



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 244 311**

⑫ Número de solicitud: 200400305

⑬ Int. Cl.:
H04B 10/24 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION

B1

⑮ Fecha de presentación: **10.02.2004**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2005**

Fecha de la concesión: **22.09.2006**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **01.11.2006**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.11.2006

⑲ Titular/es: **Universidad de Málaga**
Plaza de El Ejido, s/n
29071 Málaga, ES

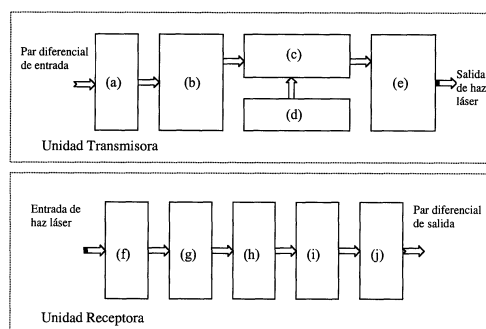
⑳ Inventor/es: **Ríos Gómez, Francisco Javier;**
Romero Sánchez, Jorge y
Fernández Ramos, Raquel

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Procedimiento y aparato de enlace punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes ethernet.**

㉓ Resumen:

Procedimiento y aparato de enlace punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes ethernet. Procedimiento y aparato de enlace punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes de comunicación digitales con capa física de par diferencial. El aparato consta de unidad transmisora y unidad receptora, efectuándose el enlace mediante dos aparatos idénticos alineados que intercambian haces luminosos emisor-receptor. Los módulos funcionales de la unidad Transmisora son: Módulo acondicionador y adaptador de señal (a), Módulo de amplificación y conversión de señal diferencial a simple (b), Módulo modulador de diodo láser de estado sólido (c), Módulo de control térmico (d) y Módulo de óptica de colimación y adaptación del haz luminoso (e). Los módulos funcionales de la unidad Receptora son: Módulo de óptica de focalización y captación de haz (f), Módulo transductor fotodiodo-preamplificador (g), Módulo de cancelación de componente de continua (h), Módulo de amplificación y conversión de señal simple a diferencial (i) y Módulo de acondicionamiento y adaptación de señal (j).



ES 2 244 311 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Método y aparato de enlace punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes ethernet.

Sector de la técnica

La presente invención tiene su aplicación en el campo de la Industria Electrónica en redes de comunicación digital que proporcionen en su capa física una línea bidireccional de señal diferencial o dos pares trenzados. En especial, se adapta a la norma IEEE 802.3 para redes ethernet en las versiones 10 o 100 Mbits/seg base TX. Se presenta como solución para efectuar enlaces o conexiones a cortas distancias (entre 50 y 1000 metros aproximadamente), en la realización de trazado de redes de carácter permanente y como una alternativa a los enlaces cableados de par, fibra óptica o de radiofrecuencia.

Estado de la técnica

Las comunicaciones mediante métodos ópticos no es nueva y existen numerosas publicaciones en este aspecto tal como la de J. Gower: "*Optical Communication Systems*" Prentice-Hall International Series in Optoelectronics (1983). La estructura de un enlace básico está constituida por dos transceptores alineados situados a una cierta distancia. Cada transceptor consta de un emisor y un receptor que incluyen la electrónica, la óptica y la mecánica necesarias para emitir un haz luminoso estrecho modulado que incida en el otro transceptor con la suficiente potencia que permita recuperar el mensaje que se desea transmitir.

Un enlace óptico en el espacio libre utiliza la atmósfera como medio o canal de comunicación. La atmósfera contiene aire (mezcla de gases), líquidos y partículas en suspensión que condicionan la transmisión de la luz (absorción, dispersión, refracción y centelleo). El resultado es la atenuación de su intensidad en el destino. Un Transceptor óptico punto a punto, consta de un Emisor que contiene una fuente óptica capaz de convertir una señal eléctrica en señal óptica, un sistema que permite modular la fuente óptica acorde con el mensaje que se desea transmitir y un sistema óptico-mecánico capaz de generar el haz y dirigirlo con precisión al receptor distante. El canal de comunicación es la atmósfera. El receptor posee un sistema óptico-mecánico capaz de recoger la mayor parte del haz transmitido y concentrarlo en un punto donde se sitúa un transductor fotodetector que se encarga de convertir la señal óptica, de nuevo en señal eléctrica. En una comunicación bidireccional punto a punto, como es el caso que nos ocupa, existen dos haces luminosos que se intercambian entre fuente y destino (transceptor). El sistema de comunicación óptico no añade información adicional al mensaje transcrito, por lo que se trata de un sistema pasivo.

