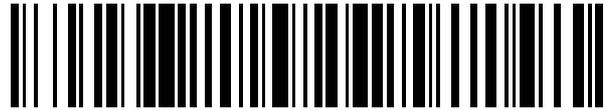


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 134**

21 Número de solicitud: 201730410

51 Int. Cl.:

G01B 11/14 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

24.03.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

01.10.2018

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD DE BURGOS (100.0%)
C/ Hospital del Rey s/n
09001 Burgos ES**

72 Inventor/es:

**VICENTE CABRERA, Miguel Ángel;
GONZÁLEZ CABRERA, Dorys Carmen y
MÍNGUEZ ALGARRA, Jesús**

54 Título: **SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA LA MONITORIZACIÓN DE ESTRUCTURAS**

57 Resumen:

Procedimiento para la monitorización de movimientos y giros mediante el uso combinado de láser y vídeo y sistema para su ejecución, el sistema consiste en un sistema capaz de medir, de forma continua, movimientos y giros. La solución combina el uso de dos rayos láser, que actúan a modo de referencia fija, un panel traslúcido en el que impactan los láseres y en el que se ubican tres diodos LED, y una cámara de vídeo que graba los tres puntos de luz led y los dos puntos generados por los emisores láser. El procedimiento calcula los movimientos y giros tomando como referencia los dos puntos laser.

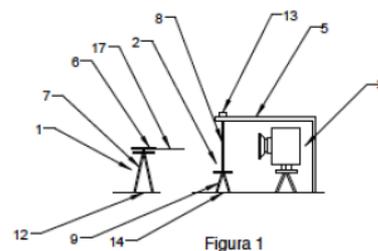


Figura 1

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento para la monitorización de movimientos de estructuras

5 Objeto de la invención

El objeto de la presente invención es un sistema para medir los movimientos de un punto situado en una estructura, que utiliza combinadamente medios de emisión lumínica y medios de grabación de imágenes. Es también objeto de la presente invención un procedimiento de monitorización de estructuras que se lleva a cabo empleando el referido sistema.

Antecedentes de la invención

La presente invención se encuadra en el sector de la monitorización de la salud estructural de edificios, monumentos e infraestructuras de ingeniería tales como puentes. El propósito de las diversas técnicas de monitorización es detectar movimientos en las estructuras, para evaluar su integridad y en general para el control preventivo de su seguridad y fiabilidad, que permita en su caso adoptar las medidas adecuadas de prevención o reparación de daños.

Los movimientos de estructuras más comúnmente monitorizados son los desplazamientos verticales u horizontales y los movimientos en ángulo o giros.

La medición de movimientos de estructuras puede realizarse empleando sensores de distinto tipo y procesando la información obtenida por ellos. A estos efectos, el sensor ideal debe ser capaz de medir con una alta precisión, ya que los movimientos estructurales se producen muy lentamente. Es deseable una precisión superior a 0,1 mm para los movimientos de desplazamiento y $1 \cdot 10^{-4}$ rad para los movimientos en ángulo. Es asimismo deseable que el análisis de los datos obtenidos por los sensores se lleve a cabo de forma rápida, lo más cercano posible al tiempo real, preferiblemente sin tener que emplear equipos de cómputo especialmente potentes y costosos. Adicionalmente, los sensores deben ser capaces de soportar las condiciones ambientales y lumínicas a las que se vean expuestos durante los largos periodos de medición. Deben además ser inmunes a los campos electromagnéticos y estables, es decir, que con el tiempo no muestren deriva en la medida.

Son conocidos los sensores para medición de movimientos estructurales denominados transductores de desplazamiento, de dos tipos, inductivo o resistivo. Estos sensores son precisos, baratos, robustos y estables, pero presentan la desventaja de que el punto fijo con respecto al cual se realiza la medida debe estar situado en la proximidad del sensor, lo que plantea dificultades técnicas a veces insalvables.

Existe otro tipo de transductores de desplazamiento, basados en tecnología láser, triangulación, distanciametría o interferometría, pero no reúnen las condiciones de precisión, economía y robustez deseables.

