

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 792 448**

51 Int. Cl.:

G01M 17/08 (2006.01)

G01M 17/10 (2006.01)

B61D 15/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2019 E 19156843 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 3531101**

54 Título: **Método y dispositivo para inspeccionar el bastidor inferior de un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

22.02.2018 FR 1851511

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

11.11.2020

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)
48, rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen, FR**

72 Inventor/es:

BEHETY, NORBERT

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 792 448 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para inspeccionar el bastidor inferior de un vehículo ferroviario

5 La presente invención se refiere al campo de las inspecciones de mantenimiento que deben realizarse a intervalos regulares en los vehículos ferroviarios, para garantizar su integridad y, por lo tanto, la seguridad de las personas y mercancías transportadas. Estas inspecciones visuales llevadas a cabo por operadores humanos requieren la instalación de vehículos en vías ferroviarias de inspección dedicadas (rieles en pozos, rieles elevados, etc.), lo que afecta la disponibilidad de los vehículos, ocasiona que estos realicen viajes específicos y contribuye a la saturación de las infraestructuras, al tiempo que impone condiciones de trabajo incómodas a los operadores humanos que son desfavorables en términos de salud y seguridad. Además, dado que se determina que el 90 % de los componentes del vehículo inspeccionado están de conformidad con el resultado de la inspección, se puede temer que disminuya la concentración necesaria para estas inspecciones.

15 El documento CN 105 882 683 Aes un documento de la técnica anterior relacionado con la invención que revela el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 6.

Es necesario proponer una solución de inspección de vehículos ferroviarios que sea fácil de implementar y que permita el control remoto de un dispositivo de inspección a las áreas que deben ser inspeccionadas del vehículo ferroviario.

20 Con este fin, según un primer aspecto, la invención propone un método para inspeccionar un bastidor inferior de un vehículo ferroviario en una vía ferroviaria utilizando un dispositivo de inspección que comprende una unidad de procesamiento y un sistema de motor, dicha unidad de procesamiento está adaptada para controlar el sistema de motor y el sistema de motor está adaptado para mover el dispositivo de inspección hasta colocarlo en al menos un punto de destino controlado por la unidad de procesamiento;

25 dicho método se caracteriza porque, dada una lista, almacenada en la unidad de procesamiento, de coordenadas de puntos de interés del bastidor inferior mostradas en un sistema de referencia que se origina en un punto de referencia, el método comprende las siguientes etapas:

- 30 • mover el dispositivo de inspección a un punto predeterminado cuya posición relativa al punto de referencia es conocida;
- registrar, mediante la unidad de procesamiento, la ubicación del punto de referencia en función de la posición a la que se ha movido el dispositivo;
- 35 • determinar, mediante la unidad de procesamiento, al menos un comando destinado al sistema de motor para colocar el dispositivo de inspección en al menos un punto de interés en la lista en función de al menos las coordenadas de dicho punto de interés mostradas en la lista y de dicha ubicación del punto de referencia registrado.

40 La invención permite así proporcionar una solución para facilitar la velocidad y fiabilidad de la automatización de las operaciones de inspección. Una vez que se ha registrado, durante el mantenimiento, la posición real del punto de referencia del vehículo ferroviario inspeccionado, el dispositivo de inspección puede determinar el desplazamiento óptimo necesario para inspeccionar cada componente del vehículo ferroviario. Otra ventaja, vinculada a la base para hacer referencia al equipo bajo el bastidor para cada tipo de tren al que se hace referencia, es poder identificar los equipos en las proximidades del robot, y las inspecciones catalogadas para este equipo.

45 La optimización de los desplazamientos permite reducirlos y, por lo tanto, conservar la energía (batería) necesaria para los desplazamientos, lo que aumenta la autonomía del robot.

En las modalidades, el método de inspección según la invención comprende además una o más de las siguientes características:

- 50 • la unidad de procesamiento envía dicho comando determinado al sistema de motor, luego, en función de dicho comando, el dispositivo de inspección se desplaza bajo la acción del sistema de motor al punto de interés y captura una imagen o realiza medición;
- el punto predeterminado es un eje del vehículo ferroviario móvil, la ubicación del punto de referencia en un eje X que se extiende paralelo a la vía es la correspondiente a dicho eje en el eje X, la ubicación del punto de referencia en un eje Y ubicado en el plano de la vía y perpendicular a los rieles de la vía que se determina en función de la ubicación de al menos uno de los dos rieles en el eje Y y la ubicación del punto de referencia en un eje Z perpendicular a los ejes X y Y se determina como una función de la ubicación de al menos uno de los dos rieles en el eje Z;
- 55 • se implementan las siguientes etapas:
 - 60 ○ calcular una superficie correspondiente a una cubierta de una superficie del bastidor inferior del vehículo ferroviario;
 - determinar el desplazamiento del dispositivo de inspección a realizar entre dos puntos de interés sucesivos de la lista mediante la implementación de un algoritmo para minimizar los desplazamientos realizados en 1 dimensión, 2 dimensiones o 3 dimensiones, dicha minimización se realiza de acuerdo con los puntos en la lista y la cubierta calculada.

De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona un programa informático que comprende instrucciones de software que, cuando son ejecutadas por una computadora, implementan un método como se definió anteriormente.