La descripción anterior es válida para transmisiones digitales o analógicas. En las analógicas la intensidad luminosa es variable entre una multiplicidad de niveles. En las digitales son solo dos niveles de intensidad luminosa los que tienen efecto. Los parámetros básicos que caracterizan el enlace son: La distancia de utilización (desde decenas de metros a varios kilómetros), la disponibilidad del enlace (deseable que sea superior al 99%), la velocidad de transmisión (desde los khz a los Ghz) y el protocolo de comunicación (si es digital, es en general, un estándar).

El estado actual de la tecnología en el desarrollo de dispositivos electrónicos de amplificación y con-

mutación (transistores), amplificadores operacionales diferenciales integrados y dispositivos optoelectrónicos de transducción (fotodiodos y diodos láser de estado sólido), nos permite el desarrollo de nuevos sistemas de comunicación óptico en espacio libre de alta velocidad como alternativa a otros sistemas que usan otros tipos de canal (cable par trenzado, cable de fibra óptica y canales de radiofrecuencia). Por una parte, las técnicas de diseño microelectrónico actuales permiten el desarrollo de transistores con frecuencias de corte superiores al los 300Ghz (HBTs). Igualmente los amplificadores operacionales integrados actuales permiten realizar operaciones de amplificación lineal por encima del rango de los 2Ghz. Por otro, el desarrollo de dispositivos optoelectrónicos de estado sólido de transducción electro-óptica nos permiten abordar la problemática de la transmisión y recepción de luz monocromática y coherente tanto en velocidad de respuesta como en potencia y sensibilidad. Hoy se desarrollan fotodiodos p-i-n de gran sensibilidad con tiempos de respuestas del orden del nanosegundo y diodos láser de estado sólido con potencias de emisión suficientes como para garantizar la eficacia del enlace óptico a distancias del orden de unos cuantos kilómetros (mas de un watio de potencia radiada).

Finalmente, los estándares de comunicación digital tales como el IEEE 802.3 describen con precisión las características eléctricas de las señales de par diferencial 10/100base TX que se tomarán como base para el cumplimiento de la normativa de interconexión con esta invención.

Explicación de la invención

Partiendo del estado actual de la tecnología, la presente invención plantea una solución electrónica para la realización de enlaces punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes ethernet que verifiquen el estándar IEEE 802.3 con capa física de par trenzado 10/100baseTX. El Método para llevar a cabo el enlace consiste en adaptar la señal diferencial que procede del par trenzado, convirtiéndola en señal simple para modular un diodo láser de estado sólido térmicamente compensado. El haz láser modulado es colimado mediante lentes y dirigido mecánicamente hacia un receptor constituido por una mecánica de orientación y lentes que focalizan el haz en un fotodiodo p-i-n que realiza la transducción electro-óptica. Tras la preamplificación y la eliminación de la componente de continua debida a la luz ambiental, la señal es de nuevo adaptada y transformada en diferencial para ser adaptada al formato estándar IEEE 802.3 de par trenzado. La metodología del enlace es pasiva de forma que el aparato resultante sustituye el tramo de par trenzado por un haz láser. La comunicación bidireccional exige la construcción de un elemento en fuente y destino que contengan un transmisor y un receptor (transceptor).

El aparato de enlace punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes del tipo ethernet de par trenzado diferencial se caracteriza por el hecho de ser un único aparato que incorpora las siguientes características funcionales:

- La adaptación y acondicionamiento de señal en la entrada transmisora y la salida receptora al estándar IEEE 802.3 10/100baseTX.
- La conversión de señal diferencial a simple. La señal diferencial procedente del par

trenzado se transforma en simple para modular el haz láser luminoso.

- La conversión de señal simple a diferencial. La señal simple recogida por un fotodiodo p-i-n debe transformarse de nuevo en diferencial para reconstruir la señal de par trenzado.
- La cancelación de componentes de continua. Las componentes de continua debidas a los cambios de luz ambiental se cancelan activamente mediante suma diferencial.
- La modulación del diodo láser de estado sólido. El diodo láser no conmuta completamente evitando los flujos de recombinación de portadores y optimizando la velocidad de conmutación.
- El control térmico del diodo láser. Un circuito de realimentación negativa sensa y controla el estado térmico del diodo para mantener su eficiencia y durabilidad.
- La óptica de colimación y focalización. El emisor y el receptor utilizan simples lentes convergentes para colimar y focalizar el haz luminoso.
- La mecánica de orientación. El diodo láser y el fotodiodo p-i-n se encuentran montados en una estructura mecánica que permite la orientación del haz láser y la focalización del fotodiodo en el espacio.

