

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 578**

21 Número de solicitud: 201731342

51 Int. Cl.:

H04B 10/60 (2013.01)

H04B 10/03 (2013.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

21.11.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

22.05.2019

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (100.0%)
Parque Científico Universidad Carlos III Leganés
Tecnológico Avda. Gregorio Peces Barba, 1
28919 LEGANES (Madrid) ES

72 Inventor/es:

MORALES CÉSPEDES, Máximo;
GARCÍA ARMADA, Ana y
VANDENDORPE, Luc André M.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

54 Título: **MÉTODO, SISTEMA Y DISPOSITIVO PARA LA RECEPCIÓN DE TRANSMISIONES ÓPTICAS MULTIUSUARIO**

57 Resumen:

Método, sistema y dispositivo para la recepción de transmisiones ópticas multiusuario.

La presente invención se refiere a un dispositivo receptor óptico para un sistema óptico multiusuario de transmisión de información a través de la luz, que comprende: dos o más fotodiodos dispuestos con distintas orientaciones geométricas para recibir señales ópticas; al menos un filtro óptico asociado a cada uno de los fotodiodos, para modificar la amplitud de las señales recibidas en función del ángulo de incidencia; donde la combinación del al menos un filtro y la orientación geométrica de cada uno de los fotodiodos genera una señal de salida linealmente independiente en cada uno de los fotodiodos.

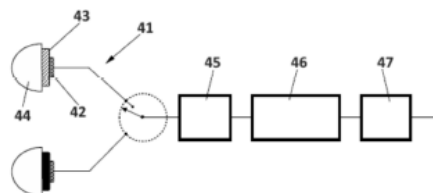


FIG. 4

DESCRIPCIÓN

MÉTODO, SISTEMA Y DISPOSITIVO PARA LA RECEPCIÓN DE TRANSMISIONES ÓPTICAS MULTIUSUARIO

5

Campo técnico de la invención

La presente invención tiene aplicación en el sector técnico de la transmisión de información a través de la luz y más concretamente en los receptores ópticos de sistemas multiusuario con múltiples fotodiodos, donde la información se transmite a través de la luz, lo que se conoce como Visible Light Communications (VLC) o Light Fidelity (LiFi).

Antecedentes de la invención

Actualmente los sistemas de transmisión de información a través de la luz son un campo de investigación profundamente activo dentro del marco de las comunicaciones móviles y la evolución hacia servicios de comunicaciones 5G. El grado de desarrollo de estas tecnologías permite, hoy en día, transmisiones a baja velocidad, pero alcanzar velocidades de transmisión elevadas exige resolver los problemas de interferencia entre diferentes transmisores lumínicos.

La transmisión a través de luz visible requiere un receptor lumínico conocido como fotodetector. Habitualmente estos fotodetectores están compuesto por un único sensor (fotodiodo) y opcionalmente un filtro capaz de seleccionar determinadas longitudes de onda. Con el fin de obtener suficiente cobertura y ofrecer una calidad de servicio adecuada, es necesario el despliegue de múltiples puntos de acceso LiFi situados a corta distancia entre ellos. Por tanto, tal y como se representa en la **figura 1**, en un escenario típico de transmisión LiFi, un fotodetector convencional (1) recibe la contribución de varios transmisores lumínicos (2-5), es decir los fotodiodos muy cercanos (6) o simétricos (7) quedan caracterizados por un canal muy similar, lo que implica que se generen interferencias y limita considerablemente las prestaciones del enlace.

Este problema afecta de manera particular a los fotodetectores compuestos de múltiples fotodiodos para aumentar el campo de visión del receptor u obtener diversidad a partir de recibir la misma señal (información) a través de distintos canales. Teniendo en cuenta la transmisión basada en modulación de la intensidad y la detección directa (IM/DD) en

sistemas ópticos, la respuesta al canal entre fotodiodos cercanos, tal y como se ha mencionado anteriormente, está muy correlada entre sí, es decir, es linealmente dependiente, lo que impide la implementación de esquemas de transmisión capaces de enviar varios flujos de datos simultáneamente.