- 5 De acuerdo con un tercer aspecto, la presente invención propone un dispositivo de inspección del bastidor inferior de un vehículo ferroviario en una vía ferroviaria que comprende una unidad de procesamiento y un sistema de motor, dicha unidad de procesamiento está adaptada para controlar el sistema de motor y el sistema de motor está adaptado para desplazar el dispositivo de inspección hasta que se posicione en al menos un punto de destino controlado por la unidad de procesamiento;
- 10 dicho dispositivo se caracteriza porque, dada una lista, almacenada en la unidad de procesamiento, de coordenadas de puntos de interés del bastidor inferior mostradas en un sistema de referencia que se origina en un punto de referencia, la unidad de procesamiento está adaptada para, después de un desplazamiento del dispositivo de inspección hasta un punto predeterminado cuya posición con respecto al punto de referencia es conocida, registrar una ubicación del punto de referencia en función de la posición a la que se ha movido el dispositivo;
- 15 la unidad de procesamiento está adaptada para determinar al menos un comando destinado al sistema de motor para colocar el dispositivo de inspección en al menos un punto de interés en la lista en función de al menos las coordenadas de dicho punto de interés mostradas en la lista y dicha ubicación del punto de referencia registrado.

En las modalidades, el dispositivo de inspección de acuerdo con la invención comprende además una o más de las siguientes características:

- la unidad de procesamiento está adaptada para suministrar dicho comando determinado al sistema de motor, luego, en función de dicho comando, el dispositivo de inspección está adaptado para desplazarse bajo la acción del sistema de motor hasta el punto de interés, y una vez allí, capturar una imagen o realizar una medición;
- el punto predeterminado es un eje del vehículo ferroviario, la ubicación del punto de referencia en un eje X que se extiende paralelo a la vía es la correspondiente a dicho eje en el eje X, la ubicación del punto de referencia en un eje Y ubicado en el plano de la vía y perpendicular a los rieles de la vía se determina en función de la ubicación de al menos uno de los dos rieles en el eje Y y la ubicación del punto de referencia en un eje Z perpendicular a los ejes X e Y se determina en función de la ubicación de al menos uno de los dos rieles en el eje Z;
- la unidad de procesamiento es adecuada para determinar los desplazamientos del dispositivo de inspección que se llevarán a cabo entre dos puntos de interés sucesivos de la lista mediante la implementación de un algoritmo para minimizar los desplazamientos realizados en 1 dimensión, 2 dimensiones o 3 dimensiones, dicha minimización se lleva a cabo en función de los puntos de la lista y de una cubierta de una superficie del bastidor inferior del vehículo ferroviario.

Estas características y ventajas de la invención aparecerán al leer la descripción a continuación, dada únicamente a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La Figura 1 representa una vista esquemática de un dispositivo de inspección en una modalidad de la invención;
- La Figura 2 es una vista de la vía ferroviaria y los ejes de referencia en una modalidad de la invención;
- La Figura 3 es un diagrama de bloques de un dispositivo de inspección en una modalidad de la invención;
- La Figura 4 es un diagrama de flujo de las etapas implementadas en una modalidad de la invención;
- La Figura 5 es un diagrama de flujo de las etapas implementadas en una modalidad de la invención;
- La Figura 6 representa los desplazamientos realizados en las modalidades de la invención.

45 La Figura 1 representa esquemáticamente un dispositivo de inspección 1, también denominado robot 1, en una modalidad de la invención. El dispositivo de inspección 1 es adecuado para inspeccionar el bastidor de un vehículo ferroviario 2, en el caso se considera un tren 2 (en otros casos, un tranvía, una locomotora, etc.), estacionado en una vía ferroviaria 3 que se extiende a lo largo de un eje X. Como se muestra en la Figura 2, los carriles 5 y 6 de la vía 3 se encuentran en el plano definido por los ejes ortogonales X y Y, los cuales son perpendiculares a un eje vertical Z.

50 El dispositivo de inspección 1 comprende un carro 7 provisto de ruedas 8 y un brazo 9. Cuando el dispositivo de inspección 1 se coloca entre los rieles, por ejemplo las ruedas en las patas de los rieles 5 y 6, se adapta para rodar sobre estos rieles y así moverse a lo largo del eje X, movido por un sistema de motor mencionado a continuación. El brazo 9 está adaptado para desplegarse o retraerse a lo largo del eje Z y también a lo largo del eje Y, bajo la acción del sistema de motor. En la parte superior del brazo 9, se dispone un dispositivo de aplicación 11.2. En el caso considerado, el dispositivo de aplicación es una cámara de video 11.2 (en otras modalidades, el dispositivo de aplicación comprende un dispositivo de medición). El dispositivo de inspección 1 tiene dimensiones adaptadas para desplazarse, entre los rieles 5 y 6, debajo del bastidor del tren 2, mediante el plegado del brazo a lo largo del eje Z, o incluso a lo largo del eje Y, según los volúmenes del tren en la ruta del dispositivo de inspección 1.

60 La Figura 3 es un esquema funcional del dispositivo de inspección 1 en la modalidad de la invención considerada. Este comprende una unidad de procesamiento 10, un conjunto de sistemas 11 y una interfaz de telecomunicaciones inalámbrica 13.

ES 2 792 448 T3

La unidad de procesamiento 10 comprende un microprocesador 12 y un área de memoria 14. El conjunto de sistemas 11 comprende específicamente un sistema de motor 11.1, al menos un dispositivo de aplicación 11.2, aquí una cámara de video 11.2, una batería 11.3 y un sistema de geolocalización 11.4.

5 El sistema de motor 11.1 se adapta para implementar los movimientos del dispositivo de inspección 1, tanto los del carro 7 a lo largo del eje X, los del brazo 9 a lo largo de los ejes Y y Z y los de la inclinación de la cabeza de la cámara 11.2 con respecto a cada uno de los ejes X, Y, Z.

La cámara de video 11.2 es adecuada para capturar imágenes.

10 La batería 11.3, por ejemplo eléctrica, está adaptada para suministrar energía eléctrica a todo el dispositivo de inspección 1.

