

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 382**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2013** **PCT/CN2013/084032**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2015** **WO15039354**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2013** **E 13893795 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019** **EP 3041182**

54 Título: **Método para enviar/recibir una señal, dispositivo y sistema correspondientes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2020

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

72 Inventor/es:

LI, LIANGCHUAN y
LIU, LING

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 747 382 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 para enviar/recibir una señal, dispositivo y sistema correspondientes

5 Campo técnico

Esta invención se refiere al campo de las comunicaciones y, en particular, a un método para el envío y recepción de una señal, y un dispositivo y sistema correspondiente.

10 Antecedentes de la invención

En el campo de las comunicaciones, a medida que aumenta la tasa de transmisión en baudios de un sistema, el ancho de banda ocupado por una portadora única es cada vez más grande. Por lo tanto, cuando el ancho de banda del hardware de un transmisor y un receptor es insuficiente, se produce una pérdida de señal cuando una señal

15 pasa a través del transmisor, o el receptor, lo que afecta el rendimiento global del sistema. Para un sistema de multiplexación por división de longitud de onda, generalmente se transmite una señal en múltiples portadoras individuales con espaciado fijo. Cuando aumenta el ancho de banda de una única portadora, se intensifica la diafonía entre canales y se deteriora el rendimiento del sistema.

20 El documento US 8401108 B1 (HADDADIN OSAMA S [US] ET AL) da a conocer un modulador para convertir datos digitales en una señal modulada que tiene una tasa de transmisión de símbolos asociada, que comprende: un mapeador de bit a símbolo, configurado para convertir la entrada de datos digitales en salida de símbolo a una tasa de muestreo igual a N veces una tasa de símbolo de la salida de símbolo, en donde N es un número entero positivo; un filtro digital de conformación de pulso, acoplado al mapeador de bit a símbolo, y configurado para filtrar la salida

25 de símbolo para producir muestras complejas de banda limitada que tienen un ancho de banda menor que el doble de la tasa de transmisión de símbolos asociada a una tasa de muestreo de menos de dos muestras por símbolo; un convertidor de digital a analógico acoplado al filtro digital de conformación de pulso y configurado para convertir las muestras complejas de banda limitada en una salida analógica.

30 El documento de EKAWIT TIPSUWANNAKUL ET AL: "Comparaciones de rendimiento de DP-16QAM y DP-QPSK con forma duobinaria para sistemas ópticos con eficiencia espectral de 4.1 bits/s/Hz" describe un transmisor QPSK hecho a partir de un modulador I/Q, generándose dos copias de señal de entrada desplazada con respecto a la frecuencia original, a continuación, tres señales 16 QAM son pre-filtradas, de forma independiente, por dos procesadores de onda comerciales (WP), programados con una forma gaussiana de cuarto orden de ancho de

35 banda de 22 GHz 3 dB y posteriormente se combinan a través de un acoplador de 3 dB, entonces, las señales WDM se polarizan mediante multiplexación.

El documento de JIANJUN YU ET AL: "Transmisión de 200 G PDM-CSRZ-QPSK y PDM-16 QAM con un SE de 4 b/s/Hz" da a conocer un sistema de comunicación de fibra que utiliza un post-filtrado digital y MLSE de 1 bit en el

40 receptor para suprimir el ruido, la diafonía lineal y los efectos de filtrado.

Sumario de la invención

45 Esta invención da a conocer un método para enviar y recibir una señal, y un dispositivo y sistema correspondiente, que puede transmitir una señal de alta tasa de transmisión en baudios en un ancho de banda estrecho y reducir, de forma efectiva, la pérdida de señal.

Un primer aspecto de esta invención da a conocer un método para enviar una señal utilizando un sistema de coherencia de multiplexación de polarización, que incluye las etapas siguientes: la realización, por un transmisor, el mapeado de constelación en un flujo de datos con el fin de obtener una señal mapeada; la realización, por el

50 transmisor, de un pre-filtrado en la señal mapeada para convertir la señal mapeada en una señal filtrada, en donde el pre-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, siendo el ancho de banda de la señal filtrada menor que el ancho de banda de la señal mapeada; la realización, por el transmisor, de la conformación de forma de onda de conformidad con la señal filtrada para obtener una señal conformada; y la realización, por el transmisor, de una conversión digital a analógica en la señal conformada para obtener una señal analógica, y el envío, por el

55 transmisor, de la señal analógica; la realización, por un receptor, de una conversión analógica a digital en la señal analógica recibida por el receptor, con el fin de obtener una señal digital; la realización, por el receptor, de una ecualización y recuperación de fase en la señal digital, para obtener una señal ecualizada y recuperada; la realización, por el receptor, de un post-filtrado en la señal ecualizada y recuperada para convertir la señal ecualizada

60 y recuperada en una segunda señal filtrada, en donde el post-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, y un ancho de banda de la señal ecualizada y recuperada es mayor que un ancho de banda de la segunda señal filtrada, en donde el post-filtrado filtra el ruido e introduce interferencia entre símbolos (ISI) correspondiente a la ISI introducida por el transmisor, en donde una fórmula para la puesta en práctica del post-filtrado es

$$F(k) = \widehat{W}_0 E(k) + \widehat{W}_1 E(k-1) + \dots + \widehat{W}_{M-1} E(k-M+1)$$
, en donde k es un número de secuencia temporal, F(k) es la segunda

65 señal filtrada, E(k) es la señal ecualizada y recuperada, $0 \leq k \leq M-1$, M-1 es una cantidad de retardo máxima basada en

una unidad de tiempo, $\hat{W}_j$ es un j-ésimo coeficiente de filtro, y $E(k-j)$ es una señal obtenida mediante el retardo de $E(k)$ por j unidades de tiempo; en donde la cantidad máxima de retardo M-1, basada en una unidad de tiempo, en la fórmula para la puesta en práctica del post-filtrado es igual a la cantidad máxima de retardo N-1 basada en una unidad de tiempo, en la fórmula para poner en práctica el pre-filtrado, $\hat{W}_j$ se determina por un pre-filtro, en donde una forma de realizar la determinación es una forma de secuencia de formación o una forma de análisis de espectro de ruido; y la realización, por el receptor, de una detección de secuencia en la segunda señal filtrada, con el fin de obtener una señal de secuencia.

Haciendo referencia al primer aspecto, en una primera forma de puesta en práctica posible del primer aspecto de esta invención, una fórmula para la realización del pre-filtrado es $D(k) = W_0C(k) + W_1C(k-1) + \dots + W_{N-1}C(k-N+1)$, en donde k es un número de secuencia temporal, D(k) es la señal filtrada, C(k) es la señal mapeada, $0 \leq k \leq N-1$, N-1 es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, W_i es un i-ésimo coeficiente de filtro y C(k-i) es una señal obtenida mediante el retardo de C(k) por i unidades de tiempo.

Un segundo aspecto de esta invención da a conocer un sistema de coherencia de multiplexación de polarización que comprende un transmisor, que incluye un primer procesador y un convertidor de analógica a digital; y un receptor, que comprende un convertidor de analógica a digital y un segundo procesador; en donde el primer procesador está configurado para: la realización de un mapeado de constelación en un flujo de datos, con el fin de obtener una señal mapeada; la realización de un pre-filtrado en la señal mapeada, para convertir la señal mapeada en una señal filtrada, en donde el pre-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, el ancho de banda de la señal filtrada es menor que el ancho de banda de la señal mapeada; y la realización de la conformación de forma de onda de conformidad con la señal filtrada, con el fin de obtener una señal conformada; y el convertidor de analógica a digital está configurado para realizar la conversión de digital a analógica en la señal conformada para obtener una señal analógica, y enviar la señal analógica al receptor; en donde el convertidor de analógica a digital está configurado para realizar la conversión de analógica a digital en la señal analógica recibida por el receptor, con el fin de obtener una señal digital; y en donde el segundo procesador está configurado para: la realización de una ecualización y recuperación de fase en la señal digital para obtener una señal ecualizada y recuperada; la realización de un post-filtrado en la señal ecualizada y recuperada, con el fin de convertir la señal ecualizada y recuperada en una segunda señal filtrada, en donde el post-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, y un ancho de banda de la señal ecualizada y recuperada es mayor que un ancho de banda de la segunda señal filtrada, en donde el post-filtrado filtra el ruido e introduce una interferencia entre símbolos (ISI) correspondiente a la ISI introducida por el transmisor, en donde una fórmula para la puesta en práctica del post-filtrado es $F(k) = \hat{W}_0E(k) + \hat{W}_1E(k-1) + \dots + \hat{W}_{M-1}E(k-M+1)$,

en donde k es un número de secuencia temporal, F(k) es la segunda señal filtrada, E(k) es la señal ecualizada y recuperada, $0 \leq k \leq M-1$, M-1 es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, $\hat{W}_j$ es un j-ésimo coeficiente de filtro, y $E(k-j)$ es una señal obtenida mediante el retardo de E(k) por j unidades de tiempo; en donde la cantidad máxima de retardo M-1, basada en una unidad de tiempo, en la fórmula para poner en práctica el post-filtrado es igual a la cantidad máxima de retardo N-1 basada en una unidad de tiempo en la fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado, $\hat{W}_j$ se determina por un pre-filtro, en donde una forma de realizar la determinación es una forma de secuencia de formación o una forma de análisis de espectro de ruido; y la realización de la detección de secuencia en la segunda señal filtrada con el fin de obtener una señal de secuencia.

Haciendo referencia al segundo aspecto, en una primera forma de puesta en práctica posible del quinto aspecto de esta invención, una fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado por el procesador es $D(k) = W_0C(k) + W_1C(k-1) + \dots + W_{N-1}C(k-N+1)$, en donde k es un número de secuencia temporal, D(k) es la señal filtrada, C(k) es la señal mapeada, $0 \leq k \leq N-1$, N-1 es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, W_i es un i-ésimo coeficiente de filtro y C(k-i) es una señal obtenida mediante el retardo de C(k) por i unidades de tiempo.

En las soluciones anteriores, se utiliza una forma de pre-filtrado en un transmisor para convertir una señal de banda ancha en una señal de banda estrecha, de modo que se pueda reducir una pérdida de señal cuando la señal de banda estrecha pasa a través de un convertidor de digital a analógico, cuyo ancho de banda también es estrecho. Se utiliza una forma de post-filtrado en un receptor para filtrar ruido, se introduce la interferencia entre símbolos controlable (ISI), correspondiente al transmisor y, luego, se realiza la detección de secuencia. El ruido blanco, superpuesto en un canal, de una señal transmitida, se amplifica utilizando la ecualización de canal y se suprime después del post-filtrado. Además, la señal de banda ancha se convierte en la señal de banda estrecha en una manera filtrante, lo que introduce una interferencia entre símbolos controlable; pudiéndose cancelar la interferencia entre símbolos utilizando la detección de secuencia en el receptor, con lo que se mejora el rendimiento del sistema.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama estructural esquemático de una forma de puesta en práctica de un transmisor, de conformidad con esta invención;

La Figura 2 es un diagrama esquemático de partición de módulo de una forma de puesta en práctica de un procesador de un transmisor, de conformidad con esta invención;

La Figura 3 es un diagrama esquemático de partición de módulo de otra forma de puesta en práctica de un procesador de un transmisor, de conformidad con esta invención;

5 La Figura 4 es un diagrama estructural esquemático de otra forma de puesta en práctica de un transmisor, de conformidad con esta invención;

La Figura 5 es un diagrama estructural esquemático de un pre-filtro de un transmisor, de conformidad con esta invención;

10 La Figura 6 es un diagrama estructural esquemático de una forma de puesta en práctica de un receptor, de conformidad con esta invención;

La Figura 7 es un diagrama esquemático de partición de módulo de una forma de puesta en práctica de un procesador de un receptor, de conformidad con esta invención;

15 La Figura 8 es un diagrama esquemático de partición de módulo de otra forma de puesta en práctica de un procesador de un receptor, de conformidad con esta invención;

20 La Figura 9 es un diagrama estructural esquemático de otra forma de puesta en práctica de un receptor, de conformidad con esta invención;

La Figura 10 es un diagrama estructural esquemático de un post-filtro de un receptor, de conformidad con esta invención;

25 La Figura 11 es un diagrama de flujo de una forma de puesta en práctica de un método para el envío de una señal, de conformidad con esta invención;

La Figura 12 es un diagrama de flujo de una forma de puesta en práctica de un método para la recepción de una señal, de conformidad con esta invención;

30 La Figura 13 es un diagrama estructural esquemático de otra forma de puesta en práctica de un transmisor, de conformidad con esta invención;

35 La Figura 14 es un diagrama estructural esquemático de otra forma de puesta en práctica de un receptor, de conformidad con esta invención.