Otros procedimientos de monitorización estructural emplean medios de grabación de imágenes, como equipos de vídeo. Estos equipos pueden situarse en un punto fijo, en cuyo caso su objetivo apuntará hacia el punto de control o punto móvil, esto es, aquel cuyo potencial movimiento se desea controlar, en cuyo caso el movimiento será grabado por el equipo. Asimismo, el equipo de grabación puede colocarse en el propio punto de control, dirigiéndose el objetivo hacia un punto fijo de referencia, de modo que si tiene lugar un movimiento con respecto a ese punto fijo, habrá sido causado por un movimiento del punto móvil en el que está situada el equipo de grabación. En ambas técnicas basadas en la grabación de imágenes, el equipo se dirige bien hacia el punto fijo, bien hacia el móvil, es decir, dentro de su campo de visión hay uno u otro punto, por lo que el posible movimiento no deseado del equipo de grabación afectará a los resultados de la medición, ya que un punto se habrá movido con respecto al otro a causa de dicho movimiento accidental, no a causa del movimiento que se desea controlar. La precisión de la medida efectuada con estas técnicas depende en gran medida de la distancia entre el equipo de grabación y el punto de referencia, siendo menor la precisión cuanto mayor es la distancia.

El sistema propuesto en la presente patente es de los que emplea medios de grabación de imágenes, pero a diferencia de las técnicas mencionadas, el equipo de grabación tiene en su campo de visión tanto la referencia fija como la móvil, por lo que un movimiento no deseado de dicho equipo no afectará a la precisión de la medida, porque la posición relativa de una y otra referencia será la misma. Por ello, el sistema propuesto es estable, es decir, no pierde la referencia inicial, por lo que puede ser usado favorablemente en la monitorización a largo plazo de estructuras. El equipo de grabación puede situarse muy próximo a la referencia móvil, lo que influye favorablemente en la precisión de la medida incluso aunque se empleen equipos no profesionales.

El sistema y procedimiento propuestos permiten medir movimientos con precisión y a un coste contenido, ya que sus elementos componentes son de fácil acceso en el mercado. El sistema puede operar en cualquier condición ambiental y lumínica, de día o de noche, pues está prevista una carcasa protectora. Como el sistema se basa en la luz, es insensible a los campos electromagnéticos, por lo que puede utilizarse en ambientes sujetos a estos campos.

Descripción de la invención

En un primer aspecto, la invención se refiere a un sistema para la monitorización de movimientos estructurales mediante la medición del movimiento de un punto de control respecto de un punto fijo. El sistema propuesto combina medios de emisión de luz y medios de grabación de imágenes. Los medios de emisión de luz son preferentemente de dos tipos: emisores de rayos láser y diodos LED. Los emisores de rayos láser son solidarios del punto fijo y los diodos LED son solidarios del punto de control. Los emisores de rayos láser pueden situarse a larga distancia del punto de control, en todo caso fuera de la estructura en la que está situado el punto de control, para que en ningún caso puedan verse afectados por el movimiento de dicho punto. Los diodos LED se sitúan en el mismo punto de control, siendo solidarios con él, ya que así cualquier movimiento de este punto se transmitirá a dichos diodos LED.

Los emisores de rayos láser dirigen su haz hacia un panel de medición, el cual está situado en el punto móvil, proyectando en dicho panel tanto puntos de luz como emisores láser haya. Los diodos LED son solidarios de dicho panel de medición y estarán preferentemente situados en su reverso, hacia el cual dirigen su haz de luz, que atravesará el panel de medición al ser este traslúcido, por lo que proyectarán en dicho panel tanto puntos de luz como diodos LED haya. Por consiguiente, en el campo definido por el panel de medición quedarán localizadas todas las señales emitidas por los medios de emisión de luz, en forma de puntos de luz. La luz emitida por los emisores de rayos láser y por los diodos LED es de diferente color, por lo que podrán diferenciarse sobre el panel qué señales provienen del punto fijo y cuáles del punto de control.