15 El sistema de geolocalización 11.4 comprende, por ejemplo, una unidad inercial con 3 girómetros y 3 acelerómetros. Esta es adecuada para calcular la posición actual del carro 7, del brazo 9 y la orientación de la cámara 11.2.

La interfaz inalámbrica de telecomunicaciones 13 es, por ejemplo, del tipo WiFi adecuada para intercambiar datos con una estación de supervisión remota operada por un operador.

20 La unidad de procesamiento 10 está adaptada para controlar los sistemas del conjunto de sistemas 11. Por lo tanto, esta es adecuada para enviar comandos a los diferentes sistemas del conjunto de sistemas 11, por ejemplo:

- enviar los comandos de movimiento para ser ejecutados por carro 7, el brazo 9 y la cámara 11.2 para colocarlos en un lugar determinado;
- enviar los comandos de captura de imágenes a la videocámara 11.2.

25 Estos comandos son recibidos inicialmente por la unidad de procesamiento 10 a través de la interfaz de telecomunicaciones 13, proveniente de la estación de supervisión remota, antes de ser posiblemente completada, procesada y luego enviada por la unidad de procesamiento 10 al conjunto de sistemas 11: el dispositivo de inspección está entonces en modo *manual*. O de nuevo, estos comandos son parte de secuencias de inspección preprogramadas registradas en el área de memoria 14 en forma de instrucciones de software, luego ejecutadas en el microprocesador 12: el dispositivo de inspección está en modo *automático*.

30 La unidad de procesamiento 10 también está adaptada para recibir y procesar los diferentes datos transmitidos por los diferentes sistemas del conjunto de sistemas 11 (por ejemplo, los archivos de imágenes capturadas por la cámara 11.2, las posiciones actuales calculadas por el sistema de geolocalización 11.4, etc.), para almacenarlos o, si es necesario, transmitirlos, directamente o después del procesamiento, a la estación de supervisión de destino a través de la interfaz 13.

35 En la memoria 14, se almacena una base de datos B_0 . Esta base de datos B_0 incluye una lista de componentes a inspeccionar desde el tren 2 y también comprende, para cada componente, al menos las coordenadas de ubicación del componente en un sistema de referencia que se origina en un punto de referencia P_0 del tren 2, así como ángulos de balanceo, cabeceo, guiñada de la cabeza de la cámara 11.2. Estas coordenadas se muestran, por ejemplo, en un sistema de referencia que tiene como ejes los 3 ejes X, Y, Z (correspondientes a los ejes indicados anteriormente que también son los ejes respectivamente, longitudinal, lateral y vertical del tren 2).

45 Las coordenadas en la base B_0 en relación con cada componente son, de acuerdo con las modalidades, las del componente o las de la imagen del componente.

50 Con referencia a la Figura 3, la unidad de procesamiento 10 se adapta adicionalmente para, en un modo de determinar el punto de referencia, implementar el conjunto 100 de etapas siguientes.

En una modalidad, estas etapas 101, 102 se implementan después de la ejecución en el microprocesador 12 de las instrucciones de software almacenadas en el área de memoria 14.

55 En una etapa 101: desplazamiento del dispositivo de inspección 1 hasta que este último se encuentre al nivel del punto de referencia P_0 .

60 En una etapa 102, la unidad de procesamiento 10 identifica la posición actual (X_0, Y_0, Z_0) del dispositivo de inspección como la correspondiente al punto P_0 utilizada como origen en la base B_0 y lo registra como tal. Y además, por ejemplo, esta asigna a esta posición P_0 las coordenadas $(X_0 = 0, Y_0 = 0, Z_0 = 0)$, o el origen del sistema de coordenadas tridimensional que comprende los ejes X, Y y Z.

En la modalidad considerada, punto P_0 corresponde al punto de coordenadas (X_0, Y_0, Z_0) , donde:

- X_0 en el eje X corresponde al punto de contacto entre la rueda del eje delantero y el riel, como se muestra en la Figura 1;
- Y_0 está en la línea central ubicada entre los dos rieles 5 y 6, o a medio camino entre dos ruedas del tren 2 orientadas una frente a la otra en el eje Y, como se muestra en la Figura 2 (por ejemplo, determinado intrínsecamente debido a una construcción simétrica del dispositivo de inspección 1 a lo largo del eje Y); y
- Z_0 corresponde al límite superior del riel, como se muestra en la Figura 2.

En los ferrocarriles, los sistemas CAO comúnmente usan este sistema de referencia. De este modo, estos pueden generar las dimensiones de los equipos debajo del bastidor, directamente utilizables por el robot. De lo contrario, el robot puede construir este sistema de referencia mediante un modo de escáner y sensores específicos. En otra modalidad, se puede usar otro sistema de referencia. La determinación del punto de referencia puede realizarse en modo manual o automático (modo “determinación del punto de referencia”):

- manualmente:
 - el operador de la estación de supervisión suministra comandos de desplazamiento al dispositivo de inspección 1 a través de la interfaz 13 para llevar el dispositivo de inspección 1 al punto de referencia, y de acuerdo con estos comandos de desplazamiento, la unidad de procesamiento 10 ordena al sistema de motor 11.1 que se desplace hasta que el dispositivo de inspección 1 se encuentre en el punto de referencia P_0 , o entonces
 - el operador transporta el dispositivo al punto de referencia;
- automáticamente (presionando un botón en el dispositivo 1 o suministrando, desde la estación de supervisión, la orden correspondiente al paso al modo de determinación automática del punto de referencia), el dispositivo de inspección se desplaza a lo largo de los rieles, controlados por la unidad de procesamiento 10 hasta reconocer automáticamente, por ejemplo, la parte más baja de la primera rueda en su lado izquierdo (por ejemplo, mediante el procesamiento automático de reconocimiento de forma en base a las imágenes proporcionadas por la cámara 11.2). Y, por ejemplo, si por algún motivo el dispositivo de inspección 1 no logra identificar esta rueda, la búsqueda se detendrá después de haber avanzado 10 metros (m) desde una posición base (correspondiente a la coordenada X_B en el eje X, como se muestra en la Figura 1).