5

Debido a la naturaleza de la transmisión a través de luz visible, el uso de modulación mediante variación de intensidad y detección directa (IM/DD), la señal recibida por un fotodiodo no está sujeta a cambios en pequeña escala. Por lo tanto, y al contrario que en la transmisión basada en radiofrecuencia, donde diversas variantes de esquemas BIA han sido propuestas haciendo uso de antenas reconfigurables capaces de modificar su diagrama de radiación de manera dinámica entre diferentes modos, la señal recibida entre fotodiodos cercanos o simétricos está altamente correlada. Asumiendo una estructura de transmisión como la mostrada en la Figura 2, el canal entre transmisor lumínico t y el fotodiodo k separados una distancia d_{kt} con un ángulo de radiación ϕ_{kt} y un ángulo de incidencia φ_{kt} (los cuales vienen determinados por el vector v_{tk} , es decir, el vector entre la fuente lumínica t y el fotodiodo k se define como

10

$$h_{kt} = \frac{\gamma A(m+1)}{2\pi d_{kt}^2} T(\varphi_{kt}) \cos^m(\phi_{kt}) \cos^n(\varphi_{kt}) \quad \text{si } \varphi_{kt} \leq \Psi_c$$

20

donde A y γ es el área de detección de la responsividad del fotodiodo, respectivamente, $T(\varphi_{kt})$ es la ganancia del filtro/concentrador del fotodiodo y los parámetros m y n están relacionados con el índice de Lambertian del transmisor lumínico y el coeficiente asociado con el campo de visión del fotodiodo Ψ_c . Así, puede comprobarse que fotodiodos cercanos con el mismo ángulo de orientación obtienen la misma respuesta de canal.

25

El estado del arte ofrece algunas propuestas para gestionar la interferencia entre los transmisores LiFi, como el uso de la topología para crear celdas amorfas para coordinar la transmisión entre diferentes puntos de acceso. Sin embargo, este tipo de técnicas requiere un enlace entre los transmisores lumínicos, así como la compartición de datos entre todos ellos y su coordinación a través de un nodo central, lo que supone elementos adicionales en el despliegue, así como una carga de señalización.

30

Por todo lo expuesto anteriormente, dado que estos problemas de interferencias entre

usuarios cercanos existe también en transmisión radio convencional y se conocen técnicas que lo pueden resolver eficientemente, sería deseable la adaptación de estas técnicas en el entorno LiFi.

5 **Sumario de la invención**

La presente invención resuelve los problemas mencionados anteriormente para aplicar técnicas de cancelación de interferencias en sistemas ópticos, ofreciendo respuestas de canal linealmente independientes entre los fotodiodos de cada usuario, lo que consigue una ganancia en multiplexación, es decir, enviar varios flujos de datos simultáneamente.

Para ello se presenta, en un primer aspecto de la presente invención, un dispositivo receptor óptico configurable para un sistema óptico multiusuario de transmisión de información a través de la luz, que comprende: dos o más fotodiodos dispuestos con distintas orientaciones geométricas para recibir dos o más señales ópticas, cada una con un ángulo de incidencia, emitidas por distintos emisores ópticos; al menos un filtro óptico asociado a cada uno de los dos o más fotodiodos, para modificar la amplitud de las dos o más señales ópticas recibidas en función del ángulo de incidencia; y donde la combinación del al menos un filtro y la orientación geométrica de cada uno de los dos o más fotodiodos genera una señal de salida linealmente independiente en cada uno de los fotodiodos.

Una de las realizaciones de la invención comprende, adicionalmente, un concentrador acoplado al al menos un filtro óptico.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema óptico multiusuario de transmisión de información a través de la luz, dicho sistema comprende: un dispositivo receptor óptico de acuerdo a cualquiera de las realizaciones de la presente invención; un módulo selector de señal, con una entrada conectable a los dos o más fotodiodos para seleccionar la señal de salida de uno y solo uno de dichos dos o más fotodiodos en cada instante de tiempo; y un módulo de cancelación de interferencias conectado con la salida del módulo selector para cancelar interferencias entre las señales de salida de los dos o más fotodiodos, donde la señal de salida del módulo de cancelación de interferencias en cada instante de tiempo corresponde a un único usuario del sistema, de acuerdo a un patrón de transmisión previamente asignado a cada uno de los usuarios del sistema.

De manera adicional, en una de las realizaciones de la presente invención, el sistema óptico

multiusuario de la presente invención además comprende un módulo decodificador conectado a la salida del módulo de cancelación de interferencias para decodificar la señal de salida de dicho módulo de cancelación de interferencias.

5 De acuerdo a una de las realizaciones particulares de la invención, el módulo de cancelación de interferencias del sistema óptico multiusuario de la presente invención, es un módulo BIA (acrónimo del término inglés "Blind Interference Alignment") para transmisiones ciegas.

10 En una realización de la presente invención, el módulo selector comprende un patrón de selección de señales de salida de los dos o más fotodiodos basado en un esquema de transmisión ciega BIA.

