

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 227**

51 Int. Cl.:

H04B 10/60 (2013.01)

H04L 25/03 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.02.2011 PCT/CN2011/070968**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2011 WO11103783**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2011 E 11746825 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2532104**

54 Título: **Método y aparato para la detección de trama y la separación de polarización**

30 Prioridad:

25.02.2010 US 712655

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

04.12.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHEN, YUANJIE;
ZHANG, ZHUHONG;
LI, CHUANDONG;
ZHU, FEI y
BAI, SHENGYU**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 645 227 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 aparato para la detección de trama y la separación de polarización

CAMPO TÉCNICO

5 La presente invención se refiere, en general, a comunicaciones ópticas, y más particularmente a un método y aparato para la detección de trama y la separación de polarización.

ANTECEDENTES

10 Los sistemas actuales de comunicación óptica se pueden clasificar en dos tipos de detección: detección directa y detección coherente. En un sistema de detección directa, los datos pueden modularse utilizando la magnitud o la fase de la señal óptica. En un sistema de detección coherente, que se describe, por ejemplo, en el documento WO 2007/045072 A1, los datos pueden modularse utilizando tanto la magnitud como la fase de la señal, lo que permite mayores velocidades de transmisión de datos. A medida que aumenta la demanda de velocidades de transmisión más altas, los flujos de datos también pueden modularse utilizando polarizaciones múltiples de señales ópticas. Sin embargo, dado que las señales ópticas pasan a través de enlaces ópticos, pueden estar sujetas a distorsión provocada por la dispersión cromática, la degradación dependiente de la polarización, el ruido y otros factores. Tal distorsión puede afectar a la recepción de las señales ópticas polarizadas y puede aumentar la dificultad de distinguir entre las diferentes señales ópticas polarizadas.

15

El documento US 2009/0060101 A1 describe un receptor de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) que permite una estimación del desplazamiento de frecuencia de portadora eficiente.

SUMARIO DE LA INVENCION

20 En una realización, la divulgación incluye un receptor óptico que comprende un detector de trama configurado para recibir una señal polarizada que comprende un primer flujo de bits y un segundo flujo de bits y configurado, además, para identificar una pluralidad de tramas en el primer el flujo de bits y el segundo flujo de bits utilizando una cabecera compuesta, y un ecualizador de dominio de tiempo (TDEQ) configurado para separar el primer flujo de bits y el segundo flujo de bits utilizando una porción de la cabecera compuesta. La cabecera compuesta comprende un post-ámbulo que corresponde a una primera trama en las tramas y que está situado en el extremo de la primera trama; y un pre-ámbulo y una cabecera correspondiente a una segunda trama en las tramas que es posterior a la primera trama, en donde el TDEQ utiliza la cabecera para separar una trama que corresponde al primer flujo de bits de una trama que corresponde al segundo flujo de bits.

25

30 En otra realización, la divulgación incluye un método que comprende recibir una señal que comprende una primera señal óptica polarizada y una segunda señal óptica polarizada; obtener una cabecera compuesta, la cabecera compuesta comprende un post-ámbulo, un pre-ámbulo y una cabecera de la señal; detectar una primera trama en la primera señal óptica polarizada y una segunda trama en la segunda señal óptica polarizada utilizando el post-ámbulo, el pre-ámbulo y la cabecera y separar la primera trama de la segunda trama utilizando la cabecera; en donde el post-ámbulo de la cabecera compuesta corresponde a la primera trama en las tramas y está situado en el extremo de la primera trama; y el pre-ámbulo y la cabecera corresponden a la segunda trama en las tramas que es posterior a la primera trama.

35

Estas y otras características se entenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada ponderada junto con los dibujos y las reivindicaciones que se acompañan.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

40 Para una comprensión más completa de esta divulgación, se hace referencia ahora a la siguiente breve descripción, ponderada en relación con los dibujos que se acompañan y la descripción detallada, en donde los mismos números de referencia representan partes similares.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una realización de un receptor óptico.

La FIG. 2 es un diagrama esquemático de una realización de un esquema de entramado.

45 La FIG. 3 es un diagrama de flujo de una realización de un método de entramado de cabecera compuesta.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de una realización de un método de detección de trama y separación de polarización.

La FIG. 5 es un diagrama esquemático de una realización de dos flujos de bits.

La FIG. 6 es un gráfico de una realización de una auto-correlación de una señal.

5 La FIG. 7 es un gráfico de una realización de una correlación cruzada de dos señales.

La FIG. 8 es un gráfico de otra realización de una auto-correlación de una señal.

La FIG. 9 es un gráfico de otra realización de una correlación cruzada de dos señales.

La FIG. 10 es un gráfico de otra realización de una auto-correlación de una señal.

La FIG. 11 es un gráfico de otra realización de una correlación cruzada de dos señales.

10 La FIG. 12 es un gráfico de otra realización de una auto-correlación de una señal.

La FIG. 13 es un gráfico de otra realización de una auto-correlación de una señal.

La FIG. 14 es un diagrama esquemático de una realización de una computadora de fines generales.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES ILUSTRATIVAS

15 Se debe entender desde el principio que aunque a continuación se proporciona una implementación ilustrativa de una o más realizaciones, los sistemas y/o métodos descritos pueden implementarse utilizando cualquier número de técnicas, ya sean conocidas o existentes actualmente. La divulgación no debe limitarse de modo alguno a las implementaciones ilustrativas, los dibujos y técnicas ilustradas a continuación, incluidos los diseños y las implementaciones a modo de ejemplo ilustrados y descritos en este documento, sino que pueden modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas junto con su alcance completo de equivalentes.

20 En este documento se describen sistemas y métodos para la detección de trama y la separación de polarización para señales polarizadas. La detección de trama puede realizarse utilizando una cabecera compuesta en las señales, que puede tener una propiedad de auto-correlación deseable. La separación de polarización se puede lograr utilizando una parte de una primera cabecera compuesta para la primera señal polarizada y una parte de una segunda cabecera compuesta para la segunda señal polarizada. La primera cabecera compuesta puede comprender un primer post-ámbulo (por ejemplo, desde una primera trama previa), y un primer pre-ámbulo y una primera cabecera (por ejemplo, desde una primera trama posterior). De forma similar, la segunda cabecera compuesta puede comprender un segundo post-ámbulo (por ejemplo, desde una segunda trama previa), y un segundo pre-ámbulo y una segunda cabecera (por ejemplo, desde una segunda trama posterior). La primera cabecera y la segunda cabecera pueden comprender diferentes secuencias de bits, que pueden tener una función de correlación cruzada sustancialmente distinguible y detectable que permite lograr la separación de polarización. Adicionalmente, el post-ámbulo, pre-ámbulo y la cabecera para cada una de las señales polarizadas pueden comprender secuencias de bits que pueden tener una función de auto-correlación sustancialmente distinguible y detectable que permite lograr la detección de la trama. Para habilitar la detección de la trama y la separación de polarización, las tramas pueden transmitirse sin solaparse entre sí, por ejemplo, en el tiempo.

35 La FIG. 1 es un diagrama de una realización de un receptor óptico 100. El receptor óptico 100 puede comprender una pluralidad de convertidores analógicos digitales (ADC) 110, 112, 114, 116, un primer ecualizador de dominio de frecuencia (FDEQ) 120 y un segundo FDEQ 122, un detector de trama 130, un demultiplexor 140, al menos un ecualizador de dominio de tiempo (TDEQ) 150, al menos un desmapeador 160, y un multiplexor 170, que pueden estar dispuestos como se muestra en la FIG. 1. Específicamente, cada uno del primer FDEQ 120 y el segundo FDEQ 122 puede estar acoplado a algunos de los ADCs 110, 112, 114, 116 y al demultiplexor 140. Por ejemplo, el primer FDEQ 120 puede estar acoplado a los ADCs 110, 122, y el segundo FDEQ puede estar acoplado a los ADCs 114, 116. Adicionalmente, el detector de trama 130 se puede acoplar al primer FDEQ 120, al segundo FDEQ 122 y al demultiplexor 140. Cada uno de los TDEQ 150 puede estar acoplado al demultiplexor 140 y a un correspondiente desmapeador 160, que puede estar acoplado al multiplexor 170.

45 El receptor óptico 100 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para recibir una primera señal polarizada y una segunda señal polarizada, que puede estar polarizada ortogonalmente. Por ejemplo, la primera señal puede ser una señal polarizada en x y la segunda señal puede ser una señal polarizada en y. Cada una de las señales

5 polarizadas puede comprender un componente de cuadratura (Q) y un componente en fase (I). Cada uno de los componentes de las señales polarizadas puede recibirse en uno de los ADCs 110, 112, 114, 116. Por ejemplo, el ADC 110 puede recibir el componente I de la primera señal polarizada, el ADC 112 puede recibir el componente Q de la primera señal polarizada, el ADC 114 puede recibir el componente I de la segunda señal polarizada y el ADC 116 puede recibir el componente Q de la segunda señal. Los ADCs 110, 112, 114, 116 pueden convertir las señales recibidas de un formato de señal analógico a digital.

10 El primer FDEQ 120 y el segundo FDEQ 122 pueden ser cualquier dispositivo que esté configurado para recibir los componentes de señal de los ADCs 110, 112, 114, 116 y realizar un acondicionamiento de señal, por ejemplo para compensar la dispersión cromática u otras distorsiones de señal en el componentes de señal. El primer FDEQ 120 y el segundo FDEQ 122 pueden entonces enviar los componentes de señal al detector de trama 130 y/o al demultiplexador 140. El demultiplexador 140 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para dividir los componentes de señal recibidos en flujos de bits paralelos. La división de las componentes de señal recibidas en flujos de bits paralelos puede reducir la velocidad de la muestra requerida en el TDEQ 150. La cantidad de flujos de bits paralelos puede determinar la frecuencia de la muestra en cada TDEQ 150. El receptor óptico 100 puede comprender cualquier número de TDEQ 150 para lograr una velocidad de la muestra deseada en los TDEQs 150. Por ejemplo, si el receptor óptico 100 comprende aproximadamente dos TDEQs 150, la velocidad de la muestra en el primer FDEQ 120 y el segundo FDEQ 122 puede reducirse en aproximadamente un factor de dos en cada uno de los TDEQs 150. Además, el detector de trama 130 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para controlar el demultiplexador 140 y, por tanto, determinar la salida del demultiplexador 140. El detector de trama 130 puede utilizar diversas técnicas para detectar las tramas, por ejemplo en base a la entrada del primer FDEQ 120 y el segundo FDEQ 122 tal como se comenta en detalle más adelante.