Después de llevar a cabo las etapas de determinación del punto de referencia, el dispositivo de inspección 1 regresa a su posición base X_B .

En la modalidad descrita, en la etapa 101, el dispositivo de inspección se desplaza al punto de referencia. En otras modalidades, el dispositivo de inspección se desplaza a la etapa 101 hasta un punto característico (por ejemplo, fácilmente detectable mediante búsqueda automática en la imagen), luego determina la posición geográfica del punto de referencia en función de la de este punto característico y la información almacenada en su memoria que indica la diferencia entre estas dos posiciones geográficas.

Luego, una vez que este proceso de localización del punto de referencia se ha llevado a cabo, el dispositivo de inspección 1 se adapta, en un “modo de inspección”, para:

- llevar a cabo los desplazamientos necesarios para posicionarse sucesivamente en cada uno de al menos algunos, si no todos, los componentes del tren 2 que aparecen en la base B_0 en función de las coordenadas del componente que aparece en la base B_0 , y los ángulos de balanceo, inclinación, guiñada de la cámara con respecto a los ejes, X, Y, Z y de la posición registrada del punto de referencia P_0 en la etapa 102 (los desplazamientos se detienen para configurar la medición cuando los desplazamientos requeridos se logran comparando los comandos de desplazamiento, definidos como una función de las coordenadas de los componentes y de la posición de referencia registrada, con las posiciones actuales determinadas por el sistema de geolocalización 11.4), y
- en cada una de estas ubicaciones diferentes, capturar las imágenes utilizando la cámara 11.2 (o realizar las mediciones en estas ubicaciones diferentes utilizando dispositivos de medición) y realizar el procesamiento de imágenes en estas imágenes para proporcionar un estado de inspección de componentes, por ejemplo de OK, NOK, indeterminado, o incluso determinar una caracterización de una falla detectada en el componente mediante el procesamiento de estas imágenes (la caracterización incluye, por ejemplo, la identificación de un tipo de falla, tal como una grieta, desgaste, agujero, etc.).

Todos los puntos de interés del tren 2 a inspeccionar habrán sido referenciados, en una fase preliminar, en relación con el punto de referencia P_0 , luego estos son inspeccionados, por lo que los desplazamientos controlados por la unidad de procesamiento 10 se determinan en relación con el punto de referencia P_0 .

Por lo tanto, en una fase anterior a la primera modalidad del conjunto de etapas 100, para constituir la base B_0 , el operador desplaza sucesivamente el carro 7 a lo largo de X hasta cada componente de la lista considerada, posiciona además el brazo 9 a lo largo de Y y Z y orienta la cámara 11.2 de acuerdo con el punto de vista deseado para la inspección de dicho componente de interés del tren 2 (usando un tren con gálibo similar al del tren 2). Luego, las coordenadas (x, y, z) y las orientaciones relacionadas con el componente se registran en la base B_0 :

- x: distancia longitudinal a lo largo del eje X entre la posición actual y P_0 ;
- y: distancia lateral a lo largo del eje Y entre la posición actual y P_0 ;
- z: distancia vertical a lo largo del eje Z entre la posición actual y P_0 ;
- ángulos de balanceo, de inclinación, de guiñada de la cámara 11.2.

5

Luego, el dispositivo de inspección 1 puede usarse para inspeccionar automáticamente, en modo de inspección, los componentes del tren 2 o de cualquier tren que tenga componentes en el mismo lugar que el tren 2 en relación con la posición de referencia retenida.

10

En el “modo de inspección”, ya sea manual o automático, la inspección realizada por el dispositivo de inspección comprende una lista de tareas que serán ejecutadas en diferentes lugares del bastidor del tren. Dependiendo de cómo son secuenciadas estas tareas, la duración total de la inspección y el consumo de energía pueden variar significativamente.

15

Por lo tanto, en una modalidad de la invención, con referencia a la Figura 5, se implementa un conjunto de etapas 200.

20

En una etapa 201, las tareas de la secuencia de tareas a realizar por el dispositivo de inspección 1 se ordenan en un orden que se minimiza en el plano X, Y (dado que los movimientos a lo largo de Z se tienen en cuenta en la etapa 202) el número y la distancia de transición entre dos tareas sucesivas, (por ejemplo, tomar fotografías de componentes) correspondientes a dos ubicaciones sucesivas (x, y, z) del dispositivo de inspección (los algoritmos de optimización implementados son similares, por ejemplo, a los utilizados al calcular rutas de las trayectorias). En una modalidad, el dispositivo de inspección 1 tiene un mismo punto de partida y de llegada: X_B , pero no vuelve a pasar por X_B entre dos componentes distintos de la lista.

25

En una etapa 202, se minimizan los desplazamientos a lo largo del eje Z del brazo entre dos tareas consecutivas mientras se evita cualquier interferencia con el tren 2.

30

Las etapas 201, 202 se implementan, por ejemplo, en el dispositivo de inspección 1, usando el microprocesador 12 y un algoritmo de optimización de secuencia almacenado en la memoria 14. De este modo, se calculan las mejores opciones para la ruta de inspección y los movimientos elementales del dispositivo de inspección 1 (tanto del carro 7 como del brazo 9).

