

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 725 648**

51 Int. Cl.:

H04L 27/00	(2006.01)
H04L 27/34	(2006.01)
H04L 25/03	(2006.01)
H04J 9/00	(2006.01)
H04J 3/22	(2006.01)
H04B 10/2569	(2013.01)
H04L 27/38	(2006.01)
H04B 10/69	(2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.06.2015 PCT/CN2015/081575**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15192771**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2015 E 15809046 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 3146690**

54 Título: **Método y aparato para recuperar señales de QAM moduladas híbridas en el dominio del tiempo**

30 Prioridad:

18.06.2014 US 201414308315

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.09.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**ZHANG, ZHUHONG y
LI, CHUANDONG**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 725 648 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 recuperar señales de QAM moduladas híbridas en el dominio del tiempo

Campo

- 5 La presente invención, generalmente, se relaciona con el campo de la modulación de amplitud en cuadratura (QAM). Más específicamente, la presente invención se relaciona con la recuperación de señal de QAM modulada híbrida en el dominio del tiempo.

Antecedentes

- 10 En comunicaciones ópticas, se han utilizado muchos esquemas de modulación para transportar datos. La manipulación encendido-apagado (OOK) es un esquema de modulación que se ha utilizado, donde los datos se codifican utilizando la variación de intensidad de señal. OOK introduce tonos característicos fuertes en la señal en el dominio de la frecuencia, los cuales pueden detectarse como variaciones de intensidad periódicas en la señal. Para detectar las señales, se utiliza un esquema de recuperación de reloj convencional para obtener la información de sincronización en los tonos, tal como filtrando las intensidades de señal detectadas utilizando un filtro de paso de banda estrecha.

- 15 La Modulación por Desplazamiento de Fase (PSK), la PSK Diferencial (DPSK), la PSK en Cuadratura (QPSK) y la QPSK Diferencial (DQPSK) son otros esquemas de modulación que se han utilizado más recientemente. En tales esquemas de modulación, los datos se codifican utilizando la variación de fase de señal. La modulación basada en fase de cuadratura se ha estado utilizando ampliamente durante muchos años para lograr alta eficiencia de espectro en sistemas de comunicaciones de radiofrecuencia (RF), incluyendo los sistemas de comunicaciones ópticas multiplexadas por polarización.

- 20 En sistemas de comunicaciones ópticas multiplexados por polarización, se transportan dos señales en una longitud de onda a dos estados de polarización lineal ortogonales, donde una señal se modula en un estado de polarización ortogonal y la otra señal se modula en el otro estado de polarización ortogonal. La modulación de fase en cuadratura en sistemas de comunicaciones ópticas multiplexados por polarización puede lograr acerca de una mejora cuádruple en eficiencia de transmisión, p.ej., en comparación con otros esquemas de modulación.

- 25 El documento de XIANG ZHOU ET. AL.: "Rate-adaptable optics for next generation long-haul transport networks", IEEE COMMUNICATION MAGAZINE, vol. 51, n.º. 3, 1 marzo de 2013 (2013-03-01), páginas 41-49, XP011505041, ISSN: 0163-6804, da a conocer un receptor óptico de QAM híbrido en el dominio del tiempo, donde se realiza la compensación de dispersión en modo de polarización (PMD) y el rastreo de polarización.

30 Resumen

- En una realización, se da a conocer un método para recuperar una señal modulada por amplitud en cuadratura (QAM), también se da a conocer una realización para un aparato correspondiente al método. El método incluye recibir una señal de QAM en un demultiplexor, dónde la señal de QAM comprende k esquemas de modulación, dividir la señal de QAM en k ramas, una rama para cada uno de los k esquemas de modulación, y en donde cada una de las ramas tiene un ecualizador, pasar la rama que tenga el esquema de modulación de QAM de orden más bajo a un primer ecualizador para recuperar y rastrear la polarización, y compensar la dispersión en modo de polarización (PMD), actualizar un algoritmo de actualización de derivación con un valor de recuperación determinado por el primer ecualizador mediante los $k - 1$ ecualizadores restantes y recuperar y rastrear la polarización y compensar la PMD para todas las demás ramas en base al valor de recuperación, donde la ecualizadores operan en paralelo, pasando cada una de las ramas compensadas a unidades de corrección de fase, en donde cada una de las ramas tiene una unidad de corrección de fase y las unidades de corrección de fase operan en paralelo, recuperar y rastrear la fase de portadora de la señal de QAM de orden más bajo de una primera unidad de corrección de fase para derivar una señal de error y recuperar y rastrear la fase de portadora de las ramas de señal de QAM restantes en base en la señal de error.