Descripción de formas de realización

40 En la siguiente descripción, con el fin de ilustrar en lugar de limitar, se dan a conocer detalles específicos tales como una estructura de sistema particular, una interfaz y una tecnología para un entendimiento más a fondo de esta invención. Sin embargo, un experto en la materia debe saber que esta invención se puede realizar en otras formas de puesta en práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, se omiten descripciones detalladas de aparatos, circuitos y métodos bien conocidos, de modo que esta invención sea descrita sin perjudicar su descripción mediante detalles innecesarios.

45 Haciendo referencia a la Figura 1 y la Figura 2, la Figura 1 es un diagrama estructural esquemático de una forma de puesta en práctica de un transmisor, de conformidad con esta invención, y la Figura 2 es un diagrama esquemático de partición de módulo de una forma de puesta en práctica de un procesador de un transmisor, de conformidad con esta invención. Es decir, la Figura 2 describe, además, un procesador 110 ilustrado en la Figura 1. Se utiliza un sistema de coherencia de multiplexación de polarización en esta forma de puesta en práctica; en consecuencia, el transmisor incluye el procesador 110, un convertidor de digital a analógico 120, un modulador 130, un acoplador de polarización 140, y un multiplexor 150, que están conectados de forma secuencial. El procesador 110 incluye un módulo de mapeado de constelación 111, un módulo de pre-filtrado 113, un módulo de conformación de forma de onda 115, y similares.

50 Se envía un flujo de datos al procesador 110 para su procesamiento, en donde el flujo de datos se divide en dos flujos de datos, que se introducen, respectivamente, en un primer módulo de mapeado de constelación 111 y un segundo módulo de mapeado de constelación 111. A modo de ejemplo, un flujo de datos "01 01 00 10 10 10 10..." se divide en dos flujos de datos en una forma de intercalado utilizando dos bits como un grupo, en donde un primer flujo de datos es "01 00 10 10..." y un el segundo flujo de datos es "01 10 10 10...". Evidentemente, existen numerosas formas adicionales de asignación de un flujo de datos, que no están aquí enumeradas.

55 Se puede establecer que "00" es objeto de mapeado a un punto de constelación $1+j$, "01" se mapea a un punto de constelación $-1+j$, "10" se mapea a un punto de constelación $-1-j$, y "11" se mapea a un punto de constelación $1-j$. Entonces, el primer flujo de datos es "01 00 10 10...", que son mapeados, respectivamente, a " $-1+j$, $1+j$, $-1-j$, $-1-j$ ". Una parte real y una parte imaginaria de cada punto de constelación son separadas como dos salidas, y se puede

obtener que una primera señal mapeada IX, de una parte real de salida, es "-1, 1, -1, -1...", y una segunda señal mapeada QX, de una parte imaginaria de salida, es "1, 1, -1, -1...". De forma similar, después de realizar el mapeado de constelación en el segundo flujo de datos, se puede obtener una tercera señal mapeada IY de una parte real, y una cuarta señal mapeada QY, de una parte imaginaria. En consecuencia, se pueden obtener cuatro señales mapeadas a partir de los dos flujos de datos. Existen muchas maneras de mapeado de constelación. El hecho de que dos bits se utilicen como un grupo, en lo anteriormente descrito, se usa simplemente a modo de un ejemplo para la descripción. Como alternativa, en otra forma de puesta en práctica, se pueden utilizar tres bits, o cuatro bits, como grupo para el mapeado de constelación, lo que no se enumera aquí.

Después del mapeado de constelación, cada señal mapeada se envía a un módulo de pre-filtrado 113 para el pre-filtrado, con el fin de convertir, respectivamente, las cuatro señales mapeadas en cuatro señales filtradas. Es decir, una primera señal mapeada se envía a un primer módulo de pre-filtrado 113, una segunda señal mapeada se envía a un segundo módulo de pre-filtrado 113, una tercera señal mapeada se envía a un tercer módulo de pre-filtrado 113, y una cuarta señal mapeada se envía a un cuarto módulo de pre-filtrado 113. El pre-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, siendo el ancho de banda de la señal filtrada menor que el ancho de banda de la señal mapeada, y la señal filtrada es una señal de tasa de transmisión en baudios. Por lo tanto, después del pre-filtrado, cuando se compara con la correspondiente señal mapeada, la señal filtrada no tiene pérdida de información, pero ocupa un ancho de banda más estrecho.

Después del pre-filtrado, se realiza la conformación de forma de onda en las cuatro señales filtradas con el fin de obtener, en consecuencia, cuatro señales conformadas. La primera señal filtrada, y la segunda señal filtrada, se introducen en un primer módulo de conformación de forma de onda 115 para obtener, respectivamente, una primera señal conformada y una segunda señal conformada, y la tercera señal filtrada, y la cuarta señal filtrada, se introducen en un segundo módulo de conformación de forma de onda 115 para obtener, respectivamente, una tercera señal conformada y una cuarta señal conformada. A modo de ejemplo, una primera señal filtrada es "-1, 1, -1, -1..."; en un momento cuando un valor es "-1", se proporciona, a la salida, una onda rectangular negativa, o en un momento cuando un valor es "1", se proporciona, a la salida, una onda rectangular positiva. De otra forma, una onda rectangular de salida puede ser una onda gaussiana, una onda sinusoidal, o similar. Con el fin de obtener un mejor efecto de transmisión, se puede realizar, además, una compensación para un extremo de transmisión durante la conformación.

La primera señal conformada se introduce en un primer convertidor de digital a analógico 120 para la conversión digital a analógica, de modo que se obtenga una primera señal analógica; la segunda señal conformada se introduce en un segundo convertidor de digital a analógico 120 para la conversión digital a analógica, para obtener una segunda señal analógica; la tercera señal conformada se introduce en un tercer convertidor de digital a analógico 120 para la conversión digital a analógica, con el fin de obtener una tercera señal analógica; la cuarta señal conformada se introduce en un cuarto convertidor de digital a analógico 120 para la conversión digital a analógica, con el fin de obtener una cuarta señal analógica. Puesto que el ancho de banda de la señal filtrada es menor que el ancho de banda de datos que pueden pasar a través del convertidor de digital a analógico 120, no se produce una pérdida de señal.

A continuación, la primera señal analógica, y la segunda señal analógica, se transmiten a un primer modulador 130 para modulación, con el fin de obtener una primera señal modulada, y la tercera señal analógica y la cuarta señal analógica se transmiten a un segundo modulador 130 para modulación, con el fin de obtener una segunda señal modulada. Luego, la primera señal modulada y la segunda señal modulada se envían al acoplador de polarización 140 para ser acopladas en una señal, la señal se envía al multiplexor 150 para el acoplamiento con una señal de otro canal, y una señal acoplada se introduce en una fibra de transporte óptico.

Haciendo referencia a la Figura 3, la Figura 3 es un diagrama esquemático de partición de módulo de otra forma de puesta en práctica de un procesador de un transmisor, de conformidad con esta invención. En esta forma de puesta en práctica se utiliza, además, un sistema de coherencia de multiplexación de polarización. Una diferencia entre la Figura 3 y la Figura 2 radica en que un primer flujo de datos, después de someterse a un mapeado de constelación, es objeto de salida como una primera señal mapeada en una forma de número complejo de "-1+j, 1+j, -1-j, -1-j". Un segundo flujo de datos, después de someterse al mapeado de constelación, se proporciona a la salida, también como una segunda señal mapeada en una forma de número complejo. Por lo tanto, se pueden obtener dos señales mapeadas a partir de los dos flujos de datos. La primera señal mapeada se envía a un primer módulo de pre-filtrado 113 para su filtrado, con el fin de obtener dos señales filtradas: una primera señal filtrada y una segunda señal filtrada. La segunda señal mapeada se envía a un segundo módulo de pre-filtrado 113, para su filtrado, y de modo que se obtienen dos señales filtradas: una tercera señal filtrada y una cuarta señal filtrada. Las cuatro señales filtradas se envían a un mismo módulo de conformación de forma de onda 115 para su conformación de forma de onda, con el fin de obtener, respectivamente, correspondientes cuatro señales conformadas.

Haciendo referencia a la Figura 4, la Figura 4 es un diagrama estructural esquemático de otra forma de puesta en práctica de un transmisor, de conformidad con esta invención. En un sistema de detección directa de coherencia de multiplexación sin polarización, un flujo de datos se envía directamente a un módulo de mapeado de constelación 111 para el mapeado de constelación, con el fin de obtener una señal mapeada; la señal mapeada se envía a un

módulo de pre-filtrado 113 para obtener una señal filtrada; la señal filtrada se introduce en un módulo de conformación de forma de onda 115 para su conformación de forma de onda, con el fin de obtener una señal conformada; la señal conformada se introduce en un convertidor de digital a analógico 120 para su conversión de digital a analógica, de modo que se obtenga una señal analógica; la señal analógica se transmite a un modulador 130 para su modulación, con el fin de obtener una señal modulada; la señal modulada se envía a un multiplexor 150 para acoplarse con una señal de otro canal, y una señal acoplada se introduce en un fibra de transporte óptico.

Haciendo referencia a la Figura 5, la Figura 5 es un diagrama estructural esquemático de un pre-filtro de un transmisor, de conformidad con esta invención. Una fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado es $D(k) = W_0C(k) + W_1C(k-1) + \dots + W_{N-1}C(k-N+1)$, en donde k es un número de secuencia temporal, $D(k)$ es la señal filtrada, $C(k)$ es la señal mapeada, $0 \leq i \leq N-1$, $N-1$ es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, W_i es un i -ésimo coeficiente de filtro y $C(k-i)$ es una señal obtenida mediante el retardo de $C(k)$ por i unidades de tiempo. Se puede obtener W_i optimizando, de forma específica, un sistema de transmisión.

El transmisor en las soluciones anteriores convierte una señal mapeada de banda ancha en una señal filtrada de banda estrecha utilizando un filtro, de modo que la señal filtrada pueda pasar, sin problemas, a través de un convertidor de digital a analógico cuyo ancho de banda también es estrecho, reduciendo así los daños de la señal causado que son debidos al ancho de banda insuficiente de un dispositivo.

Haciendo referencia a la Figura 6 y la Figura 7, la Figura 6 es un diagrama estructural esquemático de una forma de puesta en práctica de un receptor de conformidad con esta invención, y la Figura 7 es un diagrama esquemático de la partición de módulo de una manera de puesta en práctica de un procesador de un receptor, de conformidad con esta invención. Es decir, la Figura 7 describe, además, un procesador 260 ilustrado en la Figura 6. En esta forma de puesta en práctica se utiliza un sistema de coherencia de multiplexación de polarización. En consecuencia, el receptor incluye un demultiplexor 210, un divisor de polarización 220, un mezclador de frecuencia 230, un detector opto-electrónico 240, un convertidor de analógica a digital 250, y el procesador 260. El procesador 260 incluye un módulo de compensación de dispersión 261, un módulo de compensación de polarización 262, un módulo de recuperación de fase 263, un módulo de post-filtrado 264, un módulo de detección de secuencia 265, y un módulo de corrección de error hacia delante 266.

