



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 293 776**

⑫ Número de solicitud: 200501473

⑬ Int. Cl.:
G08B 13/18 (2006.01)
H04B 10/08 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION

B1

⑮ Fecha de presentación: **09.06.2005**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **16.03.2008**

Fecha de la concesión: **26.01.2009**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **16.02.2009**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.02.2009

⑲ Titular/es: **Universidad de Zaragoza**
c/ Baltasar Gracián 1, Entlo.
50005 Zaragoza, ES

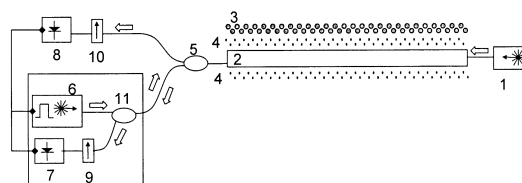
⑳ Inventor/es: **Villuendas Yuste, Francisco;**
Heras Vila, Carlos David;
Pelayo Zueco, Javier;
Alonso Esteban, Rafael y
Subías Domingo, Jesús Mario

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Sistema detector de intrusos y procedimiento asociado.**

㉓ Resumen:

Sistema detector de intrusos y procedimiento asociado. La presente invención concierne a un sistema y método de medida asociado para detectar y localizar intrusos o perturbaciones a lo largo de perímetros longitudinales, basado en medida de cambios del estado de polarización de señales que se propagan por una fibra óptica. La fibra óptica está dispuesta en un medio estable respecto a la evolución de la polarización y deformable de modo temporal o permanente ante la presencia del intruso. Ante la presencia del intruso se provoca un cambio puntual de las condiciones mecánicas, presión, posición o curvatura de la fibra. La detección del intruso en tiempo real se realiza con la medida de cambios en el estado de polarización en una señal óptica polarizada transmitida por la fibra óptica. La localización del intruso se realiza con medida de análisis de polarización de la señal retroesparcida a lo largo de la longitud de fibra.



ES 2 293 776 B1

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

DESCRIPCIÓN

Sistema detector de intrusos y procedimiento asociado.

5 Sector de la técnica

La invención se refiere al sector de la seguridad, más concretamente a la detección y localización de intrusos en zonas perimetrales de gran longitud, que utilizan la tecnología de fibra óptica.

10 Estado de la técnica anterior

Existen diferentes sistemas de detección de intrusos y perturbaciones basados en la tecnología de fibra óptica. Un primer grupo de ellos detecta la existencia de intrusos en el área vigilada, pero sin localizar el punto en el que previsiblemente se encuentra el intruso o perturbación. Se basan en medidas realizadas en una configuración de tipo punto de entrada de la fibra a punto de salida de la fibra. Se miden cambios en los parámetros de la luz guiada en la fibra, normalmente cambios de potencia óptica con detección directa o cambios de fase con detección por interferencia del haz de salida de una fibra óptica multimodo (spekle) o similar, patentes EP0462102 o US5349458. En la patente US5349458 utiliza detección balanceada diversificando polarización del spekle a la salida de una fibra óptica multimodo. En cualquier caso, se trata de un fenómeno físico diferente con el inconveniente de que puede cubrir distancias mucho menores, del orden de 2 o 3 km frente a los más de 40 km en la presente invención, además sin localización del punto en el que se produce la invasión. La patente EP0396191 pretende utilizar la medida del estado de polarización de la luz a la salida para la medida de presión axial en la fibra, pero el sistema es completamente diferente, ya que utiliza dos fuentes láser incoherentes introducidas con diferente polarización, diversificando polarización y longitud de onda a la salida. En el sistema de la presente invención se analiza la variación del estado de polarización del haz introducido por un láser en la fibra óptica, al proyectar el haz de salida sobre un polarizador.

Un segundo grupo de sistemas detecta la existencia de intruso y además localiza la posición en que éste se encuentra. La detección y localización se realiza en base a la medida con equipo óptico OTDR midiendo cambios de atenuación de potencia óptica a lo largo de la longitud de fibra óptica instalada por ejemplo en el interior de un tubo metálico colocado en una valla ("Intruder detector for use in fence such as railway gate, has optical fibers connected selectively to respective edges of detection line via transmitter and switch of optical time domain reflectometry units", n° patente JP2000082187, K. Tominaga y otros, fecha 2000-03-21). Estos sistemas están limitados por su baja sensibilidad, y detectan únicamente situaciones extremas que producen fuertes atenuaciones en la fibra o incluso la rotura de la misma.

La patente n° GB2404801 utiliza un equipo POTDR y la fibra colocada en valla metálica. Analiza el estado de polarización de la señal retroesparcida, por lo que la sensibilidad del sistema respecto a perturbaciones en la fibra es muy alta. Este sistema, como no utiliza la medida del estado de polarización en la luz transmitida, y dado el tiempo necesario para la medida del POTDR, es susceptible de generar pérdidas de detección de perturbaciones cuando éstas son de corta duración (de perturbaciones instantáneas a perturbaciones con duración de unos pocos minutos dependiendo del método de monitorización) y se recuperan en tiempo, como es el caso de un cable soportado en una valla. Además, el sistema es sensible a perturbaciones ajenas al intruso como puedan ser las de tipo meteorológico (viento, lluvia, ..), o golpes de ramas de arbustos y árboles, etc., que produzcan perturbaciones en la valla.

El sistema presentado proporciona un mecanismo de sensor de fibra óptica que puede determinar de forma efectiva la existencia y localización de intrusos a lo largo de la longitud de fibra óptica. La medida de la potencia que atraviesa el polarizador situado a la salida de la fibra proporciona un mecanismo para detectar perturbaciones a lo largo de la fibra cualquiera que sea su duración y mecanismo. Esta señal actúa como señal de comienzo en la medida de POTDR para localización del punto concreto donde se produce la perturbación por el intruso, que será localizado al producirse una modificación con cierta durabilidad temporal al estar situada la fibra en el medio indicado, estable respecto a la evolución de la polarización y deformable de modo temporal o permanente ante la presencia del intruso. Además, el sistema está libre de ruidos meteorológicos o similares porque el medio en el que se sitúa la fibra, enterrada sobre lecho de arena sin compactar y cubierta por una capa de grava, proporciona una situación estable en el tiempo de la evolución de la polarización inmune de ruidos meteorológicos o similares.