Opcionalmente, en una de las realizaciones de la invención, se añade un módulo ecualizador basado en una técnica igualadora, como por ejemplo Zero Forcing. Ventajosamente, de esta manera se aprovechan los beneficios de la presente invención para esquemas de transmisión vectorial basados en conocimiento del canal, ya que en estos esquemas la alta correlación de los canales de los usuarios también afecta enormemente a su rendimiento.

20 Otro aspecto de la invención se refiere a un método de recepción de señales ópticas para un sistema óptico multiusuario de transmisión de información a través de la luz que comprende los pasos de: recibir, en un dispositivo receptor óptico con dos o más fotodiodos dispuestos con distintas orientaciones geométricas, dos o más señales ópticas, cada una con un ángulo de incidencia, emitidas por distintos emisores ópticos; modificar, por al menos un filtro óptico asociado a cada uno de los dos o más fotodiodos, la amplitud de las dos o más señales ópticas recibidas en función del ángulo de incidencia; y generar una señal de salida linealmente independiente en cada uno de los fotodiodos basada en la combinación del al menos un filtro y la orientación geométrica de cada uno de los dos o más fotodiodos.

30 Adicionalmente, una de las realizaciones de la presente invención además comprende seleccionar la señal de salida linealmente independiente de uno de dichos dos o más fotodiodos en cada instante de tiempo, mediante un módulo selector de señal con una entrada conectable a los dos o más fotodiodos; y cancelar interferencias entre las señales de salida de los dos o más fotodiodos, mediante un módulo de cancelación de interferencias conectado con la salida del módulo selector, donde la señal de salida del módulo de

cancelación de interferencias en cada instante de tiempo corresponde a un único usuario del sistema, de acuerdo a un patrón de transmisión previamente asignado a cada uno de los usuarios del sistema.

- 5 Finalmente, se presenta un programa de ordenador que comprende instrucciones ejecutables por ordenador para implementar el método descrito, al ejecutarse en un ordenador, un procesador digital de la señal, un circuito integrado específico de la aplicación, un microprocesador, un microcontrolador o cualquier otra forma de hardware programable. Dichas instrucciones pueden estar almacenadas en un medio de
10 almacenamiento de datos digitales.

La presente invención implica entre otras ventajas una reducción de potencia considerable respecto a los receptores multi-fotodiodo tradicionales. Gracias a las configuraciones del fotodetector reconfigurable de la presente invención, pueden implementarse esquemas de
15 cancelación de interferencias BIA, lo cual no era posible hasta ahora debido principalmente a la altas correlación de las señales de usuarios cercanos y simétricos, así como mejorar el rendimiento de esquemas de transmisión basados en precodificación de la señal transmitida mediante conocimiento del estado del canal en transmisión.

- 20 Para un entendimiento más completo de estos y otros aspectos de la invención, sus objetos y ventajas, puede tenerse referencia a la siguiente memoria descriptiva y a los dibujos adjuntos.

Descripción de los dibujos

- 25 Para completar la descripción que se está efectuando, y con el objeto de contribuir a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo a un ejemplo de una de las realizaciones de la misma, acompañando a dicha descripción como parte integral de la misma, se incluyen unos dibujos en los que, a modo de ilustración y no de forma
30 restrictiva, se representa lo siguiente:

Figura 1.- muestra un escenario típico de transmisión LiFi del estado arte.

Figura 2.- muestra como queda caracterizado el canal entre un transmisor y un receptor lumínico.

- 35 **Figura 3.-** muestra un esquema de un fotodetector reconfigurable basado en una estructura piramidal, de acuerdo a una de las posibles realizaciones de la presente invención.

Figura 4.- muestra en diagrama de bloques la arquitectura de un fotodetector reconfigurable, de acuerdo a una realización particular de la presente invención.

Figura 5.- muestra un escenario de ejemplo con dos transmisores lumínicos y dos usuarios.

Figura 6.- muestra una gráfica comparativa que evalúa las prestaciones de un enlace tradicional frente a enlaces configurados de acuerdo a la presente invención.

Descripción detallada de la invención

Lo definido en esta descripción detallada se proporciona para ayudar a una comprensión exhaustiva de la invención. En consecuencia, las personas medianamente expertas en la técnica reconocerán que son posibles variaciones, cambios y modificaciones de las realizaciones descritas en la presente memoria sin apartarse del ámbito de la invención. Además, la descripción de funciones y elementos bien conocidos en el estado del arte se omite por claridad y concisión.