45 Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y forman una parte de esta memoria descriptiva, ilustran realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención:

La Figura 1 es un diagrama de bloques de bloques de datos de transmisión ejemplares para QAM híbrida en el dominio del tiempo.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de distribución de datos de símbolo intercalado y de bloque intercalado ejemplares para QAM híbrida en el dominio del tiempo.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de un ecualizador de múltiple entrada múltiple salida (MIMO) estructurado maestro-esclavo ejemplar, de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

5 La Figura 4 es un diagrama de bloques de un circuito de recuperación de fase de portadora estructurado maestro-esclavo ejemplar, de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

La Figura 5 es un diagrama de constelación de una transmisión de QAM híbrida (4QAM y 8QAM) ejemplar, de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

Descripción detallada

10 Ahora, se hará referencia en detalle a varias realizaciones. Mientras que el objeto se describirá junto con las realizaciones alternativas, se entenderá que no pretenden limitar el objeto reivindicado a estas realizaciones.

Además, en la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos para proporcionar una comprensión completa del objeto reivindicado. Sin embargo, se reconocerá por los expertos en la técnica que las realizaciones pueden practicarse sin estos detalles específicos o con equivalentes de los mismos. En otros
15 ejemplos, no se han descrito en detalle métodos, procedimientos, componentes y circuitos bien conocidos para no complicar innecesariamente aspectos y características del objeto.

Partes de la descripción detallada que sigue se presentan y discuten en términos de un método. Aunque los pasos y la secuenciación de los mismos pueden darse a conocer en una figura en el presente documento que describe las operaciones de este método, tales pasos y secuenciación son ejemplares. Las realizaciones son muy adecuadas
20 para realizar otros diversos pasos o variaciones de los pasos recitados en el diagrama de flujo de las figuras en el presente documento y, en otra secuencia de la mostrada y descrita en el presente documento.

Algunas partes de la descripción detallada, se presentan en términos de procedimientos, pasos, bloques lógicos, procesamientos y otras representaciones simbólicas de operaciones sobre bits de datos que pueden realizarse en memoria de computadora. Estas descripciones y representaciones son los medios utilizados por los expertos en las técnicas de procesamiento de datos para transferir de manera más efectiva la sustancia de su trabajo a otros
25 expertos en la técnica. Un procedimiento, paso ejecutado por computadora, bloque lógico, proceso, etc. está aquí y, en general, concebido para ser una secuencia coherente de pasos o instrucciones que conducen a un resultado deseado. Los pasos son aquellos que requieren manipulaciones físicas de cantidades físicas. Por lo general, aunque no necesariamente, estas cantidades toman la forma de señales eléctricas o magnéticas que pueden almacenarse,
30 transferirse, combinarse, compararse y manipularse de otra manera en un sistema informático. En ocasiones se ha demostrado que es conveniente, principalmente por razones de uso común, referirse a estas señales como bits, valores, elementos, símbolos, caracteres, términos, números o similares.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que todos estos y otros términos similares deben asociarse con las cantidades físicas apropiadas y son simplemente etiquetas convenientes que se aplican a estas cantidades. A menos que
35 específicamente se indique lo contrario, como se desprende de las siguientes discusiones, se aprecia que en todas las discusiones se utilizan términos como “acceder”, “escribir”, “incluir”, “almacenar”, “transmitir”, “atravesar”, “asociar”, “identificar” o similares, se refieren a la acción y los procesos de un sistema informático, o dispositivo informático electrónico similar, que manipula y transforma los datos representados como cantidades físicas (electrónicas) dentro de los registros y memorias del sistema informático, en otros datos representados de manera
40 similar como cantidades físicas dentro de las memorias o registros del sistema informático u otros dispositivos de almacenamiento, de transmisión o de visualización de información similares.

Método y aparato para recuperar señales de QAM modulada híbridas en el dominio del tiempo

En el presente documento se describe un circuito de recuperación de fase de portadora y polarización estructurada maestra y esclava eficiente de hardware para recuperar señales de QAM híbridas en el dominio del tiempo. Un
45 circuito maestro procesa la QAM de orden más bajo y deriva una señal de error para convergir el ecualizador y la fase de portadora de rastreo. Uno o más circuitos esclavos procesan señales de QAM de orden más alto aplicando directamente la ecualización y la fase de portadora recuperada derivadas a partir de la QAM de orden más bajo a la señal de QAM de orden más alto. Como tal, las transmisiones adaptativas de tasa continua que utilizan el híbrido en el dominio del tiempo pueden aumentar la eficiencia espectral.