La principal innovación que se incluye en la patente proviene del hecho de utilizar la medida del estado de polarización a la salida de una fibra óptica monomodo para la detección de perturbaciones provocadas por intrusos en una fibra óptica monomodo, incluso en caso de presencias temporales muy cortas del intruso en la zona de la fibra, de la utilización de la fibra óptica monomodo en un cable sobre un medio estable para evitar los ruidos meteorológicos o similares, de la utilización de la fibra óptica monomodo en un cable sobre un medio deformable de modo temporal o permanente ante la presencia del intruso para eliminar pérdidas de detección y localización, y de la utilización conjunta de medida del estado de polarización a la salida, la técnica POTDR y el medio en el que se coloca el cable de fibra óptica para la detección y localización de perturbaciones producidas por intrusos.

Explicación de la invención

El sistema de la presente invención se basa en la medida de los cambios que se producen en el estado de polarización de una señal óptica polarizada que se propaga por la fibra cuando por la presencia de un intruso se modifica la disposición física de la fibra.

Cuando se inyecta una señal óptica polarizada en una fibra óptica y se propaga por la misma, el estado de polarización de la señal varía de forma más o menos aleatoria a lo largo de su propagación como la mostrada en la figura 1. La variación del estado de polarización depende, en fibras de baja birrefringencia, de las condiciones mecánico-geométricas de la fibra; si estas condiciones permanecen estables, la evolución del estado de polarización es estable salvo derivas lentas en el tiempo debidas a variaciones térmicas o similares. Cuando un factor externo modifica la disposición de la fibra o produce una presión en un punto determinado de su longitud, introduce una birrefringencia en la fibra que produce una variación drástica del estado de polarización en dicho punto, que además supondrá una evolución completamente diferente del estado de polarización a partir de este punto, como muestra la figura 2.

En concreto, se produce un cambio brusco del estado de polarización del haz a la salida de la fibra, que si se hace pasar a través de un polarizador se traduce en un cambio brusco de la intensidad de luz transmitida a la salida del polarizador, como muestra la figura 3.

Por otro lado, como la perturbación modifica la evolución del estado de polarización a partir del punto donde se produce, también modifica el estado de polarización de la luz retrodispersada a partir de ese punto y por tanto producirá un cambio en la traza medida por reflectometría con análisis de polarización o POTDR. La traza medida con el POTDR permanecerá estable siempre que la evolución del estado de polarización permanezca estable a lo largo de la fibra, lo que ocurrirá siempre que la disposición de la fibra permanezca invariable en toda su longitud. Una traza de partida de ejemplo se muestra en la figura 4. La modificación en la disposición de la fibra en un punto dado determinará un cambio en la traza del POTDR a partir del punto en el que se ha modificado la disposición de la fibra, según muestra la figura 5.

Si tras la presencia del intruso la fibra recuperase rápidamente su disposición inicial, el tiempo necesario para realizar una medida con POTDR (de unos pocos segundos a unos minutos dependiendo de los parámetros de medida) puede dar lugar a pérdidas de detección al no dar tiempo suficiente para registrar la traza de la figura 5 correspondiente a la modificación de la disposición de la fibra. Por el contrario, si la fibra está en un medio deformable ante la presencia de un intruso, ésta mantiene la nueva disposición durante un tiempo suficiente para asegurar siempre la localización del intruso.

El sistema de la presente invención combina dos tipos de medidas: una a partir del cambio del estado de polarización de la luz transmitida para detección en tiempo real de la presencia de intrusos y la otra basada en la técnica POTDR de respuesta más lenta para localización de la posición de la intrusión, que se ejecuta cuando se detecta al intruso.

La detección del intruso en tiempo real se realiza con la medida de cambios en el estado de polarización en una señal óptica polarizada transmitida por la fibra óptica. Cualquier perturbación en la disposición de la fibra implica en tiempo real un cambio en el estado de polarización de la señal de salida que, al detectarse a través de un polarizador lineal, se traduce en un cambio brusco de la potencia óptica transmitida. La detección de los cambios bruscos de potencia transmitida proporciona un método de detección rápida de las perturbaciones provocadas por el intruso.

La localización del intruso se realiza con medida de análisis de polarización de la señal retroesparcida a lo largo de la longitud de fibra (PODTR - Polarisation optical time domain reflectometry). Cualquier perturbación de la fibra en un punto dado modifica la evolución de polarización de la señal a partir de dicho punto. La medida distribuida con POTDR comparando trazas consecutivas permite localizar la posición de la perturbación. La comparación de trazas consecutivas de la señal POTDR es un proceso relativamente lento (del orden de unos segundos a unos minutos dependiendo de los parámetros de medida) y se realiza cuando se ha detectado la presencia del intruso mediante la evolución de la señal transmitida.