El demultiplexor 210 desacopla una señal óptica recibida para obtener una primera señal óptica, y la primera señal óptica se divide en una primera señal modulada y una segunda señal modulada por el divisor de polarización 220. La primera señal modulada se introduce en un primer mezclador de frecuencia 230. El primer mezclador de frecuencia 230, un primer detector opto-electrónico 240 y un segundo detector opto-electrónico 240 restablecen la primera señal modulada de alta frecuencia a una primera señal analógica y una segunda señal analógica, que son de banda base de baja frecuencia. La segunda señal modulada se introduce en un segundo mezclador de frecuencia 230. El segundo mezclador de frecuencia 230, un tercer detector opto-electrónico 240 y un cuarto detector opto-electrónico 240 restablecen la segunda señal modulada de alta frecuencia a una tercera señal analógica y una cuarta señal analógica, que son de banda base de baja frecuencia.

La primera señal analógica se envía a un primer convertidor de analógica a digital 250 para la conversión de analógica a digital, con el fin de obtener una primera señal digital; la segunda señal analógica se envía a un segundo convertidor de analógica a digital 250 para la conversión de analógica a digital, de modo que se obtenga una segunda señal digital; la tercera señal analógica se envía a un tercer convertidor de analógica a digital 250 para la conversión de analógica a digital, con el fin de obtener una tercera señal digital; la cuarta señal analógica se envía a un cuarto convertidor de analógica a digital 250 para la conversión de analógica a digital, con el fin de obtener una cuarta señal digital.

Después de obtener las cuatro señales digitales, se realiza la ecualización y la recuperación de fase en la señal digital para obtener una señal ecualizada y recuperada. Más concretamente, la primera señal digital y la segunda señal digital se introducen en un primer módulo de compensación de dispersión 261 para la compensación de dispersión, con el fin de obtener una primera señal de compensación de dispersión, y la tercera señal digital y la cuarta señal digital se introducen en un segundo módulo de compensación de dispersión 261 para la compensación de dispersión, de modo que se obtenga una segunda señal de compensación de dispersión. La primera señal de compensación de dispersión y la segunda señal de compensación de dispersión se introducen ambas en el mismo módulo de compensación de polarización 262 para la compensación de polarización, con el fin de obtener una primera señal de compensación de polarización y una segunda señal de compensación de polarización. La primera señal de compensación de polarización se envía a un primer módulo de recuperación de fase 263 para obtener una primera señal ecualizada y recuperada y una segunda señal ecualizada y recuperada, y la segunda señal de compensación de polarización se envía a un segundo módulo de recuperación de fase 263 para obtener una tercera señal ecualizada y recuperada, y una cuarta señal ecualizada y recuperada.

La primera señal ecualizada y recuperada se envía a un primer módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, con el fin de obtener una primera señal filtrada; la segunda señal ecualizada y recuperada se envía a un segundo módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, de modo que se obtenga una segunda señal filtrada; la tercera señal ecualizada y recuperada se envía a un tercer módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, con el fin de

obtener una tercera señal filtrada; la cuarta señal ecualizada y recuperada se envía a un cuarto módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, para obtener una cuarta señal filtrada.

La primera señal filtrada se envía a un primer módulo de detección de secuencia 265 para la detección de secuencia, con el fin de obtener una primera señal de secuencia; la segunda señal filtrada se envía a un segundo módulo de detección de secuencia 265 para la detección de secuencia, de modo que se obtenga una segunda señal de secuencia; la tercera señal filtrada se envía a un tercer módulo de detección de secuencia 265 para la detección de secuencia, con el fin de obtener una tercera señal de secuencia; la cuarta señal filtrada se envía a un cuarto módulo de detección de secuencia 265 para la detección de secuencia, para obtener una cuarta señal de secuencia.

Las cuatro señales de secuencia obtenidas se envían todas ellas al módulo de corrección de errores hacia delante 266 para la corrección de errores hacia delante con el fin de obtener una señal final.

Haciendo referencia a la Figura 8, la Figura 8 es un diagrama esquemático de partición de módulo de otra forma de puesta en práctica de un procesador de un receptor de conformidad con esta invención. En esta forma de puesta en práctica se utiliza, además, un sistema de coherencia de multiplexación de polarización. Una diferencia de la Figura 8 con respecto a la Figura 7 radica en que una primera señal ecualizada y recuperada y una segunda señal ecualizada y recuperada se envían a un primer módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, con el fin de obtener, respectivamente, una primera señal filtrada y una segunda señal filtrada; una tercera señal ecualizada y recuperada y una cuarta señal ecualizada y recuperada se envían a un segundo módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, con el fin de obtener, respectivamente, una tercera señal filtrada y una cuarta señal filtrada.

La primera señal filtrada y la segunda señal filtrada se envían a un primer módulo de detección de secuencia 265 para la detección de secuencia, con el fin de obtener respectivamente una primera señal de secuencia y una segunda señal de secuencia. La tercera señal filtrada y la cuarta señal filtrada se envían a un segundo módulo de detección de secuencia 265 para la detección de secuencia, de modo que se obtiene, respectivamente, una tercera señal de secuencia y una cuarta señal de secuencia.

Haciendo referencia a la Figura 9, la Figura 9 es un diagrama estructural esquemático de otra forma de puesta en práctica de un receptor, de conformidad con esta invención. En un sistema de detección directa de coherencia de multiplexación sin polarización, un demultiplexor 210 desacopla una señal óptica recibida para obtener una señal óptica, y la señal óptica se convierte en una señal analógica utilizando un detector opto-electrónico 240. La señal analógica se envía a un convertidor de analógica a digital 250 para la conversión de analógica a digital, para obtener una señal digital. Después de obtener cuatro señales digitales, se realiza la ecualización y la recuperación de fase en la señal digital para obtener una señal ecualizada y recuperada. Más concretamente, la señal digital se introduce en un módulo de compensación de dispersión 261 para compensación de dispersión, con el fin de obtener una señal de compensación de dispersión. La señal de compensación de dispersión se introduce en un módulo de compensación de polarización 262 para la compensación de polarización, con el fin de obtener una señal de compensación de polarización. La señal de compensación de polarización se envía a un módulo de recuperación de fase 263 para obtener una señal ecualizada y recuperada.

La señal ecualizada y recuperada se envía a un módulo de post-filtrado 264, para el post-filtrado, con el fin de obtener una señal filtrada. La señal filtrada se envía a un módulo de detección de secuencia 265 para la detección de secuencia, para obtener una señal de secuencia. La señal de secuencia obtenida se envía a un módulo de corrección de error hacia delante 266 para la corrección de error hacia delante, con el fin de obtener una señal final.

Haciendo referencia a la Figura 10, la Figura 10 es un diagrama estructural esquemático de un post-filtro de un receptor, de conformidad con esta invención. Cuando un procesador 260 realiza un post-filtrado en una señal ecualizada y recuperada para convertir la señal ecualizada y recuperada en una señal filtrada, una fórmula para la

puesta en práctica del post-filtrado es
$$F(k) = \widehat{W}_0 E(k) + \widehat{W}_1 E(k-1) + \dots + \widehat{W}_{M-1} E(k-M+1)$$
, en donde k es un número de secuencia temporal, F(k) es la señal de banda estrecha, E(k) es la señal ecualizada y recuperada, $0 \leq j \leq M-1$, M-1 es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, $\widehat{W}_j$ es un j-ésimo coeficiente de filtro, y E(k-j) es una señal obtenida mediante el retardo de E(k) por j unidades de tiempo. $\widehat{W}_j$ se determina mediante un pre-filtro y un sistema, en donde una forma de realizar la determinación puede ser una forma de secuencia de formación o una forma de análisis de espectro de ruido. Después del post-filtrado, se suprime el ruido.

Cuando el procesador 260 realiza la detección de secuencia en la señal de banda estrecha para obtener una señal de secuencia, un algoritmo utilizado para la detección de secuencia es un algoritmo de Viterbi, o un algoritmo BCJR. Puesto que, en la detección de secuencia, se toma una decisión para todas las señales recibidas, la interferencia entre símbolos puede suprimirse de forma eficaz.

En las soluciones anteriores, se utiliza una forma de post-filtrado en un receptor para filtrar el ruido, se introduce la interferencia entre símbolos controlable (ISI) correspondiente a un transmisor y, a continuación, se realiza la detección de secuencia. El ruido blanco, superpuesto en un canal, de una señal transmitida se amplifica utilizando la

ecualización del canal y se suprime después del post-filtrado. Además, una señal de banda ancha se convierte en una señal de banda estrecha de manera filtrante, lo que introduce una interferencia entre símbolos controlable; la interferencia entre símbolos se puede cancelar utilizando la detección de secuencia en el receptor, mejorando así el rendimiento del sistema.

Haciendo referencia a la Figura 11, la Figura 11 es un diagrama de flujo de una forma de puesta en práctica de un método para el envío de una señal de conformidad con esta invención. El método para enviar una señal en esta forma de puesta en práctica, incluye:

S101. Un transmisor realiza un mapeado de constelación en un flujo de datos para obtener una señal mapeada.

El flujo de datos se divide en dos flujos de datos, en los cuales se realiza, por separado, el mapeado de constelación, con el fin de obtener señales mapeadas. A modo de ejemplo, un flujo de datos "01 01 00 10 10 10 10 10..." se divide en dos flujos de datos en una forma de intercalado utilizando dos como un grupo, en donde un primer flujo de datos es "01 00 10 10..." y un segundo flujo de datos es "01 10 10 10...". Evidentemente, existen muchas formas de asignación de un flujo de datos, que no se enumeran aquí.

Se puede preestablecer que "00" se mapea a un punto de constelación $1+j$, "01" se mapea a un punto de constelación $-1+j$, "10" se mapea a un punto de constelación $-1-j$, y "11" se mapea a un punto de constelación $1-j$. A continuación, el primer flujo de datos es "01 00 10 10...", que son mapeados, respectivamente, a $-1+j$, $1+j$, $-1-j$, $-1-j$...". Una parte real y una parte imaginaria de cada punto de constelación se separan como dos salidas, y se puede obtener que una primera señal mapeada, de una parte real de salida, es "-1, 1, -1, -1...", y una segunda señal mapeada, de una parte imaginaria de salida, es "1, 1, -1, -1...". De forma similar, después de que se realice el mapeado de constelación en el segundo flujo de datos, se puede obtener una tercera señal mapeada de una parte real, y una cuarta señal mapeada de una parte imaginaria. Por lo tanto, se pueden obtener cuatro señales mapeadas a partir de los dos flujos de datos. Existen, además, muchas otras formas de mapeado de constelación. El hecho de que dos bits se usen como un grupo en lo anteriormente descrito, se utiliza simplemente a modo de un ejemplo para la descripción. Como alternativa, en otra forma de puesta en práctica, se pueden utilizar tres bits, o cuatro bits, como un grupo para el mapeado de constelación, lo que aquí no se enumera.

S102. El transmisor realiza un pre-filtrado en la señal mapeada para convertir la señal mapeada en una señal filtrada.