35

La etapa 202 se implementa como una función de una cubierta estática del tren (que varía según las formas tridimensionales de los componentes del tren 2) que representa el borde, en altura (es decir, a lo largo del eje Z) más allá de la cual no puede pasar el límite superior de la cámara en la extremidad del brazo 9, para cada posición geográfica (x, y) dada en el plano definido por los ejes X y Y. Esta cubierta, por lo tanto, delimita la superficie de la menos el bastidor inferior del tren 2.

40

Esta cubierta estática de tren se define, por ejemplo, para cada tipo de vehículo ferroviario, en un archivo matricial tridimensional respectivo, denominado B_1 , almacenado en la memoria 14. La cubierta (o techo) es proporcionada por el diseñador del tren mediante CAO, o es proporcionada por el robot mediante un modo de escáner automático y sensores dedicados.

45

Por lo tanto, después de cada identificación de un vehículo ferroviario (realizado automáticamente por el dispositivo de inspección 1, en particular mediante el procesamiento de imágenes o indicado por el operador en modo manual al dispositivo 1 desde la estación de supervisión), la unidad de procesamiento 10 del dispositivo de inspección 1 selecciona el archivo de cubierta estática correspondiente al vehículo ferroviario identificado 2. En el caso de que la identificación del vehículo ferroviario sea imposible, o si falta o no se puede usar el archivo de cubierta estática apropiada, se utiliza una cubierta predeterminada que corresponde a un gálibo estático de seguridad especificado por el operador (estándar UIC, por ejemplo).

50

Estas disposiciones ayudan a reducir el tiempo y el consumo de energía necesarios para completar la secuencia de inspección de los vehículos ferroviarios.

55

A modo de ilustración y comparación, las etapas sucesivas entre el final de cualquier tarea (denominada “tarea N-1”) y la de la siguiente tarea (denominada “tarea N”), la programación de las tareas que han sido obtenidas a continuación de la etapa 201, se describe a continuación, primero en una modalidad sin usar la matriz de cubierta, en las etapas 301 a la 309, y luego en una modalidad con el uso del matriz de cubierta, en las etapas 401 a la 408.

60

La Figura 6 muestra en el plano de los ejes X y Z la ubicación O_{N-1} de las coordenadas $(x_{N-1}, y_{N-1}, z_{N-1})$ correspondiente a la tarea N-1, la ubicación O_N de las coordenadas (x_N, y_N, z_N) correspondiente a la tarea N y los componentes 30 y 31 del tren que se encuentra cerca. La tarea N-1 es, por ejemplo, tomar una foto del componente 31 y la tarea N es, por ejemplo, tomar una foto del componente (no mostrado) ubicado más lejos en el eje X.

- Etapa 301: fin de la tarea N-1 en la ubicación O_{N-1} .
- Etapa 302: bajar el brazo 9 a la altura $z = Z_{\text{maxlibre}}$ (altura del elemento más bajo del tren 2), como se muestra con la flecha d_1 en la Figura 6.
- Etapa 303: centrar el brazo 9 entre los dos rieles 5 y 6 ($y = 0$).
- Etapa 304: desplazar el carro 7 en el eje X a la ubicación x_N a lo largo de X correspondiente a la tarea N, representada por la flecha d_2 en la Figura 6.
- Etapa 305: colocar el brazo lateralmente, es decir, en el eje Y, hasta la ubicación y_N de acuerdo con Y correspondiente a la tarea N.
- Etapa 306: colocar el brazo verticalmente, es decir, en el eje Z, hasta la ubicación z_N a lo largo de Z correspondiente a la tarea N, representada por la flecha d_3 en la Figura 6.
- Etapa 307: orientar la cabeza de la cámara 11.2.
- Etapa 308: ejecutar la tarea N (captura de imágenes, medición, etc.).
- Etapa 309: fin de la tarea N; $N = N+1$; retornar a la etapa 301 si la secuencia de tareas no se ha completado.

Así, en la etapa 302, el brazo se baja sistemáticamente por debajo de la altura del elemento más bajo del tren 2).

- Etapa 401: fin de la tarea N-1.
- Etapa 402: determinar si hay una intersección a lo largo del eje Z con el tren 2 para ir directamente desde la ubicación O_{N-1} , de coordenadas $(x_{N-1}, y_{N-1}, z_{N-1})$ correspondiente a la tarea N-1, hacia la ubicación O_N , de coordenadas (x_N, y_N, z_N) correspondiente a la tarea N, en función del segmento entre $(x_{N-1}, y_{N-1}, z_{N-1})$ y (x_N, y_N, z_N) y del archivo de cubierta B_1 de la cubierta correspondiente al tren 2 inspeccionado. En caso afirmativo, pasar a la etapa 403; de lo contrario, pasar directamente a la etapa 405.
- Etapa 403: determinar una posición intermedia O' (o más) tal que se pueda pasar desde O_{N-1} a O' , luego de O' a O_N minimizando la distancia total recorrida (en 3 dimensiones) pasando sobre el eje X de x_{N-1} a x_N , en función del archivo de cubierta B_1 correspondiente al tren 2 inspeccionado.
- Etapa 404: mover el carro 7 (a lo largo de X) y el brazo 9 (a lo largo de Z) hacia la posición intermedia O' , de acuerdo con el movimiento indicado por la flecha D_1 en la Figura 6.
- Etapa 405: mover el carro 7 y el brazo 9 de la posición actual hacia O_N a lo largo del eje indicado por la flecha D_2 en la Figura 6.
- Etapa 406: orientar la cabeza de la cámara 11.2.
- Etapa 407: ejecutar la tarea N (captura de imágenes, medición, etc.).
- Etapa 408: fin de la tarea N; $N = N+1$; retornar a la etapa 301 si la secuencia de tareas no se ha completado.

