La presente realización de la presente invención provee un método de modulación digital. Una solución provista en la presente realización puede ejecutarse por un módulo de cálculo de información de difícil cuantificación de un extremo de recepción, o puede ejecutarse por un módulo de mapeo de constelación de un extremo de transmisión después de llevar a cabo la codificación. El módulo de cálculo de información de difícil cuantificación y el módulo de mapeo de constelación pueden, respectivamente, existir dentro del extremo de recepción y del extremo de transmisión en una forma de software y/o hardware (como, por ejemplo, un procesador). La Figura 1 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 1 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 1, el método específicamente incluye las siguientes etapas.

45

Etapa 101: Determinar puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, donde los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano, y los puntos de la constelación que se moverán incluyen S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano.

El diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo QAM en un tren de bits de datos, y S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

De manera específica, el tren de bits de datos incluye un tren de bits codificado y un tren de bits no codificado. El tren de bits codificado pueden ser I bits de orden bajo del tren de bits de datos, y el tren de bits no codificado son bits de orden alto del tren de bits de datos, y I puede ser un número par como, por ejemplo, 2, 4 o 6. Llevar a cabo la modulación QAM en el tren de bits de datos es, en realidad, llevar a cabo, de manera separada, QAM según el tren de bits codificado y el tren de bits no codificado en el tren de bits de datos, para obtener un diagrama de constelación codificado y un diagrama de constelación no codificado. Entonces, el diagrama de constelación correspondiente al tren de bits de datos se obtiene en una manera de integración de diagrama de constelación preestablecida según el diagrama de constelación codificado y el diagrama de constelación no codificado. Por ejemplo, el tren de bits codificado puede ser un tren de bits codificado obtenido por medio de la codificación mediante el uso de una tecnología de código de corrección de errores en recepción de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC, por sus siglas en inglés).

Suponiendo que el tren de bits de datos es de siete bits, I puede ser cualquiera de 2, 4 o 6. Suponiendo que I es 4, el tren de bits codificado pueden ser cuatro bits de orden bajo, y el tren de bits no codificado son tres bits de orden alto. El tren de bits codificado puede representarse como $c_3c_2c_1c_0$, y el tren de bits no codificado puede representarse como $d_2d_1d_0$. Es decir, el tren de bits de datos es $d_2d_1d_0c_3c_2c_1c_0$. El tren de bits codificado en el tren de bits de datos puede incluir un tren de bits de componentes I_c y un tren de bits de componentes Q_c . El tren de bits de componentes I_c puede ser c_3c_2 , y el tren de bits de componentes Q_c puede ser c_1c_0 . El tren de bits no codificado en el tren de bits de datos puede incluir un tren de bits de componentes I_d y un tren de bits de componentes Q_d . El tren de bits de componentes I_d puede ser d_2d_1 , y el tren de bits de componentes Q_d puede ser d_0 .

El diagrama de constelación codificado puede obtenerse llevando a cabo QAM según el tren de bits codificado. En realidad, la modulación se lleva a cabo según el tren de bits de componentes I_c y el tren de bits de componentes Q_c . El diagrama de constelación codificado obtenido puede representarse como, por ejemplo, $\langle I_c, Q_c \rangle$. El diagrama de constelación codificado es, en realidad, un 16QAM diagrama de constelación. El diagrama de constelación no codificado puede obtenerse llevando a cabo QAM según el tren de bits no codificado. En realidad, la modulación se lleva a cabo según el tren de bits de componentes I_d y el tren de bits de componentes Q_d . El diagrama de constelación no codificado obtenido puede representarse como, por ejemplo, $\langle I_d, Q_d \rangle$. El diagrama de constelación no codificado es, en realidad, un 8QAM diagrama de constelación.

Por ejemplo, la manera de integración de diagrama de constelación preestablecida puede mostrarse en la siguiente fórmula:

$$\langle I, Q \rangle = 2^{\frac{I}{2}} * \langle I_d, Q_d \rangle + \langle I_c, Q_c \rangle \quad (1)$$

donde I es una cantidad de bits codificados, y el diagrama de constelación correspondiente al tren de bits de datos puede representarse como $\langle I, Q \rangle$, y puede obtenerse según $\langle I_c, Q_c \rangle$ e $\langle I_d, Q_d \rangle$ mediante el uso de la fórmula (1) anterior.

Dado que el tren de bits de datos es de siete bits, un tren de bits de componentes I del tren de bits de datos incluye el tren de bits de componentes I_c y el tren de bits de componentes I_d , y puede representarse como $d_2d_1c_3c_2$, y un tren de bits de componentes Q incluye el tren de bits de componentes Q_c y el tren de bits de componentes Q_d , y puede representarse como $d_0c_1c_0$. Dado que el tren de bits de componentes I y el tren de bits de componentes Q no son iguales, el diagrama de constelación finalmente obtenido correspondiente al tren de bits de datos es un diagrama de constelación rectangular, y el diagrama de constelación rectangular puede ser un diagrama de constelación de 128QAM.

Los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en los puntos de coordenadas correspondientes en el sistema de coordenadas rectangulares de plano. Es decir, un punto de la constelación corresponde a un punto de las coordenadas. En el sistema de coordenadas rectangulares de plano, una coordenada horizontal corresponde a un componente I de un punto de la constelación en el diagrama de constelación rectangular, y una coordenada vertical corresponde a un componente Q de un punto de la constelación en el diagrama de constelación rectangular. Es decir, diferentes valores de coordenadas horizontales corresponden a diferentes trenes de bits de componentes I, y diferentes valores de coordenadas verticales corresponden a

diferentes trenes de bits de componentes Q. Por lo tanto, diferentes trenes de bits de datos tienen coordenadas de diferentes valores de coordenadas horizontales y/o diferentes valores de coordenadas verticales, y pueden encontrarse en ubicaciones de coordenadas correspondientes en el sistema de coordenadas rectangulares de plano.

5 Los puntos de la constelación que se moverán en el diagrama de constelación rectangular pueden distribuirse de manera uniforme en cuatro cuadrantes diferentes en el sistema de coordenadas rectangulares de plano, y ubicarse en las partes más externas de los cuatro cuadrantes. Dado que el tamaño del tren de bits de componentes I es mayor que el del tren de bits de componentes Q, una amplitud horizontal del componente I en el diagrama de constelación rectangular es relativamente grande. Es decir, una cantidad de columnas de puntos de la constelación
 10 en el diagrama de constelación rectangular es mayor que una cantidad de filas. Por lo tanto, los puntos de la constelación que se moverán en cada cuadrante se ubican en una parte más externa horizontal del diagrama de constelación rectangular, es decir, en S columnas con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente. De manera específica, una cantidad de columnas correspondiente a los puntos de la constelación que se moverán en cada cuadrante puede determinarse según la cantidad de columnas y la cantidad de filas en el
 15 diagrama de constelación rectangular, o puede determinarse según los tamaños del tren de bits de componentes I y del tren de bits de componentes Q correspondientes durante el mapeo del diagrama de constelación en el tren de bits de datos.

Etapa 102: Dividir puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea
 20 recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

De manera específica, el valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular puede determinarse según una distancia de característica preestablecida. Suponiendo que el tren de bits de componentes I en el tren de bits de datos es de cuatro bits, puede haber 2^4 columnas en el diagrama de constelación rectangular, el tren de bits de componentes Q correspondiente es de tres bits, y la cantidad de filas en
 25 el diagrama de constelación rectangular es 2^3 . Si la distancia de característica, es decir, una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes, es N, en el diagrama de constelación rectangular, las 2^4 columnas de puntos de la constelación pueden distribuirse de manera uniforme según la distancia de característica N mediante el uso de un eje de coordenadas verticales como un centro, y las 2^3 filas de puntos de la constelación pueden distribuirse de manera uniforme según la distancia de característica N mediante el uso del eje de coordenadas horizontales como un centro. Por lo tanto, en el diagrama de constelación rectangular, un valor de coordenadas horizontales máximo
 30 puede ser $\frac{2^4-1}{2}N$, un valor de coordenadas horizontales mínimo puede ser $-\frac{2^4-1}{2}N$. Por consiguiente, un

valor de coordenadas verticales máximo puede ser $\frac{2^3-1}{2}N$, y un valor de coordenadas verticales mínimo puede ser $-\frac{2^3-1}{2}N$.

35 El bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular incluye: un bisector de un área entre el eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente al valor de coordenadas verticales máximo, y un bisector de un área entre el eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente al valor de coordenadas verticales mínimo. Mediante el uso del eje de coordenadas horizontales como un eje de simetría, el
 40 bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor de coordenadas verticales máximo es simétrico con el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor de coordenadas verticales mínimo. El bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor de coordenadas verticales máximo puede ser una línea recta que es perpendicular al eje de coordenadas verticales y que se encuentra a una distancia de la mitad del valor de coordenadas verticales máximo del eje de coordenadas horizontales. Por consiguiente, el bisector del área entre el
 45 eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor de coordenadas verticales mínimo puede ser una línea recta que es perpendicular al eje de coordenadas verticales y que se encuentra a una distancia de la mitad del valor de coordenadas verticales mínimo del eje de coordenadas horizontales.

Por ejemplo, cuando N en el diagrama de constelación rectangular es 2, el valor de coordenadas horizontales máximo puede ser 15, el valor de coordenadas horizontales mínimo puede ser -15, el valor de coordenadas verticales máximo puede ser 7 y el valor de coordenadas verticales mínimo es -7. El bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor de coordenadas verticales máximo y el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor de coordenadas verticales
 50

mínimo pueden ser dos líneas rectas paralelas que son perpendiculares al eje de coordenadas verticales y que se encuentran a una distancia de 7,5 del eje de coordenadas horizontales.

Etapa 103: Mover horizontalmente y mover verticalmente cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz.

5 De manera específica, el movimiento horizontal de cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes puede ser llevar a cabo el movimiento según una coordenada horizontal objetivo preestablecida, o puede ser mover, de forma separada, cada conjunto de puntos de la constelación según una distancia desde sus coordenadas horizontales originales o el eje de coordenadas verticales.

10 De manera opcional, el movimiento horizontal de cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes en la etapa 103 puede incluir, de manera específica:

15 mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, y mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia del eje de coordenadas verticales y a una
 20 ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación.

25 El primer grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante. El segundo grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante. La distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular. Una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica. Una distancia entre puntos de la constelación con valores de coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica.

30 De manera específica, los dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el segundo grupo de cuadrantes y en el cual el valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que el valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación incluyen: un conjunto de puntos de la constelación que se encuentra en el primer cuadrante y en el cual todos los valores de coordenadas verticales son mayores que los valores de coordenadas verticales del otro conjunto de puntos de la constelación, y un conjunto de puntos de la constelación que se encuentra en el segundo cuadrante y en el cual todos los valores de coordenadas verticales son mayores que los valores de coordenadas verticales del otro conjunto de puntos de la constelación; o un conjunto de puntos de la constelación que se encuentra en el tercer cuadrante y en el cual todos los valores de coordenadas verticales son mayores que los valores de coordenadas verticales del otro conjunto de puntos de la constelación, y un conjunto de puntos de la constelación que se encuentra en el cuarto cuadrante y en el cual todos los valores de coordenadas verticales son mayores que los valores de coordenadas verticales del otro conjunto de puntos de la constelación.

35 Los dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual el valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que el valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación incluyen: un conjunto de puntos de la constelación que se encuentra en el primer cuadrante y en el cual todos los valores de coordenadas verticales son mayores que los valores de coordenadas verticales del otro conjunto de puntos de la constelación, y un conjunto de puntos de la constelación que se encuentra en el cuarto cuadrante y en el cual todos los valores de coordenadas verticales son mayores que los valores de coordenadas verticales del otro conjunto de puntos de la constelación; o un conjunto de puntos de la constelación que se encuentra en el segundo cuadrante y en el cual todos los valores de coordenadas verticales son mayores que los valores de coordenadas verticales del otro conjunto de puntos de la constelación, y un conjunto de puntos de la constelación que se encuentra en el tercer cuadrante y en el cual todos los valores de coordenadas verticales son mayores que los valores de coordenadas verticales del otro conjunto de puntos de la constelación.

55 Debe notarse que, en la solución de la presente realización, el movimiento de un conjunto de puntos de la constelación es, en realidad, mover los puntos de la constelación en el conjunto de puntos de la constelación según un conjunto de puntos de la constelación, y una ubicación relativa entre los puntos de la constelación en el mismo conjunto de puntos de la constelación no cambia después del movimiento.

