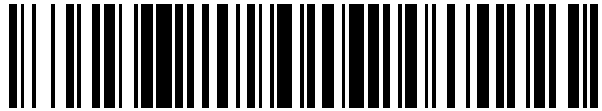


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 681 123**

21 Número de solicitud: 201730325

51 Int. Cl.:

G06T 7/73 (2007.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

10.03.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.09.2018

71 Solicitantes:

**FUNDACIÓN TEKNIKER (100.0%)
Polo tecnológico de Eibar, c/ Iñaki Goenaga 5
20600 Eibar (Gipuzkoa) ES**

72 Inventor/es:

**TUBIO OTERO, Carlos ;
SUSPERREGI ZABALO, Loreto ;
FERNANDEZ GONZALEZ, Ane;
ANSUATEGI COBO, Ander y
MAURTUA ORMAECHEA, Iñaki**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

54 Título: **MÉTODO, SISTEMA Y PROGRAMA INFORMÁTICO DE DETECCIÓN DE PROXIMIDAD**

57 Resumen:

Método, sistema y programa informático de detección de proximidad.

Un método de detección de proximidad entre un dispositivo y un obstáculo, que comprende: establecer una descripción geométrica inicial $A(t=0)$ de un dispositivo bajo control (12, 22) como un conjunto de formas primitivas; definir (32) un volumen a monitorizar ($V1, V2$) en torno a dicho dispositivo bajo control (12, 22); obtener (31) un conjunto de puntos en el espacio ($N1$) mediante un sensor 3D (13, 23); realizar un primer filtrado (35) de dicho conjunto de puntos en el espacio ($N1$) para eliminar de dicho conjunto de puntos ($N1$) los puntos que quedan fuera de dicho volumen a monitorizar ($V1, V2$), obteniéndose un subconjunto de puntos ($N2$); monitorizar (33, 34) la geometría del dispositivo bajo control (12, 22), actualizando la descripción geométrica del dispositivo bajo control $A(t)$, $As(t)$ representada como un conjunto de formas primitivas; realizar un segundo filtrado (36) de dicho subconjunto de puntos ($N2$) para eliminar los puntos que quedan dentro de dicha descripción geométrica actualizada $A(t)$ del dispositivo bajo control (11, 22), obteniéndose un conjunto de puntos en el espacio $B(t)$ que representan un obstáculo (14, 24) dentro de dicho volumen a monitorizar ($V1, V2$); calcular una distancia ($D1, D2$) entre dicha descripción geométrica actualizada $A(t)$, $As(t)$ del dispositivo bajo control (12, 22) y dicho conjunto de puntos en el espacio $B(t)$ que representan dicho obstáculo (14, 24). Sistema y programa informático.

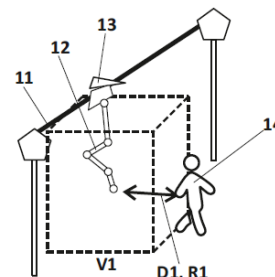


FIG. 1A

ES 2 681 123 A1

DESCRIPCIÓN

MÉTODO, SISTEMA Y PROGRAMA INFORMÁTICO DE DETECCIÓN DE PROXIMIDAD

5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece al campo de los métodos y sistemas de seguridad. Más concretamente, la invención pertenece al campo de los métodos y sistemas de detección de proximidad para evitar colisiones entre personas u objetos.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Evitar la colisión entre un objeto en movimiento y cualquier elemento (incluyendo personas o animales) que se puedan cruzar en su camino es una necesidad que
15 actualmente se aborda de distintas formas.

En el caso de vehículos terrestres, que normalmente circulan a una velocidad relativamente elevada, estos vehículos a menudo incorporan sistemas embarcados de prevención de colisiones basados en sistemas GPS y sensores, tales como radares o cámaras, que permiten la localización tanto del propio vehículo como la de potenciales
20 obstáculos. Por ejemplo, la patente US 8924139 B2 describe uno de estos sistemas de prevención de colisiones.