La fibra óptica es monomodo, preferentemente de baja birrefringencia (fibra estándar de telecomunicación), y forma parte de un cable de fibra óptica en configuración de protección ajustada u holgada. La fibra óptica está dispuesta en un medio estable respecto a la evolución de la polarización y deformable de modo temporal o permanente ante la presencia del intruso. El medio estable para la evolución de la polarización consiste en un medio que aisle el cable de fibra óptica de perturbaciones debidas a condiciones ambientales de tipo meteorológico (viento, lluvia,...), o a golpes de ramas de arbustos y árboles, etc, de forma que no modifiquen la disposición de la fibra óptica y por tanto no modifiquen las condiciones de evolución de la polarización, asegurando que la evolución de la polarización en ausencia de intrusos es lenta en el tiempo. Por otra parte, el medio tiene que ser deformable ante la presencia del intruso para permitir que la pisada del intruso modifique la disposición o distribución de presión durante un cierto tiempo, modificando la evolución de la polarización en la fibra. Ante la presencia del intruso se provoca un cambio instantáneo de las condiciones mecánicas, presión, posición o curvatura de la fibra, que a su vez se traduce en un cambio puntual rápido de la evolución del estado de la polarización de la luz propagada por la fibra. Si el medio además es deformable de modo temporal o permanente ante la presencia del intruso, este cambio de las condiciones mecánicas tiene duración temporal y permite la correcta localización de la posición del intruso con la medida por

ES 2 293 776 B1

POTDR sin riesgo de pérdidas de localización. Una forma de realización de este medio puede consistir en un lecho de arena o material similar sin compactar sobre el que se deposita el cable de fibra óptica. El cable de fibra óptica se cubre con una capa de grava o material similar que hace que la presión ejercida por la pisada se transmita a la fibra y modifique el estado de polarización en ese punto. El medio también puede consistir en una lámina metálica o plástica apoyada sobre el fondo y dejando oquedades longitudinales o transversales a la zanja sobre la que se deposita el cable de fibra que se recubre con otra capa de grava o material similar.

La medida comparativa entre diferentes trazas adquiridas en el tiempo, realizada elemento a elemento de longitud de fibra, determina la localización del intruso. Cada traza obtenida del POTDR puede ser el resultado de una única curva medida o del promediado de varias curvas medidas de forma consecutiva en el tiempo según el modo usual de funcionamiento de los equipos OTDR. De esta segunda forma se incrementa el alcance del sistema.

Cada traza capturada es utilizada como traza de referencia para la comparación con la siguiente traza capturada. También puede utilizarse una traza de referencia capturada en intervalos de tiempo definidos.

La comparación de cada nueva traza medida con la traza de referencia se realiza elemento a elemento de longitud de fibra por un tratamiento de datos adecuado. Si la diferencia entre trazas comparadas supera un determinado umbral en un punto, este punto determina la localización del intruso, tal como se muestra en la figura 6.

El sistema según la presente invención constará de los siguientes elementos (Fig. 7):

- Una longitud de fibra óptica monomodo (2) que forma parte de un cable de fibra óptica.

- Un medio estable para la evolución de la polarización y deformable ante la pisada del intruso en el que se coloca el cable de fibra, compuesto por: un lecho deformable por presiones similares a una pisada (4) cubierto por una capa de material con apariencia de suelo (3).

- Un emisor láser (1) que inyecta luz polarizada en la fibra óptica monomodo (2).

- Un sistema de detección que consta de un polarizador (10) y el sistema de detección propiamente dicho (8) que convierte la señal óptica en eléctrica y en el que se ha incorporado un filtro pasa alto como discriminador de la presencia de intrusos frente a las derivas lentas de la señal motivadas por las variaciones de las condiciones ambientales.

- Un equipo POTDR formado por: una fuente de luz láser que emite pulsos (6), un detector (7), un polarizador (9) delante del detector para análisis de polarización y un acoplador/circulador (11) que inyecta luz polarizada en la misma fibra (2) y conduce la luz retroesparcida hacia la parte de detección.

- Un acoplador o multiplexor (5) que desvía la luz a la salida de la fibra hacia el sistema de detección (8, 10) y hacia el POTDR. Si las longitudes de onda utilizadas por la medida por transmisión y por reflectometría son diferentes, será un multiplexor en las longitudes de onda empleadas. Si las longitudes de onda utilizadas por la medida por transmisión y por reflectometría es la misma, será un acoplador con una determinada razón de acoplo en la longitud de onda empleada.

El sistema de detección dispara el comienzo de la medida POTDR al detectar un intruso, para lo que el sistema de detección debe estar comunicado con el POTDR. Esta comunicación puede establecerse a través de un ordenador que además gestione y procese las medidas de los dos sistemas.

En el funcionamiento normal se tendrá el láser de emisión (1) y el sistema de detección (8, 10) continuamente conectado, mientras que se adquirirán trazas de POTDR de forma periódica con periodicidad que se determinará dependiendo de las condiciones ambientales de cada sistema, pero puede variar entre varios minutos y varias horas. El procedimiento de medida asociado consistirá en que cuando la medida del sistema de detección detecte una variación brusca de la intensidad significará la presencia de un intruso y emitirá una señal para que comience la medida de una nueva traza del POTDR que se comparará con la traza POTDR adquirida con anterioridad. El punto donde la diferencia entre ambas trazas alcance un determinado umbral determinará en punto donde se ha producido la intrusión. Los umbrales de disparo de alarmas podrían ser definidos de forma diferente para distintos tramos de la fibra, según la sensibilidad requerida en los diferentes tramos. Una vez que se haya producido la detección del intruso y la localización del lugar de la intrusión, el sistema disparará la señal de alarma, local o de forma remota, apropiada para establecer el sistema de seguridad conveniente. El sistema puede estar conectado a un sistema de señalización luminosa o acústica o conectado con un centro de control o vigilancia remoto. El sistema puede estar gestionado por un ordenador que adquiere tanto la señal de medida por transmisión como la traza POTDR, realiza la comparación entre trazas, comanda los diferentes componentes del sistema y dispara todas las alarmas y sistemas de conexión.

Además el sistema de la presente invención puede incorporar una serie de configuraciones opcionales diferentes que le permiten una serie de ventajas compatibles con los fundamentos del procedimiento de detección.

1.- Que el POTDR, el láser polarizado y el multiplexor estén en el mismo lado del segmento de fibra óptica y el sistema de detección al otro extremo, que presenta la ventaja de un cociente señal ruido ligeramente mejor en sistemas perimetrales en forma de anillo cerrado o de ida por una fibra óptica y vuelta por otra.

ES 2 293 776 B1

2.- En este sistema, que el láser polarizado sea el propio láser del POTDR. Entonces el acoplador o multiplexador (5) será un acoplador de una determinada razón de acoplo.