Los dos conjuntos de puntos de la constelación en cada cuadrante pueden moverse a ubicaciones que se encuentran en los dos cuadrantes en el primer grupo de cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica como, por ejemplo, $4N$, de sus coordenadas horizontales originales o que se encuentran a una distancia de ocho distancias de características como, por ejemplo, $8N$, de sus coordenadas horizontales originales. Por ejemplo, los dos conjuntos de puntos de la constelación en el primer cuadrante pueden moverse, respectivamente, a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de $8N$ de sus coordenadas horizontales originales, o los puntos de la constelación en los dos conjuntos de puntos de la constelación en el primer cuadrante se mueven, respectivamente, a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de $4N$ de sus coordenadas horizontales originales. Los dos conjuntos de puntos de la constelación en cada cuadrante se mueven, respectivamente, a los dos cuadrantes en el primer grupo de cuadrantes, de modo que los valores de los bits codificados de orden alto correspondientes a una columna, es decir, un componente I, son iguales en el diagrama de constelación en forma de cruz obtenido después del movimiento.

Los dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en los dos cuadrantes en el segundo grupo de cuadrantes y en los cuales el valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que el valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación se mueven, respectivamente, a la ubicación a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales y a la ubicación a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en el mismo cuadrante, y la diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica. En realidad, los dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en los dos cuadrantes en el segundo grupo de cuadrantes y en el cual el eje de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que el valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación se mueven, respectivamente, a ubicaciones que se encuentran en el mismo cuadrante y que se encuentran a distancias diferentes del eje de coordenadas verticales. Dado que la primera distancia es mayor que la segunda distancia, la ubicación a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales es una ubicación alejada del eje de coordenadas verticales, y la ubicación a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales es una ubicación cercana al eje de coordenadas verticales.

Además, los dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en los dos cuadrantes en el primer grupo de cuadrantes y en el cual el valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que el valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación se mueven, respectivamente, a los dos cuadrantes en el segundo grupo de cuadrantes, de modo que los valores de los bits codificados de orden bajo correspondientes a una fila, es decir, un componente Q, son iguales en el diagrama de constelación en forma de cruz obtenido después del movimiento.

El movimiento vertical de cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes en la etapa 103 puede, de manera específica, incluir:

mover un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

De manera específica, para el límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, una línea recta que es perpendicular al eje de coordenadas verticales y que se encuentra a una distancia del valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular del eje de coordenadas horizontales se usa como el límite.

El punto de la constelación con el valor absoluto mínimo de la coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes se mueve a la ubicación a una distancia de una distancia de característica del límite vertical en el diagrama de constelación rectangular. Ello puede asegurar que las distancias entre puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación obtenido después del movimiento sean iguales y ambas sean las distancias de característica.

En el presente caso, el movimiento horizontal y el movimiento vertical de cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes es, en realidad, mover, de manera separada, los dos conjuntos de puntos de la constelación en cada cuadrante a las ubicaciones que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, mover el punto de la constelación con el valor absoluto mínimo de la coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación a la ubicación a una distancia de una distancia de característica del límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener la ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación sin cambios.

Según la presente realización de la presente invención, S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cada cuadrante de un sistema de coordenadas

rectangulares de plano pueden determinarse como puntos de la constelación que se moverán; los puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes se dividen en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales; dos conjuntos de puntos de la constelación en cada cuadrante se mueven, respectivamente, a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales; dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación se mueven, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante; dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes y en el cual una coordenada vertical mínima de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que una coordenada vertical máxima del otro conjunto de puntos de la constelación se mueven al segundo grupo de cuadrantes; un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación se mueve a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en un diagrama de constelación rectangular, y una ubicación relativa entre puntos de la constelación y en cada conjunto de puntos de la constelación se mantiene sin cambios, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz. Por lo tanto, los valores de bits codificados correspondientes a un componente I pero diferentes componentes Q o un componente Q pero diferentes componentes I en el diagrama de constelación en forma de cruz obtenido son iguales, para simplificar la complejidad de cálculo de LLR.

Realización 2

La presente realización de la presente invención provee un método de modulación digital. La Figura 2 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 2 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 2, antes de determinar los puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular en la etapa 101 en la realización anterior, la solución además incluye:

Etapa 201: Obtener una diferencia entre una cantidad de columnas y una cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener una cantidad S de columnas que se moverán en cada cuadrante.

De manera específica, si un tren de bits de datos es de siete bits, un tren de bits de componentes I es de cuatro bits, y un tren de bits de componentes Q es de tres bits, puede haber 2^4 columnas en el diagrama de constelación rectangular, y 2^3 filas en el diagrama de constelación rectangular. Por lo tanto, la cantidad S de columnas que se

$$\frac{2^4 - 2^3}{4}$$

moverán en cada cuadrante puede ser, por ejemplo,

Preferiblemente, la división de puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular en la etapa 102 en la realización anterior puede, de manera específica, incluir:

Etapa 202: Dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación y un segundo conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación y un cuarto conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación y un sexto conjunto de puntos de la constelación, y dividir puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación y un octavo conjunto de puntos de la constelación, según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

La Figura 3 es un diagrama estructural esquemático de división de conjunto de puntos de la constelación durante la modulación digital en un diagrama de constelación según la Realización 2 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 3, los puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante incluyen un primer conjunto de puntos de la constelación 301 y un segundo conjunto de puntos de la constelación 302, los puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante incluyen un tercer conjunto de puntos de la constelación 303 y un cuarto conjunto de puntos de la constelación 304, los puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante incluyen un quinto conjunto de puntos de la constelación 305 y un sexto conjunto de puntos de la constelación 306, y los puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante incluyen un séptimo conjunto de puntos de la constelación 307 y un octavo conjunto de puntos de la constelación 308.

Según la realización anterior, según la presente realización de la presente invención, la división de conjunto de puntos de la constelación específica puede asegurar mejor que los conjuntos de puntos de la constelación se muevan de manera más exacta, para asegurar los valores de bits codificados correspondientes a un componente I pero diferentes componentes Q o un componente Q pero diferentes componentes I en un diagrama de constelación en forma de cruz obtenidos después del movimiento.

Realización 3

La presente realización de la presente invención además provee un método de modulación digital. La Figura 4 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 3 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 4, el método se basa en las anteriores realizaciones. Además, según se describe en la solución de las realizaciones anteriores, el respectivo movimiento de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, el movimiento respectivo, a una ubicación a una distancia de una primera distancia del eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación pueden incluir:

Etapa 401: Mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

Etapa 402: Mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

La Figura 5 es un diagrama estructural esquemático de un diagrama de constelación en forma de cruz obtenido mediante el uso del método de modulación digital según la Realización 3 de la presente invención. Según la etapa 401, el primer conjunto de puntos de la constelación 301 se mueve a una ubicación de un primer conjunto de puntos de la constelación 501 que se muestra en la Figura 5, el segundo conjunto de puntos de la constelación 302 se mueve a una ubicación de un segundo conjunto de puntos de la constelación 502 que se muestra en la Figura 5, el tercer conjunto de puntos de la constelación 303 se mueve a una ubicación de un tercer conjunto de puntos de la constelación 503 que se muestra en la Figura 5, el cuarto conjunto de puntos de la constelación 304 se mueve a una ubicación de un cuarto conjunto de puntos de la constelación 504 que se muestra en la Figura 5. Según la etapa 402, el quinto conjunto de puntos de la constelación 305 puede moverse a una ubicación de un quinto conjunto de puntos de la constelación 505 que se muestra en la Figura 5, el sexto conjunto de puntos de la constelación 306 puede moverse a una ubicación de un sexto conjunto de puntos de la constelación 506 que se muestra en la Figura 5, el séptimo conjunto de puntos de la constelación 307 puede moverse a una ubicación de un séptimo conjunto de puntos de la constelación 507 que se muestra en la Figura 5, y el octavo conjunto de puntos de la constelación 308 puede moverse a una ubicación de un octavo conjunto de puntos de la constelación 508 que se muestra en la Figura 5.

En la presente realización, el anterior método de modulación digital se describe además por medio de otro tipo de movimiento de conjunto de puntos de la constelación. Los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

Realización 4

La presente realización de la presente invención además provee un método de modulación digital. La Figura 6 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 4 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 6, el método se basa en las anteriores realizaciones. Según se describe en las realizaciones anteriores, el respectivo movimiento de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, el movimiento respectivo, a una ubicación a una distancia de una primera distancia del eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación pueden incluir:

Etapa 601: Mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

Etapa 602: Mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

La Figura 7 es un diagrama estructural esquemático de un diagrama de constelación en forma de cruz obtenido mediante el uso del método de modulación digital según la Realización 4 de la presente invención. Según la etapa 601, el primer conjunto de puntos de la constelación 301 se mueve a una ubicación de un primer conjunto de puntos de la constelación 701 que se muestra en la Figura 7, el segundo conjunto de puntos de la constelación 302 se mueve a una ubicación de un segundo conjunto de puntos de la constelación 702 que se muestra en la Figura 7, el tercer conjunto de puntos de la constelación 303 se mueve a una ubicación de un tercer conjunto de puntos de la constelación 703 que se muestra en la Figura 7, y el cuarto conjunto de puntos de la constelación 304 se mueve a una ubicación de un cuarto conjunto de puntos de la constelación 704 que se muestra en la Figura 7. Según la etapa 602, el quinto conjunto de puntos de la constelación 305 puede moverse a una ubicación de un quinto conjunto de puntos de la constelación 705 que se muestra en la Figura 7, el sexto conjunto de puntos de la constelación 306 puede moverse a una ubicación de un sexto conjunto de puntos de la constelación 706 que se muestra en la Figura 7, el séptimo conjunto de puntos de la constelación 307 puede moverse a una ubicación de un séptimo conjunto de puntos de la constelación 707 que se muestra en la Figura 7, y el octavo conjunto de puntos de la constelación 308 puede moverse a una ubicación de un octavo conjunto de puntos de la constelación 708 que se muestra en la Figura 7.

En la presente realización, el anterior método de modulación digital se describe además por medio de otro tipo de movimiento de conjunto de puntos de la constelación. Los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

Realización 5

La presente realización de la presente invención además provee un método de modulación digital. La Figura 8 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 5 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 8, el método se basa en las anteriores realizaciones. Según se describe en la solución de las realizaciones anteriores, el respectivo movimiento de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, el movimiento respectivo, a una ubicación a una distancia de una primera distancia del eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas

verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación pueden incluir:

Etapa 801: Mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

Etapa 802: Mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

La Figura 9 es un diagrama estructural esquemático de un diagrama de constelación en forma de cruz obtenido mediante el uso del método de modulación digital según la Realización 5 de la presente invención. Según la etapa 801, el primer conjunto de puntos de la constelación 301 se mueve a una ubicación de un primer conjunto de puntos de la constelación 901 que se muestra en la Figura 9, el segundo conjunto de puntos de la constelación 302 se mueve a una ubicación de un segundo conjunto de puntos de la constelación 902 que se muestra en la Figura 9, el tercer conjunto de puntos de la constelación 303 se mueve a una ubicación de un tercer conjunto de puntos de la constelación 903 que se muestra en la Figura 9, y el cuarto conjunto de puntos de la constelación 304 se mueve a una ubicación de un cuarto conjunto de puntos de la constelación 904 que se muestra en la Figura 9. Según la etapa 802, el quinto conjunto de puntos de la constelación 305 puede moverse a una ubicación de un quinto conjunto de puntos de la constelación 905 que se muestra en la Figura 9, el sexto conjunto de puntos de la constelación 306 puede moverse a una ubicación de un sexto conjunto de puntos de la constelación 906 que se muestra en la Figura 9, el séptimo conjunto de puntos de la constelación 307 puede moverse a una ubicación de un séptimo conjunto de puntos de la constelación 907 que se muestra en la Figura 9, y el octavo conjunto de puntos de la constelación 308 puede moverse a una ubicación de un octavo conjunto de puntos de la constelación 908 que se muestra en la Figura 9.