Por supuesto, las realizaciones de la invención pueden ser implementadas en una amplia variedad de plataformas arquitectónicas, protocolos, dispositivos y sistemas, por lo que los diseños e implementaciones específicas presentadas en este documento, se proporcionan únicamente con fines de ilustración y comprensión, y nunca para limitar aspectos de la invención.

La presente invención divulga un receptor óptico o fotodetector compuesto por varios fotodiodos que, gracias a la combinación de diferentes filtros y orientaciones de los mismos, son capaces de proporcionar respuestas linealmente independientes frente al mismo ángulo de incidencia de las señales lumínicas emitidas desde una pluralidad de fuentes lumínicas. Dichas respuestas se encuentran conectadas a un selector que provee una única línea de procesamiento de señal y que extrae la señal recibida de alguno de los múltiples fotodiodos en cada instante de tiempo.

La **figura 3** muestra un esquema de un fotodetector reconfigurable basado en una estructura piramidal, donde cada una de las cara de la pirámide se corresponde con un fotodiodo, caracterizado por un vector de orientación $n_k(v)$ (31), definido por el ángulo de rotación (32) y azimutal (33) en coordenadas esféricas.

Asumiendo un dispositivo receptor fotodetector con varios fotodiodos, el fotodetector reconfigurable de la presente invención varía la combinación de la orientación de cada uno

de los fotodiodos que lo componen, tal y como se muestra en la Figura 3, y filtros/concentradores, con el fin de obtener respuestas al canal linealmente independientes entre los fotodiodos que lo componen. La asignación de los fotodiodos que componen el fotodetector reconfigurable se realiza de acuerdo a una estructura determinada. Por ejemplo, continuando con la realización particular de la figura 3, una estructura piramidal. De este modo, cada uno de los fotodiodos está asociado a una orientación diferente, que genera distintos ángulos de incidencia para un mismo usuario. Adicionalmente, cada uno de los fotodiodos puede estar equipado por un filtro/concentrador con distintas geometrías, como por ejemplo, plano, hemisférico, polarizado, etc., con el fin de garantizar la independencia lineal entre los fotodiodos.

El receptor o fotodetector reconfigurable ofrece a un único usuario distintas configuraciones, denominadas “modos” de aquí en adelante. Así, haciendo uso de estos modos, los cuales proporcionan respuestas linealmente independientes, el fotodetector reconfigurable habilita la implementación de esquemas de transmisión óptimos en ausencia de conocimiento del canal en transmisión, como por ejemplo *Blind Interference Alignment* que mitigan o incluso eliminan el efecto de la interferencia. Adicionalmente, permite el desarrollo de estrategias de transmisión que mejoran la eficiencia de esquemas de transmisión vectoriales basados en conocimiento del canal como *Zero Forcing* o *Block Diagonalization*, lo que contribuye a obtener velocidades de transmisión comparables o incluso superiores a las que se obtienen con las tecnologías radio convencionales, como WiFi o 4G.

La **figura 4** muestra la arquitectura de un fotodetector (41) reconfigurable de acuerdo a una realización particular de la presente invención. Cada fotodiodo (42) está provisto de un filtro (43) para modificar en amplitud la respuesta al canal dependiendo del ángulo de incidencia de la señal lumínica, un concentrador (44) y una orientación determinada. Además, los fotodiodos están conectados a un único selector (45) que asigna la respuesta de uno y solo uno de los fotodiodos disponibles en cada tiempo de símbolo. Por lo tanto, el conjunto de fotodiodos está conectado a una única rama de procesamiento de señal, cancelación de interferencias (46) y decodificación (47), en la que se aplica un esquema de transmisión/recepción cualquiera, como por ejemplo *Blind Interference Alignment* o *Zero Forcing*, donde el patrón de selección de modos vienen fijado por la estrategia de transmisión especificada en el comienzo de envío de la información.

Cada uno de los fotodiodos del fotodetector reconfigurable de la presente invención está conectado al selector, que se encarga de asignar uno y solo uno de los modos disponibles

durante cada periodo de símbolo. El selector de cada usuario sigue un patrón determinado conocido como supersímbolo, donde este patrón es comunicado previamente a cada usuario y determina la estructura de transmisión que se va a llevar a cabo. De esta forma, la presente invención hace posible implementar esquemas de cancelación de interferencias, como *Blind Interference Alignment*, reportados hasta ahora exclusivamente para sistemas de radiofrecuencia basados en antenas reconfigurables.