25 El TDEQ 150 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para recibir tramas desde la salida del demultiplexador 140 y procesar las tramas utilizando un filtro de respuesta de impulsos finita (FIR). Los pesos de ponderación FIR se pueden ajustar para separar las tramas de las diferentes señales polarizadas recibidas desde el demultiplexador 140. Los pesos de ponderación se pueden variar para adaptarse a un nivel de interferencia entre símbolos (ISI) en las señales ópticas. Por ejemplo, el TDEQ 150 puede ser un TDEQ de entrada múltiple y múltiple salida adaptable (MIMO) acoplado a un bucle de recuperación de portadora (CR) y un velo. El bucle CR puede configurarse para compensar cualquier diferencia de frecuencias y/o fases entre las señales recibidas y un oscilador local, lo que puede mejorar la demodulación de la señal. El velo puede ponderar una decisión, por ejemplo, sobre la base de una magnitud de una señal recibida en un marco de tiempo determinado, de si el valor de la señal es un valor digital alto o un valor digital bajo.

35 El desmapeador 160 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para recibir la señal (por ejemplo, tramas) de la salida del TDEQ 150 y convertir la señal recibida en una secuencia de bits, que luego puede enviarse al multiplexor 170. El multiplexor 170 puede ser cualquier dispositivo que esté configurado para combinar las secuencias de bits, por ejemplo de la pluralidad de TDEQs 150 y desmapeadores 160, para proporcionar aproximadamente dos flujos de bits de salida que corresponden a las dos señales ópticas recibidas en los ADCs 110, 112, 114, 116.

40 La FIG. 2 ilustra una realización de un esquema de entramado 200 que puede utilizarse en un receptor óptico. El esquema de entramado 200 puede comprender un demultiplexor 210 y un entramador 220, que pueden ser sustancialmente similares al detector de trama 130 y al demultiplexor 140, respectivamente. El entramador 220 puede proporcionar una entrada al demultiplexor 210 para entrenar el demultiplexor 210 para entramar una señal recibida (no mostrado). El demultiplexor 210 puede recibir la señal como entrada y salida de una pluralidad de tramas 230, 232, 234, que pueden basarse en la entrada del entramador 220. Las tramas 230, 232, 234 pueden comprender un pre-ámbulo 240, una cabecera 250, una pluralidad de bloques de datos 260, 262, 264, y un post-ámbulo 270. El formato del pre-ámbulo 240, la cabecera 250 y el post-ámbulo 270 puede ser sustancialmente similar en las tramas 230, 232, 234. El pre-ámbulo 240, la cabecera 250 y el post-ámbulo 270 pueden utilizarse para identificar qué señal polarizada, por ejemplo señal polarizada en x o polarizada en y, a cuál de las tramas 230, 232, 234 pertenece. Los bloques de datos 260, 262, 264 pueden comprender datos de carga útil en las tramas 230, 232, 234. Los datos de la carga útil pueden ser voz, video u otros datos a ser transportados en una red. El demultiplexor 210 puede estar configurado para transmitir las tramas 230, 232, 234 sin que éstas se solapen, por ejemplo, en el tiempo. Por lo tanto, las tramas pueden recibirse, por ejemplo por un TDEQ 150, sin superposición sustancial entre el post-ámbulo 270, el pre-ámbulo 240 y la cabecera 250, que pueden combinarse en esa secuencia para obtener una cabecera compuesta.

55 El post-ámbulo 270 en la trama 230 y el pre-ámbulo en la trama 240 y la cabecera 250 en la trama 232 se pueden combinar, por ejemplo, mediante el TDEQ 150, en esa secuencia, para obtener una cabecera compuesta. La cabecera compuesta puede utilizarse para la detección de trama en el receptor 100. La detección de trama puede basarse en la propiedad de auto-correlación de la cabecera compuesta. El post-ámbulo 270 y el pre-ámbulo 240

pueden seleccionarse y combinarse con la cabecera 250 para mejorar la propiedad de auto-correlación que puede detectarse. La combinación del post-ámbulo 270, el pre-ámbulo 240 y la cabecera 250 puede comprender una secuencia de bits que tiene una función de auto-correlación sustancialmente mejor que la secuencia de bits de la cabecera por separado. El receptor puede utilizar la cabecera compuesta, que puede comprender el post-ámbulo 270, el pre-ámbulo 240 y la cabecera 250 para lograr la detección de trama en base a la propiedad de auto-correlación de la cabecera compuesta, por ejemplo, con respecto a la propiedad de auto-correlación de la cabecera 250 sola.

Adicionalmente, la cabecera 250, que puede corresponder a una primera señal polarizada (por ejemplo, una señal polarizada en x) puede comprender una secuencia de bits que puede tener una propiedad de correlación cruzada deseable, por ejemplo con respecto a una segunda señal polarizada (por ejemplo, una señal polarizada en y). Una propiedad de correlación cruzada deseable entre cabeceras que corresponden a dos señales polarizadas diferentes puede fomentar una separación de polarización eficiente y fiable en el receptor. Como tal, la secuencia de bits en la cabecera 250 se puede utilizar para identificar y separar las tramas que pertenecen a diferentes señales polarizadas, por ejemplo, una señal polarizada en x y una señal polarizada en y. Dado que la secuencia de bits en la cabecera 250 puede configurarse para una propiedad de correlación cruzada deseable, la secuencia de bits de la cabecera puede no tener una propiedad de auto-correlación deseable. Por lo tanto, el receptor puede utilizar la cabecera compuesta que puede estar configurada para una auto-correlación deseable, para conseguir la detección de la trama, y posteriormente utilizar la cabecera para la separación de la polarización.

La FIG. 3 es un diagrama de flujo de una realización de un método de entramado de cabecera compuesta 300. El método 300 comienza en el bloque 310, en donde se puede seleccionar una primera secuencia de bits de cabecera para una primera señal polarizada y una segunda secuencia de bits de cabecera para una segunda señal polarizada. La primera secuencia de bits de cabecera y la segunda secuencia de bits de cabecera se pueden seleccionar para obtener una función de correlación cruzada deseable entre dos señales polarizadas diferentes, por ejemplo, una señal polarizada en x y una señal polarizada en y. La correlación cruzada deseable mejora la posibilidad de una separación con éxito entre las tramas que corresponden a las diferentes señales polarizadas. En el bloque 320, una primera secuencia de bits de pre-ámbulo y una primera secuencia de bits de post-ámbulo puede seleccionarse para la primera señal polarizada y una segunda secuencia de bits de pre-ámbulo y una segunda secuencia de bits de post-ámbulo puede seleccionarse para la segunda señal polarizada. Las secuencias de bits pre-ámbulo y post-ámbulo pueden seleccionarse para obtener una función de auto-correlación deseable de la cabecera compuesta en cada una de las señales polarizadas. La secuencia de bits pre-ámbulo y la secuencia de bits post-ámbulo pueden seleccionarse basándose en la secuencia de bits de la cabecera seleccionada en la etapa 310 para mejorar la función de auto-correlación de la cabecera compuesta, por ejemplo en comparación con la propiedad de auto-correlación de la cabecera sola. La función de auto-correlación deseable de la cabecera compuesta puede detectarse con una probabilidad sustancialmente alta, lo cual puede mejorar las posibilidades de identificación y detección con éxito de cada una de las tramas. En el bloque 330, el primer pre-ámbulo, la primera cabecera y el primer post-ámbulo se pueden insertar en una pluralidad de tramas para la primera señal polarizada, y el segundo pre-ámbulo, la segunda cabecera y el segundo post-ámbulo se pueden insertar en una pluralidad de tramas para la segunda señal polarizada. En el bloque 340, las tramas de la primera señal polarizada y la segunda señal polarizada pueden transmitirse. Específicamente, cada una de las tramas puede transmitirse en secuencia sin solapamiento con una trama previa o una trama posterior. En consecuencia, las tramas pueden recibirse de manera que el pre-ámbulo, la cabecera y el post-ámbulo se puedan detectar sin un solapamiento sustancial.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de una realización de un método de detección de trama y de polarización. El método 400 puede comenzar en el bloque 410, en donde se puede recibir una primera señal polarizada (por ejemplo, una señal óptica polarizada) y una segunda señal polarizada (por ejemplo, una señal óptica polarizada). Por ejemplo, la primera señal polarizada y la segunda señal polarizada pueden recibirse en el receptor 100. Cada una de las señales puede comprender una pluralidad de tramas, que pueden comprender una cabecera y/o cabecera compuesta que indica la primera señal óptica o la segunda señal óptica. En el bloque 420, se puede detectar cada una de las tramas en la primera señal polarizada o la segunda señal polarizada. Específicamente, cada una de las tramas en la secuencia de tramas puede detectarse e identificarse detectando la función de auto-correlación que corresponde a la secuencia de bits en la cabecera compuesta, por ejemplo, que se puede obtener a partir de una trama o de dos tramas consecutivas. La función de auto-correlación de la cabecera compuesta puede ser detectada por el detector de trama 130. Por ejemplo, la función de auto-correlación detectada puede corresponder a una combinación de un post-ámbulo al final de una primera trama en la secuencia, y un pre-ámbulo y cabecera al comienzo de una segunda trama que sucede a la primera trama de la secuencia. En el bloque 430, las tramas que corresponden a la primera señal polarizada pueden separarse de las tramas que corresponden a la segunda señal polarizada. Específicamente, la cabecera en la cabecera compuesta de cada una de las tramas se puede utilizar para identificar a qué señal polarizada pertenece la trama, por ejemplo, una señal polarizada en x o una señal polarizada en y. Las tramas que corresponden a dos polarizaciones diferentes pueden separarse

utilizando la correlación cruzada de las secuencias de bits en la cabecera de la trama. Las tramas separadas pueden entonces asociarse con su señal polarizada correspondiente para el procesamiento posterior.

La FIG. 5 es un diagrama de dos señales polarizadas 500. Las señales polarizadas 500 pueden comprender una señal polarizada en x y una señal polarizada en y. La señal polarizada en x puede comprender una pluralidad de tramas 590a y 590b, y la señal polarizada en y puede comprender una pluralidad de tramas 595a y 595b. Aunque sólo se ilustran dos tramas en cada una de las señales de polarización en x y en y, se apreciará que esta señal puede contener cualquier número de tramas. La trama 590a puede comprender un primer pre-ámbulo 510a (pre-ámbulo-x), una primera cabecera 520a (cabecera-x), primeros datos 530a (datos-x) y un primer post-ámbulo 540a (post-ámbulo-x). La trama 590b puede comprender un primer pre-ámbulo 510b (pre-ámbulo-x), una primera cabecera 520b (cabecera-x), primeros datos 530b (datos-x) y un primer post-ámbulo 540b (post-ámbulo-x). Por tanto, la primera cabecera compuesta puede comprender el primer post-ámbulo 540a, el primer pre-ámbulo 510b y la primera cabecera 520b. De forma similar, la trama 595a en la señal polarizada en y puede comprender un segundo pre-ámbulo 550a (pre-ámbulo-y), una segunda cabecera 560a (cabecera-y), segundos datos 570a (datos-y) y un segundo post-ámbulo 580a (post-ámbulo-y). La trama 595b en la señal polarizada en y puede comprender un segundo pre-ámbulo 550b (pre-ámbulo-y), una segunda cabecera 560b (cabecera-y), segundos datos 570b (datos-y) y un segundo post-ámbulo 580b (post-ámbulo-y). Por tanto, la segunda cabecera compuesta puede comprender el segundo post-ámbulo 580a, el segundo pre-ámbulo 550b y la segunda cabecera 560b. Los primeros datos 530 y los segundos datos 570 pueden comprender una carga útil similar para proporcionar redundancia de señal o carga útil diferente para proporcionar una capacidad de carga útil incrementada.