En la presente realización, el anterior método de modulación digital se describe además por medio de otro tipo de movimiento de conjunto de puntos de la constelación. Los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

Realización 6

La presente realización de la presente invención además provee un método de modulación digital. La Figura 10 es un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 6 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 10, el método se basa en las anteriores realizaciones. Según se describe en la solución de las realizaciones anteriores, el respectivo movimiento de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, el movimiento respectivo, a una ubicación a una distancia de una primera distancia del eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación pueden incluir:

Etapa 1001: Mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

Etapa 1002: Mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

La Figura 11 es un diagrama estructural esquemático de un diagrama de constelación en forma de cruz obtenido mediante el uso del método de modulación digital según la Realización 6 de la presente invención. Según la etapa 1001, el primer conjunto de puntos de la constelación 301 se mueve a una ubicación de un primer conjunto de puntos de la constelación 1101 que se muestra en la Figura 11, el segundo conjunto de puntos de la constelación 302 se mueve a una ubicación de un segundo conjunto de puntos de la constelación 1102 que se muestra en la Figura 11, el tercer conjunto de puntos de la constelación 303 se mueve a una ubicación de un tercer conjunto de puntos de la constelación 1103 que se muestra en la Figura 11, y el cuarto conjunto de puntos de la constelación 304 se mueve a una ubicación de un cuarto conjunto de puntos de la constelación 1104 que se muestra en la Figura 11. Según la etapa 1002, el quinto conjunto de puntos de la constelación 305 puede moverse a una ubicación de un quinto conjunto de puntos de la constelación 1105 que se muestra en la Figura 11, el sexto conjunto de puntos de la constelación 306 puede moverse a una ubicación de un sexto conjunto de puntos de la constelación 1106 que se muestra en la Figura 11, el séptimo conjunto de puntos de la constelación 307 puede moverse a una ubicación de un séptimo conjunto de puntos de la constelación 1107 que se muestra en la Figura 11, y el octavo conjunto de puntos de la constelación 308 puede moverse a una ubicación de un octavo conjunto de puntos de la constelación 1108 que se muestra en la Figura 11.

En la presente realización, el anterior método de modulación digital se describe por medio de otro tipo de movimiento de conjunto de puntos de la constelación. Los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

Debe notarse que la Realización 3, Realización 4, Realización 5 y Realización 6 son, respectivamente, cuatro maneras de implementación diferentes para describir la solución de las realizaciones anteriores, y las cuatro maneras de implementación diferentes son independientes entre sí. Los conjuntos de puntos de la constelación pueden moverse según una secuencia de cuadrantes, o moverse de forma simultánea, y la presente realización no se encuentra limitada a ello.

Realización 7

La presente realización de la presente invención además provee un método de modulación digital. En la presente realización, las realizaciones anteriores se describen, de manera específica, mediante el uso de una instancia. La Figura 12A y Figura 12B son un diagrama de flujo de un método de modulación digital según la Realización 7 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 12A y Figura 12B, el método incluye las siguientes etapas.

Etapa 1201: Obtener una diferencia entre una cantidad de columnas y una cantidad de filas en un diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener una cantidad S de columnas que se moverán en cada cuadrante.

De manera específica, si el diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación de 128QAM, la cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular es 2^3 , y la cantidad de columnas es 2^4 . Por lo tanto, la

cantidad S de columnas que se moverán en cada cuadrante puede ser $\frac{2^4 - 2^3}{4}$. Es decir, S es igual a 2.

Etapa 1202: Usar S columnas de puntos de constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, distribuidos en cada cuadrante de un sistema de coordenadas rectangulares de plano del diagrama de constelación rectangular, como puntos de constelación que se moverán.

Etapa 1203: Dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación y un segundo conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación y un cuarto conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación y un sexto conjunto de puntos de la constelación, y dividir puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación y un octavo conjunto de puntos de la constelación, según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

5
10
15
Etapa 1204: Mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de una primera distancia del eje de coordenadas verticales.

20
25
Etapa 1205: Mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

30
Etapa 1206: Mover un punto de constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz.

La etapa 1204, etapa 1205 y etapa 1206 pueden ejecutarse de manera simultánea o una después de otra. Ello no se encuentra limitado en la presente realización.

35
Debe notarse que, en la realización anterior, el movimiento de un conjunto de puntos de la constelación es, en realidad, mover los puntos de la constelación en el conjunto de puntos de la constelación en conjunto, y una ubicación relativa entre los puntos de constelación dentro del conjunto de puntos de la constelación se mantiene sin cambios.

40
En la etapa 1204 y etapa 1205, el movimiento de los conjuntos de puntos de la constelación en cada cuadrante puede ser llevar a cabo el movimiento según coordenadas originales y coordenadas objetivo de los puntos de constelación en cada conjunto de puntos de la constelación. Por ejemplo, (I, Q) puede usarse para representar coordenadas originales de un punto de constelación, e (I', Q') puede usarse para representar coordenadas objetivo del punto de constelación. El movimiento de puntos de la constelación en un conjunto de puntos de la constelación en lo anterior puede llevarse a cabo mediante la ejecución de las siguientes instrucciones de programa:

si(|I|>((MI+MQ)/2-1)) entonces

si(I>0) entonces //Determinar el primer cuadrante y el cuarto cuadrante;

45 si(Q>2S) entonces //Determinar un punto de constelación en el primer conjunto de puntos de la constelación en el primer cuadrante;

•I'=I-8S; //Determinar una coordenada objetivo I del punto de constelación en el primer conjunto de puntos de la constelación;

50 •Q'=Q-8S. //Determinar una coordenada objetivo Q del punto de constelación en el primer conjunto de puntos de la constelación;

de lo contrario si(Q>0)&&(Q<2S) entonces //Determinar un punto de constelación en el segundo conjunto de puntos de la constelación en el primer cuadrante;

•I'=I-8S; //Determinar una coordenada objetivo I del punto de constelación en el segundo conjunto de puntos de la constelación;

ES 2 713 703 T3

- $Q'=Q+4S$. //Determinar una coordenada objetivo Q del punto de constelación en el segundo conjunto de puntos de la constelación;
- de lo contrario si($Q<0$)&&(Q>-2S) entonces. //Determinar un punto de constelación del séptimo conjunto de puntos de la constelación en el cuarto cuadrante;
- 5 • $I'=I-4S$; //Determinar una coordenada objetivo I del punto de constelación en el séptimo conjunto de puntos de la constelación;
- $Q'=Q-4S$. //Determinar una coordenada objetivo Q del punto de constelación en el séptimo conjunto de puntos de la constelación;
- 10 de lo contrario si(Q<-2S) entonces //Determinar un punto de constelación en el octavo conjunto de puntos de la constelación en el cuarto cuadrante;
- $I'=I-4S$; //Determinar una coordenada objetivo I del punto de constelación en el octavo conjunto de puntos de la constelación;
- $Q'=Q+8S$. //Determinar una coordenada objetivo Q del punto de constelación en el octavo conjunto de puntos de la constelación;
- 15 De lo contrario //Determinar el segundo cuadrante y el tercer cuadrante;
- si ($Q>2S$) entonces //Determinar un punto de constelación en el tercer conjunto de puntos de la constelación en el segundo cuadrante;
- $I'=I+4S$; //Determinar una coordenada objetivo I del punto de constelación en el tercer conjunto de puntos de la constelación;
- 20 • $Q'=Q-8S$. //Determinar una coordenada objetivo Q del punto de constelación en el tercer conjunto de puntos de la constelación;
- de lo contrario si($Q>0$)&&(Q<2S) entonces //Determinar un punto de constelación en el cuarto conjunto de puntos de la constelación en el segundo cuadrante;
- 25 • $I'=I+4S$; //Determinar una coordenada objetivo I del punto de constelación en el cuarto conjunto de puntos de la constelación;
- $Q'=Q+4S$. //Determinar una coordenada objetivo Q del punto de constelación en el cuarto conjunto de puntos de la constelación;
- de lo contrario si($Q<0$)&&(Q>-2S) entonces //Determinar un punto de constelación en el quinto conjunto de puntos de la constelación en el tercer cuadrante;
- 30 • $I'=I+8S$; //Determinar una coordenada objetivo I del punto de constelación en el quinto conjunto de puntos de la constelación;
- $Q'=Q-4S$. //Determinar una coordenada objetivo Q del punto de constelación en el quinto conjunto de puntos de la constelación;
- 35 de lo contrario si(Q<-2S) entonces //Determinar un punto de constelación en el sexto conjunto de puntos de la constelación en el tercer cuadrante;
- $I'=I+8S$; //Determinar una coordenada objetivo I del punto de constelación en el sexto conjunto de puntos de la constelación;
- $Q'=Q+8S$. //Determinar una coordenada objetivo Q del punto de constelación en el sexto conjunto de puntos de la constelación;
- 40 finalizar si
- fin
- Los puntos de la constelación en $MI=2^4=16$ columnas y $MQ=2^3=8$ filas necesitan formarse, y $S=2$ columnas.
- En la presente realización, las realizaciones anteriores se describen además mediante el uso de una instancia específica. Los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.
- 45

Realización 8

La presente realización 8 además provee un aparato de modulación digital. El aparato de modulación digital puede integrarse en un módulo de cálculo de información de difícil cuantificación en un extremo de recepción en una manera de hardware y/o software, y puede integrarse en un módulo de mapeo de constelación en un extremo de transmisión en una manera de hardware y/o software. La Figura 13 es un diagrama estructural esquemático de un aparato de modulación digital según la Realización 8 de la presente invención.

Como se muestra en la Figura 13, el aparato de modulación digital 1300 incluye:

un módulo de determinación 1301, configurado para determinar puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, donde los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano, los puntos de la constelación que se moverán incluyen S columnas de puntos de constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano, y el diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo la modulación de amplitud en cuadratura QAM en un tren de bits de datos, donde S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante;

un módulo de división 1302, configurado para dividir puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular; y

un módulo de movimiento 1303, configurado para mover horizontalmente y mover verticalmente cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz.

El módulo de movimiento 1303 incluye:

una unidad de movimiento horizontal 13031, configurada para: mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, donde

el primer grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante, el segundo grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante, la distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular, una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica, y una distancia entre puntos de constelación con valores de coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica; y

una unidad de movimiento vertical 13032, configurada para: mover un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

El aparato de modulación digital provisto en la presente realización puede implementar cualquiera de los anteriores métodos de modulación digital descritos. Un proceso de implementación específico y los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

Asimismo, el aparato de modulación digital 1300 además incluye:

un módulo de obtención, configurado para: antes de que el módulo de determinación 1301 determine los puntos de la constelación que se moverán en el diagrama de constelación rectangular, obtener una diferencia entre una

cantidad de columnas y una cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener la cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

En la solución de la realización anterior, el módulo de división 1302 se configura, de manera específica, para: dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación y un segundo conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación y un cuarto conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación y un sexto conjunto de puntos de la constelación, y dividir puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación y un octavo conjunto de puntos de la constelación, según el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

De manera opcional, la unidad de movimiento horizontal 13031 además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

De manera alternativa, la unidad de movimiento horizontal 13031 además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

De manera alternativa, la unidad de movimiento horizontal 13031 además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

De manera alternativa, la unidad de movimiento horizontal 13031 además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

El aparato de modulación digital provisto en la presente realización puede implementar cualquiera de los anteriores métodos de modulación digital descritos. Un proceso de implementación específico y los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

Realización 9

La realización 9 además provee un aparato de modulación digital. El aparato de modulación digital puede integrarse en un módulo de cálculo de información de difícil cuantificación en un extremo de recepción en una manera de hardware y/o software, y puede integrarse en un módulo de mapeo de constelación en un extremo de transmisión en una manera de hardware y/o software. La Figura 14 es un diagrama estructural esquemático de un aparato de modulación digital según la Realización 9 de la presente invención.

Como se muestra en la Figura 14, el aparato de modulación digital 1400 incluye un receptor 1401, un procesador 1402 y un transmisor 1403.

El procesador 1402 se configura para: determinar puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, dividir puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular, y mover horizontalmente y mover verticalmente cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz.

Los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano. Los puntos de la constelación que se moverán incluyen S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en los cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano. El diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo la modulación de amplitud en cuadratura QAM en un tren de bits de datos, y S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

El procesador 1402 se configura, de manera específica, para: mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación.

El primer grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante. El segundo grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante. La distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular. Una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica. Una distancia entre puntos de la constelación con valores de

coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica.