Los medios de grabación de imágenes, preferentemente un equipo de grabación de vídeo, se sitúan próximos al panel de medición, de modo que dicho panel de medición queda dentro del campo de visión de los medios de grabación de imágenes. De este modo se consigue que tanto la referencia fija como la referencia móvil, proyectadas ambas en el

panel de medición en forma de puntos de luz, sean captadas simultáneamente, eliminando alteraciones de la medida que pudieran causarse por movimientos accidentales de los medios de grabación de imágenes.

- 5 El sistema comprende asimismo una computadora y su correspondiente software, la cual recibe, procesa y almacena la grabación obtenida por los medios de grabación de imágenes.

En un segundo aspecto, la invención se refiere a un procedimiento para la monitorización de movimientos estructurales, que se lleva a cabo empleando el sistema que ha sido
10 resumidamente descrito. Mediante la ejecución de dicho procedimiento, se pueden medir de forma continua los movimientos, particularmente desplazamientos y giros, de estructuras tales como edificios o infraestructuras de ingeniería.

El procedimiento se basa en el principio general de medir el movimiento de una estructura
15 mediante el control del movimiento de un punto específico situado en dicha estructura, denominado punto de control. Dicho punto de control sirve de referencia móvil por contraposición a un punto fijo o referencia fija.

Para poder llevar a cabo el procedimiento se colocan los distintos elementos del sistema en
20 la manera a la que se ha aludido al describir dicho sistema, es decir: los medios de emisión de luz consistentes preferentemente en emisores de rayos láser se sitúan a distancia del punto de control, fuera de la estructura objeto de monitorización. El panel de medición, del cual son solidarios los medios lumínicos consistentes preferentemente en diodos LED, se sitúa en el punto de control. Los medios de grabación de imágenes, preferentemente un
25 equipo de grabación de vídeo, se sitúan con el objetivo dirigido hacia el panel de medición, a proximidad del mismo.

Dispuesto el sistema, se conectan los medios de emisión de luz. Los haces de luz de los
emisores de rayos láser se deben orientar hacia el panel de emisión. Los diodos LED, que
30 son solidarios del panel de medición, están dispuestos de tal forma que su haz de luz igualmente se dirige hacia el panel. Se conectan los medios de grabación de imágenes, en cuyo campo de visión quedarán todos los puntos de luz producidos por los medios de emisión de luz. A partir de este momento temporal, cualquier movimiento del punto de control se traducirá en un movimiento de los puntos de luz producidos por los diodos LED,

que se desplazarán relativamente con respecto a los puntos de luz fijos producidos por los emisores láser. Dicho movimiento será captado por los medios de grabación de imágenes.

5 Los datos registrados por los medios de captación de imágenes son transferidos a un equipo de cómputo dotado de un software de procesamiento de datos, procesamiento que está comprendido en el método reivindicado y que resumidamente comprende: generar una
10 secuencia de imágenes a partir de las imágenes captadas por el equipo de grabación, registrar el intervalo de tiempo entre cada dos imágenes consecutivas, identificar los píxeles que corresponden a los puntos de luz producidos por los medios de emisión de luz, identificar el color de los píxeles para diferenciar de qué medio de emisión lumínica
15 provienen (emisores de rayos láser o diodos LED), asociar coordenadas X e Y a cada píxel, obtener para cada imagen medidas correspondientes a posición y a movimiento de los puntos.

15 **Explicación de las figuras**

Figura 1: muestra una vista esquemática del sistema.

Figura 2: muestra una vista en alzado del panel de medición.

20

Figura 3: muestra una vista frontal del panel de medición, en el que están indicadas las coordenadas que se obtienen mediante la aplicación del procedimiento.

25 **Realización preferente de la invención**

Con referencia a la FIG. 1, el sistema para la monitorización de movimientos estructurales, entendiéndose por movimientos preferentemente los desplazamientos y giros del punto de control, comprende los siguientes elementos:

- 30 - Medios de emisión de luz, preferentemente un equipo emisor de rayos láser (1) y al menos tres diodos LED (4)
- Un panel de medición (2) en el cual están incorporados los diodos LED (4).
- Medios de grabación de imágenes (3), preferentemente un equipo de grabación de vídeo (3).