La **figura 5** muestra un escenario de ejemplo, en el que dos transmisores lumínicos (51, 52) transmiten cuatro símbolos (57-60) a dos usuarios (53, 54) equipados con un fotodetector reconfigurable de acuerdo a uno de las realizaciones de la invención, donde dicho fotodetector proporciona dos modos (55, 56). El supersímbolo correspondiente a este escenario de ejemplo puede observarse en la siguiente tabla, en la que $h^{[k]}(m)$ es el canal equivalente del usuario k en el modo m en cada período de símbolo:

	1	2	3
Usuario 1	$h^{[1]}(1)$	$h^{[1]}(2)$	$h^{[1]}(1)$
Usuario 2	$h^{[2]}(1)$	$h^{[2]}(1)$	$h^{[2]}(2)$

Asumiendo que esta estructura se repite de manera cíclica a lo largo de la transmisión de un flujo de datos, puede comprobarse que el modo del fotodetector reconfigurable del usuario 1 (53) varía en cada periodo de símbolo, mientras que la frecuencia del usuario 2 (54) es de 2 periodos de símbolo. Es decir, existen dos patrones que forman un supersímbolo asignado a cada usuario. Este patrón de selección permite alinear o cancelar la interferencia entre usuarios sin necesidad de conocimiento de canal en transmisión o el uso de esquemas de transmisión ortogonal, como por ejemplo, división en tiempo o frecuencia.

Por ejemplo, de acuerdo a la estrategia de transmisión mostrada en la tabla anterior, la interferencia entre usuarios ópticos se alinea (o cancela) transmitiendo cuatro símbolos durante tres periodos de símbolo. Es decir, incrementa la ganancia de multiplexación en ausencia de conocimiento de canal, la cual obtiene 4/3 símbolos por periodo de símbolo para el ejemplo mostrado en la figura 5. Cabe señalar que las técnicas de BIA permiten obtener la ganancia de multiplexación en ausencia de conocimiento del canal en transmisión.

El fotodetector reconfigurable está enfocado, de acuerdo a una realización de la invención, a su adaptación para el uso de esquemas BIA, es decir, en ausencia de conocimiento del canal en transmisión, pero su implementación resulta muy útil también para otras realizaciones con esquemas de transmisión vectorial basada en conocimiento del canal. Tal y como se ha comentado anteriormente, la transmisión de datos mediante luz visible y su detección está sujeta a una alta correlación de los canales de los usuarios, por ejemplo, usuarios simétricos en el escenario. Esta correlación afecta enormemente a la aplicación de esquemas de transmisión vectorial como Zero Forcing o Block Diagonalization en transmisión óptica. Ventajosamente, el uso de fotodetectores reconfigurables como el descrito por la presente invención permite desarrollar estrategias de transmisión capaces de eliminar esta correlación, y por lo tanto, mejorar considerablemente su rendimiento.

La **figura 6** muestra una gráfica que representa en su eje vertical la velocidad de transmisión de datos a cada usuario en Mbps, en relación al radio de cobertura en metros del punto de acceso LiFi representado en el eje horizontal. Específicamente se representan los resultados de un primer escenario (61) en el que se introduce el uso de los fotodetectores reconfigurables descritos en la presente invención, se aplican técnicas BIA y se tiene conocimiento de la topología; un segundo escenario (62) en el que también se utilizan los fotodetectores reconfigurables descritos en la presente invención y se aplican técnicas BIA, pero ahora sin conocimiento de la topología; y un tercer escenario (63) en el que se tiene un perfecto conocimiento del canal, y por lo tanto también de la topología, con técnicas de procesamiento de señal aplicadas a un receptor con fotodetector convencional.

De los resultados obtenidos al evaluar las prestaciones que se consiguen en un despliegue LiFi, se puede observar como el uso de técnicas BIA, tanto con conocimiento de la topología (61) como sin él (62) obtiene mejores tasas de transmisión que un esquema (63) basado en el perfecto conocimiento del canal, y por lo tanto también de la topología, con técnicas de procesamiento de señal aplicadas a un receptor con fotodetector convencional.

Por tanto, las pruebas de evaluación efectuadas demuestran que los fotodetectores descritos en la presente invención contribuyen a proporcionar unas velocidades de transmisión de datos y cobertura muy superiores a las obtenidas mediante fotodetectores convencionales.

Algunas realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes que se incluyen seguidamente.

En este texto, la palabra “comprende” y sus variantes (como “comprendiendo”, etc.) no deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo descrito incluya otros elementos, pasos, etc.