5 El procesador 1402 se configura además para: mover un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

10 El aparato de modulación digital provisto en la presente realización puede implementar cualquiera de los anteriores métodos de modulación digital descritos. Un proceso de implementación específico y los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

15 Asimismo, el procesador 1402 se configura además para: antes de determinar los puntos de la constelación que se moverán en el diagrama de constelación rectangular, obtener una diferencia entre una cantidad de columnas y una cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener la cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

20 En la solución de la realización anterior, el procesador 1402 se configura además para: dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación y un segundo conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación y un cuarto conjunto de puntos de la constelación, dividir puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación y un sexto conjunto de puntos de la constelación, y dividir puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación y un octavo conjunto de puntos de la constelación, según el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

30 De manera opcional, el procesador 1402 además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

45 De manera alternativa, el procesador 1402 además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

De manera alternativa, el procesador 1402 además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

De manera alternativa, el procesador 1402 además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

El aparato de modulación digital provisto en la presente realización puede implementar cualquiera de los anteriores métodos de modulación digital descritos. Un proceso de implementación específico y los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

Realización 10

La presente invención provee además un aparato de modulación digital. El aparato de modulación digital puede configurarse para ejecutar los métodos de modulación digital en las realizaciones anteriores. La Figura 15 es un diagrama estructural esquemático de un aparato de modulación digital según la Realización 10 de la presente invención. Como se muestra en la Figura 15, el aparato de modulación digital 1500 incluye al menos un procesador 1501 (por ejemplo, una CPU), al menos una interfaz de red 1502 u otra interfaz de comunicaciones, una memoria 1503 y al menos un bus de comunicaciones 1504 que se configura para implementar una conexión y comunicación entre dichos aparatos. El procesador 1501 se configura para ejecutar un módulo ejecutable almacenado en la memoria 1503 como, por ejemplo, un programa de ordenador. La memoria 1503 puede incluir una memoria de acceso aleatorio de alta velocidad (RAM, por sus siglas en inglés), y puede además incluir una memoria permanente, como, por ejemplo, al menos una memoria de disco magnético. La comunicación y conexión entre el aparato de modulación digital y al menos otro elemento de red pueden implementarse a través de Internet, una red de área amplia, una red de área local, una red de área metropolitana, o similares mediante el uso de la al menos una interfaz de red 1502 (que puede ser cableada o inalámbrica).

En algunas maneras de implementación, la memoria 1503 almacena un programa 15031. El programa 15031 puede ejecutarse por el procesador 1501, para usarse para: determinar puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, donde puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano, los puntos de la constelación que se moverán incluyen S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano, y el diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo la modulación de amplitud en cuadratura QAM en un tren de bits de datos, donde S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante; dividir puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de

coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular; y mover horizontalmente y mover verticalmente cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz.

5 El procesador 1501 puede además configurarse para: mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales, mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación. El primer grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante. El segundo grupo de cuadrantes incluye el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante. La distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular. Una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica. Una distancia entre puntos de la constelación con valores de coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica.

5 El procesador 1501 puede además configurarse para mover un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

30 El aparato de modulación digital provisto en la presente realización de la presente invención puede implementar cualquiera de los anteriores métodos de modulación digital descritos. Un proceso de implementación específico y los efectos beneficiosos de la presente realización son similares a aquellos de las realizaciones anteriores, y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria descriptiva.

35 Una persona con experiencia ordinaria en la técnica puede comprender que todas o una parte de las etapas de las realizaciones del método pueden implementarse por un programa que ordena el hardware relevante. El programa se puede almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Cuando el programa se ejecuta, se llevan a cabo las etapas de las realizaciones del método. El medio de almacenamiento anterior incluye: cualquier medio que pueda almacenar códigos de programa como, por ejemplo, una ROM, una RAM, un disco magnético o un disco óptico.

40 La invención se define por las reivindicaciones anexas. Todas las realizaciones que no caen dentro del alcance de las reivindicaciones anexas se considerarán meramente ejemplos apropiados para comprender la invención. Una persona con experiencia ordinaria en la técnica debe comprender que pueden realizarse modificaciones a las soluciones técnicas descritas en las realizaciones anteriores o realizarse reemplazos de algunas o todas las características técnicas de aquellas, sin apartarse del alcance de las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente invención.

45

REIVINDICACIONES

1. Un método de modulación digital, que comprende:

5 determinar (E101) puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, en donde los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano, los puntos de la constelación que se moverán comprenden S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano, y el diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo la modulación de amplitud en cuadratura, QAM, de 128 en un tren de bits de datos, en donde S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante;

10 dividir (E102) puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector horizontal de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular; y

15 mover horizontalmente y mover verticalmente (E103) cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz, en donde

el movimiento horizontal de cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes comprende:

20 mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales de los dos conjuntos de puntos de la constelación,

25 mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación,

30 y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación,

35 en donde el primer grupo de cuadrantes comprende el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante, el segundo grupo de cuadrantes comprende el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante, la distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular, una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica, y una distancia entre puntos de la constelación con valores de coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica; y

el movimiento vertical de cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes comprende:

40 mover cada conjunto de puntos de la constelación en conjunto, a lo largo de un punto de la constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en el conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes que se mueven a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

45 2. El método según la reivindicación 1, antes de determinar los puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, que además comprende:

obtener una diferencia entre una cantidad de columnas y una cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener la cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

50 3. El método según la reivindicación 1 o 2, en donde la división de puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular comprende:

dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación (301) y un segundo conjunto de puntos de la constelación (302), dividir puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y un cuarto conjunto de puntos de la constelación (304), dividir puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y un sexto conjunto de puntos de la constelación (306), y dividir puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y un octavo conjunto de puntos de la constelación (308), según el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

4. El método según la reivindicación 3, en donde el movimiento, respectivamente, de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales de los dos conjuntos de puntos de la constelación, el movimiento, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, comprenden:

mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación (301) y el segundo conjunto de puntos de la constelación (302) a una ubicación (501) en el tercer cuadrante y a una ubicación (502) en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del primer conjunto de puntos de la constelación (301) y del segundo conjunto de puntos de la constelación (302) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y el cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) a una ubicación (503) en el tercer cuadrante y a una ubicación (504) en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y del cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales; y

mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y el sexto conjunto de puntos de la constelación (306) a una ubicación (505) en el cuarto cuadrante y a una ubicación (506) en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y del sexto conjunto de puntos de la constelación (306) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y el octavo conjunto de puntos de la constelación (308) a una ubicación (507) en el cuarto cuadrante y a una ubicación (508) en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y del octavo conjunto de puntos de la constelación (308) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

5. El método según la reivindicación 3, en donde el movimiento, respectivamente, de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales de los dos conjuntos de puntos de la constelación, el movimiento, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación comprenden:

mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación (301) y el segundo conjunto de puntos de la constelación (302) a una ubicación (701) en el segundo cuadrante y a una ubicación (702) en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del primer conjunto de puntos de la constelación (301) y del segundo conjunto de puntos de la constelación (302) y

que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y el cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) a una ubicación (703) en el segundo cuadrante y a una ubicación (704) en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y del cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales; y

mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y el sexto conjunto de puntos de la constelación (306) a una ubicación (705) en el primer cuadrante y a una ubicación (706) en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y del sexto conjunto de puntos de la constelación (306) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y el octavo conjunto de puntos de la constelación (308) a una ubicación (707) en el primer cuadrante y a una ubicación (708) en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y del octavo conjunto de puntos de la constelación (308) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

6. El método según la reivindicación 3, en donde el movimiento, respectivamente, de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales de los dos conjuntos de puntos de la constelación, el movimiento, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación comprenden:

mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación (301) y el segundo conjunto de puntos de la constelación (302) a una ubicación (901) en el cuarto cuadrante y a una ubicación (902) en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del primer conjunto de puntos de la constelación (301) y del segundo conjunto de puntos de la constelación (302) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y el cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) a una ubicación (903) en el cuarto cuadrante y a una ubicación (904) en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y del cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales; y

mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y el sexto conjunto de puntos de la constelación (306) a una ubicación (905) en el tercer cuadrante y a una ubicación (906) en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y del sexto conjunto de puntos de la constelación (306) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y el octavo conjunto de puntos de la constelación (308) a una ubicación (907) en el tercer cuadrante y a una ubicación (908) en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y del octavo conjunto de puntos de la constelación (308) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

7. El método según la reivindicación 3, en donde el movimiento, respectivamente, de dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales de los dos conjuntos de puntos de la constelación, el movimiento, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y el movimiento, al segundo grupo de cuadrantes, de dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un

conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación comprenden:

5 mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación (301) y el segundo conjunto de puntos de la constelación (302) a una ubicación (1101) en el primer cuadrante y a una ubicación (1102) en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del primer conjunto de puntos de la constelación (301) y del segundo conjunto de puntos de la constelación (302) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y el cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) a una ubicación (1103) en el primer cuadrante y a una ubicación (1104) en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y del cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales; y

15 mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y el sexto conjunto de puntos de la constelación (306) a una ubicación (1105) en el segundo cuadrante y a una ubicación (1106) en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y del sexto conjunto de puntos de la constelación (306) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y el octavo conjunto de puntos de la constelación (308) a una ubicación (1107) en el segundo cuadrante y a una ubicación (1108) en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y del octavo conjunto de puntos de la constelación (308) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

8. Un aparato de modulación digital, que comprende:

25 un módulo de determinación (1301), configurado para determinar puntos de la constelación que se moverán en un diagrama de constelación rectangular, en donde los puntos de la constelación en el diagrama de constelación rectangular se distribuyen en puntos de coordenadas correspondientes en un sistema de coordenadas rectangulares de plano, los puntos de la constelación que se moverán comprenden S columnas de puntos de la constelación, con valores absolutos de coordenadas horizontales en un orden descendente, en cuatro cuadrantes del sistema de coordenadas rectangulares de plano, y el diagrama de constelación rectangular es un diagrama de constelación generado llevando a cabo la modulación de amplitud en cuadratura, QAM, de 128 en un tren de bits de datos, en donde S es una cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante;

35 un módulo de división (1302), configurado para dividir puntos de la constelación que se moverán en cada uno de los cuatro cuadrantes en dos conjuntos de puntos de la constelación según un bisector horizontal de un área entre un eje de coordenadas horizontales y una línea recta correspondiente a un valor absoluto máximo de coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular; y

un módulo de movimiento (1303), configurado para mover horizontalmente y mover verticalmente cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz, en donde

el módulo de movimiento comprende:

40 una unidad de movimiento horizontal (13031), configurada para: mover, respectivamente, dos conjuntos de puntos de la constelación en cada uno de los cuatro cuadrantes a ubicaciones que se encuentran en un primer grupo de cuadrantes de los cuatro cuadrantes y que se encuentran a una distancia de cuatro u ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales de dos conjuntos de puntos de la constelación, mover, respectivamente, a una ubicación a una distancia de una primera distancia de un eje de coordenadas verticales y a una ubicación a una distancia de una segunda distancia del eje de coordenadas verticales que se encuentran en un cuadrante, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en un segundo grupo de cuadrantes en los cuatro cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales mínimo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, y mover, al segundo grupo de cuadrantes, dos conjuntos de puntos de la constelación que se encuentran en el primer grupo de cuadrantes y en el cual un valor de coordenadas verticales máximo de un conjunto de puntos de la constelación es mayor que un valor de coordenadas verticales máximo del otro conjunto de puntos de la constelación, en donde el primer grupo de cuadrantes comprende el primer cuadrante y el cuarto cuadrante, o el segundo cuadrante y el tercer cuadrante, el segundo grupo de cuadrantes comprende el primer cuadrante y el segundo cuadrante, o el tercer cuadrante y el cuarto cuadrante, la distancia de característica es una distancia entre dos puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación rectangular, una diferencia entre la primera distancia y la segunda distancia es igual a S distancias de característica, y una distancia entre puntos de la constelación con valores de coordenadas horizontales máximos en conjuntos de puntos de la constelación adyacentes en el diagrama de constelación en forma de cruz es igual a S distancias de característica; y

una unidad de movimiento vertical (13032), configurada para: mover cada conjunto de puntos de la constelación en conjunto, a lo largo de un punto de constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en el conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes que se mueven a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de la constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios.

9. El aparato según la reivindicación 8, que además comprende:

un módulo de obtención, configurado para: antes de que el módulo de determinación (1301) determine los puntos de la constelación que se moverán en el diagrama de constelación rectangular, obtener una diferencia entre una cantidad de columnas y una cantidad de filas en el diagrama de constelación rectangular, y dividir un valor absoluto de la diferencia por cuatro, para obtener la cantidad de columnas que se moverán en cada cuadrante.