Después del mapeado de constelación, cada señal mapeada se envía a un módulo de pre-filtrado para el pre-filtrado, con el fin de dividir las cuatro señales mapeadas en cuatro señales filtradas. Es decir, una primera señal mapeada se envía a un primer módulo de pre-filtrado, una segunda señal mapeada se envía a un segundo módulo de pre-filtrado, una tercera señal mapeada se envía a un tercer módulo de pre-filtrado, y una cuarta señal mapeada se envía a un cuarto módulo de pre-filtrado. El pre-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, siendo el ancho de banda de la señal filtrada menor que el ancho de banda de la señal mapeada, y la señal filtrada es una señal de tasa de transmisión en baudios. Por lo tanto, después del pre-filtrado, cuando se compara con la correspondiente señal mapeada, la señal filtrada no tiene pérdida de información, pero ocupa un ancho de banda más estrecho. Una fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado es $D(k) = W_0C(k) + W_1C(k-1) + \dots + W_{N-1}C(k-N+1)$, en donde k es un número de secuencia temporal, $D(k)$ es la señal filtrada, $C(k)$ es la señal mapeada, $0 \leq k \leq N-1$, $N-1$ es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, W_i es un i -ésimo coeficiente de filtro y $C(k-i)$ es una señal obtenida mediante el retardo de $C(k)$ por i unidades de tiempo. Se puede obtener W_i de conformidad con la optimización específica de un sistema de transmisión.

S103. El transmisor realiza la conformación de forma de onda de conformidad con la señal filtrada con el fin de obtener una señal conformada.

Después del pre-filtrado, se realiza la conformación de forma de onda en las cuatro señales filtradas para obtener, en consecuencia, cuatro señales conformadas. La primera señal filtrada y la segunda señal filtrada se introducen en un primer módulo de conformación de forma de onda para obtener, respectivamente, una primera señal conformada y una segunda señal conformada, y la tercera señal filtrada y la cuarta señal filtrada se introducen en un segundo módulo de conformación de forma de onda, con el fin de obtener, respectivamente, una tercera señal conformada y una cuarta señal conformada. A modo de ejemplo, una señal filtrada es "-1, 1, -1, -1..."; en un momento en que un valor es "-1", se proporciona, a la salida, una onda rectangular negativa, o en un momento en que un valor es "1", se proporciona, a la salida, una onda rectangular positiva. En otra forma, una onda rectangular de salida puede ser una onda gaussiana, una onda sinusoidal, o similar. Con el fin de obtener un mejor efecto de transmisión, la compensación para un extremo de transmisión se puede realizar, además, durante la conformación.

S104. El transmisor realiza la conversión de digital a analógica en la señal conformada para obtener una señal analógica y envía la señal analógica.

La primera señal conformada se introduce en un primer convertidor de digital a analógico para una conversión digital a analógica, con el fin de obtener una primera señal analógica; la segunda señal conformada se introduce en un

segundo convertidor de digital a analógico, para la conversión digital a analógica, para obtener una segunda señal analógica; la tercera señal conformada se introduce en un tercer convertidor de digital a analógico para la conversión digital a analógica, con el fin de obtener una tercera señal analógica; la cuarta señal conformada se introduce en un cuarto convertidor de digital a analógico para la conversión digital a analógica, de modo que se obtiene una cuarta señal analógica. Puesto que el ancho de banda de la señal filtrada es menor que el ancho de banda de los datos que pueden pasar a través del convertidor de digital a analógico, no se produce una pérdida de señal. A continuación, la señal analógica se transmite a un modulador para su modulación, con el fin de obtener una señal modulada. La señal modulada se envía a un multiplexor para que se acople con una señal de otro canal, y una señal acoplada se introduce en una fibra de transporte óptico.

El transmisor en las soluciones anteriores convierte una señal mapeada de banda ancha en una señal filtrada de banda estrecha utilizando un filtro, de modo que la señal filtrada pueda pasar, sin problemas, a través de un convertidor de digital a analógico cuyo ancho de banda también es estrecho, con lo que se reducen los daños de la señal causados debido al ancho de banda insuficiente de un dispositivo.

Haciendo referencia a la Figura 12, la Figura 12 es un diagrama de flujo de una forma de puesta en práctica de un método para recibir una señal, de conformidad con esta invención. El método para la recepción de una señal, en esta forma de puesta en práctica, incluye:

S201. Un receptor realiza la conversión analógica a digital en una señal analógica, con el fin de obtener una señal digital.

Un demultiplexor desacopla una señal óptica recibida para obtener una primera señal óptica, y la primera señal óptica se divide en una primera señal modulada y una segunda señal modulada, por un divisor de polarización. La primera señal modulada se introduce en un primer mezclador de frecuencia. El primer mezclador de frecuencia, un primer detector opto-electrónico, y un segundo detector opto-electrónico, restablecen la primera señal modulada de alta frecuencia a una primera señal analógica, y una segunda señal analógica, que son de banda base de baja frecuencia. La segunda señal modulada se introduce en un segundo mezclador de frecuencia. El segundo mezclador de frecuencia, un tercer detector opto-electrónico, y un cuarto detector opto-electrónico, restablecen la segunda señal modulada de alta frecuencia a una tercera señal analógica y una cuarta señal analógica, que son de banda base de baja frecuencia. A continuación, se realiza la conversión de analógica a digital en la señal analógica para convertir la señal analógica en una señal digital.

S202. El receptor realiza la ecualización y la recuperación de fase en la señal digital para obtener una señal ecualizada y recuperada.

Después de obtener cuatro señales digitales, se realiza la ecualización y la recuperación de fase en la señal digital para obtener una señal ecualizada y recuperada. Más concretamente, una primera señal digital y una segunda señal digital se introducen en un primer módulo de compensación de dispersión para la compensación de dispersión, con el fin de obtener una primera señal de compensación de dispersión, y una tercera señal digital y una cuarta señal digital se introducen en un segundo módulo de compensación de dispersión para la dispersión compensación, con el fin de obtener una segunda señal de compensación de dispersión. La primera señal de compensación de dispersión y la segunda señal de compensación de dispersión se introducen en el mismo módulo de compensación de polarización para la compensación de polarización, de modo que se obtiene una primera señal de compensación de polarización y una segunda señal de compensación de polarización. La primera señal de compensación de polarización se envía a un primer módulo de recuperación de fase para obtener una primera señal ecualizada y recuperada y una segunda señal ecualizada y recuperada, y la segunda señal de compensación de polarización se envía a un segundo módulo de recuperación de fase, con el fin de obtener una tercera señal ecualizada y recuperada y una cuarta señal ecualizada y recuperada.

S203: El receptor realiza un post-filtrado en la señal ecualizada y recuperada para convertir la señal ecualizada y recuperada en una señal filtrada.

La primera señal ecualizada y recuperada se envía a un primer módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, con el fin de obtener una primera señal filtrada; la segunda señal ecualizada y recuperada se envía a un segundo módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, de modo que se obtenga una segunda señal filtrada; la tercera señal ecualizada y recuperada se envía a un tercer módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, con el fin de obtener una tercera señal filtrada; la cuarta señal ecualizada y recuperada se envía a un cuarto módulo de post-filtrado 264 para el post-filtrado, para obtener una cuarta señal filtrada.

Cuando se realiza el post-filtrado en la señal ecualizada y recuperada para convertir la señal ecualizada y recuperada en la señal filtrada, una fórmula para la puesta en práctica del post-filtrado es
$$F(k) = \widehat{W}_0 E(k) + \widehat{W}_1 E(k-1) + \dots + \widehat{W}_{M-1} E(k-M+1)$$
, en donde k es un número de secuencia temporal, F(k) es la señal filtrada, E(k) es la señal ecualizada y recuperada, $0 \leq j \leq M-1$, M-1 es una cantidad máxima de retardo, basada en

una unidad de tiempo, $\hat{W}_j$ es un j -ésimo coeficiente de filtro, y $E(k-j)$ es una señal obtenida mediante el retardo de $E(k)$ por j unidades de tiempo. $\hat{W}_j$ se determina mediante un pre-filtro y un sistema, en donde una manera de realizar la determinación puede ser una forma de secuencia de formación o una forma de análisis de espectro de ruido. Después del post-filtrado, se suprime el ruido.

S204. El receptor realiza la detección de secuencia en la señal filtrada para obtener una señal de secuencia.

Cuando se realiza la detección de secuencia en la señal filtrada para obtener la señal de secuencia, un algoritmo utilizado para la detección de secuencia es un algoritmo de Viterbi, o un algoritmo BCJR. Puesto que, en la detección de secuencia, se toma una decisión para todas las señales recibidas, la interferencia entre símbolos se puede suprimir de forma efectiva.

En las soluciones anteriores, se utiliza una forma de post-filtrado en un receptor para filtrar el ruido, se introduce la interferencia entre símbolos controlable (ISI) correspondiente a un transmisor y luego, se realiza la detección de secuencia. El ruido blanco, superpuesto en un canal, de una señal transmitida, se amplifica utilizando la ecualización del canal y se suprime después del post-filtrado. Además, una señal de banda ancha se convierte en una señal de banda estrecha en una forma filtrante, lo que introduce una interferencia entre símbolos controlable; la interferencia entre símbolos se puede cancelar utilizando la detección de secuencia en el receptor mejorando, de este modo, el rendimiento del sistema.

Haciendo referencia a la Figura 13, la Figura 13 es un diagrama estructural esquemático de otra forma de puesta en práctica de un transmisor, de conformidad con esta invención. El transmisor en esta forma de puesta en práctica incluye un módulo de mapeado 310, un módulo de pre-filtrado 320, un módulo de conformación 330 y un módulo de conversión digital a analógica 340.

El módulo de mapeado 310 está configurado para realizar el mapeado de constelación en un flujo de datos para obtener una señal mapeada. A modo de ejemplo, un flujo de datos se divide en dos flujos de datos, en los cuales se realiza, por separado, el mapeado de constelación para obtener señales mapeadas. A modo de ejemplo, un flujo de datos "01 01 00 10 10 10 10..." se divide en dos flujos de datos en una forma de intercalado utilizando dos como un grupo, en donde un primer flujo de datos es "01 00 10 10...", y un segundo flujo de datos es "01 10 10 10...". Evidentemente, existen además muchas otras formas de asignación de un flujo de datos, que aquí no se enumeran.

Se establece que "00" se mapea a un punto de constelación $1+j$, "01" se mapea a un punto de constelación $-1+j$, "10" se mapea a un punto de constelación $-1-j$, y "11" se mapea a un punto de constelación $1-j$. Entonces, el primer flujo de datos es "01 00 10 10...", que se mapea, respectivamente, a " $-1+j$, $1+j$, $-1-j$, $-1-j$...". Una parte real y una parte imaginaria, de cada punto de constelación, se separan como dos salidas, y se puede obtener que una primera señal mapeada de una parte real de salida, es " -1 , 1 , -1 , -1 ...", y una segunda señal mapeada, de una parte imaginaria de salida, es " 1 , 1 , -1 , -1 ...". De forma similar, después de que se realice el mapeado de constelación en el segundo flujo de datos, se puede obtener una tercera señal mapeada de una parte real, y una cuarta señal mapeada de una parte imaginaria. Por lo tanto, se pueden obtener cuatro señales mapeadas a partir de los dos flujos de datos. También existen muchas otras formas de realización del mapeado de constelación. El hecho de que dos bits se utilicen como un grupo en lo anteriormente descrito, se usa simplemente a modo de un ejemplo para la descripción. Como alternativa, en otra forma de puesta en práctica, se pueden utilizar tres bits, o cuatro bits, como un grupo para el mapeado de constelación, lo que no se enumera aquí. El módulo de mapeado 310 envía la señal mapeada al módulo de pre-filtrado 320.

El módulo de pre-filtrado 320 está configurado para recibir la señal mapeada y realizar el pre-filtrado en la señal mapeada para convertir la señal mapeada en una señal filtrada. A modo de ejemplo, después del mapeado de constelación, se envía una señal mapeada a un módulo de pre-filtrado para el pre-filtrado, con el fin de convertir la señal mapeada en una señal filtrada. El pre-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, siendo el ancho de banda de la señal filtrada menor que el ancho de banda de la señal mapeada, y la señal filtrada es una señal de tasa de transmisión en baudios. En consecuencia, después del pre-filtrado, cuando se compara con la señal mapeada correspondiente, la señal filtrada no tiene pérdida de información, pero ocupa un ancho de banda más estrecho. Una fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado es $D(k) = W_0 C(k) + W_1 C(k-1) + \dots + W_{N-1} C(k-N+1)$, en donde k es un número de secuencia temporal, $D(k)$ es la señal filtrada, $C(k)$ es la señal mapeada, $0 \leq i \leq N-1$, $N-1$ es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, W_i es un i -ésimo coeficiente de filtro y $C(k-i)$ es una señal obtenida mediante el retardo de $C(k)$ por i unidades de tiempo. Se puede obtener W_i de conformidad con la optimización específica de un sistema de transmisión. El módulo de pre-filtrado 320 envía la señal filtrada al módulo de conformación 330.