- 5 La descripción y los dibujos simplemente ilustran los principios de la invención. Por lo tanto, debe apreciarse que los expertos en la técnica podrán concebir varias disposiciones que, aunque no se hayan descrito o mostrado explícitamente en este documento, representan los principios de la invención y están incluidas dentro de su alcance. Además, todos los ejemplos descritos en este documento se proporcionan principalmente por motivos
- 10 pedagógicos para ayudar al lector a entender los principios de la invención y los conceptos aportados por el (los) inventor(es) para mejorar la técnica, y deben considerarse como no limitativos con respecto a tales ejemplos y condiciones descritos de manera específica. Además, todo lo expuesto en este documento relacionado con los principios, aspectos y realizaciones de la invención, así como los ejemplos específicos de los mismos, abarcan
- 15 equivalencias de los mismos.

Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones específicas, los expertos en la técnica deben entender que los anteriores y diversos otros cambios, omisiones y adiciones en la forma y el detalle de las mismas pueden realizarse sin apartarse

20 del alcance de la invención tal como se definen mediante las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo receptor óptico (41) configurable para un sistema óptico multiusuario de transmisión de información a través de la luz caracterizado por que comprende:

- 5 - dos o más fotodiodos (42) dispuestos con distintas orientaciones geométricas para recibir dos o más señales ópticas, cada una con un ángulo de incidencia, emitidas por distintos emisores ópticos;
- al menos un filtro óptico (43) asociado a cada uno de los dos o más fotodiodos,
- 10 para modificar la amplitud de las dos o más señales ópticas recibidas en función del ángulo de incidencia;

donde la combinación del al menos un filtro y la orientación geométrica de cada uno de los dos o más fotodiodos genera una señal de salida linealmente independiente en cada uno de los fotodiodos.

15 2. Dispositivo de acuerdo a la reivindicación 1, que además comprende un concentrador (44) acoplado al al menos un filtro óptico.

3. Un sistema óptico multiusuario de transmisión de información a través de la luz caracterizado por que comprende:

- 20 - un dispositivo (41) receptor óptico de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2;
- un módulo (45) selector de señal, con una entrada conectable a los dos o más fotodiodos para seleccionar la señal de salida de uno y solo uno de dichos dos o más fotodiodos en cada instante de tiempo;
- un módulo (46) de cancelación de interferencias conectado con la salida del módulo
- 25 selector para cancelar interferencias entre las señales de salida de los dos o más fotodiodos, donde la señal de salida del módulo de cancelación de interferencias en cada instante de tiempo corresponde a un único usuario del sistema, de acuerdo a un patrón de transmisión previamente asignado a cada uno de los usuarios del sistema.

4. Sistema de acuerdo a la reivindicación 3 que además comprende un módulo (47) decodificador conectado a la salida del módulo de cancelación de interferencias para decodificar la señal de salida de dicho módulo de cancelación de interferencias.
5. Sistema de acuerdo a la reivindicación 4, donde el módulo de cancelación de interferencias es un módulo BIA para transmisiones ciegas.
6. Sistema de acuerdo a la reivindicación 5, donde el módulo selector comprende un patrón de selección de señales de salida de los dos o más fotodiodos basado en un esquema de transmisión ciega BIA.
7. Sistema de acuerdo a la reivindicación 4, que además comprende un módulo ecualizador basado en una técnica igualadora Zero Forcing.
8. Un método de recepción de señales ópticas para un sistema óptico multiusuario de transmisión de información a través de la luz, caracterizado porque comprende:
- a) recibir, en un dispositivo receptor óptico con dos o más fotodiodos dispuestos con distintas orientaciones geométricas, dos o más señales ópticas, cada una con un ángulo de incidencia, emitidas por distintos emisores ópticos;
 - b) modificar, por al menos un filtro óptico asociado a cada uno de los dos o más fotodiodos, la amplitud de las dos o más señales ópticas recibidas en función del ángulo de incidencia; y
 - c) generar una señal de salida linealmente independiente en cada uno de los fotodiodos basada en la combinación del al menos un filtro y la orientación geométrica de cada uno de los dos o más fotodiodos.
9. Método de acuerdo a la reivindicación 8, que además comprende:
- d) seleccionar la señal de salida linealmente independiente de uno de dichos dos o más fotodiodos en cada instante de tiempo, mediante un módulo selector de señal con una entrada conectable a los dos o más fotodiodos; y
 - e) cancelar interferencias entre las señales de salida de los dos o más fotodiodos, mediante un módulo de cancelación de interferencias conectado con la salida del módulo selector, donde la señal de salida del módulo de cancelación de interferencias en cada instante de tiempo corresponde a un único usuario del sistema, de acuerdo a un patrón de transmisión previamente asignado a cada uno de los usuarios del sistema.