Además tiene los siguientes bloques funcionales básicos:

En la parte transmisora:

- Módulo acondicionador y adaptador de señal (a)
- Módulo de amplificación y conversión de señal diferencial a simple (b)
- Módulo modulador de diodo láser de estado sólido (c)
- Módulo de control térmico del diodo láser (d)
- Módulo de óptica de colimación y adaptación del haz luminoso (e)

En la parte receptora:

- Módulo de óptica de focalización y captación de haz (f)
- Módulo transductor fotodiodo-preamplificador (g)
- Módulo de cancelación de componente de continua (h)
- Módulo de amplificación y conversión de señal simple a diferencial (i)
- Módulo de acondicionamiento y adaptación de señal (j)

El aparato contiene elementos mecánicos y ópticos que permiten manipular la dirección del haz láser y la orientación de las lentes del receptor. Para establecer un enlace óptico se necesitan dos aparatos idénticos, enfrentados y alineados. El procedimiento

de alineamiento es manual.

Explicación de la figura

Se ha empleado una figura única que representa el aparato a nivel funcional. Cada bloque representa un componente o subsistema, su nombre indica la funcionalidad específica y el orden de concatenación de los bloques muestra el secuenciamiento de la señal y los procesos que sufre, exceptuando el bloque de control térmico que se encarga de mantener el diodo láser de estado sólido bajo unas condiciones térmicas estables y adecuadas. La descripción del aparato global así como sus componentes está recogida en el apartado descriptivo de la realización preferente de la invención.

Realización preferente de la invención

La figura muestra el diagrama general de bloques de la invención en lo que respecta a sus bloques funcionales básicos, representando cada bloque un subsistema o componente del aparato. Estos son:

En la parte transmisora:

- Módulo acondicionador y adaptador de señal (a). La señal de partida proviene de un cable par trenzado no apantallado norma 10/100BASE-T. El módulo acondicionador realiza la conexión mediante transformador de aislamiento y la ecualización mediante filtro pasivo ajustándose a la norma de test IEEE 802.3 recomendada en la sección B.4.3.1.
- Módulo de amplificación y conversión de señal diferencial a simple (b). La señal acondicionada diferencial pasa a un amplificador operacional diferencial de salida simple que es tratada por un circuito transistorizado conformador de pulsos de amplitud constante. Esta señal así generada constituye la señal moduladora que atacará al Módulo modulador.
- Módulo modulador de diodo láser de estado sólido (c). El diodo láser se polariza en directa en un lugar de su curva que permita mantener el diodo en emisión permanente bajo dos niveles de intensidad distinta lo que permite evitar la recombinación de portadores y hacer que la velocidad de conmutación se realice por encima de los 100 Mhz. El circuito de modulación cambia el punto de polarización para conseguir estos dos niveles de intensidad que se corresponden con cada uno de los niveles lógicos suministrados por el Módulo de amplificación y conversión (b). El circuito de modulación permite cambiar la distancia entre los puntos de polarización asociados a los niveles lógicos. La longitud de onda del láser está en el rango del infrarrojo y su potencia se regirá de acuerdo con la recomendación IEC60825 parte 12 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).
- Módulo de control térmico del diodo láser (d). El diodo láser de estado sólido es del tipo encapsulado con sensor de fotodiodo para la regulación térmica. Un circuito de realimentación negativa garantiza

la estabilidad térmica del diodo láser sensando en todo momento la intensidad media emitida. Junto con esta unidad de control se asocia al diodo láser un disipador térmico y un circuito de ventilación forzada mediante motor de aletas.

- Módulo de óptica de colimación y adaptación del haz luminoso (e). El haz láser producido es focalizado por una lente convergente para conseguir un haz de diámetro controlado en destino. Igualmente el diodo láser y la óptica están montados sobre un soporte móvil ajustable que permite dirigir y orientar vertical y horizontalmente el haz generado.