El módulo de conformación 330 está configurado para recibir la señal filtrada y realizar una conformación de forma de onda, de conformidad con la señal filtrada, con el fin de obtener una señal conformada. A modo de ejemplo, una señal filtrada es " -1 , 1 , -1 , -1 ..."; en un momento en que un valor es " -1 ", se proporciona, a la salida, una onda rectangular negativa, o en un momento en que un valor es " 1 ", una onda rectangular positiva se proporciona, a la salida. En otra forma, una onda rectangular de salida puede ser una onda gaussiana, una onda sinusoidal, o similar. Con el fin de obtener un mejor efecto de transmisión, la compensación para un extremo de transmisión se puede

realizar, además, durante la conformación. El módulo de conformación 330 envía la señal conformada al módulo de conversión digital a analógica 340.

El módulo de conversión de digital a analógica 340 está configurado para recibir la señal conformada, realizar la conversión de digital a analógica en la señal conformada para obtener una señal analógica y enviar la señal analógica. A modo de ejemplo, se envía una señal conformada al módulo de conversión digital a analógica 340 para la conversión de digital a analógica, con el fin de obtener una señal analógica. Puesto que el ancho de banda de la señal filtrada es menor que el ancho de banda de los datos que pueden pasar a través del convertidor de digital a analógico, no se produce una pérdida de señal. A continuación, la señal analógica se transmite a un modulador para la modulación, con el fin de obtener una señal modulada. La señal modulada se envía a un multiplexor para que se acople con una señal de otro canal, y una señal acoplada se introduce en una fibra de transporte óptico.

El transmisor en las soluciones anteriores convierte una señal mapeada de banda ancha en una señal filtrada de banda estrecha utilizando un filtro, de modo que la señal filtrada pueda pasar, sin problemas, a través de un convertidor de digital a analógico cuyo ancho de banda también es estrecho, reduciendo así los daños de la señal causados debido al ancho de banda insuficiente de un dispositivo.

Haciendo referencia a la Figura 14, la Figura 14 es un diagrama estructural esquemático de otra forma de puesta en práctica de un receptor, de conformidad con esta invención. El receptor, en esta forma de puesta en práctica, incluye un módulo de conversión analógica a digital 410, un módulo de ecualización y recuperación 420, un módulo de post-filtrado 430 y un módulo de detección de secuencia 440.

El módulo de conversión analógica a digital 410 está configurado para realizar la conversión de analógica a digital en una señal analógica para obtener una señal digital. A modo de ejemplo, un demultiplexor desacopla una señal óptica recibida para obtener una señal óptica, y la señal óptica se convierte en una señal analógica por un detector optoelectrónico. A continuación, la conversión de analógica a digital se realiza en la señal analógica para convertir la señal analógica en una señal digital. El módulo de conversión analógica a digital 410 envía la señal digital al módulo de ecualización y recuperación 420.

El módulo de ecualización y recuperación 420 está configurado para recibir la señal digital y realizar la ecualización y recuperación en la señal digital para obtener una señal ecualizada y recuperada. A modo de ejemplo, después de obtener una señal digital, se realiza la ecualización y recuperación de fase en la señal digital con el fin de obtener una señal ecualizada y recuperada. Más concretamente, la señal digital se introduce en un módulo de compensación de dispersión para la compensación de dispersión, con el fin de obtener una señal de compensación de dispersión. La señal de compensación de dispersión se introduce en un módulo de compensación de polarización para la compensación de polarización, con el fin de obtener una señal de compensación de polarización. La señal de compensación de polarización se envía a un módulo de recuperación de fase para obtener una señal ecualizada y recuperada. El módulo de ecualización y recuperación 420 envía la señal ecualizada y recuperada a un módulo de filtrado 430.

El módulo de post-filtrado 430 está configurado para recibir la señal ecualizada y recuperada, y realizar un post-filtrado en la señal ecualizada y recuperada para convertir la señal ecualizada y recuperada en una señal filtrada, en donde el post-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito y el ancho de banda de la señal ecualizada y recuperada es mayor que el ancho de banda de la señal filtrada. A modo de ejemplo, se envía una señal ecualizada y recuperada a un módulo de post-filtrado para el post-filtrado, con el fin de obtener una señal filtrada. Cuando se realiza el post-filtrado en la señal ecualizada y recuperada para convertir la señal ecualizada y recuperada en la señal filtrada, una fórmula para la puesta en práctica del post-filtrado es

$$F(k) = \widehat{W}_0 E(k) + \widehat{W}_1 E(k-1) + \dots + \widehat{W}_{M-1} E(k-M+1)$$

en donde k es un número de secuencia temporal, F(k) es la señal filtrada, E(k) es la señal ecualizada y recuperada, $0 \leq j \leq M-1$, M-1 es una cantidad máxima de retardo, basada en una unidad de tiempo, $\widehat{W}_j$ es un j-ésimo coeficiente de filtro, y E(k-j) es una señal obtenida mediante el retardo de

E(k) por j unidades de tiempo. $\widehat{W}_j$ se determina mediante un pre-filtro y un sistema, en donde una forma de realizar la determinación puede ser una forma de secuencia de formación, o una forma de análisis de espectro de ruido. Después del post-filtrado, se suprime el ruido. El módulo de post-filtrado 430 envía la señal filtrada al módulo de detección de secuencia 440.

El módulo de detección de secuencia 440 está configurado para recibir la señal filtrada y realizar la detección de secuencia en la señal filtrada para obtener una señal de secuencia. A modo de ejemplo, cuando se realiza la detección de secuencia en la señal filtrada para obtener la señal de secuencia, un algoritmo utilizado para la detección de secuencia es un algoritmo de Viterbi, o un algoritmo BCJR. Puesto que, en la detección de secuencia, se toma una decisión para todas las señales recibidas, la interferencia entre símbolos se puede suprimir de forma efectiva.

En las soluciones anteriores, se utiliza una forma de post-filtrado en un receptor para filtrar el ruido, se introduce la interferencia entre símbolos controlable (ISI) correspondiente a un transmisor y, a continuación, se realiza la detección de secuencia. El ruido blanco, superpuesto en un canal, de una señal transmitida se amplifica mediante la ecualización del canal y se suprime después del post-filtrado. Además, una señal de banda ancha se convierte en una señal de banda estrecha de forma filtrante, lo que introduce una interferencia entre símbolos controlable; la interferencia entre símbolos se puede cancelar utilizando la detección de secuencia en el receptor, mejorando así el rendimiento del sistema.

Sobre la base del método anterior para enviar una señal, y el método para recibir una señal, esta invención da a conocer, además, un método de transmisión de señal. Después de enviar una señal utilizando el método anterior para enviar una señal, se recibe una señal utilizando el método anterior para recibir una señal. Además, con el fin de conseguir el rendimiento óptimo de un sistema, se puede establecer que una cantidad máxima de retardo $M-1$, basada en una unidad de tiempo en una fórmula para la puesta en práctica del post-filtrado, es igual a una cantidad máxima de retardo $N-1$, basada en una unidad de tiempo en una fórmula para poner en práctica el pre-filtrado.

Sobre la base del transmisor y receptor anteriores, esta invención da a conocer, además, un sistema de transmisión de señal, en donde la transmisión de datos se puede realizar entre el transmisor y el receptor. Además, para lograr un rendimiento óptimo del sistema, se puede establecer que una cantidad máxima de retardo $M-1$, basada en una unidad de tiempo en una fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado, es igual a una cantidad máxima de retardo $N-1$ basada en una unidad de tiempo en una fórmula para poner en práctica el post-filtrado.

En las diversas formas de puesta en práctica, dadas a conocer en esta invención, ha de entenderse que el sistema, aparato y método dados a conocer se pueden poner en práctica de otras maneras. A modo de ejemplo, la forma de realización del aparato descrita es simplemente ejemplar. Por ejemplo, la división del módulo o unidad es meramente una división de función lógica y puede ser otra división en la puesta en práctica real. A modo de ejemplo, una pluralidad de unidades o componentes se pueden combinar, o integrarse, en otro sistema, o algunas características pueden ignorarse o no realizarse. Además, los acoplamientos mutuos ilustrados, o examinados, o los acoplamientos directos o las conexiones de comunicación se pueden poner en práctica mediante el uso de algunas interfaces. Los acoplamientos indirectos o conexiones de comunicación entre los aparatos o unidades se pueden poner en práctica en forma electrónica, mecánica u otras formas.

Las unidades descritas como partes separadas pueden, o no, estar físicamente separadas, y las partes mostradas como unidades pueden, o no, ser unidades físicas, pueden estar situadas en una posición, o pueden distribuirse en una pluralidad de unidades de red. Algunas, o la totalidad, de las unidades pueden seleccionarse de conformidad con las necesidades reales para conseguir los objetivos de las soluciones de las formas de realización.

Además, las unidades funcionales, en las formas de realización de esta invención, se pueden integrar en una unidad de procesamiento, o cada una de las unidades puede existir físicamente separada, o dos o más unidades pueden integrarse en una unidad. La unidad integrada puede ponerse en práctica en una forma de hardware, o se puede realizar en una forma de una unidad funcional de software.

La unidad integrada, cuando se pone en práctica en la forma de una unidad funcional de software y se vende, o utiliza, como un producto independiente, se puede memorizar en un soporte de memorización legible por ordenador. Sobre la base de dicho entendimiento, las soluciones técnicas de esta invención esencialmente, o la parte que contribuye a la técnica anterior, o la totalidad o una parte de las soluciones técnicas, pueden ponerse en práctica en la forma de un producto de software. El producto de software se memoriza en un soporte de memorización e incluye varias instrucciones para proporcionar instrucciones a un dispositivo informático (que puede ser un ordenador personal, un servidor o un dispositivo de red), o un procesador, para realizar la totalidad, o una parte, de las etapas de los métodos descritos en las formas de puesta en práctica de esta invención. El soporte de memorización anterior incluye: cualquier soporte que pueda memorizar un código de programa, tal como una unidad instantánea USB, un disco duro extraíble, una memoria de solamente lectura (ROM, Read-Only Memory), una memoria de acceso aleatorio (RAM, Random Access Memory), un disco magnético, o un disco óptico.