- 10.** Un programa informático caracterizado por que comprende medios de código de programa adaptados para realizar las etapas del método según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 9, cuando dicho programa se ejecuta en un procesador de propósito general, un procesador de señal digital, una FPGA, un ASIC, un microprocesador, un
5 microcontrolador, o cualquier otra forma de hardware programable.

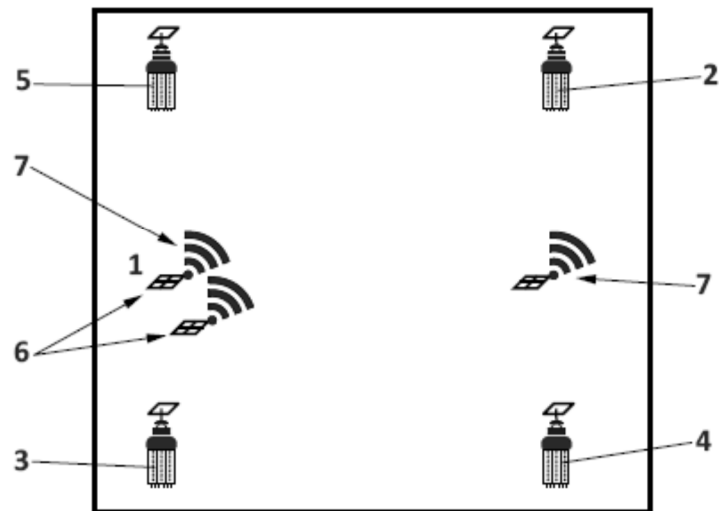


FIG. 1

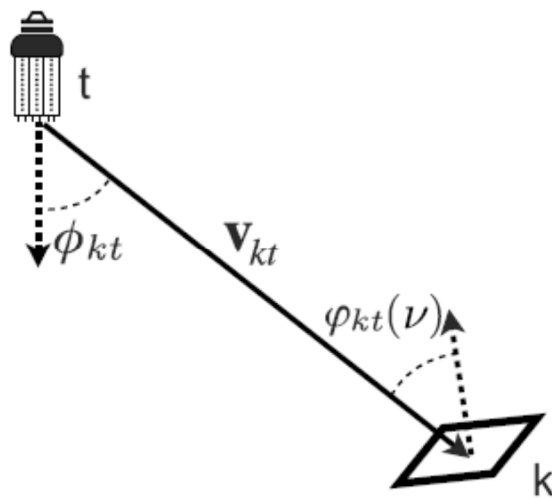


FIG. 2

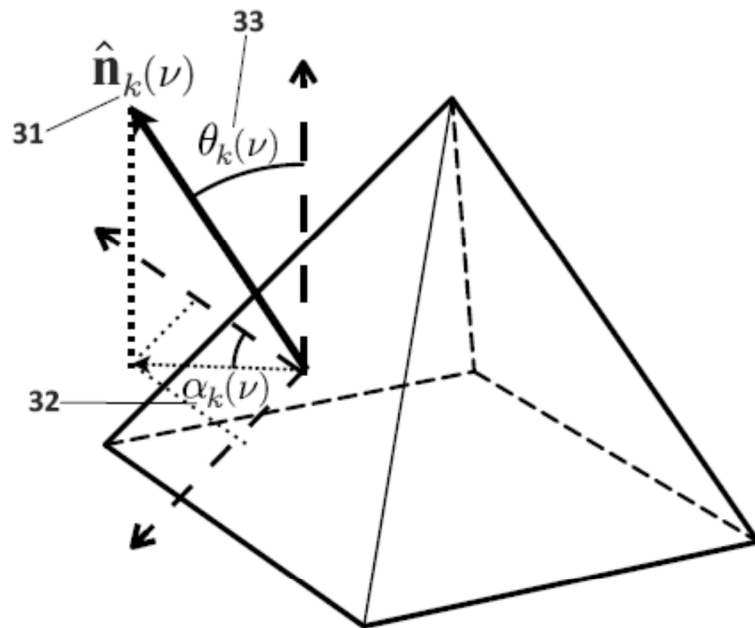


FIG. 3

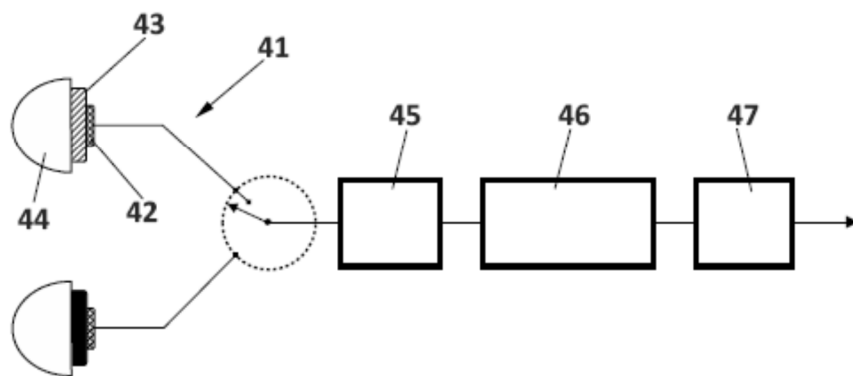


FIG. 4

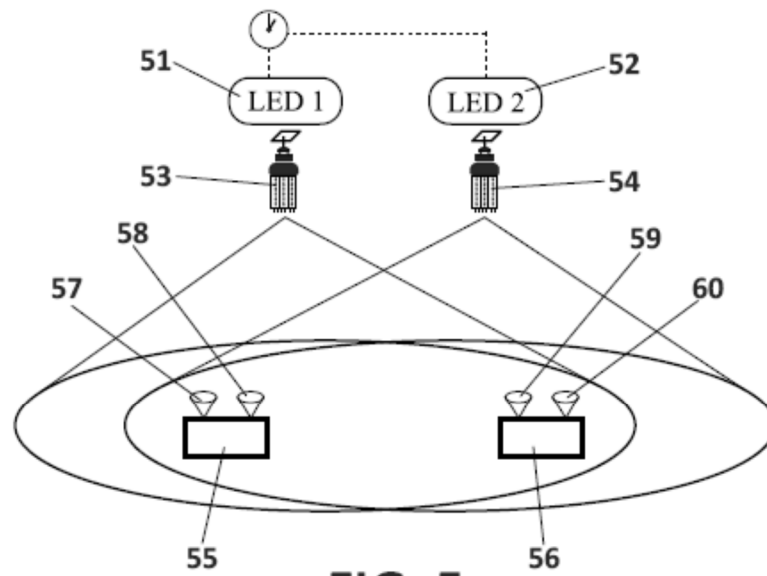


FIG. 5

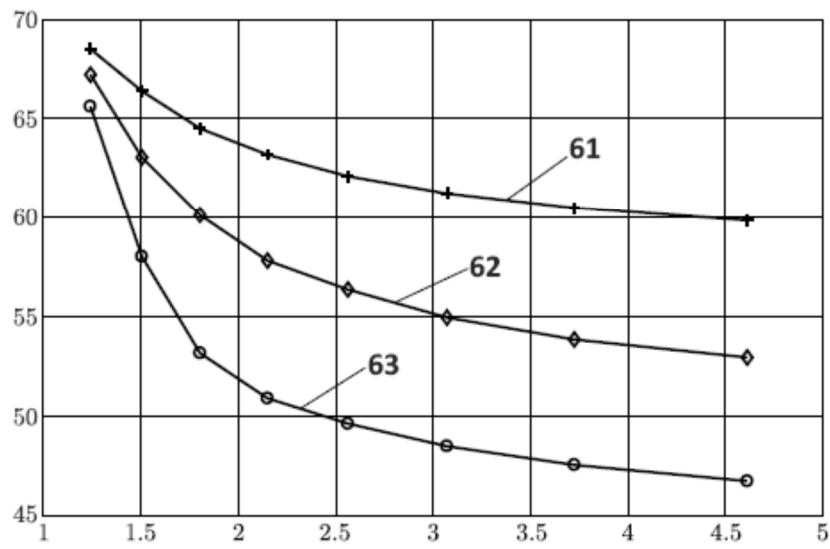


FIG. 6



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201731342

②② Fecha de presentación de la solicitud: 21.11.2017

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **H04B10/60** (2013.01)
H04B10/03 (2013.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	ZHONG WEN-DE et al. MIMO visible light communications system using imaging receiver with angle diversity detectors. 2016 15th International Conference on Optical Communications and Networks (ICOON), 20160924 IEEE. , 24/09/2016, Páginas 1 - 3, XP033075103 <DOI: 10.1109/ICOON.2016.7875660>	1-10
A	WANG THOMAS Q et al. Performance Analysis of Aperture-Based Receivers for MIMO IM/DD Visible Light Communications. JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, 20170501 IEEE SERVICE CENTER, NEW YORK, NY, US. , 01/05/2017, Vol. 35, Páginas 1513 - 1523, XP011646484 ISSN 0733-8724, <DOI: 10.1109/JLT.2016.2641002>	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
27.04.2018

Examinador
J. Botella Maldonado

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H04B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.