Las secuencias de bits de la primera cabecera 520 y la segunda cabecera 560 pueden tener una correlación cruzada sustancialmente distinguible y detectable para lograr una separación de polarización mejorada en las dos señales. Los pesos de ponderación para el TDEQ en el receptor se pueden ajustar basándose en las secuencias de bits de la primera cabecera 520 y la segunda cabecera 560 para mejorar la separación de polarización. Específicamente, la primera cabecera 520 o la segunda cabecera 560 se pueden procesar y utilizar para la separación de polarización sin el primer pre-ámbulo 510, el primer post-ámbulo 540, el segundo pre-ámbulo 550 y el segundo post-ámbulo 580.

La señal polarizada en x y la señal polarizada en y pueden comprender cada una un componente real y un componente imaginario. El componente real puede corresponder a un componente en fase (I), y el componente imaginario puede corresponder a un componente de cuadratura (Q). Se puede utilizar una función de auto-correlación para cada una de las señales polarizadas en x y polarizadas en y para la detección de la trama de cada una de las señales polarizadas en x y polarizadas en y, respectivamente. La función de auto-correlación de cada una de las señales polarizadas en x y polarizadas en y puede ser una función compleja de las componentes I y Q de cada una de las señales polarizadas en x y polarizadas en y, respectivamente. Por tanto, similar a la señal polarizada en x y la señal polarizada en y, la función de auto-correlación puede ser una función compleja que comprende un componente real (real(auto-correlación)) y un componente imaginario. Adicionalmente, se puede obtener una función de auto-correlación absoluta (abs(auto-correlación)) basada en el componente real y el componente imaginario de la función de auto-correlación.

Se puede utilizar una función de correlación cruzada para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y para la separación por polarización. La función de correlación cruzada puede ser una función compleja de los componentes I y Q tanto de la señal polarizada en x como de la señal polarizada en y. Por tanto, similar a la señal polarizada en x y la señal polarizada en y, la función de correlación cruzada puede ser una función compleja que comprende un componente real (real(crosscorr(x, y))) y un componente imaginario. Adicionalmente, se puede obtener una función de correlación cruzada absoluta (abs(crosscorr(x, y))) basada en el componente real y el componente imaginario de la función de correlación cruzada.

En algunos casos, las secuencias de bits para la cabecera en la señal polarizada en x y la señal polarizada en y pueden ser tonos complejos individuales, que pueden tener un componente de frecuencia positivo y uno negativo, por ejemplo, en un dominio de Fourier. Por ejemplo, las secuencias de bits para la cabecera en la señal polarizada en x y la señal polarizada en y pueden comprender:

I (x-pol): 100110011001

Q (x-pol): 110011001100

I (y-pol): 100110011001

Q (y-pol): 001100110011

a las que puede denominarse aquí secuencia A.

La FIG. 6 es un gráfico de una auto-correlación de las secuencias de bits para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y que comprende la secuencia A. Los componentes reales 600 de las funciones de auto-correlación (real(autocorrección)) se muestran para la señal polarizada en x (X-pol) y la señal polarizada en y (Y-pol). Los valores absolutos 610 de las funciones de auto-correlación (abs(autocorrección)) también se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. Los valores absolutos 610 para cada una de las señales polarizadas en x y polarizadas en y pueden comprender un valor sustancialmente alto, por ejemplo, igual a aproximadamente uno, en un momento (o retardo de tiempo) igual a aproximadamente cero. Sin embargo, los valores absolutos 610 pueden entonces disminuir gradualmente a medida que aumenta el retardo de tiempo. Tal patrón de auto-correlación hace que la detección de la posición del valor pico sea menos fiable. Por tanto, la secuencia A puede no ser deseable para la detección de las tramas. Una función de auto-correlación deseable puede comprender un pico distinguible, por ejemplo, en donde los valores absolutos 610 de la función de auto-correlación pueden comprender un valor sustancialmente alto, por ejemplo con un retraso de aproximadamente cero, y valores sustancialmente bajos en cualquier otro lugar.

La FIG. 7 es un gráfico de una correlación cruzada de la secuencia A. Los componentes reales 700 de la función de correlación cruzada (real(crosscorr (x, y))) se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. Los valores absolutos 710 de la función de correlación cruzada (abs(crosscorr (x, y))) también se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. El valor absoluto 710 puede comprender una secuencia de valores sustancialmente bajos, por ejemplo, igual a aproximadamente 0,1 o aproximadamente cero. Dicha propiedad de correlación cruzada, que puede comprender un intervalo de valores sustancialmente bajos, potencia la posibilidad de éxito de la separación de polarización a través del entrenamiento TDEQ. Por lo tanto, la propiedad de correlación cruzada de la secuencia A puede ser ventajosa para la separación de polarización.

En otros casos, las secuencias de bits en la señal polarizada en x y la señal polarizada en y pueden ser tonos piloto, que pueden comprender una pluralidad de componentes de frecuencia. Por ejemplo, las secuencias de bits para la cabecera para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y pueden comprender:

I (x-pol): 100111000011

Q (x-pol) 110011110000

I (y-pol): 100111000011

Q (y-pol) 001100001111

a las que puede denominarse aquí secuencia B.

La FIG. 8 es un gráfico de una auto-correlación de la secuencia B. Los componentes reales 800 de las funciones de auto-correlación se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. Los valores absolutos 810 de las funciones de auto-correlación también se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. De forma similar a los valores absolutos 610 de las funciones de auto-correlación de la secuencia A, los valores absolutos 810 de las funciones de auto-correlación para cada una de la señal polarizada en x y la señal polarizada en y pueden comprender un valor sustancialmente alto, por ejemplo igual a aproximadamente uno, en un retardo de tiempo igual a aproximadamente cero y una pluralidad de valores decrecientes a medida que aumenta el retardo de tiempo. Dado que tal patrón o secuencia de valores puede no comprender un pico distinguible, la secuencia B puede no ser deseable para la detección de la trama.

La FIG. 9 es un gráfico de una correlación cruzada de la secuencia B. Los componentes reales 900 de la función de correlación cruzada se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. Los valores absolutos 910 de la función de correlación cruzada también se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. De forma similar a los valores absolutos 710 de la función de correlación cruzada de la secuencia A, los valores absolutos 910 de la función de correlación cruzada de la secuencia B pueden comprender una secuencia de valores sustancialmente bajos, por ejemplo igual a aproximadamente 0,1 o aproximadamente 0,15. Dado que los valores absolutos 910 pueden ser mayores que los valores absolutos 710, el intervalo de valores absolutos 910 puede estar más alejado de cero y, por tanto, detectarse con menos fiabilidad que el intervalo de valores absolutos 710. Por tanto, la propiedad de correlación cruzada de la secuencia B puede ser menos ventajosa que la secuencia A para la separación de polarización.

En otros casos, las secuencias de bits en la señal polarizada en x y la señal polarizada en y pueden corresponder a una secuencia de Barker de 13 bits. Los bits para la polarización en x se asignan a puntos en el primer y tercer

cuadrantes, mientras que los bits para la polarización en y se asignan a puntos en el segundo y cuarto cuadrantes. Por ejemplo, las secuencias de bits para la cabecera para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y pueden comprender:

I (x-pol): 1111100110101

5 Q (x-pol) 1111100110101

I (y-pol): 1010110011111

Q (y-pol) 0101001100000

a las que puede denominarse aquí secuencia C.

10 La FIG. 10 es un gráfico de una autocorrelación de la secuencia C. Los componentes reales 1000 de las funciones de auto-correlación se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. Los valores absolutos 1010 de las funciones de auto-correlación también se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. A diferencia de los valores absolutos 610 y los valores absolutos 810 de las funciones de auto-correlación de la secuencia A y la secuencia B, respectivamente, los valores absolutos 1010 de las funciones de correlación cruzada de la secuencia C pueden comprender un valor sustancialmente alto, por ejemplo, igual a aproximadamente a uno ,
 15 en un retardo de tiempo igual a aproximadamente cero y una pluralidad de valores sustancialmente bajos en otra parte, que puede definir un pico distinguible en aproximadamente un retardo de tiempo cero. Por lo tanto, la propiedad de auto-correlación de la secuencia C puede ser ventajosa para la detección de trama.

20 La FIG.11 es un gráfico de una correlación cruzada de la secuencia C. Los componentes reales 1100 de la función de correlación cruzada se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. Los valores absolutos 1110 de la función de correlación cruzada también se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. A diferencia de los valores absolutos 710 y los valores absolutos 910 de la función de correlación cruzada de la secuencia A y la secuencia B, respectivamente, los valores absolutos 1110 de la función de correlación cruzada de la secuencia C pueden comprender una secuencia de valores, por ejemplo, igual a aproximadamente 0,2, aproximadamente 0,3 o aproximadamente 0,4, que puede ser mayor que los valores absolutos 710 y los valores absolutos 910 de la función de correlación cruzada de la secuencia A y la secuencia B, respectivamente. La correlación cruzada relativamente mayor de la secuencia C la hace menos ventajosa que la secuencia A y la secuencia B para la separación de polarización.