REIVINDICACIONES

1. Un método de transmisión de señal que utiliza un sistema de coherencia de multiplexación de polarización, que comprende las etapas siguientes:

realizar, por un transmisor, un mapeado de constelación en un flujo de datos para obtener una señal mapeada (S101);

realizar, por el transmisor, un pre-filtrado en la señal mapeada para convertir la señal mapeada en una primera señal filtrada (S102), en donde el pre-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, siendo el ancho de banda de la primera señal filtrada menor que el ancho de banda de la señal mapeada;

realizar, por el transmisor, la conformación de forma de onda de conformidad con la primera señal filtrada para obtener una señal conformada (S103); y

realizar, por el transmisor, la conversión de digital a analógica en la señal conformada, con el fin de obtener una señal analógica (S104), y

enviar, por el transmisor, la señal analógica;

realizar, por un receptor, la conversión de analógica a digital en la señal analógica recibida por el receptor, para obtener una señal digital (S201);

realizar, por el receptor, la ecualización y recuperación de fase en la señal digital con el fin de obtener una señal ecualizada y recuperada (S202);

realizar, por el receptor, el post-filtrado en la señal ecualizada y recuperada para convertir la señal ecualizada y recuperada en una segunda señal filtrada (S203), en donde el post-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, y un ancho de banda de la señal ecualizada y recuperada es mayor que un ancho de banda de la segunda señal filtrada, en donde el post-filtrado filtra el ruido e introduce una interferencia entre símbolos (ISI) correspondiente a la ISI introducida por el transmisor, en donde una fórmula para la puesta en práctica del post-filtrado es

$$F(k) = \widehat{W}_0 E(k) + \widehat{W}_1 E(k-1) + \dots + \widehat{W}_{M-1} E(k-M+1),$$

en donde k es un número de secuencia temporal, F(k) es la segunda señal filtrada, E(k) es la señal ecualizada y recuperada, $0 \leq j \leq M-1$, M-1 es una cantidad máxima de retardo, basada en una unidad de tiempo,

$$\widehat{W}_j$$

es un j-ésimo coeficiente de filtro, y E(k-j) es una señal obtenida mediante el retardo de E(k) por j unidades de tiempo; en donde la cantidad máxima de retardo M-1, basada en una unidad de tiempo, en la fórmula para poner en práctica el post-filtrado es igual a la cantidad máxima de retardo de N-1 basada en una unidad de tiempo en la fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado, $\widehat{W}_j$ se determina por un pre-filtro, en donde una forma de realizar la determinación es una forma de secuencia de formación, o una forma de análisis de espectro de ruido; y

realizar, por el receptor, una detección de secuencia en la segunda señal filtrada para obtener una señal de secuencia (S204).

2. El método según la reivindicación 1, en donde una fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado es $D(k) = W_0 C(k) + W_1 C(k-1) + \dots + W_{N-1} C(k-N+1)$, en donde k es un número de secuencia temporal, D(k) es la señal filtrada, C(k) es la señal mapeada, $0 \leq i \leq N-1$, N-1 es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, W_i es un i-ésimo coeficiente de filtro, y C(k-i) es una señal obtenida mediante el retardo de C(k) por i unidades de tiempo.

3. Un sistema de coherencia de multiplexación de polarización, que comprende:

un transmisor, que comprende un primer procesador y un convertidor de digital a analógico; y un receptor, que comprende un convertidor de analógica a digital y un segundo procesador; y en donde

el primer procesador está configurado para: realizar un mapeado de constelación en un flujo de datos, con el fin de obtener una señal mapeada (S101); realizar un pre-filtrado en la señal mapeada para convertir la señal mapeada en una señal filtrada (S102), en donde el pre-filtrado es un filtrado de respuesta de impulso finito, siendo el ancho de banda de la señal filtrada menor que el ancho de banda de la señal mapeada; y realizar una conformación de forma de onda de conformidad con la señal filtrada, con el fin de obtener una señal conformada (S103); y

el convertidor de digital a analógico está configurado para realizar una conversión digital a analógica en la señal conformada para obtener una señal analógica (S104) y para enviar la señal analógica al receptor;

- 5 en donde el convertidor de analógica a digital está configurado para realizar la conversión de analógica a digital en la señal analógica recibida por el receptor, con el fin de obtener una señal digital (S201); y

en donde el segundo procesador está configurado para:

- 10 la realización de una ecualización y recuperación de fase en la señal digital para obtener una señal ecualizada y recuperada (S202);

- 15 la realización de un post-filtrado en la señal ecualizada y recuperada para convertir la señal ecualizada y recuperada en una segunda señal filtrada (S203), en donde el post-filtrado es un filtro de respuesta de impulso finito, y un ancho de banda de la señal ecualizada y recuperada es mayor que un ancho de banda de la segunda señal filtrada, en donde el post-filtrado filtra el ruido e introduce una interferencia entre símbolos (ISI) correspondiente a la ISI introducida por el transmisor, en donde una fórmula para la puesta en práctica del post-filtrado es

$$F(k) = \widehat{W}_0 E(k) + \widehat{W}_1 E(k-1) + \dots + \widehat{W}_{M-1} E(k-M+1),$$

- 20 en donde k es un número de secuencia temporal, F(k) es la segunda señal filtrada, E(k) es la señal ecualizada y recuperada, $0 \leq j \leq M-1$, M-1 es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo,

$$\widehat{W}_j$$

- 25 es un j-ésimo coeficiente de filtro, y E(k-j) es una señal obtenida mediante el retardo de E(k) por j unidades de tiempo; en donde la cantidad máxima de retardo M-1, basada en una unidad de tiempo, en la fórmula para poner en práctica el post-filtrado, es igual a la cantidad máxima de retardo N-1 basada en una unidad de tiempo en la fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado,

30
$$\widehat{W}_j$$

- se determina por un pre-filtro, en donde una forma de determinación es una forma secuencia de formación, o una forma de análisis de espectro de ruido; y

- 35 realizar una detección de secuencia en la segunda señal filtrada para obtener una señal de secuencia (S204).

4. El sistema según la reivindicación 3, en donde una fórmula para la puesta en práctica del pre-filtrado por el procesador es $D(k) = W_0 C(k) + W_1 C(k-1) + \dots + W_{N-1} C(k-N+1)$, en donde k es un número de secuencia temporal, D(k) es la señal filtrada, C(k) es la señal mapeada, $0 \leq i \leq N-1$, N-1 es una cantidad máxima de retardo basada en una unidad de tiempo, W_i es un i-ésimo coeficiente de filtro, y C(k-i) es una señal obtenida mediante el retardo de C(k) en i unidades de tiempo.
- 40