El panel de medición (2) y el equipo de grabación de vídeo (3) se sitúan uno a proximidad del otro y pueden ir cubiertos por una carcasa (5), siendo el panel de medición (2) uno de los lados de la carcasa (5), concretamente el lado hacia el cual se proyectan los rayos láser (17).

5 El equipo emisor de rayos láser (1) está compuesto por al menos dos emisores de rayos láser (6), cada uno de los cuales emite al menos un rayo láser (17) y por un soporte (7). Dicho equipo (1) se sitúa en un punto que está localizado fuera de la estructura objeto de control y que se pueda considerar fijo a los efectos de la operación de monitorización que se vaya a efectuar. El panel de medición (2) está compuesto por un panel traslucido (8) y un soporte (9). El panel de medición (2) se sitúa en el punto de control (14), esto es, en el punto determinado
10 cuyo movimiento se desea monitorizar en una estructura. El panel de medición (2) es solidario del punto de control (14). Previamente al inicio de la monitorización, se coloca el panel de medición (2) en el punto de control (14) con la ayuda, para el posicionamiento en vertical, de un nivel (13) analógico o digital.

Con referencia a la figura 2, la luz emitida por los tres diodos LED (4) genera sendos puntos
15 de luz LED (4.1, 4.2, 4.3) en el panel traslucido (8). Los rayos láser producidos por los emisores de rayos láser (6) se proyectan en el panel traslucido (8), atravesándolo y dejando visibles dos puntos láser (10, 11). La luz emitida por los diodos LED (4) es de un color diferente a la emitida por los emisores de rayos láser (6). Por tanto, en el panel traslucido (8) se proyectan cinco puntos de luz: los tres puntos de luz LED (4.1, 4.2, 4.3) y los dos puntos láser
20 (10, 11).

Con referencia a la figura 3, en la imagen del panel de medición (2) tal y como ha sido procesada por el equipo de cómputo, se señalan los valores (P1, P2 y P3) asignados a los centros geométricos de las nubes de puntos correspondientes a los tres puntos de luz LED (4.1, 4.2, 4.3). Los puntos P1 y P2 están unidos por una línea imaginaria horizontal. Los puntos
25 P2 y P3 están unidos por una línea imaginaria vertical. Igualmente se señalan los valores (L1, L2) asignados a los centros geométricos de las nubes de puntos correspondientes a los dos puntos de luz láser (10, 11).

Los medios de grabación de imágenes (3) comprenden preferentemente un equipo de grabación de vídeo, preferentemente una videocámara digital, la cual graba el panel traslucido y por ende
30 los tres puntos de luz LED (4.1, 4.2, 4.3) y los dos puntos láser (10, 11). El equipo de grabación de vídeo (3) se coloca de modo que el eje de su lente sea sustancialmente ortogonal al panel de medición (2).

El procedimiento para la monitorización de movimientos estructurales que constituye otro aspecto de la presente invención se lleva a cabo en dos fases: colocación y conexión de los componentes del sistema y procesamiento de los datos obtenidos por el sistema.

La fase de colocación de los componentes del sistema comprende las siguientes etapas:

- 5 1. Colocar, en un punto fijo (12), generalmente fuera del elemento estructural a monitorizar, el equipo emisor de rayos láser (1), que comprende dos emisores láser (6) y un soporte (7).
2. Colocar en el punto de control (14) el panel de medición (2) y cerca de él, el equipo de grabación de vídeo (3). Opcionalmente, en función de las condiciones ambientales en
10 que vaya a desarrollarse la monitorización, se coloca la carcasa (5).
3. Orientar horizontal y verticalmente el panel de medición (2) respecto al equipo de grabación de vídeo (3), en concreto colocar el panel traslúcido (8) sustancialmente ortogonal con respecto al equipo de grabación (3) y a una distancia tal que el campo visual del equipo de grabación de vídeo (3) coincida con las dimensiones del panel
15 traslúcido (8).
4. Encender los emisores de rayos láser (6) y orientarlos hacia el panel traslúcido (8). Se ubicarán los puntos de luz láser en el área del panel traslúcido (8) adecuada en función de los movimientos del punto de control (14) que sean previsibles para el experto. Asimismo, se cuidará de que los rayos láser incidan en el panel traslúcido con un
20 ángulo tal que los rayos refractados, una vez hayan traspasado el panel traslúcido (8), no incidan en el objetivo del equipo de grabación de vídeo (3).
5. Conectar el equipo de emisión láser (1), el equipo de grabación de vídeo (3) y los diodos LED (4)
6. Finalmente se inicia la medida del equipo de grabación.