10. El aparato según la reivindicación 8 o 9, en donde

el módulo de división (1302) se configura además para: dividir puntos de la constelación que se moverán en el primer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un primer conjunto de puntos de la constelación (301) y un segundo conjunto de puntos de la constelación (302), dividir puntos de la constelación que se moverán en el segundo cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y un cuarto conjunto de puntos de la constelación (304), dividir puntos de la constelación que se moverán en el tercer cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y un sexto conjunto de puntos de la constelación (306), y dividir puntos de la constelación que se moverán en el cuarto cuadrante de los cuatro cuadrantes para obtener un séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y un octavo conjunto de puntos de la constelación (308), según el bisector del área entre el eje de coordenadas horizontales y la línea recta correspondiente al valor absoluto máximo de las coordenadas verticales en el diagrama de constelación rectangular.

11. El aparato según la reivindicación 10, en donde

la unidad de movimiento horizontal (13031) además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación (301) y el segundo conjunto de puntos de la constelación (302) a una ubicación (501) en el tercer cuadrante y a una ubicación (502) en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del primer conjunto de puntos de la constelación (301) y del segundo conjunto de puntos de la constelación (302) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y el cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) a una ubicación (503) en el tercer cuadrante y a una ubicación (504) en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y del cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y el sexto conjunto de puntos de la constelación (306) a una ubicación (505) en el cuarto cuadrante y a una ubicación (506) en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y del sexto conjunto de puntos de la constelación (306) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y el octavo conjunto de puntos de la constelación (308) a una ubicación (507) en el cuarto cuadrante y a una ubicación (508) en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y del octavo conjunto de puntos de la constelación (308) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

12. El aparato según la reivindicación 10, en donde

la unidad de movimiento horizontal (13031) además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación (301) y el segundo conjunto de puntos de la constelación (302) a una ubicación (701) en el segundo cuadrante y a una ubicación (702) en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del primer conjunto de puntos de la constelación (301) y del segundo conjunto de puntos de la constelación (302) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y el cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) a una ubicación (703) en el segundo cuadrante y a una ubicación (704) en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y del cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y el sexto conjunto de puntos de la constelación (306) a una ubicación (705) en el primer cuadrante y a una ubicación (706) en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las

coordenadas horizontales originales del quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y del sexto conjunto de puntos de la constelación (306) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y el octavo conjunto de puntos de la constelación (308) a una ubicación (707) en el primer cuadrante y a una ubicación (708) en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y del octavo conjunto de puntos de la constelación (308) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales.

13. El aparato según la reivindicación 10, en donde

la unidad de movimiento horizontal (13031) además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación (301) y el segundo conjunto de puntos de la constelación (302) a una ubicación (901) en el cuarto cuadrante y a una ubicación (902) en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del primer conjunto de puntos de la constelación (301) y del segundo conjunto de puntos de la constelación (302) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y el cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) a una ubicación (903) en el cuarto cuadrante y a una ubicación (904) en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del tercer conjunto de puntos de la constelación (303) y del cuarto conjunto de puntos de la constelación (304) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales; y

mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y el sexto conjunto de puntos de la constelación (306) a una ubicación (905) en el tercer cuadrante y a una ubicación (906) en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del quinto conjunto de puntos de la constelación (305) y del sexto conjunto de puntos de la constelación (306) y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y el octavo conjunto de puntos de la constelación (308) a una ubicación (907) en el tercer cuadrante y a una ubicación (908) en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del séptimo conjunto de puntos de la constelación (307) y del octavo conjunto de puntos de la constelación (308) y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

14. El aparato según la reivindicación 10, en donde

la unidad de movimiento horizontal (13031) además se configura para: mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del primer conjunto de puntos de la constelación y del segundo conjunto de puntos de la constelación y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el primer cuadrante y a una ubicación en el cuarto cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del tercer conjunto de puntos de la constelación y del cuarto conjunto de puntos de la constelación y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del quinto conjunto de puntos de la constelación y del sexto conjunto de puntos de la constelación y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el segundo cuadrante y a una ubicación en el tercer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de las coordenadas horizontales originales del séptimo conjunto de puntos de la constelación y del octavo conjunto de puntos de la constelación y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales.