30 Una cabecera compuesta puede comprender una cabecera, un post-ámbulo y un pre-ámbulo. En una realización, una secuencia de bits de cabecera que corresponde a la señal polarizada en x y la señal polarizada en y puede ser un tono único complejo o un tono piloto. Como tal, la cabecera puede comprender aproximadamente 12 bits, que pueden ser similares a la secuencia A o a la secuencia B. Tal cabecera puede tener una propiedad de correlación cruzada deseable que se puede utilizar para la separación de polarización tal como se muestra arriba. Después de seleccionar una secuencia de bits de cabecera, la secuencia de bits post-ámbulo y la secuencia de bits pre-ámbulo en la cabecera compuesta se pueden seleccionar para permitir la detección de trama utilizando la cabecera compuesta. La detección de la trama se puede lograr seleccionando una cabecera compuesta con una función de auto-correlación deseable.
 35

40 Cada una de las secuencias de bits de pre-ámbulo y post-ámbulo pueden comprender aproximadamente dos bits. Por lo tanto, la cabecera compuesta puede comprender aproximadamente 16 bits. Puede haber aproximadamente cuatro pares válidos de secuencias de bits que se pueden utilizar para el pre-ámbulo y post-ámbulo, tal como (0,0), (0,1), (1,0) y (1,1). La secuencia de bits de post-ámbulo y la secuencia de bits de pre-ámbulo se pueden seleccionar para mejorar la propiedad de auto-correlación de la cabecera compuesta, por ejemplo, para obtener un pico de valor absoluto distinguible en la función de auto-correlación. Por ejemplo, la secuencia de bits de post-ámbulo y la secuencia de bits de pre-ámbulo se pueden seleccionar de manera que en el momento igual a cero, la función de auto-correlación puede maximizarse; en todos los demás momentos, el valor máximo de la función de auto-correlación puede minimizarse, de modo que se satisfaga la siguiente ecuación:
 45

$$\min_{\substack{\text{post-ámbulo} \\ \text{pre-ámbulo}}} \left\{ \max_{n \neq 0} |R(n)| \right\}$$

En una realización, si las secuencias de bits de la cabecera comprenden la secuencia A para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y, las secuencias de bits de la cabecera compuesta pueden comprender:

ES 2 645 227 T3

I (x-pol): 0010100110011001

Q (x-pol): 0111110011001100

I (y-pol): 0010100110011001

Q (y-pol): 1000001100110011

5 a las que puede denominarse aquí secuencia D.

La FIG. 12 es un gráfico de una auto-correlación de la secuencia D. Los componentes reales 1200 de las funciones de autocorrelación se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. Los valores absolutos 1210 de las funciones de auto-correlación también se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. En comparación con los valores absolutos 610 y los valores absolutos 810 de las funciones de auto-correlación de la secuencia A y la secuencia B, respectivamente, los valores absolutos 1210 de las funciones de auto-correlación de la secuencia D pueden comprender un valor sustancialmente alto, por ejemplo, igual a aproximadamente uno, a un retardo de tiempo igual a aproximadamente cero y una pluralidad de valores inferiores en cualquier otro lugar, lo que puede definir un pico distinguible a un retardo de tiempo de aproximadamente cero. Por lo tanto, la propiedad de auto-correlación de la secuencia D puede ser ventajosa para la detección de trama.

15 Alternativamente, si las secuencias de bits de la cabecera comprenden la secuencia B para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y, las secuencias de bits de la cabecera compuesta pueden comprender:

I (x-pol): 1000100111000011

Q (x-pol): 1011110011110000

I (y-pol): 1000100111000011

20 Q (y-pol): 1110001100001111,

a las que puede denominarse aquí secuencia E.

La FIG. 13 es un gráfico de una auto-correlación de la secuencia E. Los componentes reales 1300 de las funciones de auto-correlación se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. Los valores absolutos 1310 de las funciones de auto-correlación también se muestran para la señal polarizada en x y la señal polarizada en y. De forma similar a los valores absolutos 1210 de las funciones de auto-correlación de la secuencia D, los valores absolutos 1310 de las funciones de auto-correlación de la secuencia E también pueden comprender un valor sustancialmente alto, por ejemplo igual a aproximadamente uno, a un retardo de tiempo igual a aproximadamente cero y una pluralidad de valores inferiores en otra parte, que pueden definir un pico distinguible a un retardo de tiempo igual a aproximadamente cero. Por tanto, la propiedad de auto-correlación de la secuencia E también se puede utilizar para la detección de trama.

Los componentes de la red arriba descritos pueden implementarse en cualquier componente de red de propósito general, tal como un ordenador o componente de red con suficiente potencia de procesamiento, recursos de memoria y capacidad de rendimiento de red para manejar la carga de trabajo necesaria que se le coloca. La FIG. 14 ilustra un componente de red 1400 de propósito general típico adecuado para implementar una o más realizaciones de los componentes descritos en este documento. El componente de red 1400 incluye un procesador 1402 (al que puede denominarse unidad de procesador central o CPU) que está en comunicación con dispositivos de memoria que incluyen almacenamiento secundario 1404, memoria de solo lectura (ROM) 1406, memoria de acceso aleatorio (RAM) 1408, dispositivos de entrada/salida (I/O) 1410, y dispositivos de conectividad de red 1412. El procesador 1402 puede implementarse como uno o más chips de CPU, o puede ser parte de uno o más circuitos integrados específicos para la aplicación (ASICs).

El almacenamiento secundario 1404 se compone típicamente de una o más unidades de disco o unidades de cinta y se utiliza para el almacenamiento no volátil de datos y como un dispositivo de almacenamiento de datos de sobreflujo si la RAM 1408 no es lo suficientemente grande como para contener todos los datos de trabajo. El almacenamiento secundario 1404 se puede utilizar para almacenar programas que se cargan en la RAM 1408 cuando dichos programas se seleccionan para su ejecución. La ROM 1406 se utiliza para almacenar instrucciones y tal vez datos que son leídos durante la ejecución del programa. La ROM 1406 es un dispositivo de memoria no volátil que típicamente tiene una pequeña capacidad de memoria con relación a la mayor capacidad de memoria del almacenamiento secundario 1404. La RAM 1408 se utiliza para almacenar datos volátiles y quizás para almacenar

instrucciones. El acceso tanto a la ROM 1406 como a la RAM 1408 es típicamente más rápido que al almacenamiento secundario 1404.

5 Se describe al menos una realización y variaciones, combinaciones y/o modificaciones de la o las realizaciones y/o características de la o las realizaciones realizadas por una persona con experiencia normal en la técnica están dentro del alcance de la divulgación. Realizaciones alternativas que resultan de combinar, integrar y/u omitir características de la o las realizaciones también están dentro del alcance de la divulgación. Cuando se especifiquen intervalos o limitaciones numéricos, debe entenderse que tales intervalos o limitaciones expresos incluyen intervalos iterativos o limitaciones de magnitud similar que caen dentro de los intervalos o las limitaciones expresados explícitamente (por ejemplo, de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye 2, 3, 4, etc., mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). Por ejemplo, siempre que se describa un intervalo numérico con un límite inferior, R_i y un límite superior, R_s , cualquier número que caiga dentro del intervalo se describe específicamente. En particular, se describen específicamente los siguientes números dentro del intervalo: $R = R_i + k * (R_s - R_i)$, en donde k es una variable que oscila entre 1 por ciento y 100 por ciento con un incremento de 1 por ciento, es decir, k es 1 por ciento, 2 por ciento, 3 por ciento, 4 por ciento, 5 por ciento, ..., 50 por ciento, 51 por ciento, 52 por ciento, ..., 95 por ciento, 96 por ciento, 97 por ciento, 98 por ciento, 99 por ciento o 100 por ciento. Además, también se describe específicamente cualquier intervalo numérico definido por dos números R tal como se define arriba. El uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación significa que el elemento es requerido o, alternativamente, el elemento no es requerido, ambas alternativas están dentro del alcance de la reivindicación. El uso de términos más amplios tales como comprende, incluye y tiene deben ser entendidos que proporcionan un soporte para términos más restringidos tales como que consiste en, consiste esencialmente en, y comprende sustancialmente. En consecuencia, el alcance de protección no está limitado por la descripción recogida anteriormente, sino que está definido por las reivindicaciones que siguen, incluyendo ese alcance todos los equivalentes de la materia objeto de las reivindicaciones. Todas y cada una de las reivindicaciones se incorporan como una divulgación adicional en la memoria descriptiva, y las reivindicaciones son una(s) realización(es) de la presente divulgación. La discusión de una referencia en la divulgación no es una admisión de que sea técnica anterior, especialmente cualquier referencia que tenga una fecha de publicación posterior a la fecha de prioridad de esta solicitud. La divulgación de todas las patentes, solicitudes de patentes y publicaciones citadas en la divulgación se incorporan aquí como referencia, en la medida en que proporcionan detalles a modo de ejemplo, de procedimiento u otros detalles adicionales a la divulgación.

30 Aunque se han proporcionado varias realizaciones en la presente divulgación, debe entenderse que los sistemas y métodos descritos pueden incorporarse en muchas otras formas específicas, sin apartarse del espíritu o alcance de la presente divulgación. Los presentes ejemplos deben considerarse como ilustrativos y no restrictivos, y la intención no debe limitarse a los detalles que se proporcionan en este documento. Por ejemplo, los diversos elementos o componentes pueden combinarse o integrarse en otro sistema o ciertas características pueden omitirse o no implementarse

40 Además, técnicas, sistemas, subsistemas y métodos descritos e ilustrados en las diversas realizaciones como discretos o separados pueden combinarse o integrarse con otros sistemas, módulos, técnicas o métodos sin apartarse del alcance de la presente descripción. Otros elementos mostrados o discutidos como acoplados o acoplados directamente o que se comunican entre sí pueden estar acoplados indirectamente o comunicar a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio ya sea eléctrica, mecánicamente o de otro modo. Otros ejemplos de cambios, sustituciones y alteraciones son comprobables por un experto en la técnica y podrían realizarse sin apartarse del espíritu y el alcance descritos en este documento.