La suma de las distancias representadas por las flechas d_1 , d_2 y d_3 se monta en $d_1 + d_2 + d_3 = 200 + 2500 + 180 = 2880$ milímetros (mm), y se recorre en el caso considerado en 14 segundos. La suma de las distancias representadas por los desplazamientos a lo largo de las flechas D_1 y D_2 se monta a $D_1 + D_2 = 1266 + 1262 = 2528$ mm, y se recorre en el caso considerado en 12 s.

REIVINDICACIONES

1. Método para inspeccionar el bastidor inferior de un vehículo ferroviario (2) en una vía ferroviaria (3) utilizando un dispositivo de inspección (1) que comprende una unidad de procesamiento (10) y un sistema de motor (11.1), dicha unidad de procesamiento está adaptada para controlar el sistema de motor y el sistema de motor está adaptado para desplazar el dispositivo de inspección hasta colocarlo en al menos un punto de destino controlado por la unidad de procesamiento;
- dicho método **caracterizado porque**, dada una lista, almacenada en la unidad de procesamiento, de coordenadas de puntos de interés del bastidor inferior mostradas en un sistema de referencia que se origina en un punto de referencia, el método comprende las siguientes etapas:
- desplazar el dispositivo de inspección hacia un punto predeterminado cuya posición relativa al punto de referencia es conocida;
 - registrar, a través de la unidad de procesamiento, la ubicación del punto de referencia en función de la posición a la que se ha movido el dispositivo;
 - determinar, a través de la unidad de procesamiento, al menos un comando enviado al sistema de motor para colocar el dispositivo de inspección en al menos un punto de interés en la lista en función de al menos las coordenadas de dicho punto de interés mostradas en la lista y de dicha ubicación del punto de referencia registrado.
2. El método para inspeccionar el bastidor inferior de un vehículo ferroviario (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la unidad de procesamiento (10) suministra dicho comando determinado al sistema de motor (11.1), luego, en función de dicho comando, el dispositivo de inspección se desplaza bajo la acción del sistema de motor hacia el punto de interés y captura una imagen o realiza una medición allí.
3. El método para inspeccionar el bastidor inferior de un vehículo ferroviario (2) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde el punto predeterminado es un eje del vehículo ferroviario, la ubicación del punto de referencia en un eje X que se extiende paralelo a la vía (3) es la correspondiente a dicho eje en el eje X, la ubicación del punto de referencia en un eje Y ubicado en el plano de la vía y perpendicular a los rieles (5,6) de la vía se determina en función de la ubicación de al menos uno de los dos rieles en el eje Y y la ubicación del punto de referencia en un eje Z perpendicular a los ejes X y Y se determina en función de la ubicación de al menos uno de los dos rieles en el eje Z.
4. El método para inspeccionar el bastidor inferior de un vehículo ferroviario (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se implementan las siguientes etapas:
- calcular una cubierta de una superficie del bastidor inferior del vehículo ferroviario;
 - determinar el desplazamiento del dispositivo de inspección (1) a realizar entre dos puntos de interés sucesivos de la lista mediante la implementación de un algoritmo para minimizar los desplazamientos realizados en 1 dimensión, 2 dimensiones o 3 dimensiones, dicha minimización se lleva a cabo en función de los puntos de la lista y de la cubierta calculada.
5. Programa informático que comprende instrucciones de software que, cuando son ejecutadas por una computadora, implementan un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
6. Dispositivo de inspección (1) del bastidor inferior de un vehículo ferroviario (2) en una vía ferroviaria (3) que comprende una unidad de procesamiento (10) y un sistema de motor (11.1), dicha unidad de procesamiento está adaptada para controlar el sistema de motor y el sistema de motor está adaptado para mover el dispositivo de inspección hasta colocarlo en al menos un punto de destino controlado por la unidad de procesamiento; dicho dispositivo **caracterizado porque**, dada una lista, almacenada en la unidad de procesamiento, de coordenadas de puntos de interés del bastidor inferior mostradas en un sistema de referencia que se origina en un punto de referencia, la unidad de procesamiento está adaptada para, después de un desplazamiento del dispositivo de inspección hasta un punto predeterminado cuya posición relativa al punto de referencia es conocida, registrar una ubicación del punto de referencia en función de la posición a la que se ha desplazado el dispositivo; la unidad de procesamiento está adaptada para determinar al menos un comando destinado al sistema de motor para colocar el dispositivo de inspección en al menos un punto de interés en la lista en función de al menos las coordenadas de dicho punto de interés mostradas en la lista y dicha ubicación del punto de referencia registrado.
7. El dispositivo de inspección (1) del bastidor inferior de un vehículo ferroviario (2) de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la unidad de procesamiento (10) está adaptada para enviar dicho comando determinado al sistema de motor (11.1), luego, en función de dicho comando, el dispositivo de inspección está adaptado para desplazarse bajo la acción del sistema de motor hasta el punto de interés y capturar una imagen o realizar una medición allí.
8. El dispositivo de inspección (1) del bastidor inferior de un vehículo ferroviario (2) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en donde el punto predeterminado es un eje del vehículo ferroviario, la ubicación del punto de referencia en un eje X que se extiende paralelo a la vía (3) es la correspondiente a dicho eje en el eje X, la ubicación del punto de referencia en un eje Y se ubica en el plano de la vía y perpendicular a los rieles de la vía se determina en función

de la ubicación de al menos uno de los dos rieles (5, 6) en el eje Y, y la ubicación del punto de referencia en un eje Z perpendicular a los ejes X y Y se determina en función de la ubicación de al menos uno de los dos rieles en el eje Z.