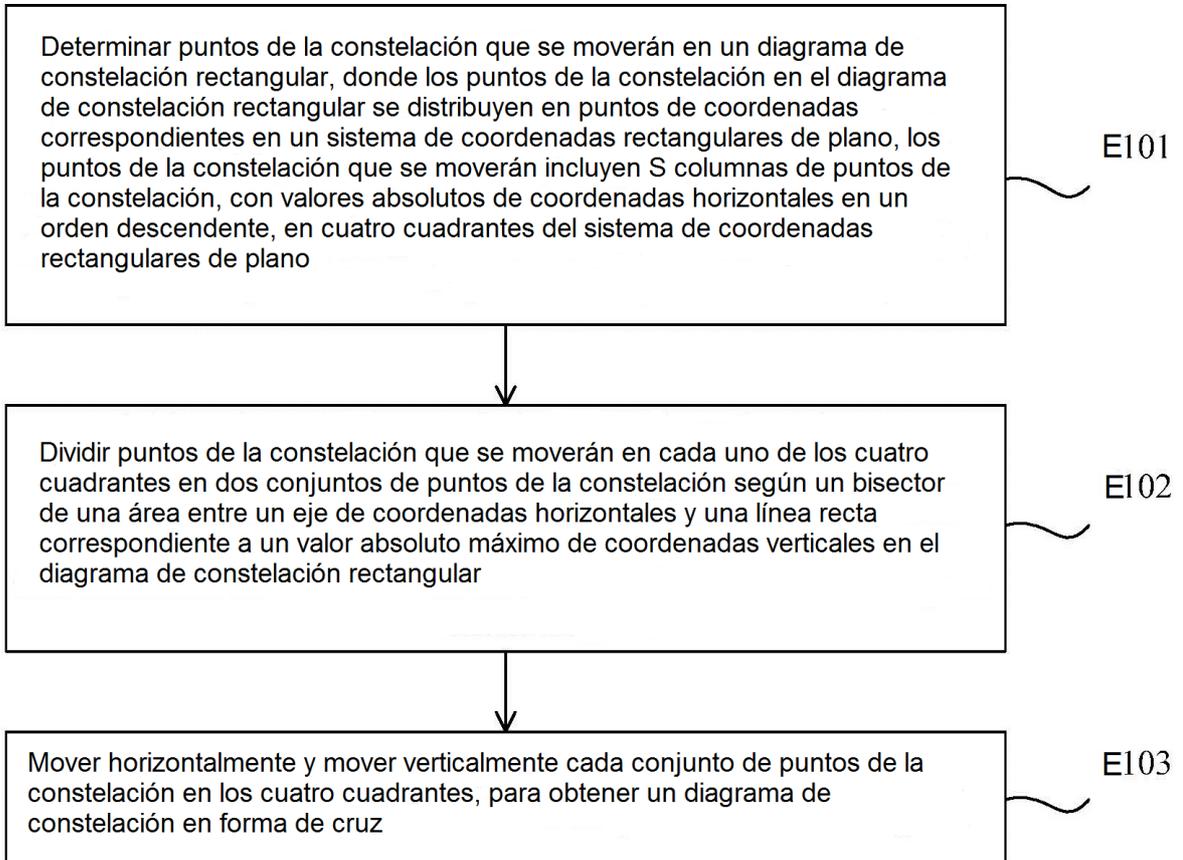


FIG. 1

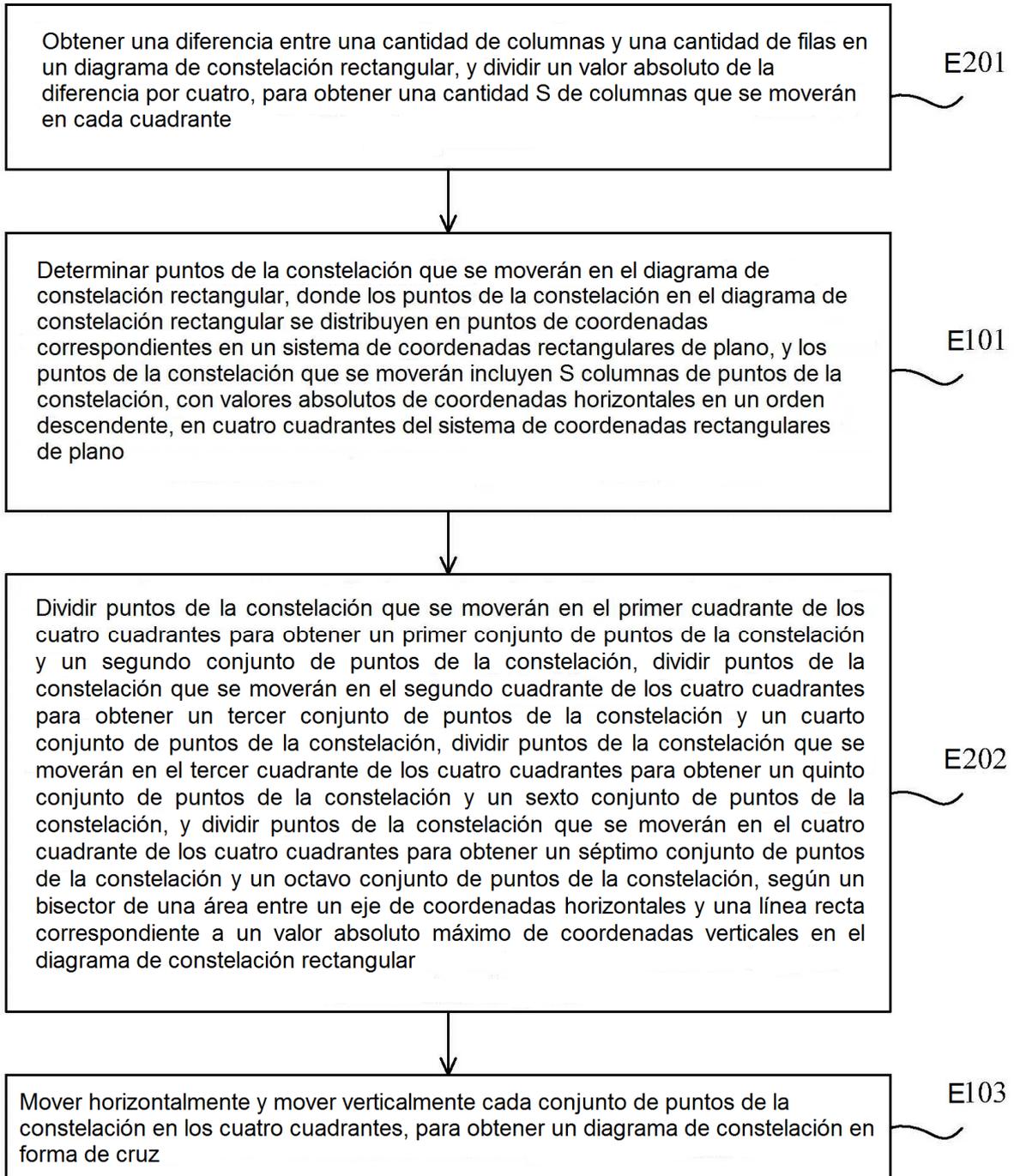


FIG. 2

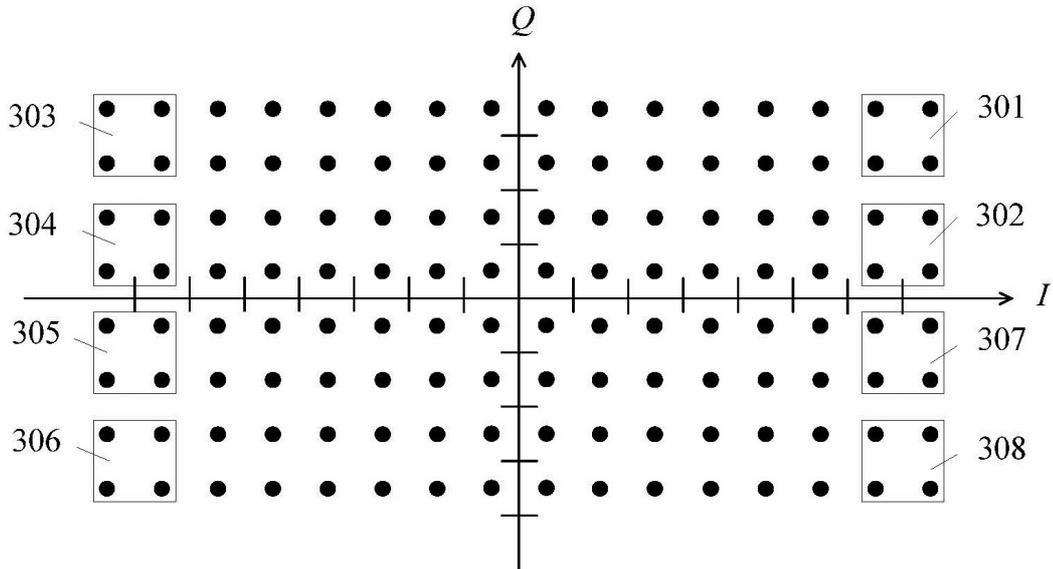


FIG. 3

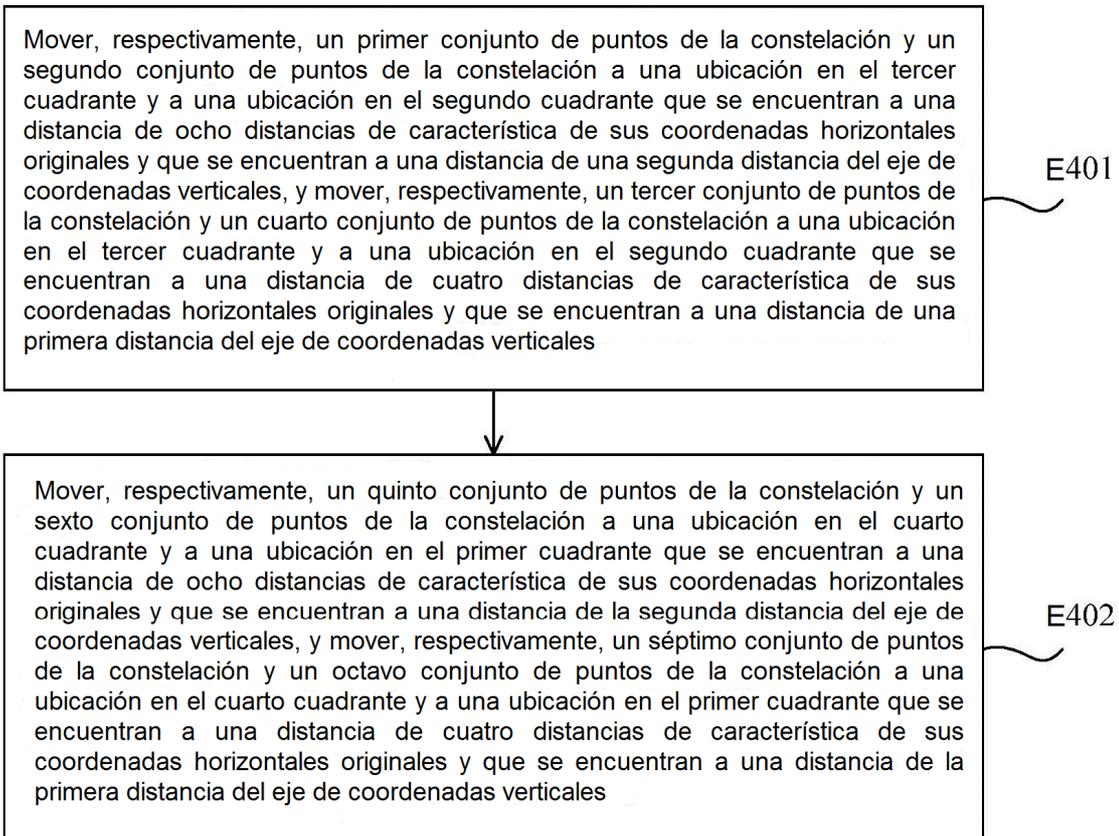


FIG. 4

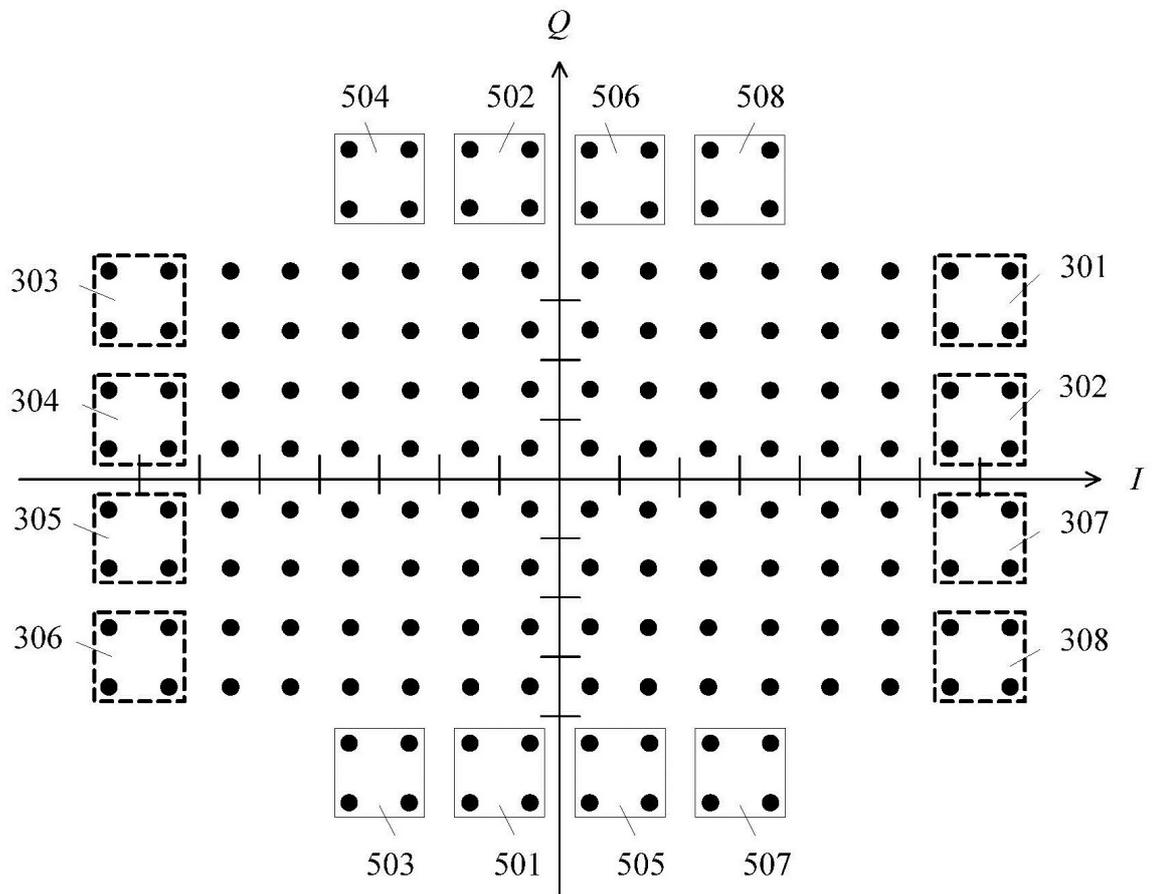


FIG. 5

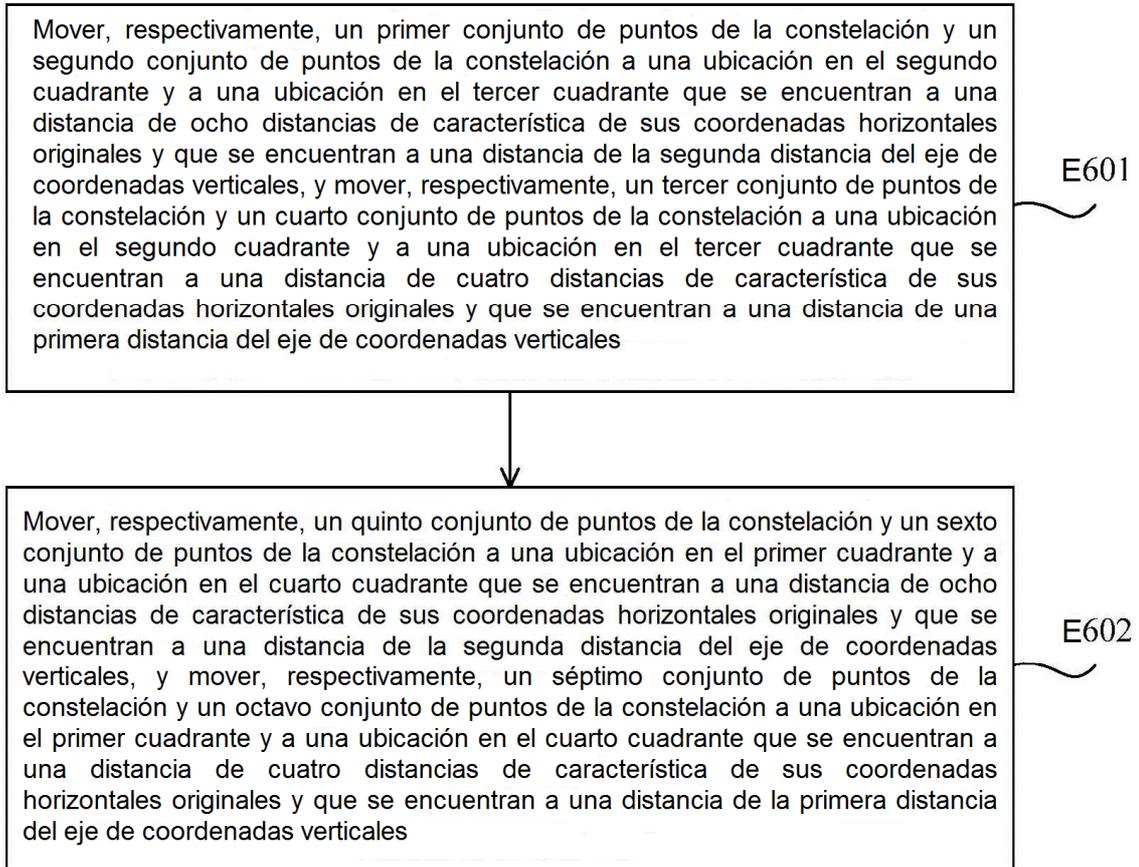


FIG. 6

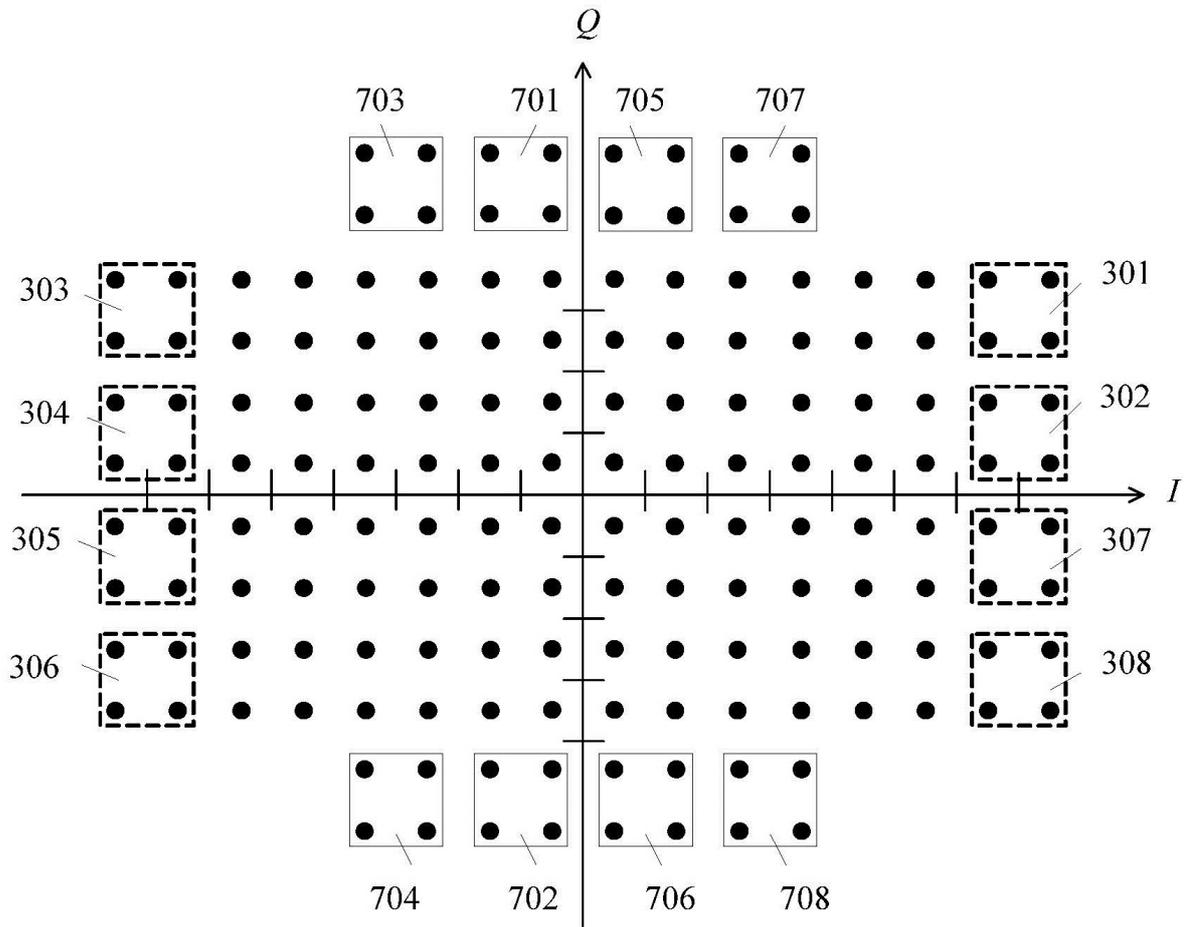


FIG. 7

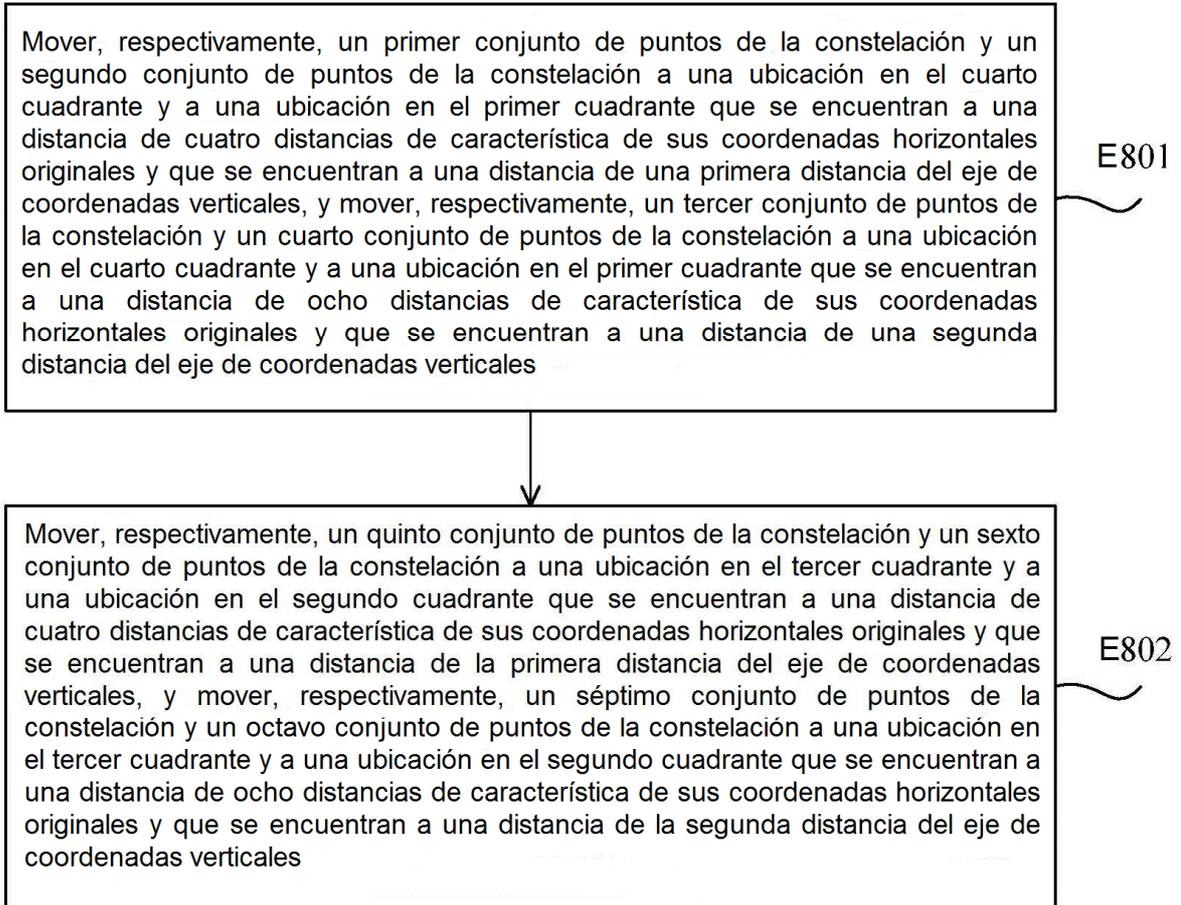


FIG. 8

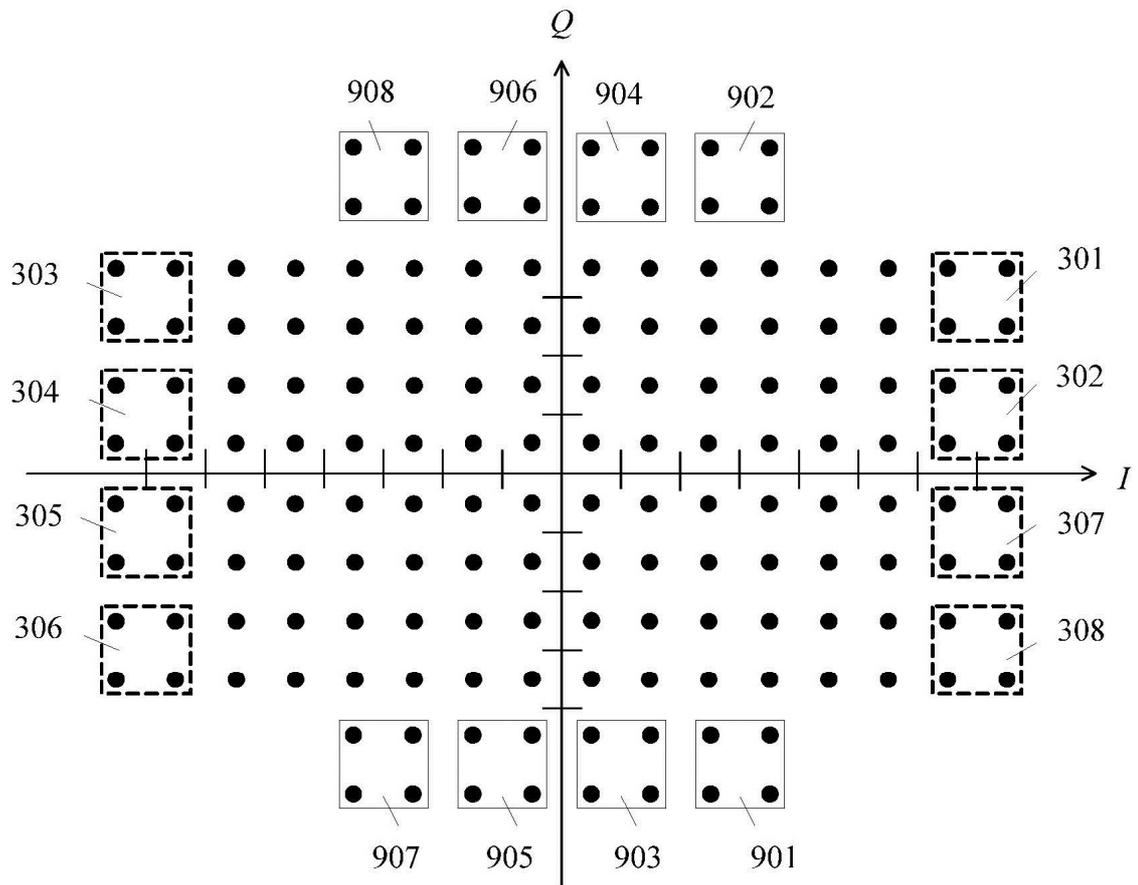


FIG. 9

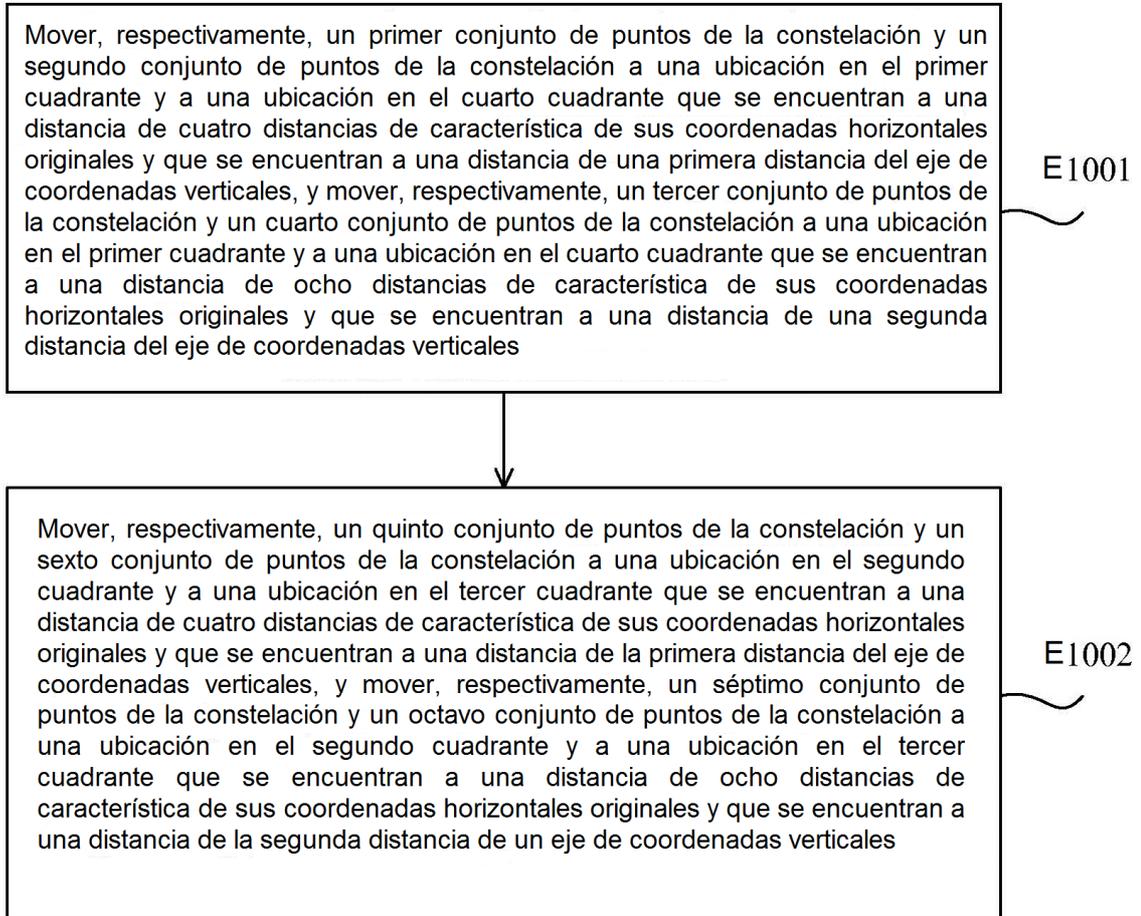


FIG. 10

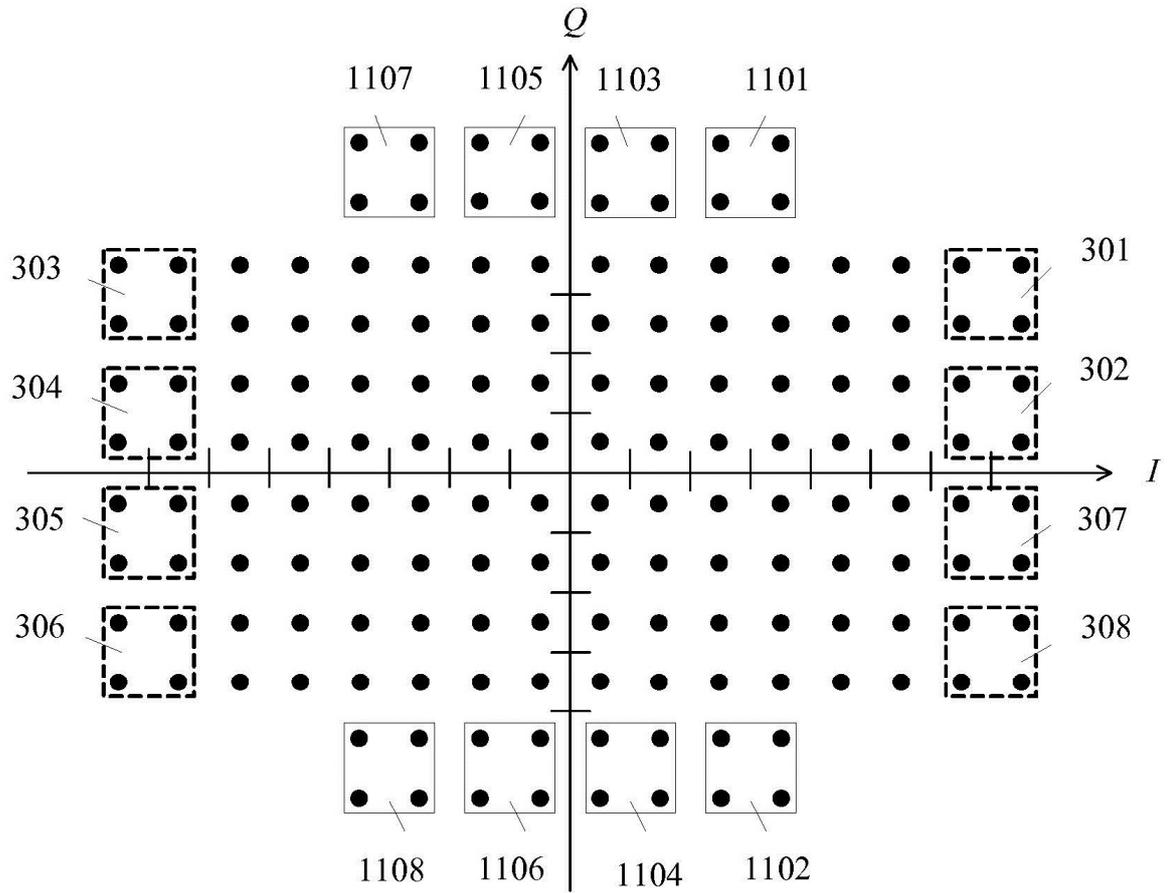
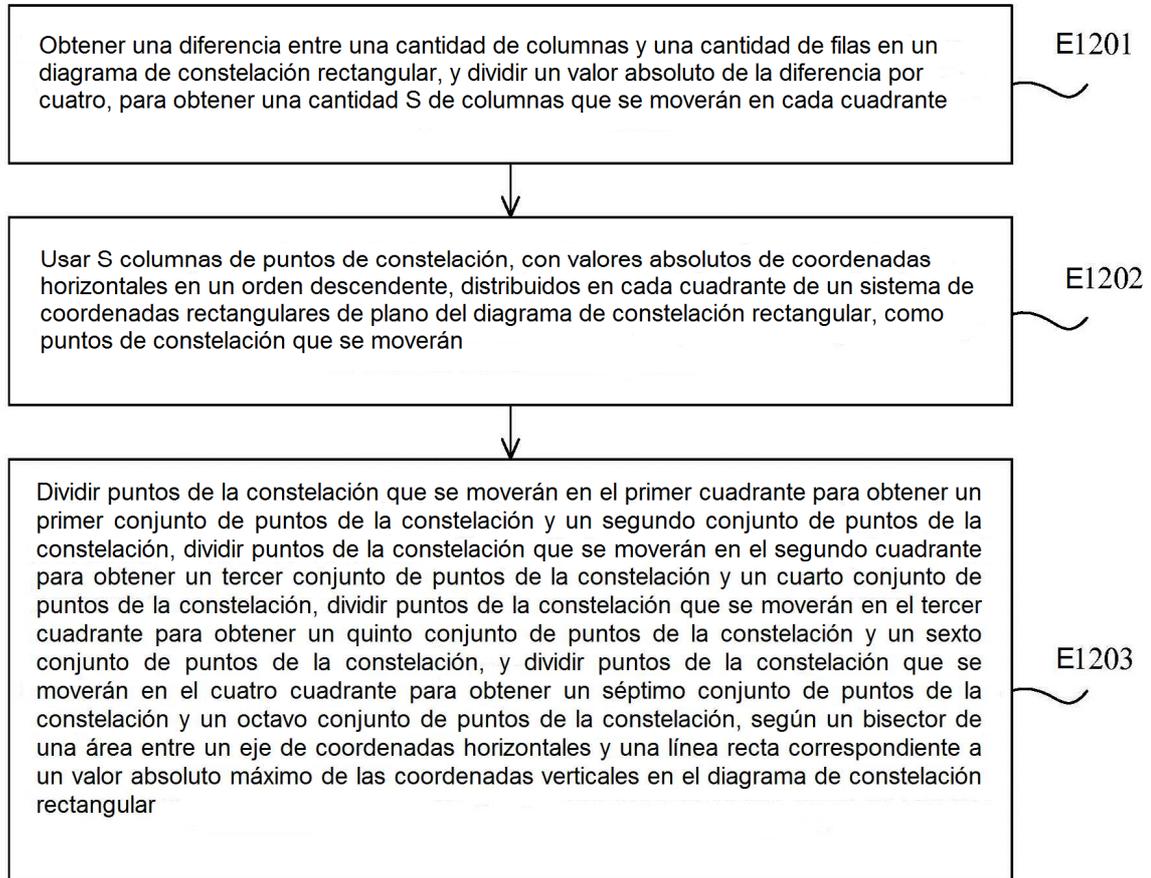


FIG. 11



A

FIG. 12B

FIG. 12A

CONT.
DE
FIG. 12A



Mover, respectivamente, el primer conjunto de puntos de la constelación y el segundo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el tercer conjunto