3.- Que láser polarizado, multiplexor, sistema de detección, POTDR y un nuevo acoplador estén en el mismo lado del segmento de fibra óptica, y en el otro extremo se coloque una fibra espejada. De esta forma se suprime la necesidad de energía eléctrica en el segundo extremo de fibra.

4.- Que el sistema se duplique, poniendo un sistema en sentido opuesto al otro. De esta forma se evita que en corte del cable de fibra óptica provoque la anulación del sistema de localización en toda su longitud.

5.- Que la configuración preferida del sistema se repita las veces necesarias para cubrir sin límites de longitud total requerida a supervisar, reportando a uno o varios centros de vigilancia o control de alarmas.

6.- Que se incorporen de forma adecuada a lo largo de la longitud de fibra óptica elementos de amplificación óptica de las señales, amplificadores ópticos, para incrementar el alcance del sistema.

7.- Que la fibra óptica se instale con una disposición serpenteante o similar para cubrir un ancho mayor a lo largo de la longitud de la zona supervisada.

8.- Que se instale un conjunto de fibras ópticas dispuestas en paralelo a lo largo de la longitud de la zona supervisada para cubrir un ancho mayor, pudiendo incorporar entonces conmutadores ópticos en la salida del POTDR hacia las fibras ópticas.

Con todo lo expuesto, el sistema de detección y localización de intrusos basado en la medida de cambios del estado de polarización de señales que se propagan por una fibra óptica monomodo que se describe en la presente invención alcanza las siguientes prestaciones.

1.- Rango de detección: determinado por el rango del POTDR, normalmente varias decenas de Km., que puede incrementarse con la implementación de amplificadores ópticos o mediante la instalación de forma consecutiva y repetida del sistema a lo largo de la longitud total requerida a supervisar.

2.- Precisión en la localización del intruso: dada por la anchura del pulso del POTDR, del orden de decenas de metro.

3.- Tiempo de detección del intruso: dado por el tiempo de respuesta del sistema de detección instantáneo.

4.- Tiempo de localización del lugar de intrusión: determinado por el tiempo de adquisición y promediado de la traza POTDR, del orden de unos pocos segundos hasta minutos.

5.- Tiempo de duración requerido a la perturbación generada por el intruso para su localización: prácticamente nulo ya que provoca una variación de la disposición de la fibra óptica perdurable en el tiempo.

Breve descripción de las figuras

- La Figura 1 muestra esquemáticamente la evolución aleatoria de la polarización de una señal óptica polarizada que se propaga por una fibra óptica monomodo, que permanece estable mientras no se modifiquen las condiciones de la fibra.

- La Figura 2 muestra esquemáticamente el cambio de estado de polarización de la señal polarizada propagada por la fibra monomodo a partir del punto en el que se modifican las condiciones de disposición física, presión, curvatura, etc... de la fibra.

- La Figura 3 muestra la representación gráfica de la evolución temporal de la medida de potencia óptica a la salida de la fibra y tras pasar por el polarizador lineal. El eje X representa tiempo en unidades arbitrarias. El eje Y representa nivel de potencia en unidades arbitrarias.

- La Figura 4 muestra la curva correspondiente a una traza POTDR en un tramo de fibra situada en torno a los 11 km de fibra. El eje X representa distancia de fibra óptica en kilómetros. El eje Y representa nivel de potencia relativa medida por el OTDR en dB.

- La Figura 5 muestra la curva correspondiente a una traza POTDR en el mismo tramo de fibra mostrada en la Fig. 4 tras haber modificado el intruso la disposición de la fibra en el punto señalado con una flecha. El eje X representa distancia de fibra óptica en kilómetros. El eje Y representa nivel de potencia relativa medida por el OTDR en dB.

- La Figura 6 muestra la curva correspondiente a la diferencia entre la traza de referencia medida en ausencia de intruso, Fig. 4, y la traza medida tras la presencia del intruso, Figura 5. La flecha indica el punto donde se detecta la localización del intruso. El eje X representa distancia de fibra óptica en kilómetros. El eje Y representa nivel de potencia relativa en dB.

- La Figura 7 muestra esquemáticamente el sistema de detección de intrusos con los elementos básicos comprendidos en la presente invención. Los elementos son:

- (1) Emisor láser
- (2) Fibra óptica monomodo
- (3) Capa de material con apariencia de suelo
- (4) Lecho deformable
- (5) Acoplador o multiplexor óptico
- (6) Fuente de luz láser pulsada
- (7) Detector
- (8) Sistema de detección
- (9) Polarizador
- (10) Polarizador
- (11) Acoplador/circulador

Descripción de una forma preferente de realización

Para complementar la descripción, aunque de forma ilustrativa y no limitativa, se acompaña a la presente memoria de un ejemplo de realización de la invención. La presente invención concierne a un dispositivo de detección basado en la medida del cambio del estado de polarización a la salida de una fibra óptica monomodo y de localización del punto de intrusión basado en el análisis de la diferencia de trazas obtenidas por POTDR y procedimiento asociado. El sistema comprende un láser polarizado (1), una longitud de fibra óptica (2) en un medio estable para la evolución de la polarización y deformable de modo temporal o permanente ante la presencia del intruso (3) y (4), un acoplador o multiplexor (5), un polarizador (10), un sistema de detección (8), un sistema POTDR compuesto por un equipo OTDR convencional (6, 7, 11) al que se le incorpora un polarizador lineal (9) en el sistema de detección, y un sistema de procesamiento de datos como puede verse en la Fig. 8.

El láser (1) tiene que ser un láser de semiconductor polarizado con cavidad Fabri-Perot, DFB o cavidad vertical, con suficiente potencia para el rango dinámico del sistema (del orden o inferior al miliwatio) con una longitud de onda situada en las ventanas de transmisión de las fibras ópticas, en torno a 1300 nm o 1550 nm, y preferiblemente con diferente longitud de onda del láser del POTDR para poder realizar la multiplexación/demultiplexación de ambos haces de luz.