En otros tipos de objetos en movimiento no es viable o, debido por ejemplo a la relativamente baja velocidad que pueden alcanzar estos objetos, no merece la pena, incorporar sistemas de detección como el descrito en US 8924139 B2. Tal es el caso, por
25 ejemplo, de pequeños vehículos para el transporte de personas o cosas en áreas concretas, como almacenes, aeropuertos, estaciones de tren, rutas turísticas, etc.; o de equipos de transporte de cargas, como manipuladores, elementos mecatrónicos, grúas, normalmente remotamente operados o programados para seguir una trayectoria, como puede ser el caso de robots manipuladores; o de otros vehículos dedicados a sectores
30 específicos como la agricultura (tractores, etc.) o la construcción (excavadoras, etc.). La solicitud de patente US 2006/0287829 A1 describe un método para detectar colisiones potenciales entre un vehículo de manejo de carga y objetos que se encuentren a su alrededor, basado en disponer en el vehículo un sistema de sensores para detectar
35 objetos en su entorno y un sistema de alerta para detectar señales de alarma si se detecta un objeto a cierta distancia. Sin embargo, este método requiere la instalación de sensores de distancia (ultrasonidos, radar, laser, y/o detectores electromagnéticos) en la

periferia del vehículo a vigilar, lo cual implica seleccionar a priori los puntos de riesgo del vehículo (por ejemplo, avión), cuando en realidad los puntos de riesgo dependen del tipo de situación que puede acontecer.

5 A su vez, la solicitud de patente US 2015/0254985 A1 describe un sistema para evitar colisiones en minas subterráneas. El sistema está basado en un sistema de visión térmica para la captura de imágenes en tiempo real para la identificación y posición de objetivos, de los que se evalúa también su dirección y velocidad. Se incluye también un software para evitar colisiones, configurado para detectar la proximidad de objetivos, determinar su amenaza y evitar la colisión basándose en la determinación de la
10 amenaza. Sin embargo, este sistema necesita generar una infraestructura basada en dispositivos fuera del elemento móvil. Además, el sistema de visión térmica requiere de entrenamiento para la identificación de objetos predefinidos en base a la huella térmica. También se conocen métodos y dispositivos para proporcionar información a su portador sobre la presencia de objetos cercanos y la distancia a la que se encuentran. Por
15 ejemplo, la solicitud de patente US 2011/0025492 A1 describe un aparato que informa a su portador sobre la presencia de un objeto próximo mediante vibraciones táctiles tras la detección del objeto próximo mediante un detector de proximidad.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

20 La presente invención proporciona un método, sistema y programa informático de detección de proximidad que resuelve los inconvenientes de propuestas anteriores. El método, sistema y programa informático se basan en monitorizar o supervisar un volumen alrededor de un dispositivo bajo control, mediante el cálculo de una distancia entre el dispositivo bajo control y un obstáculo. Preferentemente se calcula la distancia
25 mínima entre ambos elementos. Se puede determinar así el riesgo de colisión entre el dispositivo bajo control y un obstáculo situado dentro de ese volumen monitorizado.

El método de detección de proximidad se implementa mediante un módulo de software (programa informático) que se puede configurar e integrar en cualquier aplicación en la que exista un interés en controlar un volumen alrededor de un dispositivo bajo control, ya
30 sea un dispositivo móvil o un dispositivo estático.

En el contexto de la presente divulgación, se entiende por “dispositivo bajo control” cualquier dispositivo o equipo, ya sea estático o en movimiento, incluyendo dispositivos que pueden moverse tanto por sí mismos como transportados en otro equipo o