REIVINDICACIONES

1. Un receptor óptico (100), que comprende:
 un detector de trama (130) configurado para recibir una señal polarizada que comprende un primer flujo de bits y un segundo flujo de bits y configurado, además, para identificar una pluralidad de tramas en el primer el flujo de bits y el segundo flujo de bits utilizando una cabecera compuesta; y
 un ecualizador de dominio de tiempo (TDEQ) (150), configurado para separar el primer flujo de bits y el segundo flujo de bits utilizando una porción de la cabecera compuesta;
 en donde la cabecera compuesta comprende:
 un post-ámbulo que corresponde a una primera trama en las tramas y que está situado en el extremo de la primera trama; y
 un pre-ámbulo y una cabecera correspondiente a una segunda trama en las tramas que es posterior a la primera trama,
 en donde el TDEQ (150) utiliza la cabecera para separar una trama que corresponde al primer flujo de bits de una trama que corresponde al segundo flujo de bits.
2. El receptor óptico de la reivindicación 1, en donde la primera trama y la segunda trama no se solapan.
3. El receptor óptico de la reivindicación 1, en donde la cabecera compuesta comprende aproximadamente 16 bits, la cabecera comprende aproximadamente 12 bits y cada uno del pre-ámbulo y post-ámbulo comprende aproximadamente dos bits.
4. El receptor óptico de cualquier reivindicación de las reivindicaciones 1-3, en donde el TDEQ (150) está configurado, además, para compensar la interferencia entre símbolos del pre-cursor, ISI, utilizando una longitud de ponderación de respuesta de impulsos finita, FIR, basada en un tamaño del post-ámbulo y para compensar la ISI post-cursor utilizando una longitud de ponderación de FIR basada en un tamaño del pre-ámbulo.
5. El receptor óptico de cualquier reivindicación de las reivindicaciones 1-4, que comprende, además:
 un primer convertidor analógico a digital., ADC, (110) y un segundo ADC (112);
 un primer ecualizador de dominio de frecuencia, FDEQ, (120) acoplado al primer ADC (110), el segundo ADC (112) y el detector de trama (130);
 un tercer ADC (114) y un cuarto ADC (116);
 un segundo FDEQ (122, acoplado al tercer ADC (114), el cuarto ADC (116) y el detector de trama (130);
 un demultiplexor (140) acoplado al detector de trama (130), el primer FDEQ (120), el segundo FDEQ (122) y el TDEQ (150);
 un desmapeador (160) acoplado al TDEQ (150); y
 un multiplexor (170) acoplado al desmapeador (160).
6. El receptor óptico de cualquier reivindicación de las reivindicaciones 1-4, en donde el primer flujo de bits corresponde a una señal óptica polarizada en x, y en donde el segundo flujo de bits corresponde a una señal óptica polarizada en y.
7. Un método, que comprende:
 recibir (410) una señal que comprende una primera señal óptica polarizada y una segunda señal óptica polarizada; obtener una cabecera compuesta, la cabecera compuesta comprende un post-ámbulo, un pre-ámbulo y una cabecera de la señal;
 detectar (420) una primera trama en la primera señal óptica polarizada y una segunda trama en la segunda señal óptica polarizada utilizando el post-ámbulo, el pre-ámbulo y la cabecera; y
 separar (430) la primera trama de la segunda trama utilizando la cabecera;
 en donde el post-ámbulo de la cabecera compuesta corresponde a la primera trama en las tramas y está situado en el extremo de la primera trama; y

el pre-ámbulo y la cabecera corresponden a la segunda trama en las tramas que es posterior a la primera trama.

8. El método de la reivindicación 7, en el que la cabecera comprende una secuencia de bits que tiene una función de correlación cruzada, configurada para separar la primera trama.

5 9. El método de la reivindicación 8, en el que la función de correlación cruzada comprende un intervalo de valores sustancialmente cero frente al tiempo.

10. El método de la reivindicación 8, en el que la secuencia de bits corresponde a un tono complejo individual, que tiene un componente de frecuencia positivo y un componente de frecuencia negativo.

11. El método de la reivindicación 8, en el que la secuencia de bits corresponde a un tono piloto expandido que tiene una pluralidad de componentes de frecuencia positivos y una pluralidad de componentes de frecuencia negativos.

10 12. El método de la reivindicación 8, en el que el post-ámbulo, el pre-ámbulo y la cabecera comprenden una secuencia de bits que tiene una función de auto-correlación, configurada para detectar la primera trama y la segunda trama en la señal.

13. El método de la reivindicación 12, en el que la función de auto-correlación mejorada comprende un solo valor de aproximadamente uno a un valor de aproximadamente cero en otra parte.