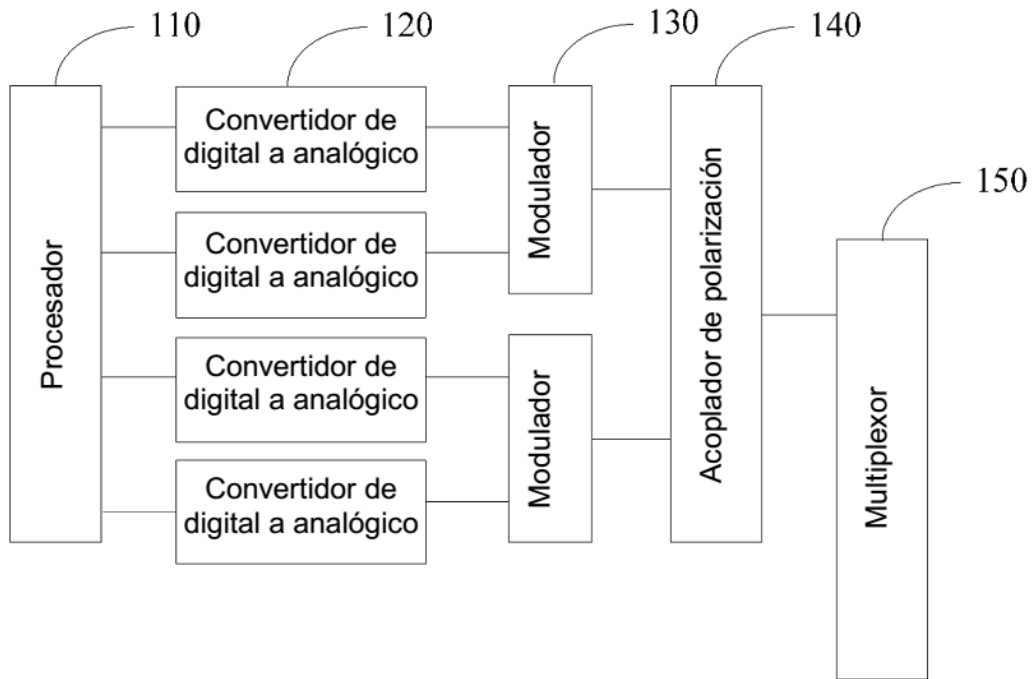


FIG. 1

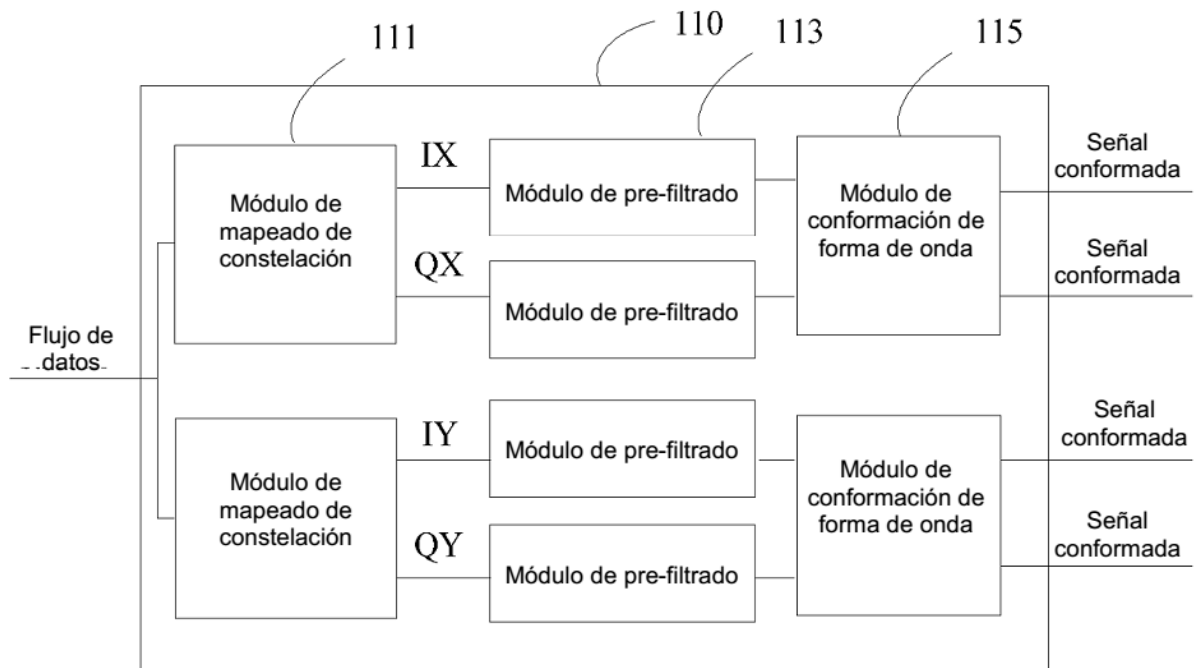


FIG. 2

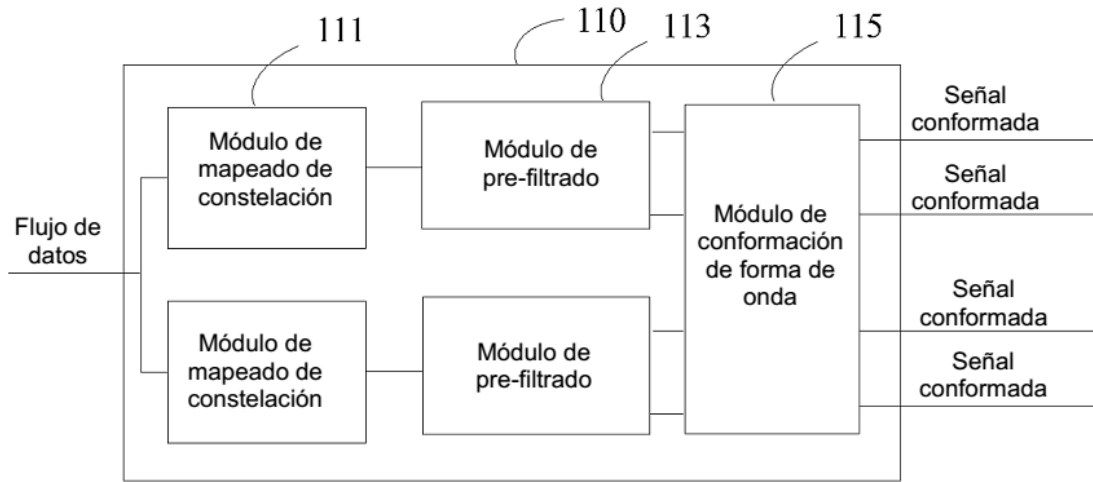


FIG. 3

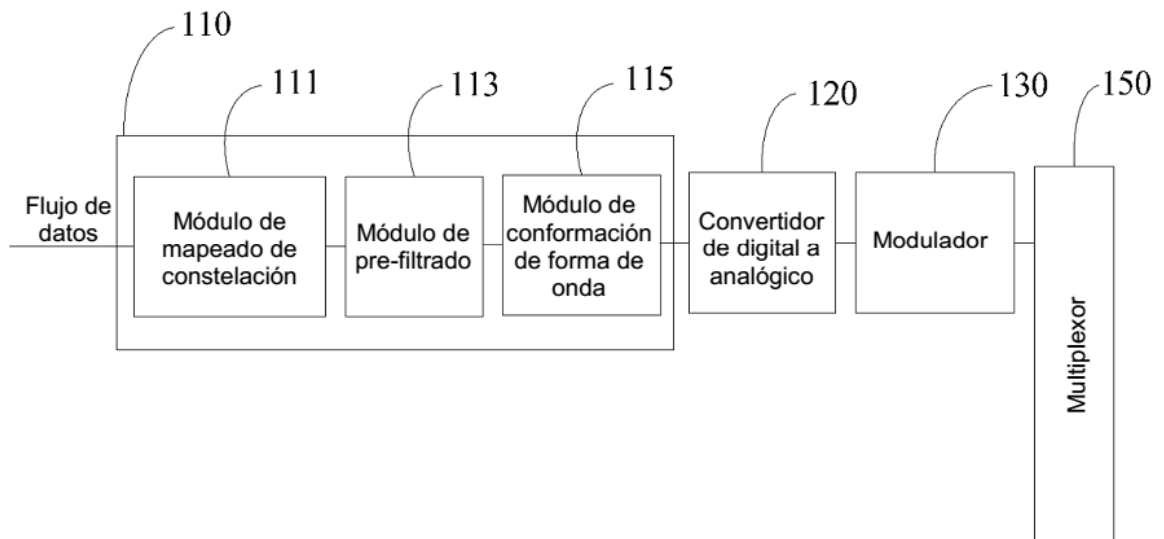


FIG. 4

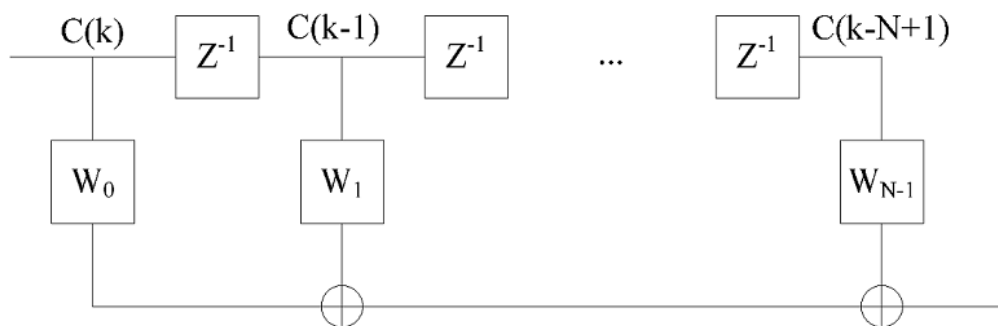


FIG. 5

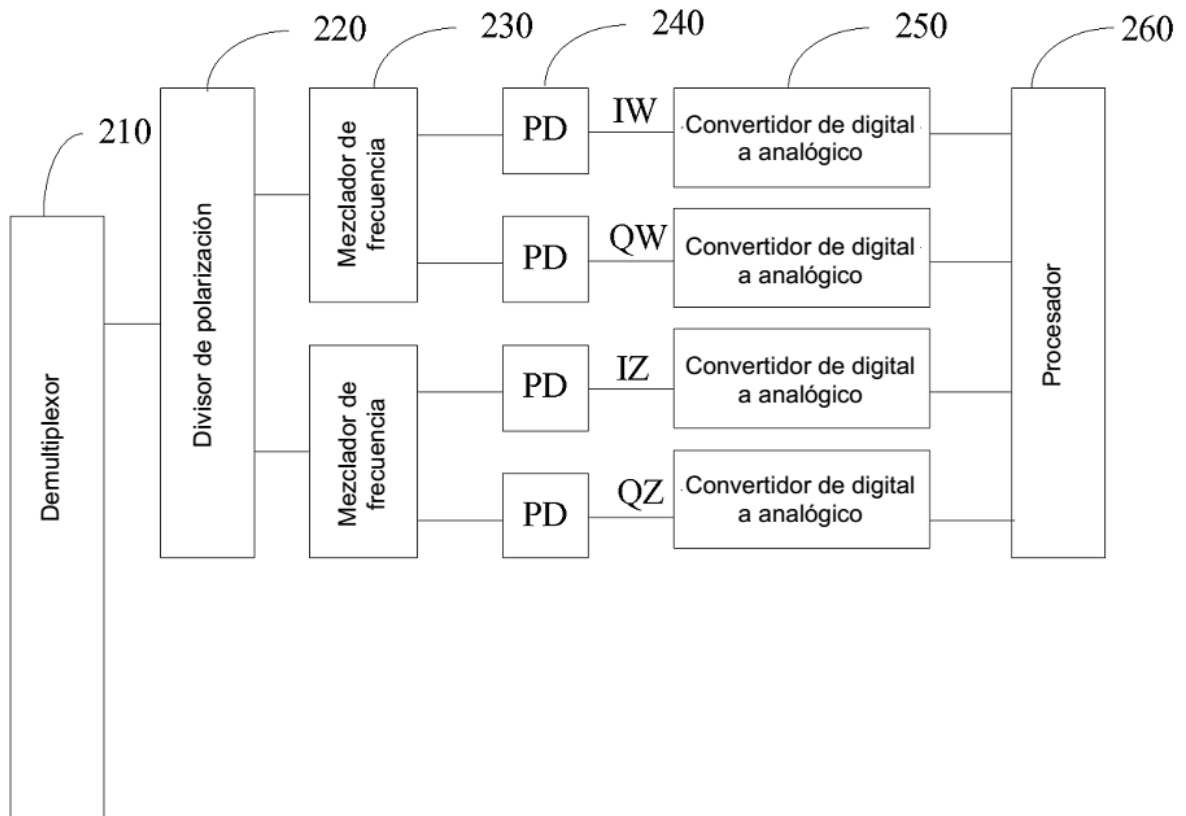


FIG. 6

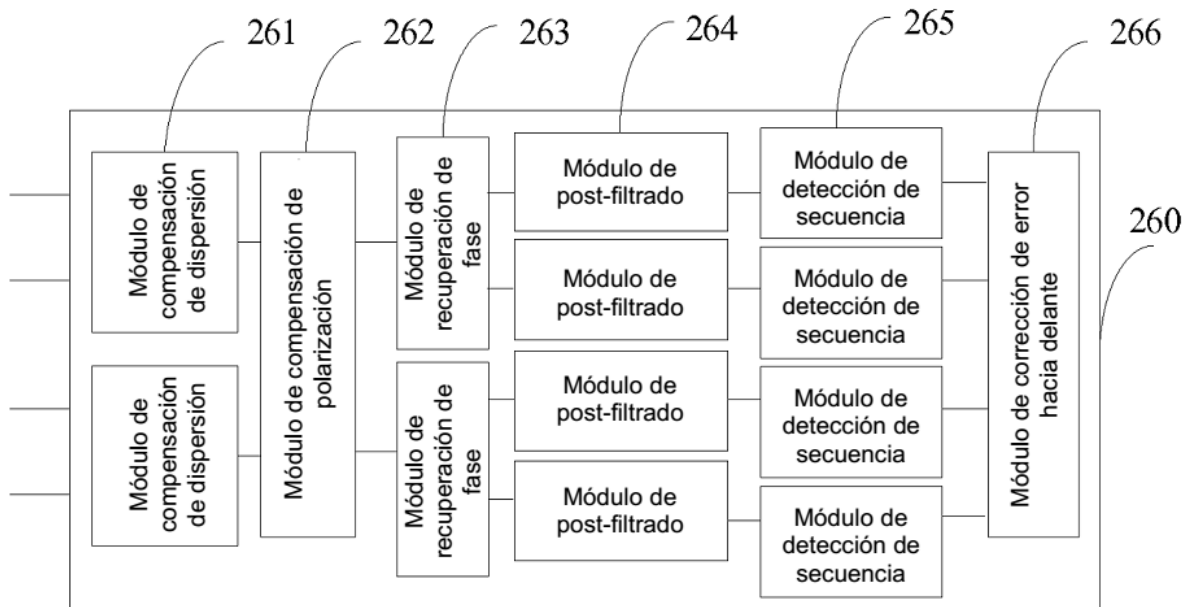


FIG. 7