La fibra óptica (2) tiene que ser monomodo en ambas ventanas de transmisión, y de baja birrefringencia (fibra estándar de telecomunicación) con una longitud determinada por el rango dinámico del sistema y que puede alcanzar valores de varias decenas de kilómetros. La fibra tiene que estar en un cable que permita su utilización e instalación. La fibra puede adoptar configuración de fibra con protección ajustada u holgada, siendo preferente la protección ajustada ya que le dota de mayor sensibilidad.

El medio estable para la evolución consiste en un lecho de arena o material similar sin compactar sobre el que se deposita el cable de fibra óptica. El cable de fibra óptica se cubre con una capa de grava o material similar que hace que la presión ejercida por la pisada se transmita a la fibra y modifique el estado de polarización en ese punto. El medio también puede consistir en una lámina metálica o plástica apoyada sobre el fondo y dejando oquedades longitudinales o transversales a la zanja sobre la que se deposita el cable de fibra que se recubre con otra capa de grava o material similar.

El multiplexor (5) debe separar el haz de luz proveniente del láser (1) y la luz proveniente del POTDR retrodispersada, y desviar la luz del láser hacia el polarizador y detector, y la luz retrodispersada proveniente del POTDR hacia el POTDR. La forma preferente es que el láser (1) tenga una longitud de onda por ejemplo en torno a 1550 nm y el POTDR a 1300 nm o viceversa, y el multiplexor sea 1300-1550 nm.

El sistema de detección está formado por un polarizador (10) que deje pasar la componente de polarización correspondiente del haz de luz, un detector (8) que convierte en corriente eléctrica y una cadena electrónica de preamplificador, amplificador, filtro y sistema de adquisición de datos que procese la señal y la filtre de forma que discrimine la presencia de intruso frente a derivas lentas producidas por las condiciones ambientales y frente a perturbaciones ajenas como golpes, caída de ramas etc. El polarizador puede ser un polarizador lineal en la propia fibra. El detector un detector PIN de AsGaIn, la cadena de amplificación con circuitería electrónica estándar y el filtro eléctrico un filtro

ES 2 293 776 B1

pasa banda convencional o bien estar incluido en el sistema de adquisición y procesado de señal. La señal discriminada representa también la señal de disparo para la adquisición de una nueva traza POTDR.

El POTDR consiste en un OTDR convencional en el que se ha introducido un polarizador frente al detector. La longitud de onda de emisión del POTDR estará centrada alrededor de 1300 nm o de 1550 nm, y preferentemente será longitud de onda diferente al del otro láser del sistema. El detector (7) del POTDR incorpora una cadena de amplificación, y procesado de la señal retrodispersada por la fibra. Las características de funcionamiento del POTDR, longitud de pulso, número de promedios, intervalo de medida serán los adecuados para el rango, resolución y precisión de localización requeridos.

El sistema de detección y el POTDR estarán conectados de forma que la señal del detector correspondiente a la presencia de un intruso determine el comienzo de la obtención de una nueva traza POTDR para la localización del lugar donde se ha producido. Esta conexión puede ser a través de un ordenador que adquiera las señales del sistema de detección y del POTDR, analice y discrimine los eventos que se han producido y almacene la información obtenida.

El sistema puede estar conectado a un sistema de señalización luminosa y/o acústica, o bien estar conectado a un sistema de vigilancia central remoto o incluso contar con todas las posibilidades de conexión vía protocolo TCP/IP. Alternativamente, la comparación de trazas puede realizarse en el propio POTDR y la señal de disparo ser una señal eléctrica.

El procedimiento de funcionamiento y medida asociado consistirá en la medida en continuo de la señal por el sistema de detección. La presencia de un intruso se detectará cuando se produzca una variación brusca de la potencia transmitida. Paralelamente, se obtendrán trazas POTDR con una periodicidad que variará entre unos minutos y varias horas dependiendo de las condiciones ambientales. Cuando se haya detectado un intruso, el sistema de detección emitirá una señal para el comienzo de la adquisición de una nueva traza POTDR. Esta nueva traza se comparará con la que se haya obtenido de forma periódica con anterioridad y el punto en que la diferencia entre ambas trazas supere un valor umbral marcará el punto donde se ha producido la intrusión. Una vez que se haya producido la detección del intruso y la localización del lugar de la intrusión, el sistema disparará la señal de alarma, local o de forma remota, apropiada para establecer el sistema de seguridad conveniente. De esta manera, el procedimiento asociado de detección de intrusos y localización del punto de intrusión incluye:

- a) La introducción de una señal óptica procedente de un láser polarizado (1) en un extremo de la fibra óptica, se propaga por la fibra, atraviesa el multiplexor (5) el polarizador (10) y se detecta amplifica y procesa en el detector (8).
- b) La introducción de una señal óptica procedente del láser polarizado pulsado (6) del POTDR, a través del acoplador/circulador (11) y del multiplexor (5) en la fibra óptica. La luz retrodispersada por la fibra atraviesa el multiplexor (5), el acoplador/circulador (11), el polarizador (9) y se detecta con el detector (7) y cadena de amplificación y procesado de señal. Esta señal determina la traza del POTDR.
- c) La medida de cambios de estado de polarización a la salida de la fibra por transmisión se realiza en tiempo real.
- d) La obtención de la trazas del POTDR se realiza con una cierta periodicidad que varía entre una traza cada varios minutos a una traza cada varias horas y guardando la última como traza de referencia.
- e) Cuando se produce un cambio brusco en la medida de la señal procedente del láser polarizado (1), por encima de un valor umbral, significa la presencia de un intruso y se emite una señal de adquisición de una nueva traza POTDR de forma inmediata.
- f) La traza adquirida se compara con la última traza de referencia y el punto en el que la traza diferencia alcanza un valor umbral marca el lugar donde se ha producido la intrusión.

Con la configuración expuesta se han alcanzado las siguientes prestaciones.

1.- Rango de detección: determinado por el rango del POTDR, hasta 40 km.