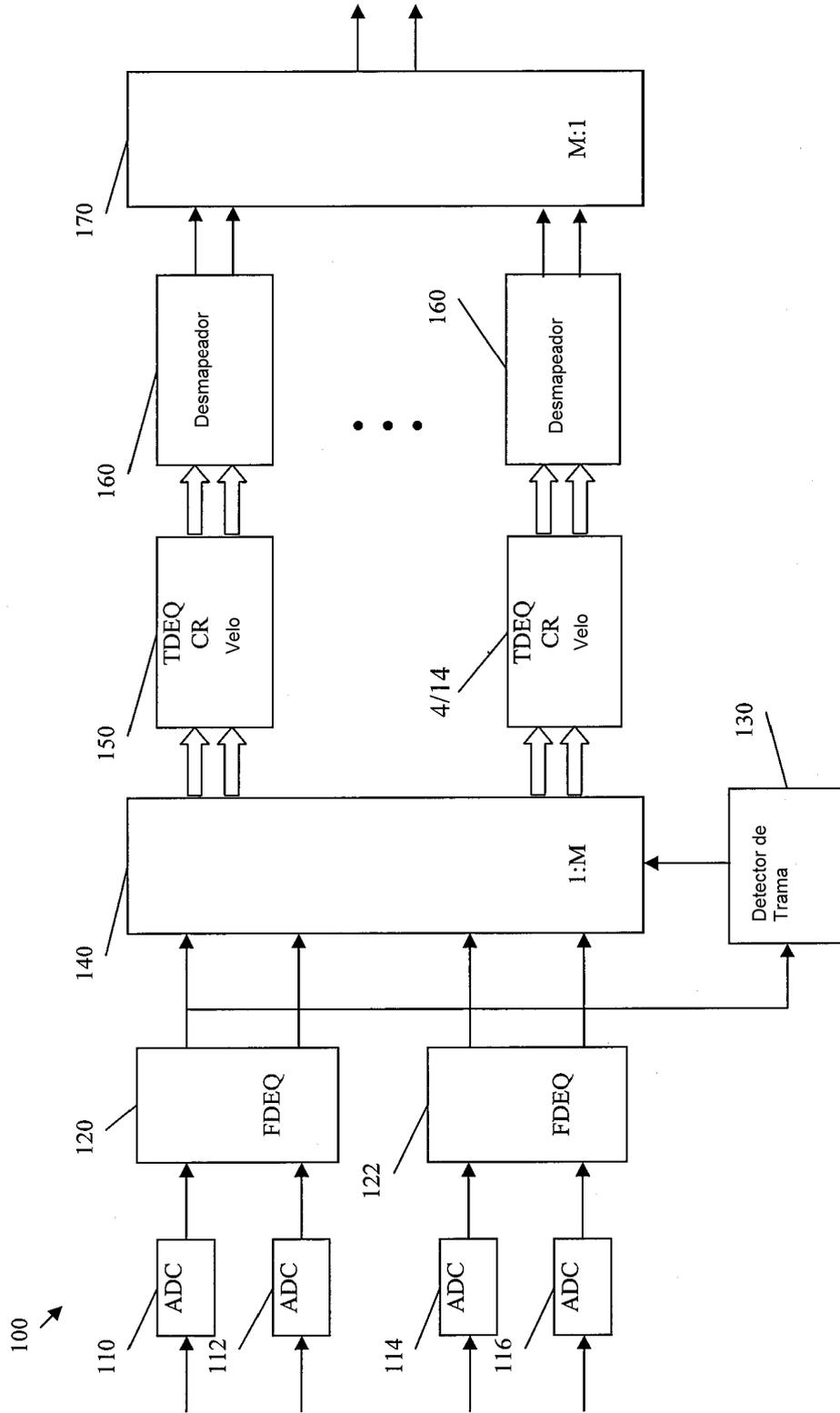


FIG. 1

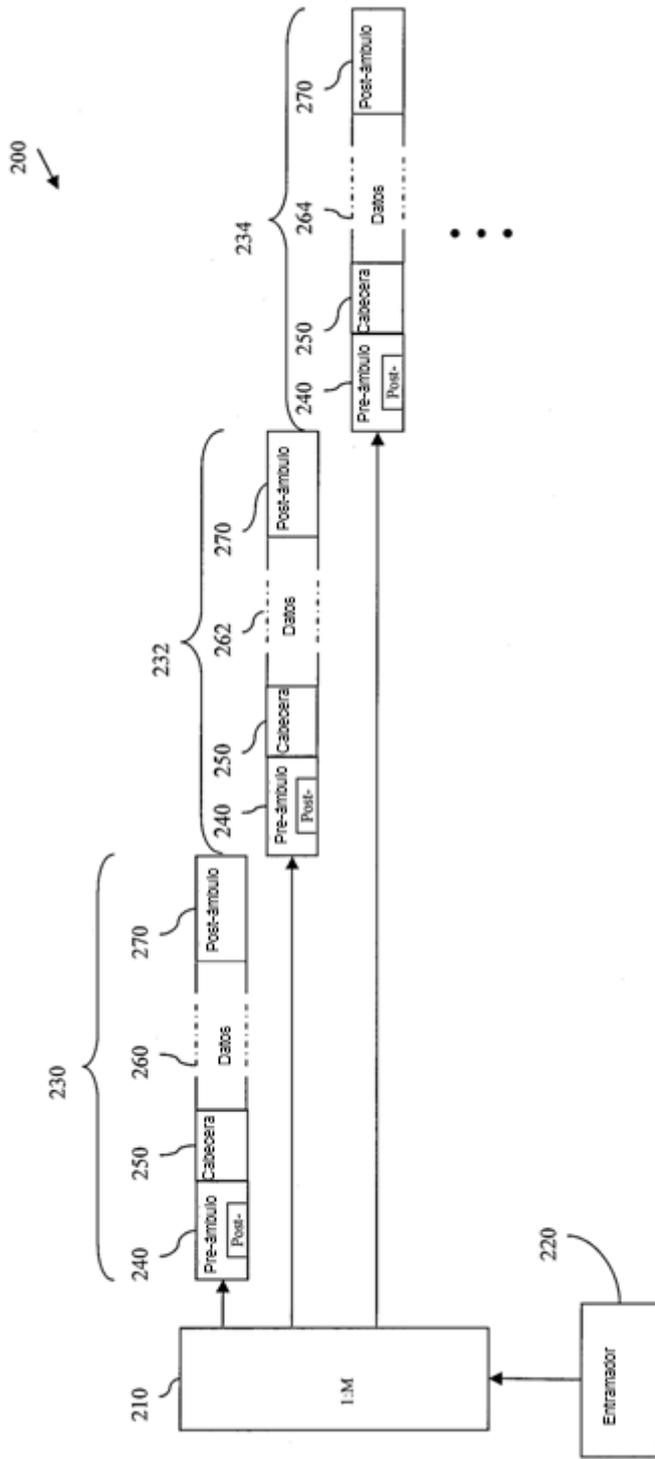


FIG. 2

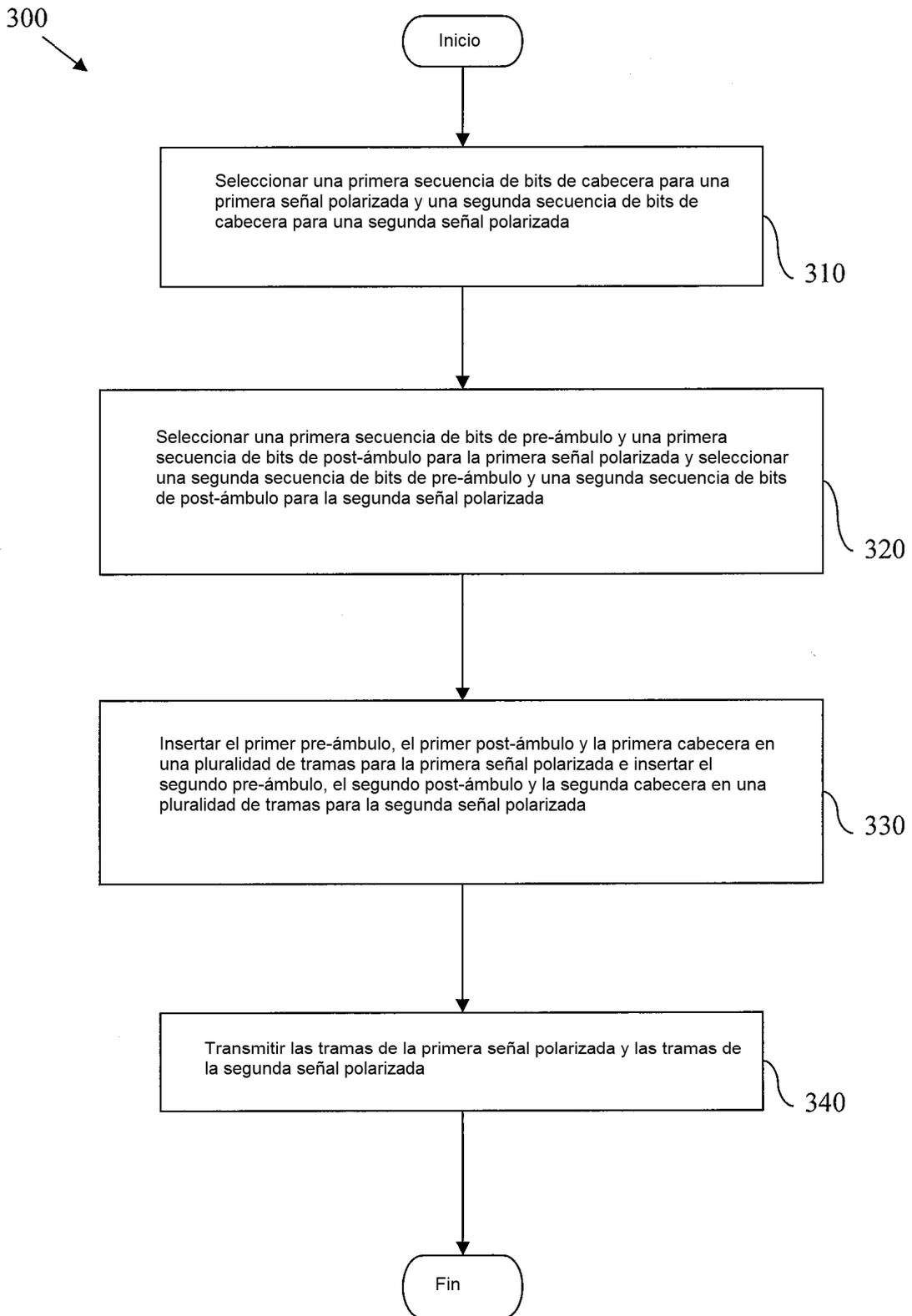


FIG. 3

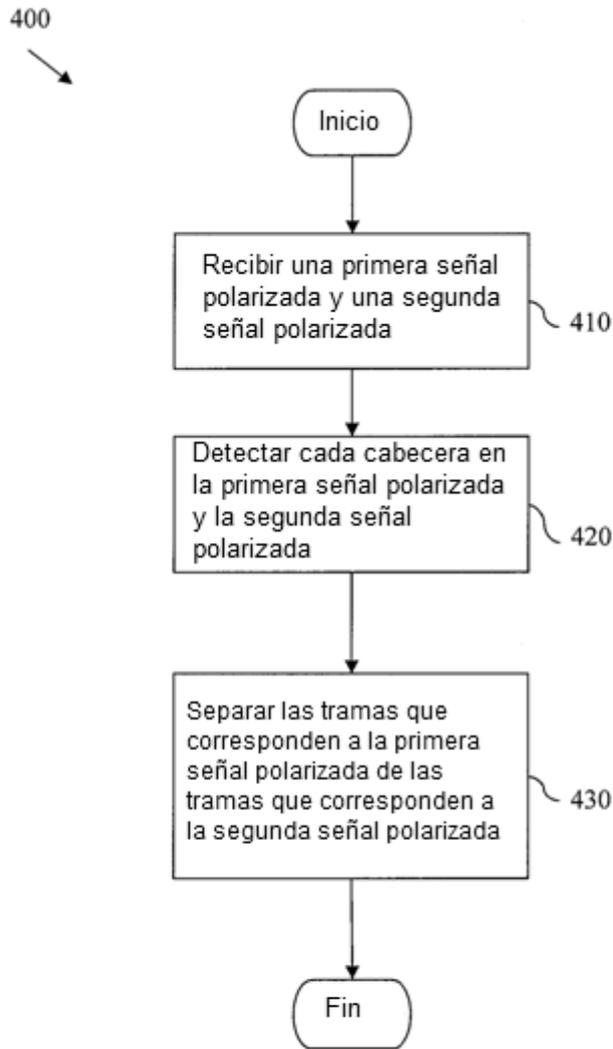


FIG. 4

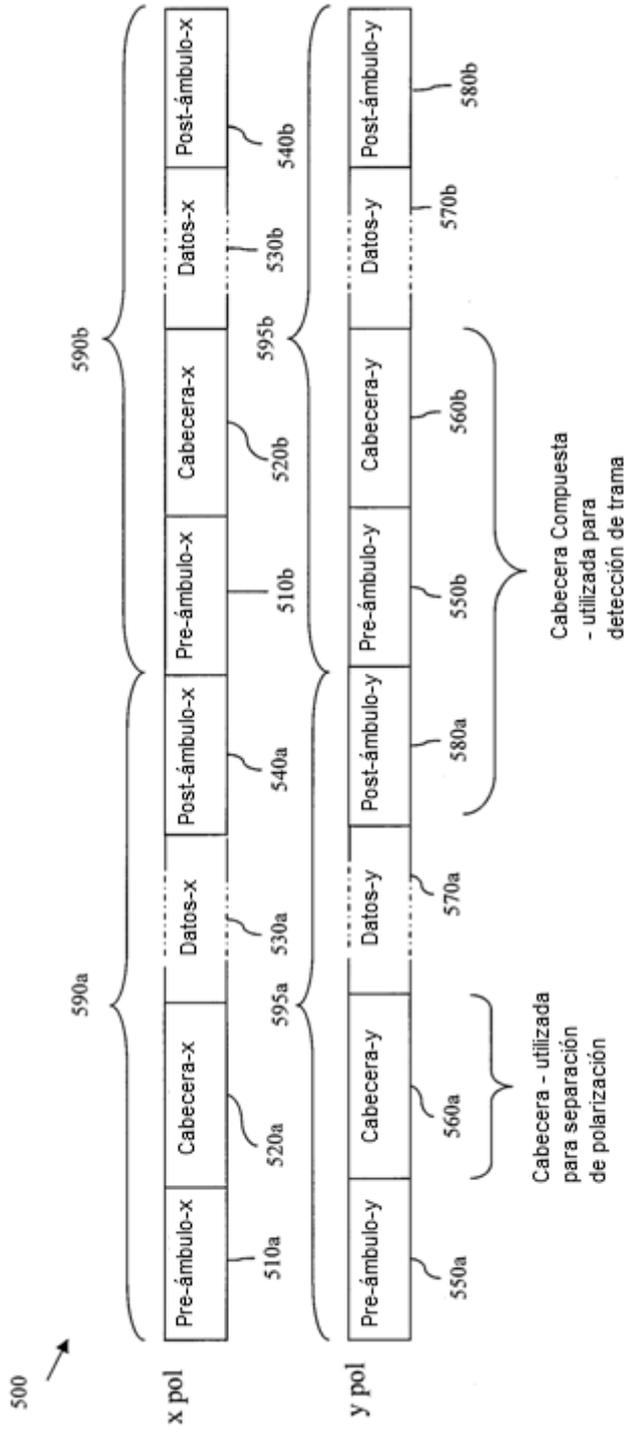