- 5 9. El dispositivo de inspección (1) del bastidor inferior de un vehículo ferroviario de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a la 8, en donde la unidad de procesamiento (10) está adaptada para determinar los desplazamientos del dispositivo de inspección que se realizan entre dos puntos de interés sucesivos en la lista mediante la implementación de un algoritmo para minimizar los desplazamientos realizados en 1 dimensión, 2 dimensiones o 3 dimensiones, dicha minimización se lleva a cabo en función de los puntos de la lista y de una cubierta de una superficie del bastidor inferior del vehículo ferroviario.
- 10

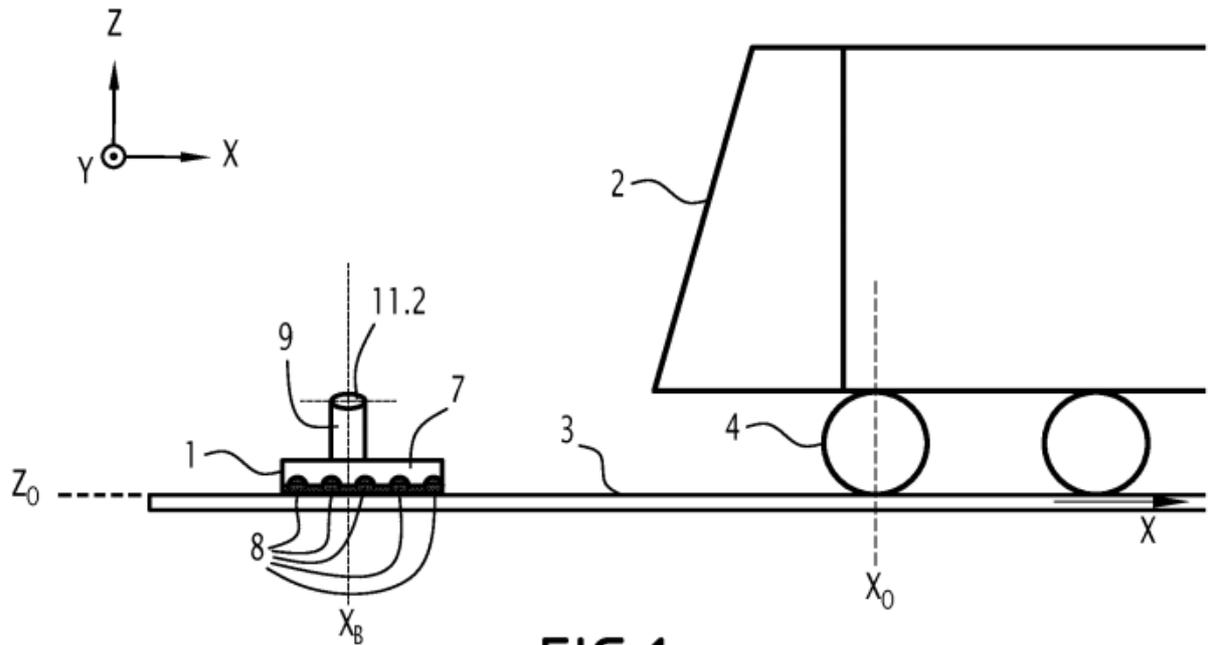


FIG. 1

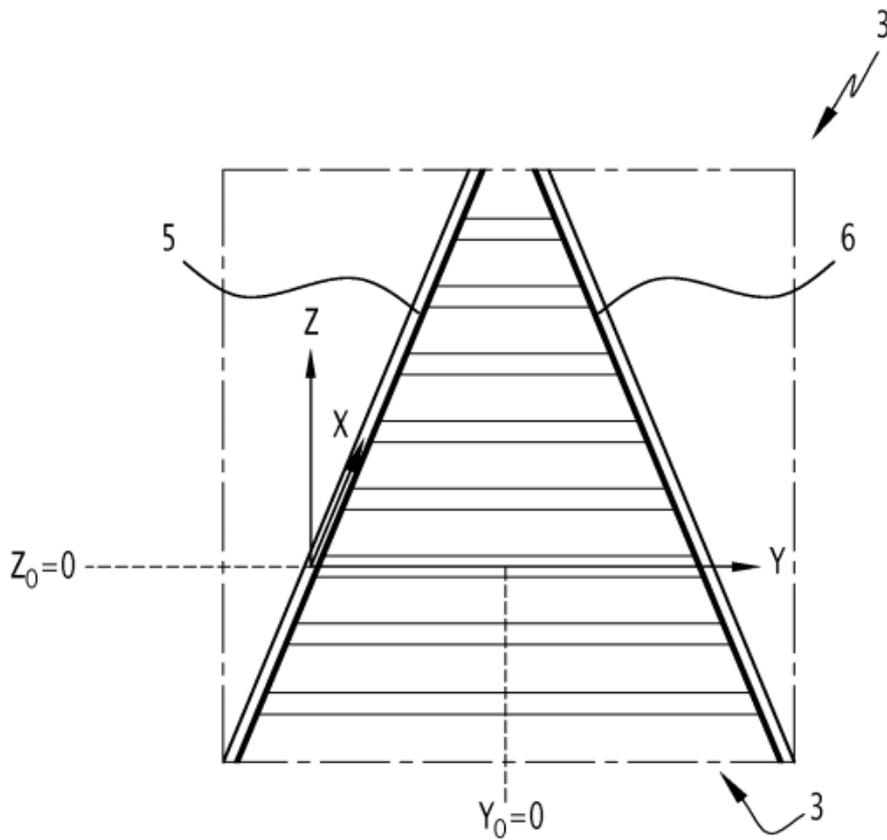


FIG. 2

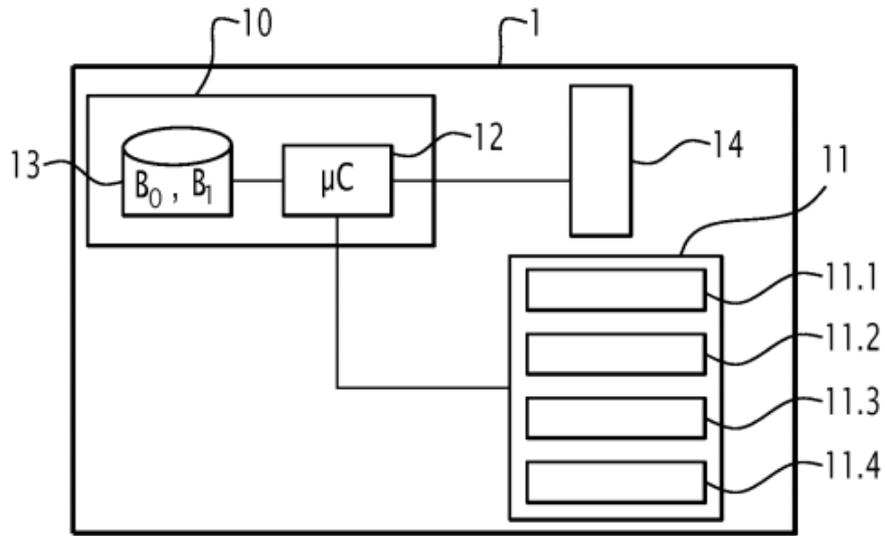


FIG.3

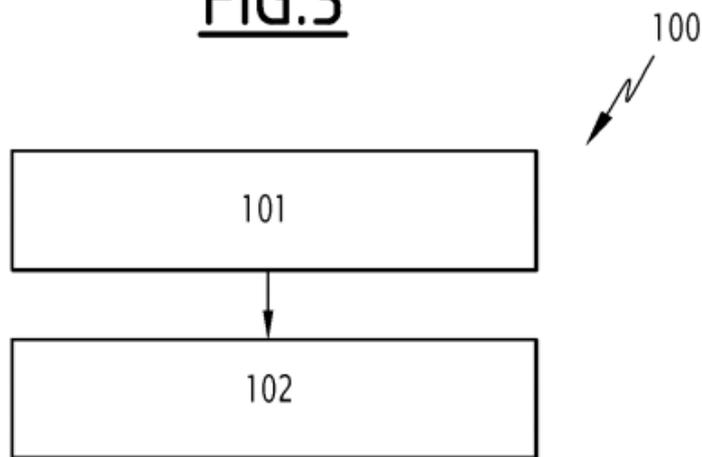


FIG.4

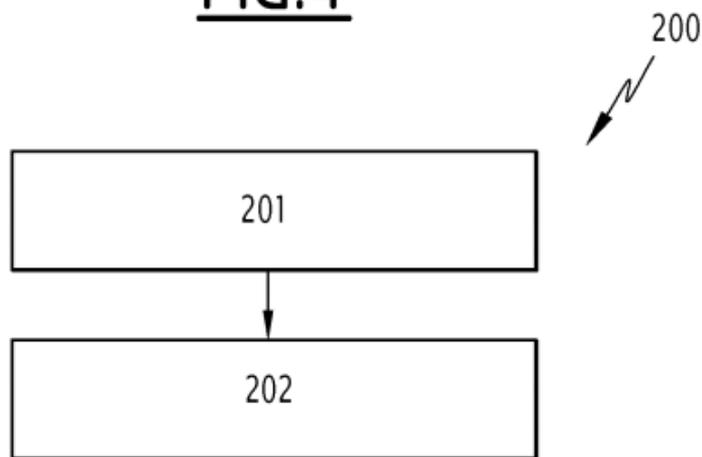


FIG.5

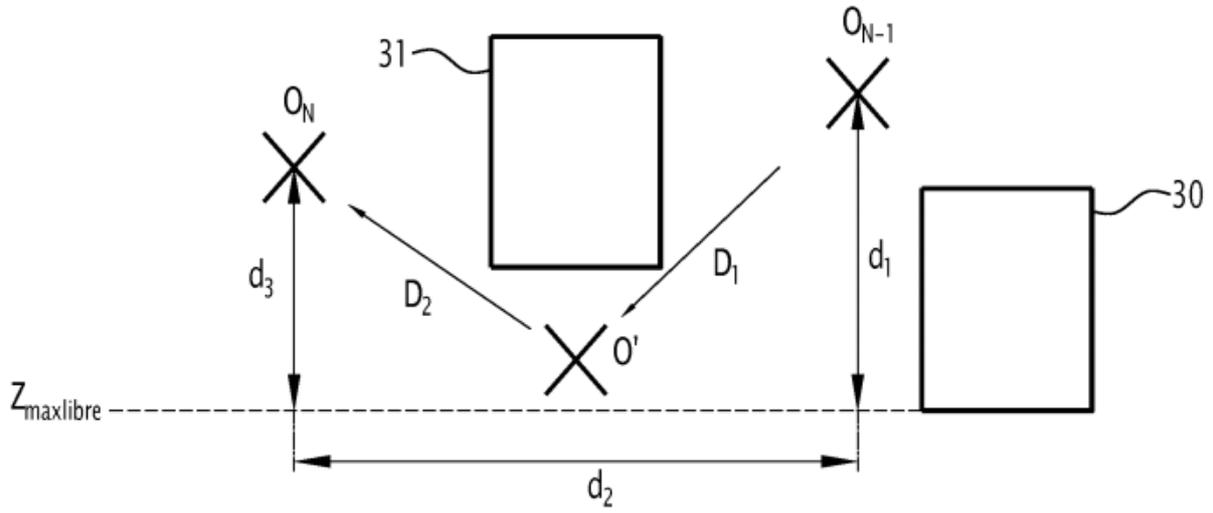


FIG.6