empujados o impulsados por medios externos al dispositivo. La invención tiene especial aplicación en relación con dispositivos en movimiento o con capacidad para moverse, ya sea por sí mismos o transportados o empujados por otros dispositivos o equipos. El dispositivo (o un equipo en el que el dispositivo está situado o en el que el dispositivo es transportado) puede estar conducido por un operador que lo maneja localmente, u operado remotamente, o se puede mover de forma autónoma, por ejemplo pero de forma no limitativa, porque esté programado para seguir una trayectoria o para buscar de forma autónoma una trayectoria hasta un determinado objetivo. El operador es una persona que controla el movimiento del dispositivo (o del equipo que lo transporta, si éste fuera el caso), ya sea controlando el dispositivo (o equipo que lo transporta) como tal o controlando medios externos que impulsan o mueven el dispositivo (o equipo que lo transporta). Entre los equipos que pueden transportar un dispositivo bajo control se incluyen, de forma no limitativa, equipos que pueden transportar una carga, ya sean local o remotamente operados, o programados para seguir o buscar una trayectoria, tales como un manipulador, un elemento mecatrónico, una grúa, un robot, etc.; vehículos para el transporte de personas o cosas, por ejemplo en áreas concretas, como almacenes, aeropuertos, estaciones de tren, rutas turísticas, etc.; o vehículos dedicados a sectores específicos como la agricultura (tractores, etc.) o la construcción (excavadoras, etc.). Estos equipos pueden ser en sí mismos el dispositivo bajo control. En el caso de que el método de la invención se utilice para monitorizar el riesgo de colisión entre una persona o animal y un potencial obstáculo, el término “dispositivo bajo control” engloba también a la persona o animal cuyo riesgo de colisión se esté monitorizando (por ejemplo, en el caso de personas invidentes, niños de corta edad o de personas con un trastorno que les impida evaluar riesgos de colisión).

En el contexto de la presente divulgación, se entiende por “obstáculo” cualquier objeto, persona o animal que se encuentre dentro de un volumen que rodea al dispositivo bajo control. Es decir, por “obstáculo” se incluyen no solo aquellos objetos, personas o animales que, estando dentro de dicho volumen, se interpongan en la trayectoria del dispositivo bajo control, sino cualquier objeto, persona o animal que, por estar dentro de dicho volumen, se consideran amenazas potenciales de colisión. El obstáculo puede estar estático o en movimiento.

En el contexto de la presente divulgación, se entiende por “sensor 3D” cualquier sensor capaz de ofrecer información tridimensional del entorno que se puede representar en forma de nube de puntos. Los sensores 3D se basan en distintas tecnologías, tales como visión, láser, radar, entre otras. La nube de puntos representa la información obtenida por

el sensor en volumen, asociando a cada punto X,Y,Z un valor, que permite representar los obstáculos detectados por el sensor. A modo de ejemplo, sin carácter limitativo, se puede utilizar el Velodyne's PUCK™ (VLP-16) LiDAR, que ofrece información de distancia a los objetos en tiempo real con un alcance de 100 m, 360° de radio de campo de visión en horizontal, y +-15° en vertical.

El sensor 3D (en adelante, el sensor) puede situarse o bien en el entorno o alrededores del dispositivo bajo control, o bien situado sobre o en el propio dispositivo bajo control. Cuando el sensor está situado en el propio dispositivo bajo control, si el dispositivo bajo control se está desplazando, el sensor se desplaza a la vez que lo hace el dispositivo bajo control, de forma que siempre se vigila un volumen previamente definido alrededor del dispositivo bajo control. Es decir, el volumen vigilado se desplaza con el dispositivo bajo control. Alternativamente, el sensor puede situarse fuera del dispositivo bajo control. En este caso, el volumen a vigilar puede asociarse al sensor, en cuyo caso se vigila un volumen fijo, o el volumen vigilado se puede asociar y desplazar con el dispositivo bajo control.