FIG. 5

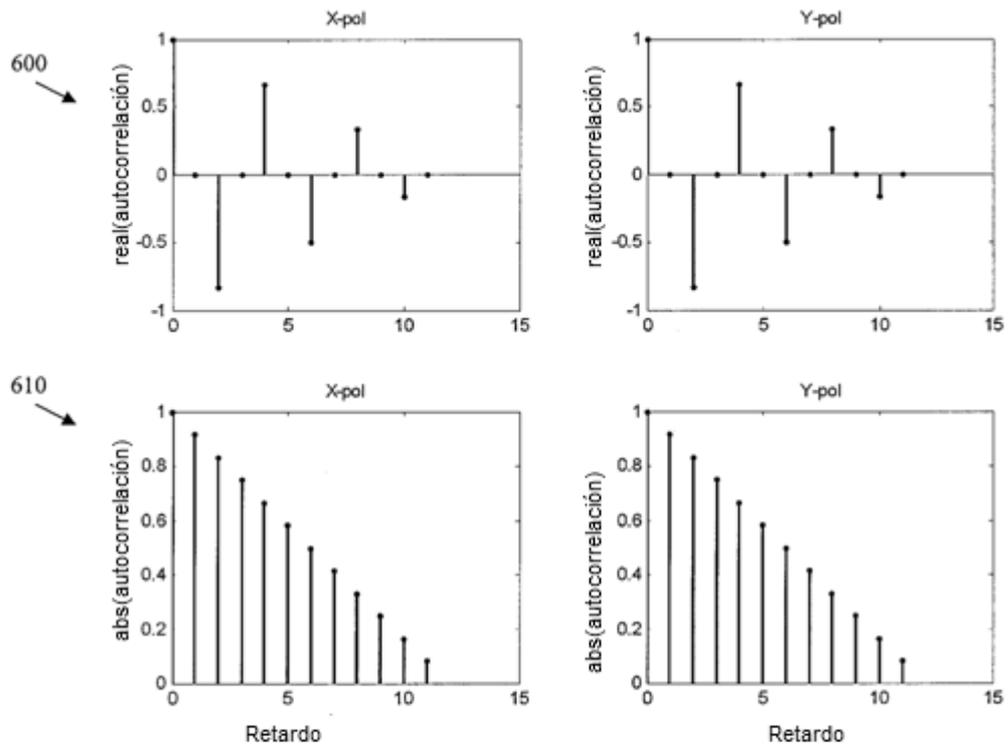


FIG. 6

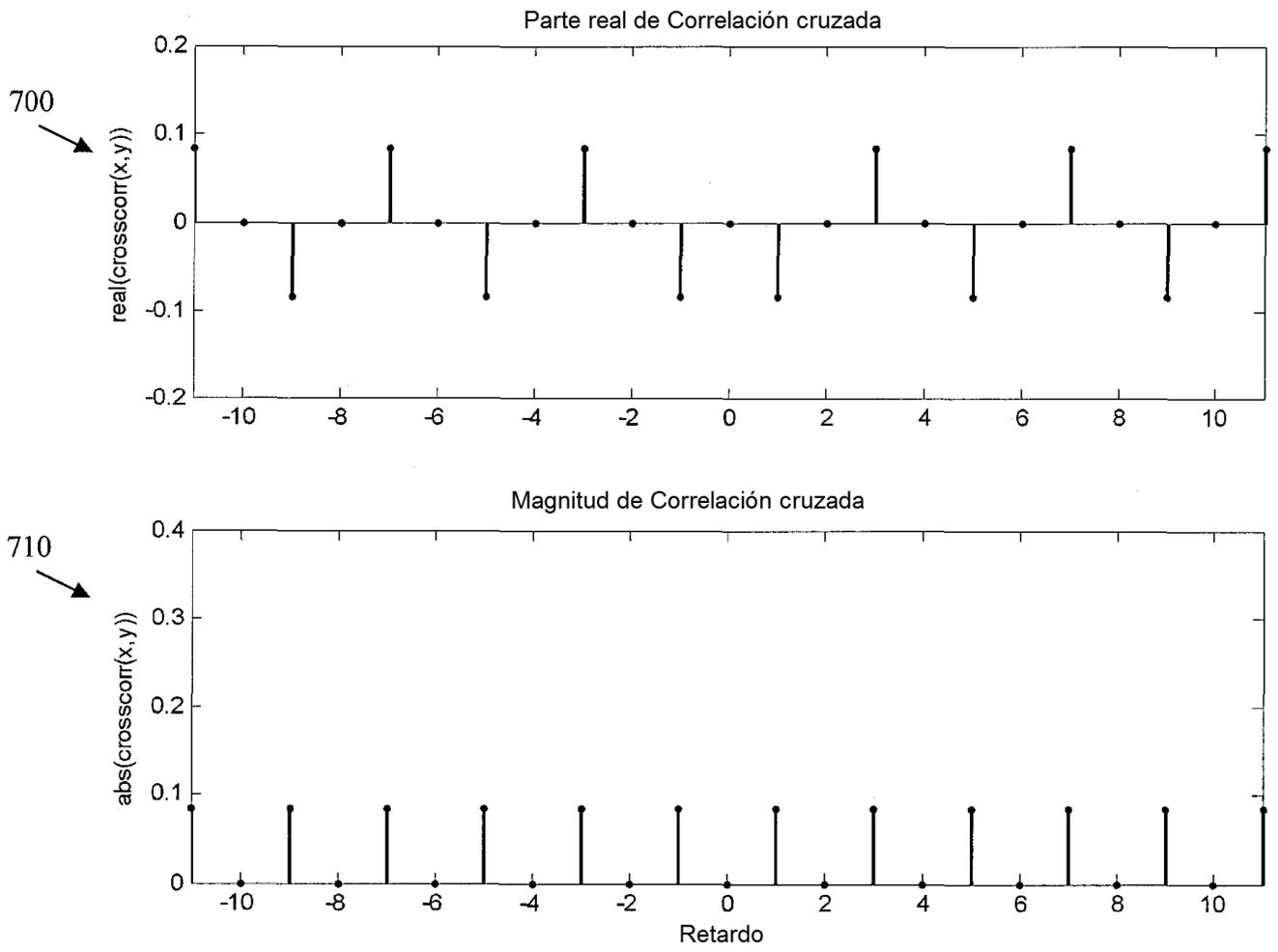


FIG. 7

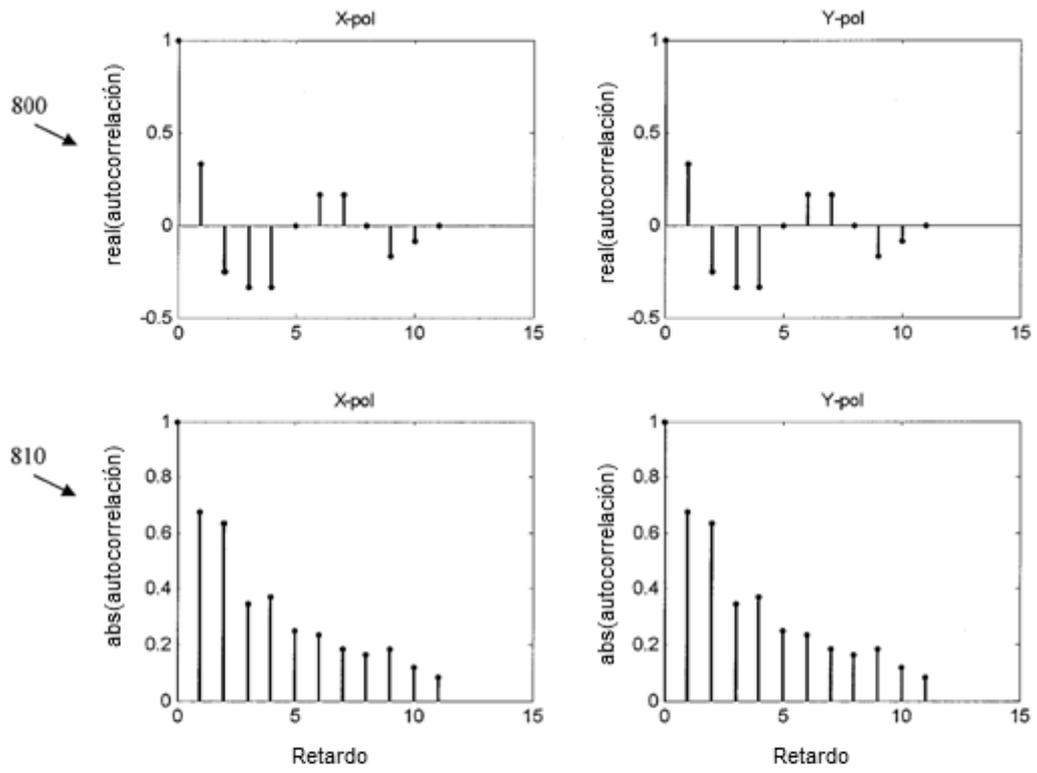


FIG. 8

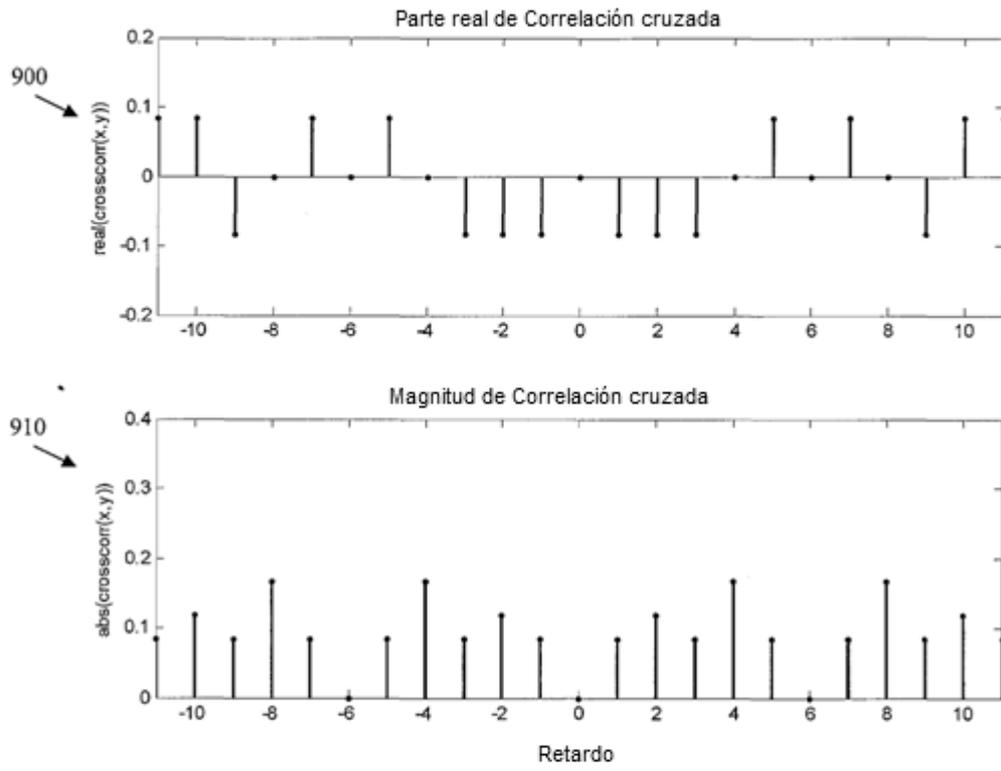


FIG. 9