Como se muestra en la Figura 1, los datos de transmisión pueden dividirse en bloques contiguos, con símbolos de entrenamiento insertados en el encabezado de cada uno de los bloques, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Los datos (p. ej., los datos 101 y 102) se transmiten como una QAM híbrida en el dominio del tiempo, con los bloques de datos de símbolo intercalado (lado izquierdo de la Figura 2) o de bloque intercalado (lado derecho de la Figura 2). Los ecualizadores de entrada múltiple salida múltiple (MIMO) configurados en paralelo, se utilizan para recuperar la polarización y compensar la dispersión en modo de polarización (PDM) de una señal de QAM multiplexada por polarización. De acuerdo con algunas realizaciones, la complejidad del hardware es proporcional no solo al orden de la señal de QAM, sino también al algoritmo del ecualizador.

Para las señales de símbolo intercalado y de bloque intercalado, como se muestra en la Figura 2, las muestras digitales recibidas se distribuyen a k ramas en base a su orden de QAM. Por ejemplo, la señal 200 de símbolo intercalado organiza múltiples muestras por encabezado (p. ej., muestras 201, 202 y 203) en un solo flujo de datos utilizando un distribuidor 204 de símbolo $1:k * k$. También se puede utilizar una estructura 210 de bloque intercalado, donde cada una de las muestras (p. ej., las muestras 211, 212 y 213) se distribuye con un encabezado que utiliza un distribuidor 214 de bloques $1:k$. De acuerdo con algunas realizaciones, tanto la ecualización de MIMO como la recuperación de fase se pueden realizar para una señal de símbolo intercalado, mientras que la ecualización de MIMO se puede realizar solo para una señal de bloque intercalado debido a cambios rápidos en la fase.

Ahora, con respecto a la Figura 3, los ecualizadores de entrada múltiple salida múltiple (MIMO) estructurados maestro-esclavo para recuperar y rastrear la polarización y compensar la dispersión en modo de polarización (PMD), se representan de acuerdo con las realizaciones de la presente divulgación. Un vapor 301 de muestra digital se entra y se demultiplexa en k ramas en el demultiplexor 302 para una señal que comprende k esquemas de modulación. Por ejemplo, $k = 3$ cuando una señal comprende esquemas de modulación de QPSK, de 8QAM y de 16QAM. Las k ramas del demultiplexor 302 emite tramas a uno de los k ecualizadores de MIMO (p. ej., los ecualizadores 303, 304 y 305 de MIMO) y se procesan en paralelo. Uno de los ecualizadores de MIMO de rama k (p. ej., el ecualizador 303 de MIMO) es un ecualizador maestro y tiene un circuito 306 de actualización de coeficiente (W) de toma. El ecualizador maestro procesa la QAM de orden más bajo para derivar una señal de error para recuperar y rastrear la polarización y compensar la PMD. En lugar de calcular un nuevo coeficiente de toma para cada una de las ramas, los ecualizadores de las $k - 1$ ramas restantes se configuran como esclavos. Los ecualizadores esclavos utilizan el mismo valor W que el ecualizador maestro para compensar el error. En otras palabras, la actualización de la toma se realiza solo en base a la señal de QAM de orden más bajo del ecualizador maestro.

Con este MIMO paralelo estructurado maestro-esclavo, el hardware utilizado para actualizar el MIMO se reduce al menos a $1 / k$ de un circuito de actualización convencional para un k híbrido de señal de QAM. Dado que las muestras de la modulación de QAM de orden más bajo se distribuyen al ecualizador maestro, el circuito de actualización de toma se implementa con el estado más bajo de cálculo de señal de error y logra una complejidad de hardware sustancialmente menor. De acuerdo con algunas realizaciones, las señales 401, 402 y 403 ecualizadas se emiten para la recuperación de fase (véase la Figura 4).

Con respecto a la Figura 4, se ilustra una unidad 400 de recuperación de fase de portadora maestra-esclava ejemplar para recuperar y rastrear la fase de portadora, de acuerdo con realizaciones de la presente divulgación. La salida (p. ej., salida 401, 402 y 403) de los ecualizadores de MIMO (p. ej., los ecualizadores 303, 304 y 305 de MIMO) se pasa a las QAM de corrección de fase (p. ej., QAM 404, 405 y 406 de Corrección de Fase) y se procesan en paralelo. El circuito 407 de recuperación (CR) de fase de portadora recupera la señal de QAM de orden más bajo a partir de una QAM de Corrección de Fase maestra (p. ej., QAM 404 de Corrección de Fase) para derivar una señal de error para recuperar y rastrear la fase de portadora. Las QAM de corrección de fase restantes (p. ej., QAM 405 y 406 de Corrección de Fase) se configuran como esclavas y utilizan la señal de error determinada por el CR 407 utilizando la señal de QAM de orden más bajo para la compensación de error.