El método y programa informático computan el riesgo de colisión que existe entre el dispositivo bajo control y un obstáculo, a partir de varias fuentes de información. Estas fuentes de información son, al menos: la geometría del dispositivo bajo control en un instante determinado $A(t)$; y la geometría del o de los obstáculos detectados por el sensor dentro de un volumen en un instante determinado $B(t)$. Nótese que tanto la geometría del dispositivo bajo control como la del o los obstáculos detectados dentro del volumen monitorizado varían o pueden variar con el tiempo, ya que tanto el dispositivo bajo control como el o los obstáculos pueden variar su posición con el tiempo (es decir, pueden estar en movimiento). La geometría del dispositivo bajo control puede ser fija o variable; si, por ejemplo, se trata de un manipulador robótico de 7 grados de libertad, la geometría cambia en función del estado de cada uno de los grados de libertad, cambiando la configuración geométrica al realizar un movimiento de un punto a otro. Lo mismo ocurre, por ejemplo, en el caso de un vehículo que lleva un manipulador que a su vez transporta una carga: en este caso, el conjunto formado por el manipulador y la carga puede considerarse el "dispositivo bajo control" (el conjunto de manipulador y carga determinan la configuración geométrica del dispositivo. O en otro ejemplo, una grúa que puede transportar cargas diferentes: la carga determina la configuración geométrica del dispositivo. Para evaluar el riesgo de colisión, el método, sistema y programa informático computan una distancia, preferentemente mínima, entre dichas geometrías $A(t)$ y $B(t)$.

La descripción de la geometría del dispositivo bajo control $A(t)$ se define como un conjunto de formas primitivas, tales como, pero de forma no limitativa, cajas, cilindros, etc. Esta representación simplificada de la geometría del dispositivo bajo control reduce significativamente el tiempo de cálculo de la distancia mínima. Debido a esto, el método, sistema y programa informático son capaces de reaccionar a entornos altamente dinámicos.

Con respecto a la geometría del o de los obstáculos detectados por el sensor dentro de un volumen $V B(t)$, la geometría dentro del volumen V se representa como un conjunto de vóxeles ocupados por los elementos (obstáculos) dentro de este volumen. Cuando un elemento se encuentra dentro del volumen y por tanto se considera un obstáculo, los vóxeles correspondientes al obstáculo están marcados como ocupados. Es decir, cada vóxel lleva asociado un bit que indica si el vóxel está marcado o no marcado. Como un experto sabe, un vóxel (del inglés *volumetric pixel*) es la unidad cúbica que compone un objeto tridimensional. El vóxel constituye la unidad mínima procesable de una matriz tridimensional, siendo por tanto el equivalente del píxel en un objeto 2D.

En un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de detección de proximidad entre un dispositivo y un obstáculo, que comprende las siguientes etapas: establecer una descripción geométrica inicial de un dispositivo bajo control como un conjunto de formas primitivas; definir un volumen a monitorizar en torno a dicho dispositivo bajo control; obtener un conjunto de puntos en el espacio mediante un sensor 3D; realizar un primer filtrado de dicho conjunto de puntos en el espacio para eliminar de dicho conjunto de puntos los puntos que quedan fuera de dicho volumen a monitorizar, obteniéndose un subconjunto de puntos; monitorizar la geometría del dispositivo bajo control, actualizando la descripción geométrica del dispositivo bajo control representada como un conjunto de formas primitivas; realizar un segundo filtrado de dicho subconjunto de puntos para eliminar los puntos que quedan dentro de dicha descripción geométrica actualizada del dispositivo bajo control, obteniéndose un conjunto de puntos en el espacio que representan un obstáculo dentro de dicho volumen a monitorizar; calcular una distancia entre dicha descripción geométrica actualizada del dispositivo bajo control y dicho conjunto de puntos en el espacio que representan dicho obstáculo.

En realizaciones de la invención, el sensor 3D está situado en dicho dispositivo bajo control o cercano al mismo.

En realizaciones de la invención, el sensor 3D se desplaza a la vez que se desplaza el dispositivo bajo control o a la vez que se desplaza un equipo que porta o transporta a

dicho dispositivo bajo control.

En realizaciones de la invención, el volumen a monitorizar se desplaza a la vez que se desplaza dicho dispositivo bajo control o a la vez que se desplaza un equipo que porta o transporta a dicho dispositivo bajo control.

5 En realizaciones de la invención, el primer filtrado de dicho conjunto de puntos en el espacio obtenidos mediante un sensor 3D se eliminan también los puntos que representan ruido.