2.- Precisión en la localización del intruso: dada por la anchura del pulso del POTDR, 20 m.

3.- Tiempo de detección del intruso: dado por el tiempo de respuesta del sistema de detección, instantáneo.

4.- Tiempo de localización del lugar de intrusión: determinado por el tiempo de adquisición y promediado de la traza POTDR, del orden de unos pocos segundos.

5.- Tiempo de duración requerido a la perturbación generada por el intruso para su localización: prácticamente nulo ya que provoca una variación de la disposición de la fibra óptica perdurable en el tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de detección de intrusos y procedimiento asociado **caracterizado** porque se basa en la medida del cambio del estado de polarización a la salida de una fibra óptica y de localización del punto de intrusión basado en el análisis de la diferencia de trazas obtenidas por POTDR para localizar intrusos o perturbaciones a lo largo de la zona perimetral que se vigila y que consta de los siguientes elementos:

- Una longitud de fibra óptica monomodo (2) que forma parte de un cable de fibra óptica.
- Un medio en el que se coloca el cable de fibra que es estable para la evolución de la polarización frente a perturbaciones ajenas al intruso y deformable ante la pisada del intruso, compuesto por un lecho deformable por presiones similares a una pisada (4) cubierto por una capa de material con apariencia de suelo (3).
- Un equipo para medida de cambios de polarización de señal óptica transmitida por la fibra que consta de: un emisor láser (1) que inyecta luz polarizada en la fibra óptica monomodo (2) y un detector de cambios de polarización formado por un polarizador (10) y el sistema de detección propiamente dicho (8) que convierte la señal óptica en eléctrica.
- Un equipo para medida de cambios de polarización de la señal óptica retroesparcida por la fibra, POTDR, formado por: una fuente de luz láser que emite pulsos (6), un detector (7), un polarizador (9) delante del detector para análisis de polarización y un acoplador/circulador (11) que inyecta luz polarizada en la misma fibra (2) y conduce la luz retroesparcida hacia la parte de detección.
- Un acoplador o multiplexor (5) que desvía la luz a la salida de la fibra hacia el sistema de detección (8, 10) y hacia el POTDR.

El procedimiento asociado de detección de intrusos y localización del punto de intrusión incluye:

- a.- La introducción de la señal óptica procedente de un láser polarizado (1) en un extremo de la fibra óptica, que se propaga por la fibra, atraviesa el multiplexor (5) el polarizador (10) y se detecta amplifica y procesa en el detector (8).
- b.- La introducción de una señal óptica procedente del láser polarizado pulsado (6) del POTDR, a través del acoplador/circulador (11) y del multiplexor (5) en la fibra óptica. La luz retrodispersada por la fibra atraviesa el multiplexor (5), el acoplador/circulador (11), el polarizador (9) y se detecta con el detector (7) y cadena de amplificación y procesamiento de señal. Esta señal determina la traza del POTDR.
- c.- La medida de cambios de estado de polarización a la salida de la fibra por transmisión se realiza en tiempo real.
- d.- La obtención de la trazas del POTDR se realiza con una cierta periodicidad que varía entre una traza cada varios minutos a una traza cada varias horas y guardando la última como traza de referencia.
- e.- Cuando se produce un cambio brusco en la medida de la señal procedente del láser polarizado (1), por encima de un valor umbral, significa la presencia de un intruso y se emite una señal de adquisición de una nueva traza POTDR de forma inmediata.
- f.- La traza adquirida se compara la última traza de referencia y el punto en el que la traza diferencia alcanza un valor umbral marca el lugar donde se ha producido la intrusión.

2. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la fibra óptica monomodo es de baja birrefringencia.

3. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la fibra óptica monomodo forma parte de un cable de fibra óptica en configuración de protección ajustada.

4. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque la fibra óptica monomodo forma parte de un cable de fibra óptica en configuración de protección holgada.

5. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el medio estable para la evolución de la polarización está compuesta por un lecho de arena sin compactar en el que se dispone el cable de fibra óptica y cubierto por una capa de aspecto similar al suelo como por ejemplo grava.

6. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el medio estable para la evolución de la polarización está compuesto por un lecho formado por una lámina metálica o plástica dispuesta de forma que queden oquedades debajo de ella en el que se dispone el cable de fibra óptica y cubierto por una capa de aspecto similar al suelo como por ejemplo grava.

7. Sistema de detección de intrusos según la reivindicaciones 5 y 6 **caracterizado** porque el medio donde se dispone el cable de fibra óptica tiene memoria mecánica y recupera su posición transcurrido un tiempo superior a algunos segundos.

5 8. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el láser polarizado (1) es un láser de semiconductor con cavidad Fabri-Perot, DFB o cavidad vertical emitiendo en torno a 1300 nm o 1550 nm de longitud de onda.

10 9. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el multiplexor 5 es un multiplexor 1300/1550.

10. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 9 **caracterizado** porque el multiplexor 5 es un acoplador de cualquier razón de acoplamiento.

15 11. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque los polarizadores 9 y 10 son polarizadores lineales.

20 12. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el láser pulsado del POTDR (6) emite bien alrededor de 1300 nm o bien alrededor de 1550 nm.

13. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el detector (8) incorpora una cadena de amplificación, filtrado y procesado de la señal detectada para discriminar la presencia de intrusos frente a las derivas lentas de la señal motivadas por las variaciones de las condiciones ambientales.

25 14. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el detector (7) del POTDR incorpora una cadena de amplificación, y procesado de la señal retrodispersada por la fibra.

30 15. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el POTDR, el láser polarizado y el multiplexor están en el mismo lado del segmento de fibra óptica y el sistema de detección en el lado opuesto en sistemas perimetrales en forma de anillo o de ida por una fibra óptica y vuelta por otra.

35 16. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el POTDR, el láser polarizado y el multiplexor y el sistema de detección, junto con otro acoplador/multiplexor adicional, están en el mismo lado del segmento de fibra óptica, y en el otro se coloque una fibra espejada.