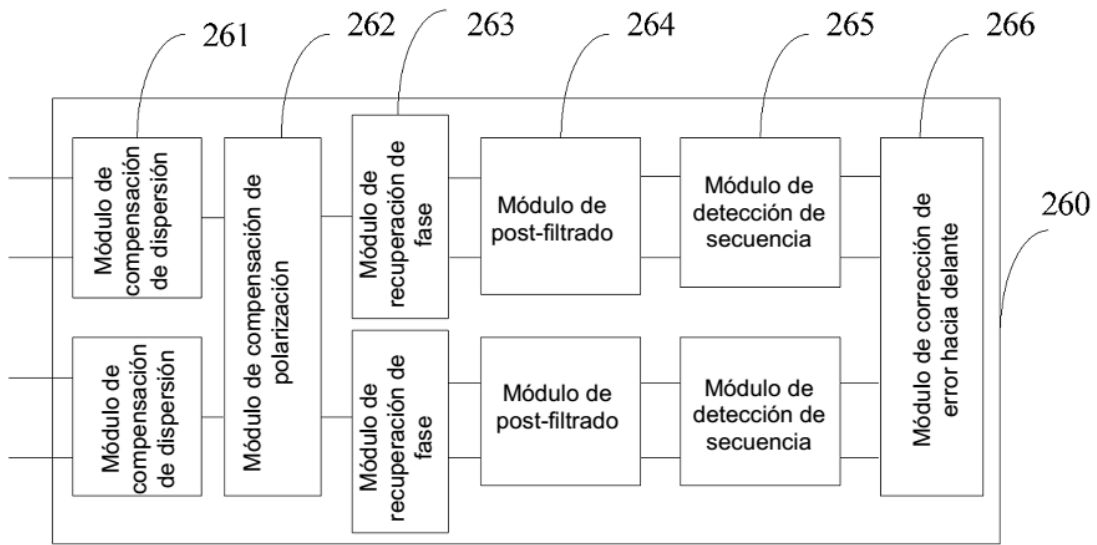


FIG. 8

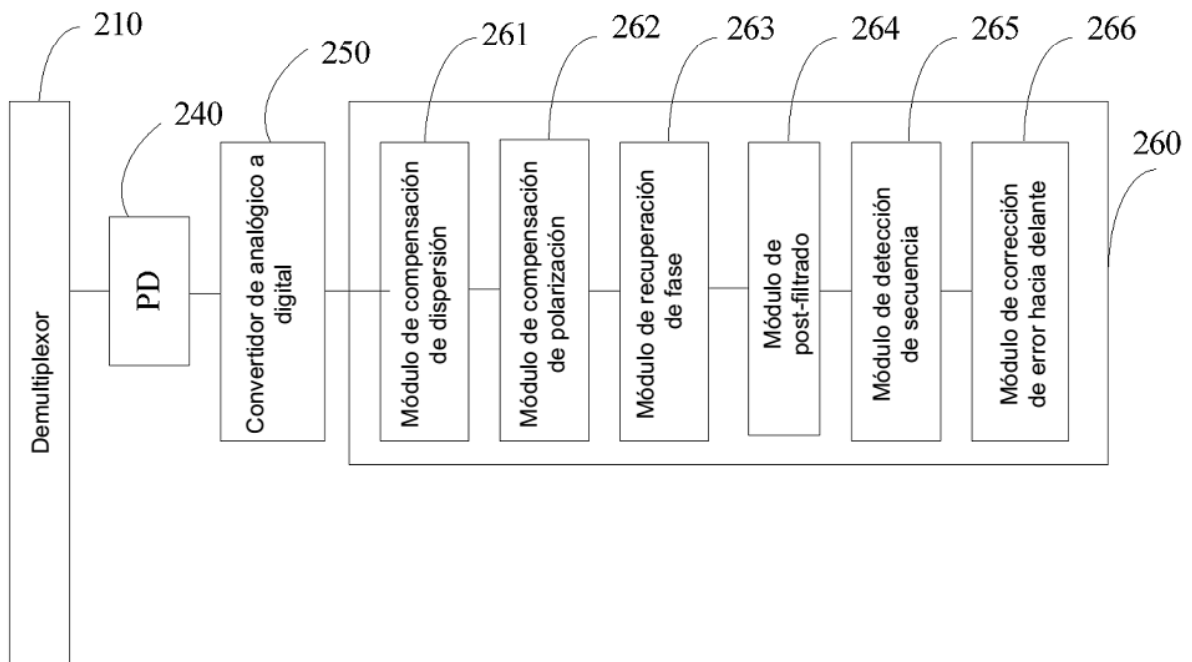


FIG. 9

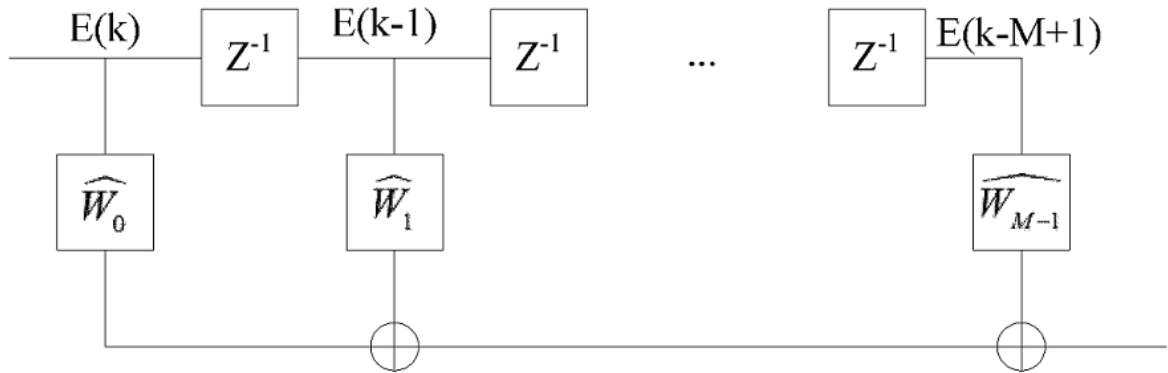


FIG. 10

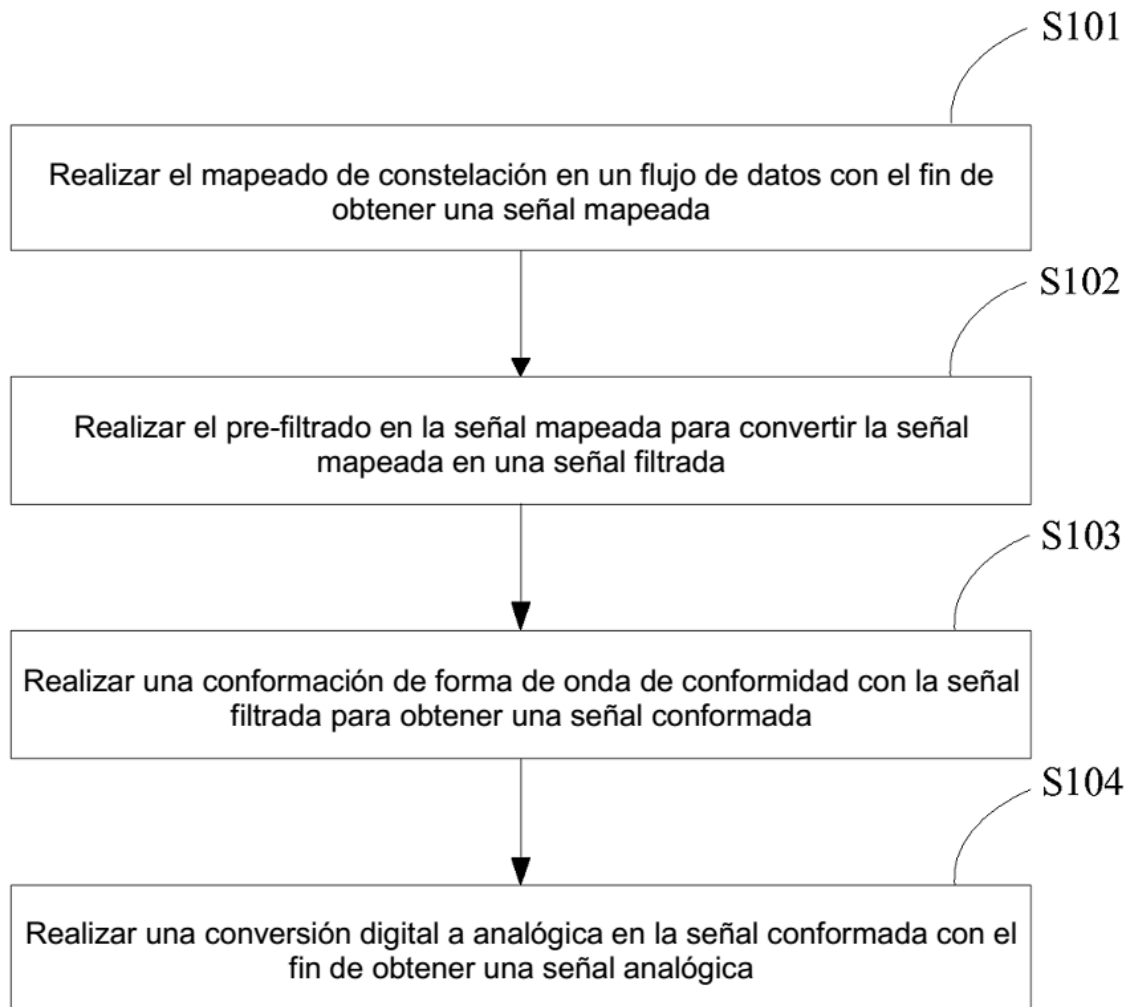


FIG. 11

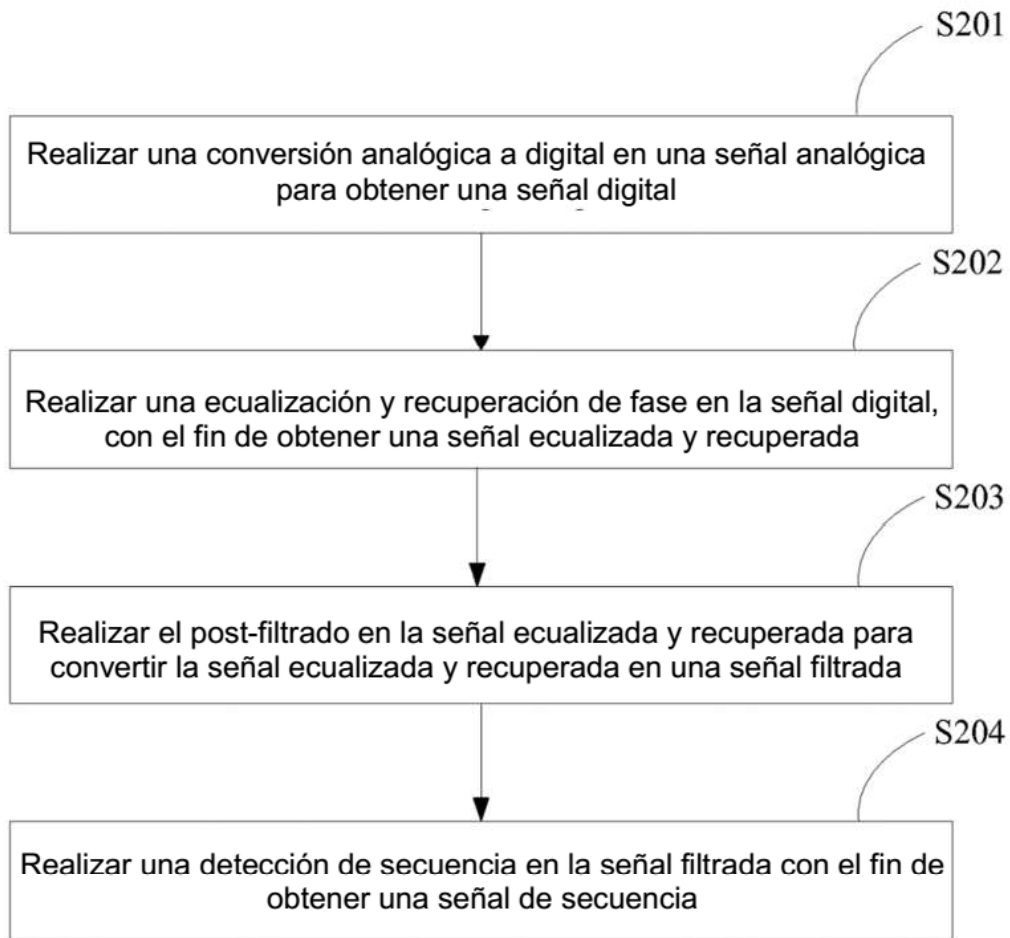


FIG. 12

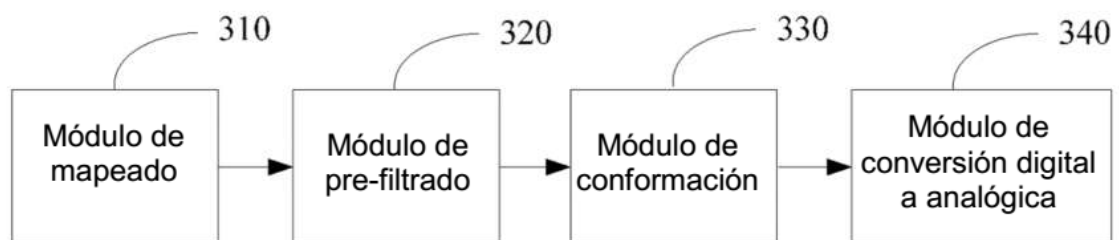


FIG. 13

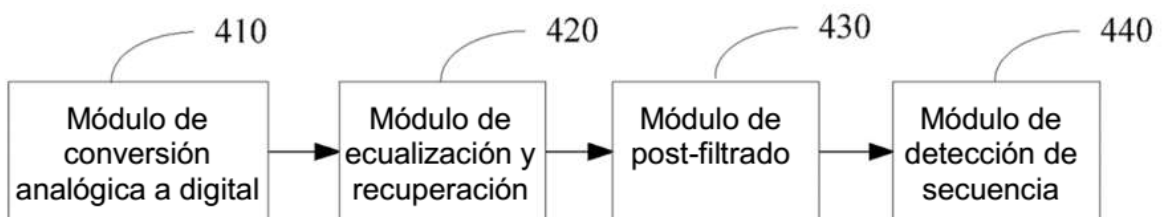


FIG. 14