En realizaciones de la invención, la distancia calculada entre dicha descripción geométrica actualizada del dispositivo bajo control y dicho conjunto de puntos en el
10 espacio que representan dicho obstáculo es una distancia mínima.

En realizaciones de la invención, en dicha etapa de monitorización se obtiene una descripción geométrica simplificada del dispositivo bajo control. En algunas de estas realizaciones, para el cálculo de dicha distancia se utiliza la descripción geométrica simplificada del dispositivo bajo control.

15 En realizaciones de la invención, se realiza además una etapa de, a partir de dicha distancia, establecer un riesgo de colisión entre dicho dispositivo bajo control y dicho obstáculo, o seleccionar un conjunto de puntos de riesgo de colisión situados en dicho dispositivo bajo control y/o en dicho obstáculo.

En realizaciones de la invención, las etapas anteriores se repiten con una determinada
20 frecuencia, actualizándose con dicha frecuencia la descripción geométrica actualizada del dispositivo bajo control y el conjunto de puntos en el espacio que representan dicho obstáculo, recalculándose así dicha distancia.

En realizaciones de la invención, se realiza además la etapa de calibrar al inicio la posición relativa entre el sensor, el dispositivo bajo control y el volumen a monitorizar.

25 En un segundo aspecto de la invención, se proporciona un sistema de detección de proximidad entre un dispositivo y un obstáculo, que comprende: medios para establecer una descripción geométrica inicial de un dispositivo bajo control como un conjunto de formas primitivas; medios para definir un volumen a monitorizar en torno a dicho dispositivo bajo control; medios para obtener un conjunto de puntos en el espacio
30 mediante un sensor 3D; medios para realizar un primer filtrado de dicho conjunto de puntos en el espacio para eliminar de dicho conjunto de puntos los puntos que quedan fuera de dicho volumen a monitorizar, obteniéndose un subconjunto de puntos; medios para monitorizar la geometría del dispositivo bajo control, actualizando la descripción

geométrica del dispositivo bajo control representada como un conjunto de formas primitivas; medios para realizar un segundo filtrado de dicho subconjunto de puntos para eliminar los puntos que quedan dentro de dicha descripción geométrica actualizada del dispositivo bajo control, obteniéndose un conjunto de puntos en el espacio que representan un obstáculo dentro de dicho volumen a monitorizar; medios para calcular una distancia entre dicha descripción geométrica actualizada del dispositivo bajo control y dicho conjunto de puntos en el espacio que representan dicho obstáculo.

En realizaciones de la invención, el sistema comprende además un módulo de configuración configurado para proporcionar una interfaz en la que establecer dicho volumen a monitorizar y dicha descripción geométrica inicial del dispositivo bajo control.

En realizaciones de la invención, el sistema comprende además medios de almacenamiento de memoria.

En realizaciones de la invención, el sistema comprende además una interfaz de control configurada para visualizar los posibles puntos de colisión entre el dispositivo bajo control y el obstáculo.

En un tercer aspecto de la invención, se proporciona un programa informático que comprende instrucciones de código de programa de ordenador para realizar el método anteriormente descrito.

Como puede observarse, el método, sistema y programa informático proporcionan ventajas apreciables con respecto a métodos conocidos. Por ejemplo, a diferencia de US 2006/0287829 A1, cuyo método requiere seleccionar a priori los puntos de riesgo del vehículo a monitorizar, en la presente invención basta con un sensor 3D que cubre una zona a vigilar alrededor del dispositivo bajo control, sin necesidad de desplegar una instalación de sensores. Con respecto a US 2015/0254985 A1, que necesita generar una infraestructura basada en dispositivos fuera del elemento móvil y requiere de entrenamiento para la identificación de objetos predefinidos en base a una huella térmica, el presente método y sistema establecen un riesgo de colisión analizando y comparando nubes de puntos procesadas, sin necesidad de generar infraestructura en base a dispositivos fuera del elemento móvil.