La complejidad del hardware del CR se reduce al menos a $1 / k$ del circuito de recuperación de portadora convencional para un k híbrido de señal de QAM. Se requiere el circuito de recuperación de fase de portadora para recuperar y rastrear los cambios de fase y de frecuencia de la señal recibida. Puesto que la variación de fase es mucho más rápida que la polarización, la QAM híbrida en el dominio del tiempo de bloque intercalado tiene que emplear circuitos de recuperación de portadora convencionales, ya sea un bucle de bloqueo de fase digital o una recuperación de fase de Viterbi. El CR recupera una fase Φ de portadora en base a muestras digitales de la modulación de QAM de orden más bajo y se aplica a todas las muestras de QAM. Debido a que las muestras que tienen la modulación QAM de orden más bajo se utilizan para la fase de recuperación, se reduce aún más la complejidad del hardware.

Con respecto a la Figura 5, se representa un diagrama de constelación ejemplar de una transmisión de QAM híbrida (4QAM y 8QAM) de acuerdo con realizaciones de la presente invención. Cada uno de los rectángulos representa un

símbolo de datos en el eje horizontal (dominio del tiempo). Como se muestra, una 4QAM tiene 4 símbolos posibles (utilizados el 67 % del tiempo) y una señal de 8QAM tiene 8 símbolos posibles (utilizados el 33% del tiempo), de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para recuperar una señal modulada por amplitud en cuadratura, QAM, el método que comprende:
 recibir una señal de QAM en un demultiplexor (302), en donde la señal de QAM comprende k esquemas de modulación;
 5 dividir la señal de QAM en k ramas, una rama para cada uno de los k esquemas de modulación, en donde cada una de las ramas tiene un ecualizador (303, 304, 305);
 pasar la rama que tenga el esquema de modulación de QAM de orden más bajo a un primer ecualizador (303) para recuperar y rastrear la polarización y compensar la dispersión en modo de polarización, PMD;
 10 actualizar un algoritmo de actualización de toma con un valor de recuperación determinado por el primer ecualizador (303); y
 recuperar y rastrear la polarización y compensar la PMD para todas las demás ramas mediante los $k - 1$ ecualizadores (304, 305) restantes en base al valor de recuperación, en donde los ecualizadores operan en paralelo;
 pasar cada una de las ramas compensadas a unidades de corrección de fase, en donde cada una de las ramas tiene una unidad de corrección de fase y las unidades de corrección de fase operan en paralelo;
 15 recuperar y rastrear la fase de portadora de la señal de QAM de orden más bajo de una primera unidad de corrección de fase para derivar una señal de error; y
 recuperar y rastrear la fase de portadora de las ramas de señal de QAM restantes en base a la señal de error.
2. El método de la reivindicación 1, en donde $k = 2$ y la señal de QAM comprenden la modulación de QPSK y de 8QAM.
 20
3. El método de la reivindicación 1, en donde $k = 3$ y la señal de QAM comprende la modulación de QPSK, de 8QAM y de 16QAM.
4. El método de la reivindicación 1, la señal de QAM es de símbolo intercalado.
5. El método de la reivindicación 1, la señal de QAM es de bloque intercalado.
- 25 6. Un aparato que comprende:
 un demultiplexor (302) configurado para recibir y dividir una señal de QAM que comprende k esquemas de modulación en k ramas, una rama para cada uno de los k esquemas de modulación,
 una pluralidad de ecualizadores (303, 304, 305) configurados para recibir la señal de QAM dividida, en donde la pluralidad de ecualizadores (303, 304, 305) comprende un primer ecualizador (303) para procesar la rama
 30 que tenga el esquema de modulación de QAM de orden más bajo para recuperar y rastrear la polarización y compensar la PMD, en donde cada una de las ramas tiene un ecualizador (303, 304, 305) y los ecualizadores operan en paralelo;
 una unidad de actualización de toma para actualizar un valor de recuperación determinado por el primer ecualizador (303) y utilizado por los $k - 1$ ecualizadores (304, 305) restantes para recuperar y rastrear la polarización y compensar la PMD;
 35 una pluralidad de unidades de corrección de fase que comprenden una primera unidad de corrección de fase para recuperar y rastrear la fase de portadora de la señal de QAM de orden más bajo para derivar una señal de error, en donde cada una de las ramas tiene una unidad de corrección de fase y las unidades de corrección de fase operan en paralelo; y
 40 un circuito (407) de recuperación, CR, de fase de portadora, para actualizar la señal de error determinada por la primera unidad de corrección de fase y utilizada por las unidades de corrección de fase restantes para recuperar y rastrear la fase de portadora.
7. El aparato de la reivindicación 6, en donde la señal de QAM comprende modulación de QPSK y de 8QAM.
8. El aparato de la reivindicación 6, en donde la señal de QAM comprende modulación de QPSK, de 8QAM y de 16QAM.
 45
9. El aparato de la reivindicación 6, en donde la señal de QAM es de símbolo intercalado.