17. Sistema según las reivindicaciones 8, 15 y 16, **caracterizado** porque el láser polarizado (1) es el láser pulsado del POTDR.

40 18. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque se disponen de dos sistemas actuando sobre fibras diferentes en sentido contrario uno del otro.

19. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque incluye un ordenador para procesar los resultados y disparar las señales de alarma.

45 20. Sistema según la reivindicación 1 **caracterizado** porque incluye señales de alarma acústicas o luminosas.

21. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque incluye una conexión vía Internet, vía telefónica o por radio con un sistema de vigilancia central remoto.

50 22. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el procedimiento asociado de detección de intrusos y localización del punto de intrusión que incluye:

55 a) La introducción de una señal óptica procedente de un láser polarizado (1) en un extremo de la fibra óptica, que se propaga por la fibra, atraviesa el multiplexor (5) el polarizador (10) y se detecta amplifica y procesa en el detector (8).

60 b) La introducción de una señal óptica procedente del láser polarizado pulsado (6) del POTDR, a través del acoplador/circulador (11) y del multiplexor (5) en la fibra óptica. La luz retrodispersada por la fibra atraviesa el multiplexor (5), el acoplador/circulador (11), el polarizador (9) y se detecta con el detector (7) y cadena de amplificación y procesado de señal. Esta señal determina la traza del POTDR.

c) La medida de cambios de estado de polarización a la salida de la fibra por transmisión se realiza en tiempo real.

65 d) La obtención de la trazas del POTDR se realiza con una cierta periodicidad que varía entre una traza cada varios minutos a una traza cada varias horas y guardando la última como traza de referencia.

ES 2 293 776 B1

e) Cuando se produce un cambio brusco en la medida de la señal procedente del láser polarizado (1), por encima de un valor umbral, significa la presencia de un intruso y se emite una señal de adquisición de una nueva traza POTDR de forma inmediata.

f) La traza adquirida se compara con la última traza de referencia y el punto en el que la traza diferencia alcanza un valor umbral marca el lugar donde se ha producido la intrusión.

23. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 22 **caracterizado** porque en el procedimiento asociado de detección de intrusos y localización del punto de intrusión, la comparación de trazas se realiza en el propio POTDR y la señal de disparo es una señal eléctrica.

24. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 22 **caracterizado** porque en el procedimiento de detección de intrusos y localización del punto de intrusión, un ordenador adquiere tanto la señal de medida por transmisión como la traza POTDR, realiza la comparación entre trazas, comanda los diferentes componentes del sistema y dispara todas las alarmas y sistemas de conexión.

25. Sistema de detección de intrusos según la reivindicación 1 **caracterizado** porque incluye equipos de ampli-ficación óptica dispuestos de forma adecuada a lo largo de la longitud de fibra para amplificar las señales ópticas y aumentar el alcance en longitud del sistema.

26. Sistema de detección de intrusos según las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque pueden realizarse instalaciones consecutivas y repetidas del sistema a lo largo de la longitud a supervisar, para aumentar el alcance de la longitud total supervisada, reportando a uno o varios centros de control o vigilancia.

27. Sistema de detección de intrusos según las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque la fibra óptica (2) puede instalarse con una disposición serpenteante o similar para cubrir un ancho mayor a lo largo de la longitud de la zona supervisada.

28. Sistema de detección de intrusos según las reivindicaciones anteriores **caracterizado** porque pueden instalarse un conjunto de fibras ópticas dispuestas en paralelo a lo largo de la longitud de la zona supervisada para cubrir un ancho mayor, incorporando un conmutador óptico en la salida del POTDR hacia cada una de las fibras ópticas, para cubrir con un solo equipo POTDR la medida por reflectometría de todo el conjunto de las fibras.