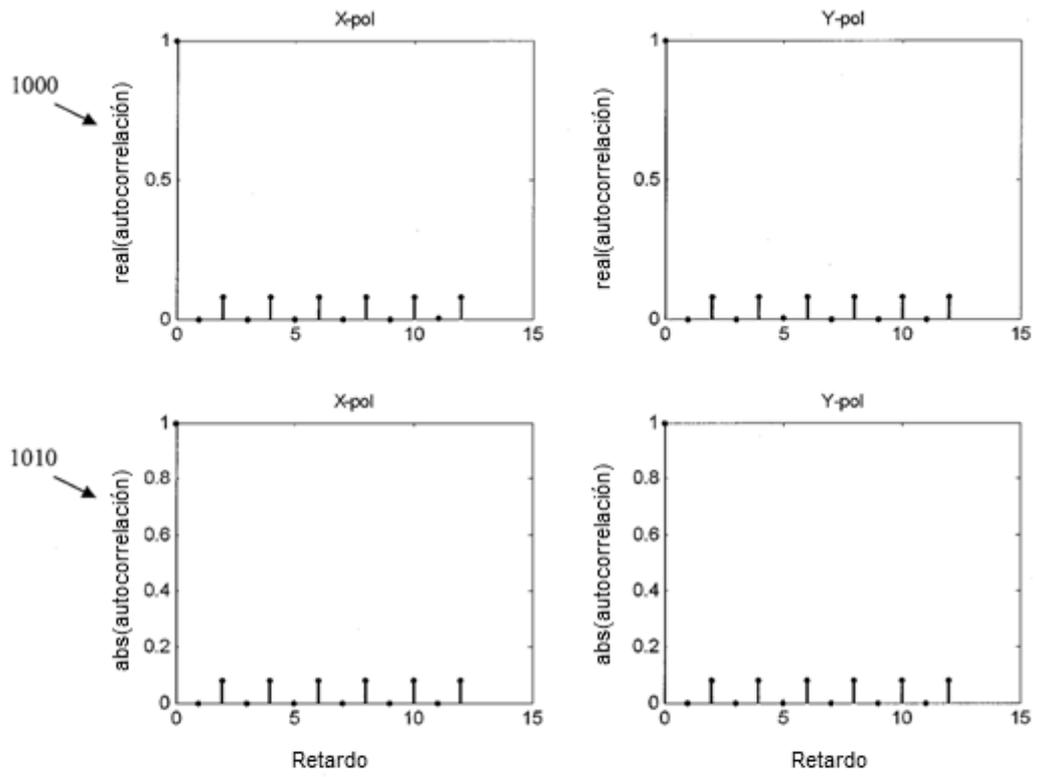


FIG. 10

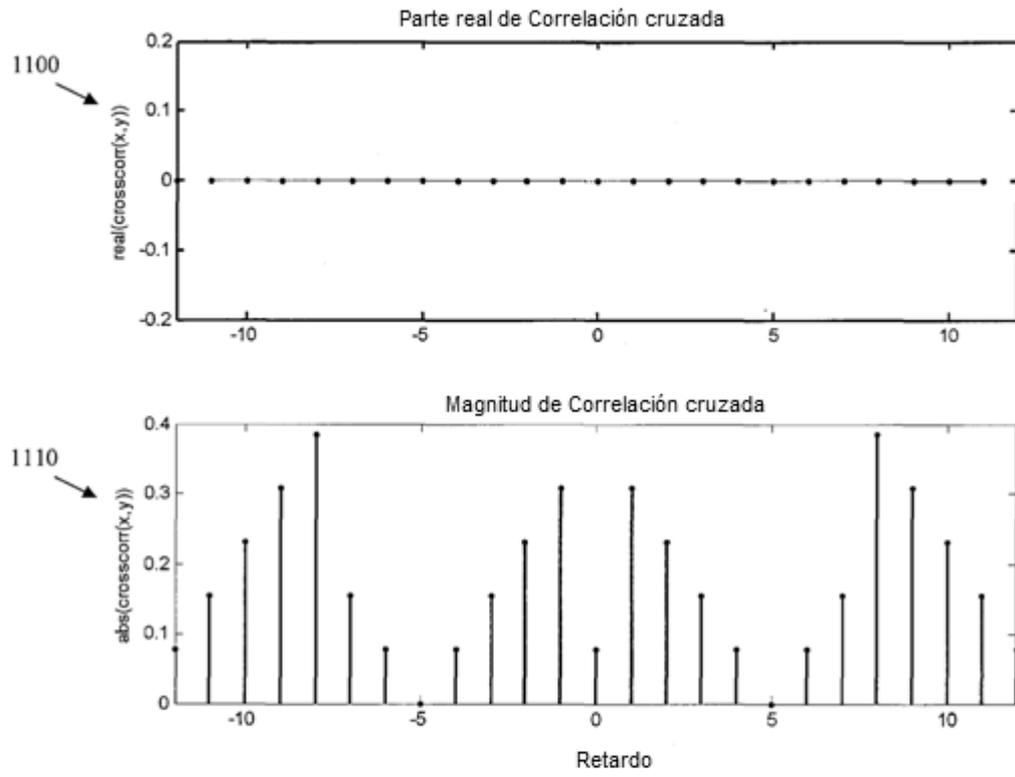


FIG. 11

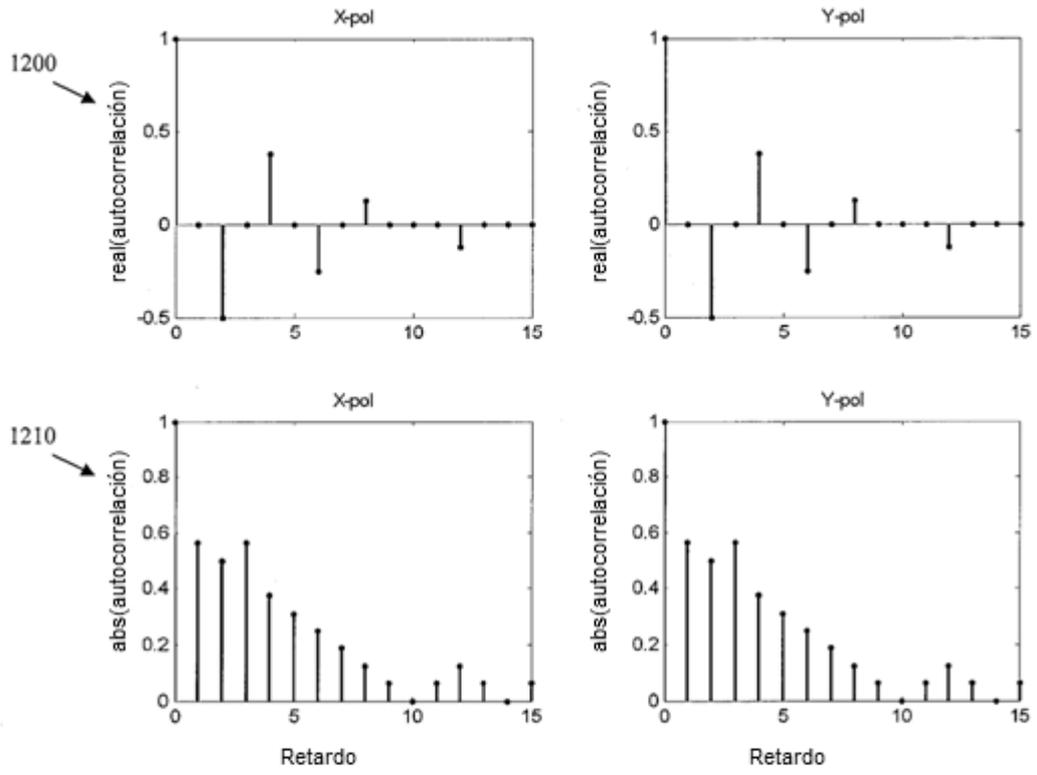


FIG. 12

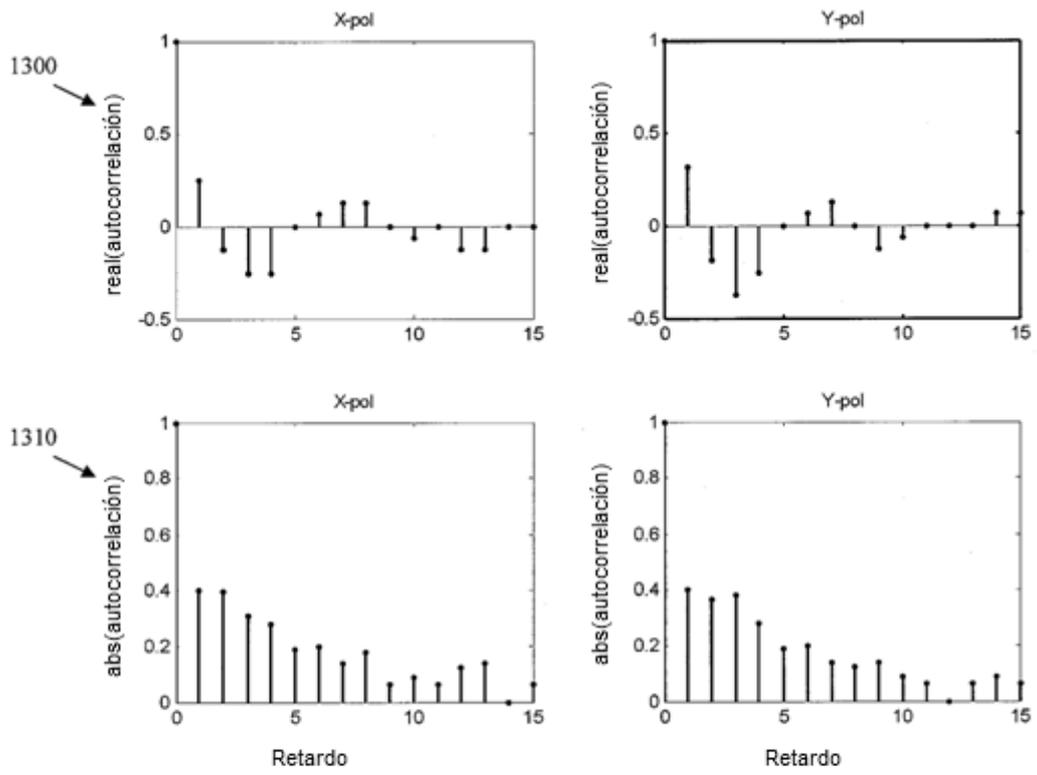


FIG. 13

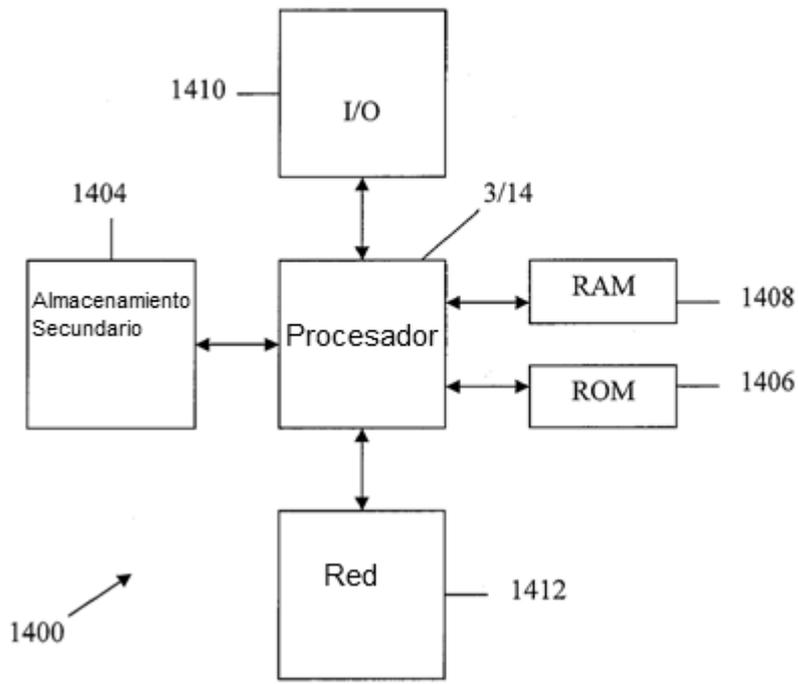


FIG. 14