de puntos de la constelación y el cuarto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el tercer cuadrante y a una ubicación en el segundo cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de una primera distancia del eje de coordenadas verticales

E1204



Mover, respectivamente, el quinto conjunto de puntos de la constelación y el sexto conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de ocho distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la segunda distancia del eje de coordenadas verticales, y mover, respectivamente, el séptimo conjunto de puntos de la constelación y el octavo conjunto de puntos de la constelación a una ubicación en el cuarto cuadrante y a una ubicación en el primer cuadrante que se encuentran a una distancia de cuatro distancias de característica de sus coordenadas horizontales originales y que se encuentran a una distancia de la primera distancia del eje de coordenadas verticales

E1205



Mover un punto de constelación con un valor absoluto mínimo de una coordenada vertical en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes a una ubicación a una distancia de una distancia de característica de un límite vertical en el diagrama de constelación rectangular, y mantener una ubicación relativa entre puntos de constelación en cada conjunto de puntos de la constelación en los cuatro cuadrantes sin cambios, para obtener un diagrama de constelación en forma de cruz

E1206

FIG. 12B

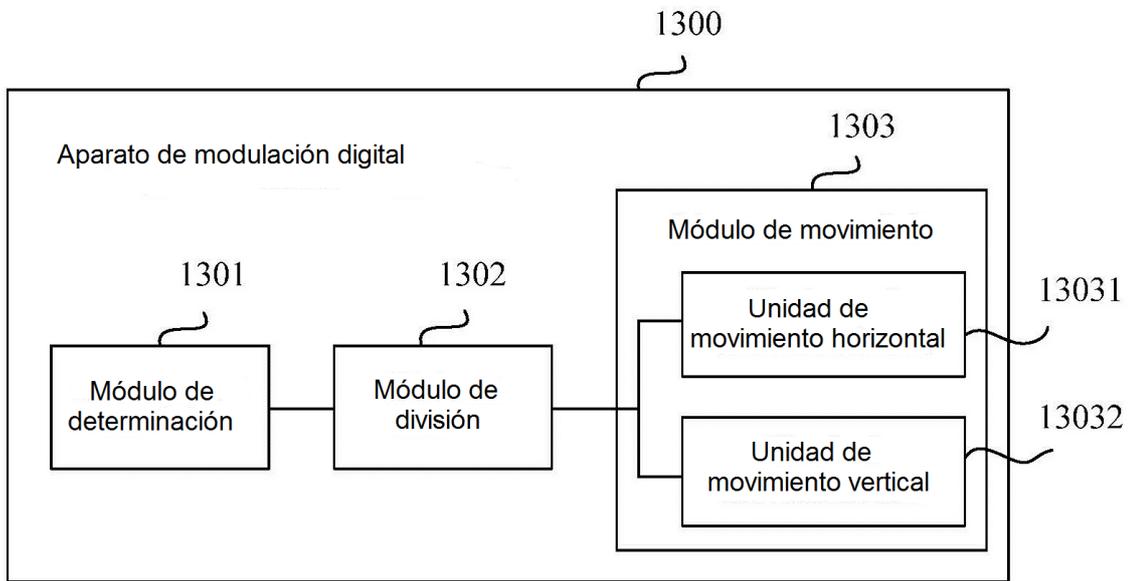


FIG. 13

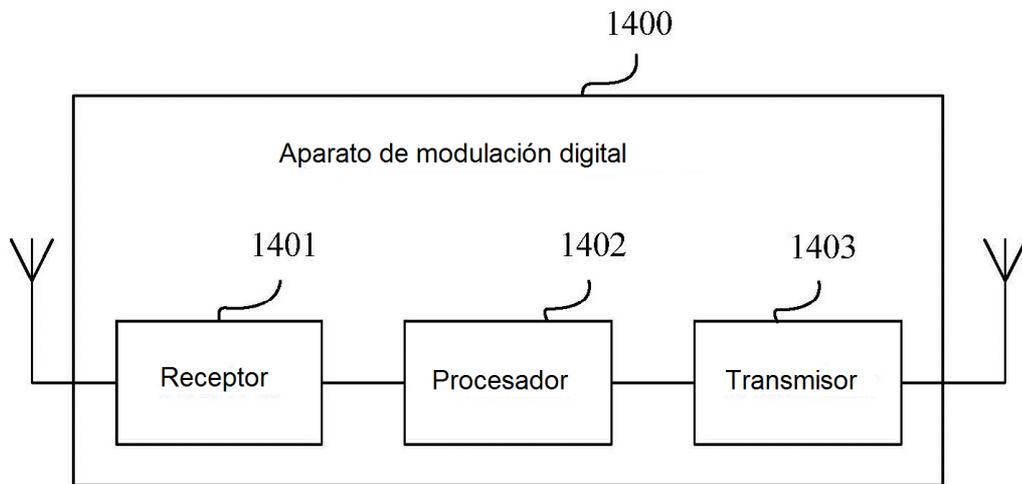


FIG. 14

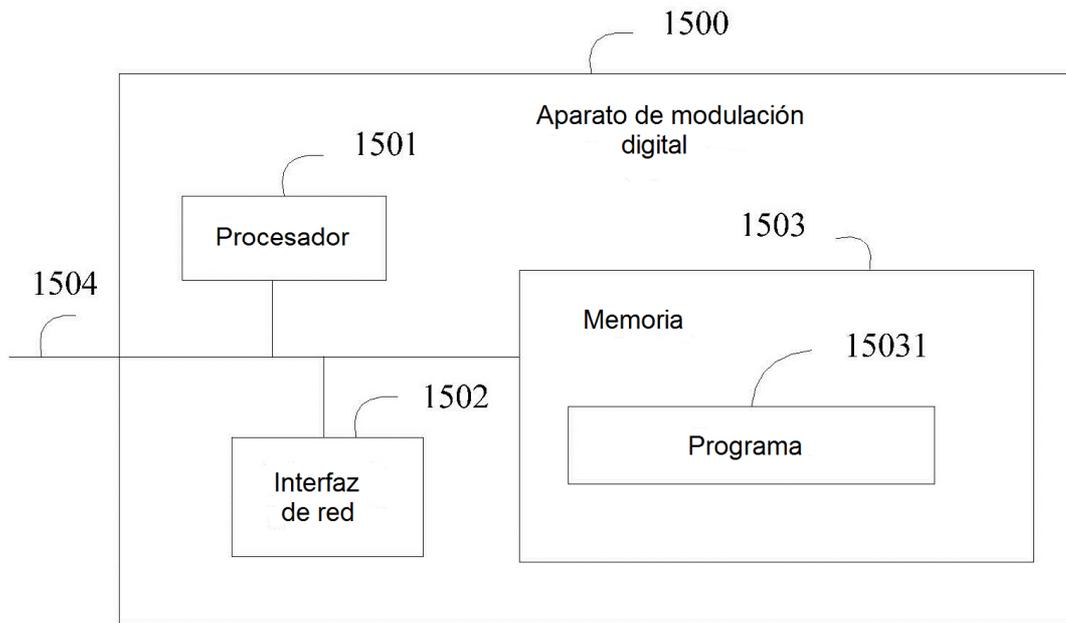


FIG. 15