25 La segunda fase o de procesamiento de datos comienza cuando los datos registrados por el equipo de grabación son transferidos a un equipo de cómputo el cual está dotado de un software específico de post-proceso de datos, y comprende las siguientes etapas:

- 30 1. Generar una secuencia de imágenes del panel traslúcido (8) a partir de los datos registrados por el equipo de grabación (3), registrándose el intervalo de tiempo entre dos imágenes consecutivas, medida que se denomina Δt .

2. Para cada imagen de la secuencia se identifican y se separan los píxeles que pertenecen a cada uno de los cinco puntos de la imagen, esto es, los puntos correspondientes a los tres puntos de luz LED (4.1, 4.2, 4.3) y los dos puntos láser (10, 11). A partir de esta operación se obtienen cinco tablas de datos, en cada una de las cuales se indican, para cada uno de dichos cinco puntos, sus coordenadas X e Y y su correspondiente identificación de color. De este modo, cada tabla está definiendo una nube de puntos, entendiendo por tal un conjunto de datos relativos a las coordenadas y al color de cada uno de los puntos (4.1, 4.2, 4.3, 10, 11).
3. Para cada imagen de la secuencia, se obtiene el centro geométrico de cada una de las cinco nubes de puntos. El resultado de esta operación son cinco puntos, definidos por sus coordenadas X e Y. Según el color de los píxeles que componen cada una de las nubes de puntos es posible determinar si el centro geométrico obtenido pertenece a un punto de luz LED (4.1, 4.2, 4.3) o a un punto láser (10, 11).
4. Para la primera imagen de la secuencia de imágenes, se asignan los valores P1, P2 y P3 a los centros geométricos de las nubes de puntos correspondientes a los tres puntos de luz LED (4.1, 4.2, 4.3), con el siguiente doble criterio de asignación:
- P1 representa los valores mínimos de X y de Y.
 - La coordenada Y de P2 es menor que la coordenada Y de P3.
5. Para la primera imagen de la secuencia de imágenes, se asignan los valores L1 y L2 a los centros geométricos de las nubes de puntos correspondientes a los dos puntos láser (10, 11), con el siguiente criterio de asignación:
- La coordenada X de L1 es menor que la coordenada X de L2.
6. Para cada una de las otras imágenes de la secuencia, se asignan los valores P1, P2 y P3 por proximidad respecto a la imagen inmediatamente anterior en el tiempo. De igual forma se les asignan los valores L1 y L2 a dichas imágenes.
7. Para cada imagen de la secuencia, se obtienen las siguientes tres medidas: posición vertical "v", posición horizontal "u" e inclinación " α ", referidas a los puntos P1, P2 y P3. Las posiciones vertical y horizontal están referenciadas al sistema de

coordenadas generales, en el que el eje vertical corresponde con la dirección de la gravedad y el eje horizontal es ortogonal al eje vertical.