En la parte receptora:

- Módulo de óptica de focalización y captación de haz (f). La energía recibida en el haz láser es focalizada por una lente convergente en cuyo foco se encuentra un fotodiodo p-i-n. La estructura lente-fotodiodo se encuentra montada sobre un soporte móvil que permite la orientación vertical y horizontal.
- Módulo transductor fotodiodo-preamplificador (g). El fotodiodo p-i-n genera una corriente proporcional a la luz incidente. Para evitar la acción de la luz solar en la generación de componentes de corriente continua no deseadas, el fotodiodo posee un filtro óptico que sólo permite el paso en la banda de infrarrojos. La corriente proporcional a la luz incidente es transformada en tensión mediante la aplicación de un amplificador a transimpedancia. El amplificador a transimpedancia posee un filtro limitador de banda para optimizar la rela-

ción señal / ruido. Las características del amplificador y el filtro dependen de la velocidad de la señal a procesar.

- Módulo de cancelación de componente de continua (h). La señal de interés viene asociada a una componente de continua que se corresponde con los niveles de infrarrojos producidos fundamentalmente por la luz solar. Esta componente es variable en función de la intensidad solar y del ángulo de incidencia sobre el fotodiodo. Para cancelar dinámicamente esta componente se usa un circuito de cancelación diferencial constituido por un amplificador operacional de salida diferencial que genera una copia idéntica de la señal pero invertida. Las dos salidas diferenciales se suman en un siguiente amplificador operacional de salida simple generándose una señal libre de componente de continua.
- Módulo de amplificación y conversión de señal simple a diferencial (i). La señal libre de componente de continua se amplifica seguidamente en un amplificador operacional de salida diferencial. La ganancia de este amplificador es variable. Su ajuste depende de la distancia entre transceptores. El ajuste se realizará para proporcionar los niveles adecuados a la norma IEEE 802.3 10/100TX.
- Módulo de acondicionamiento y adaptación de señal (j). La señal diferencial de salida del módulo de amplificación se trata mediante un filtro de acondicionamiento y un transformador de aislamiento, cuya salida cumple la norma de test IEEE 802.3 recomendada en la sección B.4.3.1.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la realización de enlaces punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes ethernet, que verifiquen el estándar IEEE 802.3 con capa física de par trenzado 10/100baseTX, que consta de los siguientes pasos:

- a) Adaptación de la señal diferencial que procede del par trenzado, convirtiéndola en señal simple para modular un diodo láser de estado sólido térmicamente compensado.
- b) El haz láser modulado es colimado mediante lentes y dirigido mecánicamente hacia un receptor constituido por una mecánica de orientación y lentes que focalizan el haz en un fotodiodo p-i-n que realiza la transducción electro-óptica.
- c) Tras la preamplificación y la eliminación de la componente de continua debida a la luz ambiental, la señal es de nuevo adaptada y transformada en diferencial para ser adaptada al formato estándar IEEE 802.3 de par trenzado.

2. Procedimiento para la realización de enlaces punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes ethernet según reivindicación 1, **caracterizado** porque el enlace se efectúa mediante dos aparatos idénticos alineados que intercambian un haz luminoso estableciendo una comunicación bidireccional entre ambos, efectuándose un cambio de soporte pero no de contenido informativo y de manera que cada haz luminoso sustituye físicamente a cada par trenzado propuesto por el estándar IEEE 802.3.

3. Aparato para la puesta en práctica del procedimiento para la realización de enlaces punto a punto mediante haz láser en el espacio libre para redes ethernet de reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque consta de un elemento transmisor y otro receptor (transceptor), que incorporan los siguientes módulos funcionales.

En la parte transmisora:

- Módulo acondicionador y adaptador de señal (a)
- Módulo de amplificación y conversión de señal diferencial a simple (b)
- Módulo modulador de diodo láser de estado sólido (c)
- Módulo de control térmico del diodo láser (d)
- Módulo de óptica de colimación y adaptación del haz luminoso (e)

En la parte receptora:

- Módulo de óptica de focalización y captación de haz (f)
- Módulo transductor fotodiodo-preamplificador (g)

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

65

- Módulo de cancelación de componente de continua (h)
- Módulo de amplificación y conversión de señal simple a diferencial (i)
- Módulo de acondicionamiento y adaptación de señal (j).