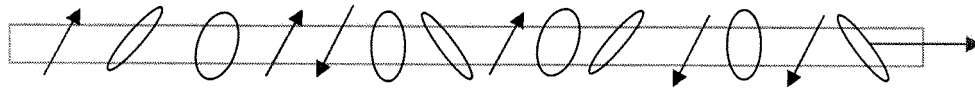


Figura 1

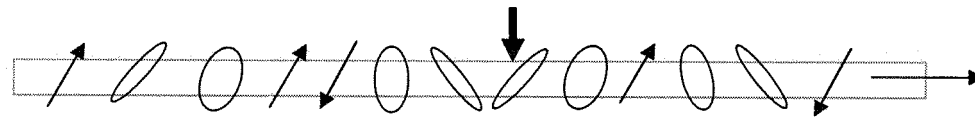


Figura 2

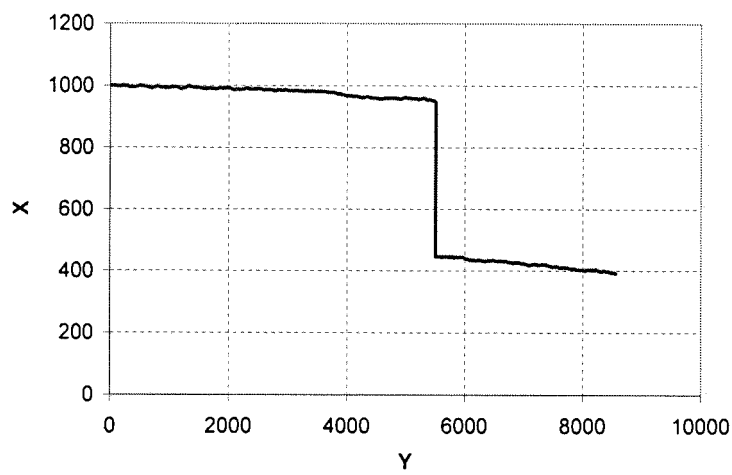


Figura 3

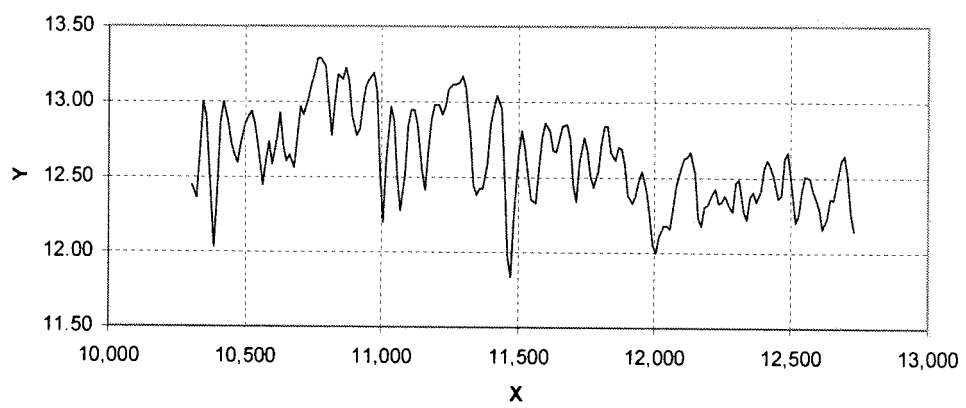


Figura 4

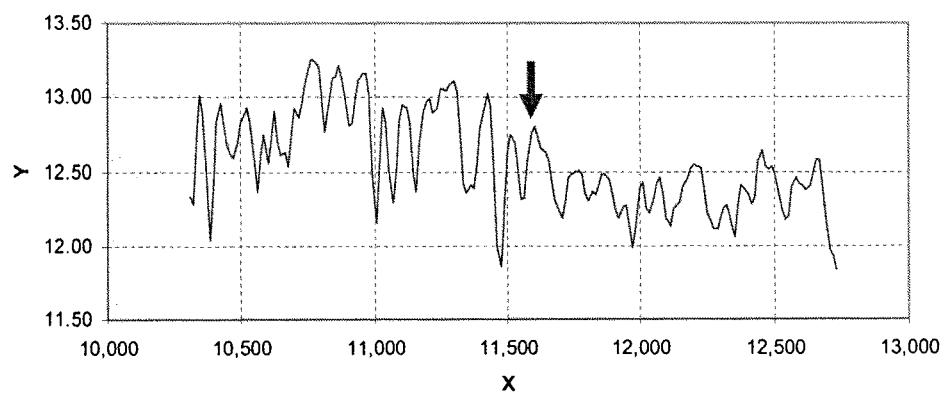


Figura 5

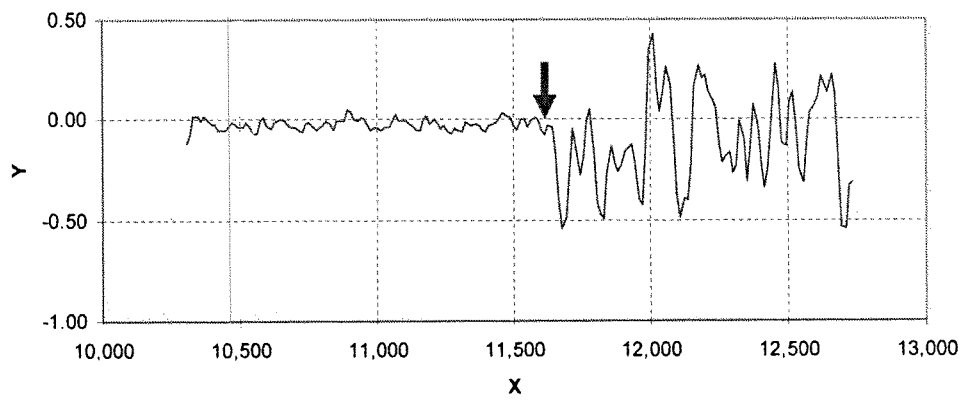


Figura 6

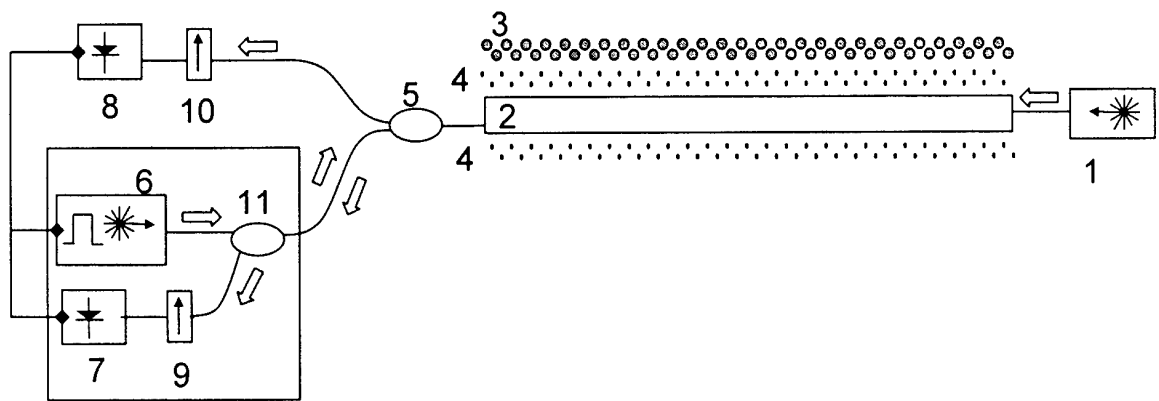


Figura 7.



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 293 776

⑫ Nº de solicitud: 200501473

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 09.06.2005

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: **G08B 13/18** (2006.01)
H04B 10/08 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2005002017 A1 (HARAN) 06.01.2005, todo el documento.	1-28
A	EP 0365062 A1 (N.V. PHILIPS GLOEILAMPENFABRIEKEN) 25.04.1990, todo el documento.	1-28
A	Base de datos WPI en EPOQUE: JP 2000040187 A (FURUKAWA ELECTRIC CO LTD) 08.02.2000, resumen; figuras.	1-28

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

26.02.2008

Examinador

J. Botella Maldonado

Página

1/1