- 5
8. Finalmente, para cada imagen de la secuencia excepto la primera, se obtienen, como diferencia entre los valores absolutos determinados en el apartado anterior, las siguientes tres medidas: desplazamiento vertical " f_v ", desplazamiento horizontal " f_h " y ángulo girado " θ ", referidas a los puntos P1, P2 y P3, con lo cual queda determinado el movimiento del punto de control con respecto al punto fijo. Análogamente, los desplazamientos vertical y horizontal están referenciados al sistema de coordenadas generales, en el que el eje vertical corresponde con la dirección de la gravedad y el
- 10
- eje horizontal es ortogonal al eje vertical.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para la monitorización de estructuras mediante la medición del movimiento de un punto de control (14) respecto de un punto fijo (12), comprendiendo un panel de medición (2) **caracterizado** porque comprende unos primeros medios de emisión de luz (1), unos segundos medios de emisión de luz (4) solidarios del panel de medición (2) y medios de grabación de imágenes (3).
2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los primeros medios de emisión de luz (1) comprenden un equipo emisor de rayos láser (1) compuesto por al menos dos emisores de rayos láser (6).
3. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los segundos medios de emisión de luz (4) comprenden al menos tres diodos LED (4).
4. Sistema según las reivindicaciones 2 y 3, caracterizado porque el equipo emisor de rayos láser (1) proyecta dos puntos de luz láser (10, 11) en el panel de medición (2) y porque cada uno de los al menos tres diodos LED (4) proyecta un punto de luz LED (4.1, 4.2, 4.3) sobre el panel de medición (2).
5. Sistema según la reivindicación 4, **caracterizado** porque los dos puntos de luz láser (10, 11) son de un color distinto al de los puntos de luz LED (4.1, 4.2, 4.3).
6. Sistema según la reivindicación 5 **caracterizado** porque los medios de grabación de imágenes (3) son solidarios del punto de control (14).
7. Sistema según la reivindicación 6 **caracterizado** porque los medios de grabación de imágenes (3) se colocan con el eje de sus lentes sustancialmente ortogonal al panel de medición (2) y con su campo de visión abarcando sustancialmente las dimensiones del panel de medición (2).
8. Sistema según la reivindicación 7, **caracterizado** porque comprende una carcasa en cuyo interior se disponen los medios de grabación de imágenes (3) y una de cuyas caras es el panel de medición (2).
9. Procedimiento para la monitorización de estructuras mediante la medición del movimiento de un punto de control respecto de un punto fijo, ejecutado mediante el sistema de las reivindicación 8, comprendiendo una primera fase de colocación y conexión de los componentes del sistema y una segunda fase de procesamiento de los datos obtenidos por el sistema, **caracterizado** porque la primera fase comprende situar en el campo de visión de los medios de grabación de imágenes (3) los puntos de luz proyectados por los primeros y segundos medios de emisión de luz (1, 4) y porque la segunda fase comprende generar una secuencia de imágenes del panel de medición (2) a partir de las imágenes

captadas por el equipo de grabación (3), registrar el intervalo de tiempo entre dos imágenes consecutivas, identificar los píxeles que corresponden a los puntos de luz producidos por los primeros medios de emisión de luz (1) y por los segundos medios de emisión de luz (4), y asociar a dichos píxeles coordenadas X e Y.

- 5 10. Procedimiento según la reivindicación 9, que comprende además:
- Obtener, por cada imagen de la secuencia, una tabla de datos para cada punto de luz en dicha imagen, indicando cada una de dichas tablas de datos las coordenadas X e Y e identificando el color de los puntos de luz (4.1, 4.2, 4.3, 10, 11) de las imágenes.
 - Para cada imagen de dicha secuencia y partiendo de la al menos una tabla de datos, obtener el centro geométrico de los puntos de luz de las imágenes y determinar si el centro geométrico obtenido proviene de los primeros medios de emisión de luz (1) o de los segundos medios de emisión de luz (4).
 - Para la primera imagen de la secuencia de imágenes, asignar unos valores (P1, P2, P3) a los centros geométricos correspondientes a los puntos de luz (4.1, 4.2, 4.3) provenientes de los segundos medios de emisión de luz (4) y otros valores (L1, L2) a los centros geométricos correspondientes a los puntos de luz (10, 11) provenientes de los primeros medios de emisión de luz (1); y para cada una de las otras imágenes de la secuencia, asignar, por proximidad respecto a la imagen inmediatamente anterior en el tiempo, los mismos valores correspondientes a los centros geométricos de sus respectivos puntos de luz.
 - 20- Para cada imagen de la secuencia, obtener las medidas de posición vertical, posición horizontal e inclinación, referidas a los puntos de luz (4.1, 4.2 y 4.3) provenientes de los segundos medios de emisión de luz (4),
 - Para cada imagen de la secuencia excepto la primera, obtener las medidas de desplazamiento vertical, desplazamiento horizontal y ángulo girado, referidas a los puntos de luz (4.1, 4.2 y 25 4.3) provenientes de los segundos medios de emisión de luz (4).