4. Aparato para la realización de enlaces punto a punto por haz láser en el espacio libre para redes ethernet, según la reivindicación 3 **caracterizado** porque incorpora las siguientes características funcionales:

- El procedimiento de adaptación y acondicionamiento de señal en la entrada transmisora y la salida receptora al estándar IEEE 802.3 10/100baseTX.
- El procedimiento de conversión de señal diferencial a simple. La señal diferencial procedente del par trenzado se transforma en simple para modular el haz láser luminoso.
- El procedimiento de conversión de señal simple a diferencial. La señal simple recogida por un fotodiodo p-i-n debe transformarse de nuevo en diferencial para reconstruir la señal de par trenzado.
- El procedimiento de cancelación de componentes de continua. Las componentes de continua debidas a los cambios de luz ambiental se cancelan activamente mediante suma diferencial.
- El procedimiento de modulación del diodo láser de estado sólido. El diodo láser no conmuta completamente evitando los flujos de recombinación de portadores y optimizando la velocidad de conmutación.
- El procedimiento de control térmico del diodo láser. Un circuito de realimentación negativa sensa y controla el estado térmico del diodo para mantener su eficiencia y durabilidad.
- El procedimiento óptico de colimación y focalización. El emisor y el receptor utilizan simples lentes convergentes para colimar y focalizar el haz luminoso.
- El procedimiento mecánico de orientación. El diodo láser y el fotodiodo p-i-n se encuentran montados en una estructura mecánica que permite la orientación del haz láser y la focalización del fotodiodo en el espacio.

5. Uso del aparato para la realización de enlaces punto a punto por haz láser en el espacio libre para redes ethernet de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 4, para el desarrollo de redes de comunicación óptica en soluciones y aplicaciones para la red Internet conjugándose con enlaces de par trenzado en configuraciones arbitrarias.

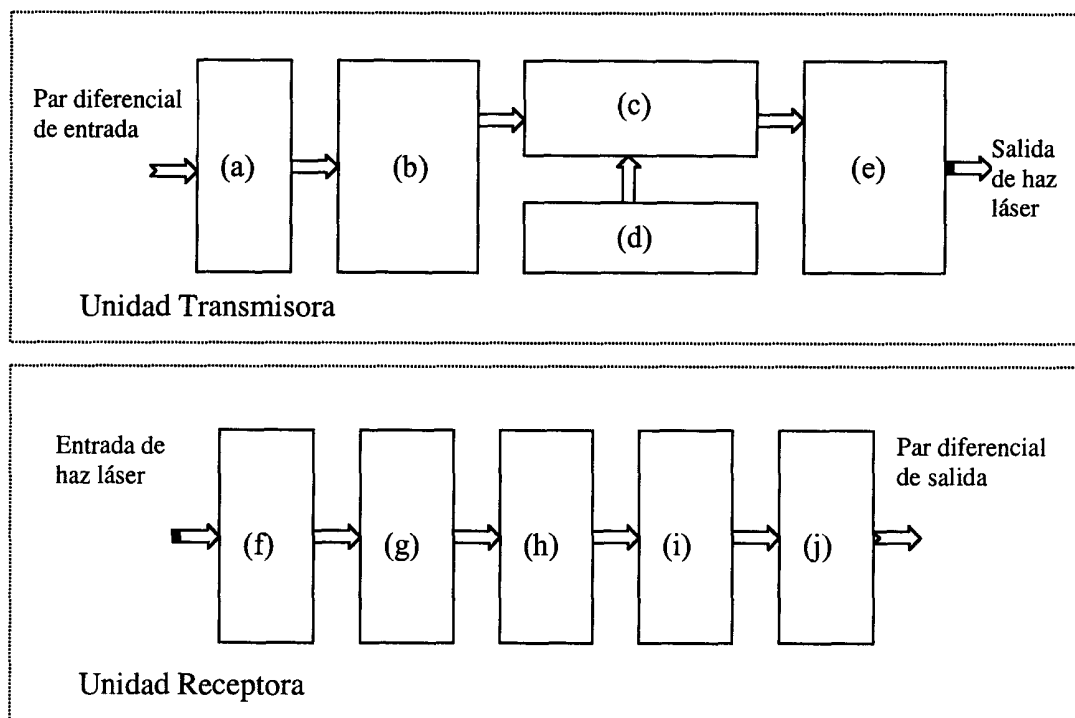


FIGURA UNICA



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 244 311

⑫ Nº de solicitud: 200400305

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 10.02.2004

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.7: H04B 10/24

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2004022537 A1 (MERCHERLE et al.) 05.02.2004, párrafos 0052-0106.	1-5
A	US 5818619 A1 (MEDVED et al.) 06.10.1998, columna 4, línea 32 - columna 7, línea 14.	1-5
A	US 5706115 A1 (HIRAYAMA et al.) 06.01.1998, columna 4, línea 60 - columna 8, línea 18; figura 7.	1-5
A	WO 9109477 A1 (BICC NETWORK SOLUTIONS, INC.) 27.06.1991, páginas 11-51.	1-5

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

19.10.2005

Examinador

M. Pérez Formigó

Página

1/1