Ventajas y características adicionales de la invención serán evidentes a partir de la descripción en detalle que sigue y se señalarán en particular en las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de la descripción, un juego de figuras en el que con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Las figuras 1A y 1B ilustran esquemáticamente dos posibles escenarios de aplicación del método y programa informático de la invención.

La figura 2 ilustra un diagrama de bloques del método de la invención.

La figura 3 ilustra un diagrama de bloques del método de la invención que incluye un módulo de configuración.

La figura 4 ilustra un ejemplo de aplicación en el que el método, sistema y programa informático de la invención se ha utilizado para vigilar una zona alrededor de un brazo robótico colgado de una grúa. Una interfaz de control va mostrando en pantalla los potenciales puntos de colisión en un determinado instante.

DESCRIPCIÓN DE UN MODO DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

La figura 1A ilustra un esquema de un posible escenario de aplicación del método, sistema y programa informático de detección de proximidad de acuerdo con una posible realización de la invención. En ella se muestra de forma esquemática un dispositivo bajo control 12. El dispositivo bajo control 12 está colgado o situado en un equipo 11, concretamente se ha representado una guía 11 de la que puede colgar el dispositivo 12, aumentando su radio de acción, ya que el dispositivo 12 se mueve (o potencialmente puede moverse), cambiando su configuración, y además todo él puede trasladarse en el eje o guía. Nótese que éste es un caso de uso típico (pero no limitativo) en la industria de automoción para el pintado o soldadura de piezas. Se muestra también un sensor 3D 13, en este caso situado en el propio dispositivo bajo control 12. Alternativamente, el sensor puede situarse en el entorno o alrededores del dispositivo bajo control, por ejemplo acoplado a un equipo que porta o transporta al dispositivo bajo control, de forma que el sensor se desplaza a la vez que se desplaza el dispositivo bajo control. El sensor 3D queda fuera del alcance de la presente invención. Se muestra también un volumen V1 bajo monitorización. El volumen V1 representa el espacio dentro del cual se desea monitorizar la presencia de obstáculos que puedan suponer un riesgo de colisión con el dispositivo bajo control 12. En esta realización, el volumen V1 se ha definido como un

ortopedro, pero la forma tridimensional del volumen V1 puede ser otra (por ejemplo, pero de forma no limitativa, un cilindro, una esfera, un prisma, etc.). Los potenciales obstáculos en diferentes instantes de tiempo dentro del volumen V1 se detectan mediante el sensor 13. El volumen vigilado V1 se desplaza con el dispositivo bajo control 12. Para llevar a cabo el cálculo de distancia (y riesgo de colisiones asociado) por el método y programa informático, que se explica más adelante, el dispositivo bajo control 12 se representa en dicho programa y método mediante su geometría en un instante determinado $A(t)$. Esta geometría se modela o representa en dicho programa informático como un conjunto de formas primitivas, por ejemplo como un conjunto de prismas.

En el esquema de la figura 1A, se ha representado un obstáculo 14 como una persona que se aproxima al volumen V1. La geometría $B(t)$ del obstáculo 14 detectada por el sensor se representa o modela por el método y programa informático, como un conjunto de vóxeles ocupados por el obstáculo 14 dentro del volumen V1 bajo inspección. Es decir, cuando el obstáculo 14 se encuentra dentro del volumen V1, los vóxeles correspondientes al obstáculo 14 están marcados como ocupados. Cuando el obstáculo 14, de forma general en movimiento, está parcialmente dentro del volumen V1 y parcialmente fuera del mismo, como es el caso del ejemplo mostrado en la figura 1A, en cada instante de tiempo solo los vóxeles de dentro del volumen V1 están marcados como ocupados (de hecho, el método y programa excluye los vóxeles fuera del volumen V1 aunque pertenezcan a un mismo obstáculo, como se explica en relación con el diagrama de la figura 2). Por eso la geometría $B(t)$ varía con el tiempo, a medida que varía la percepción que el sensor tiene del obstáculo según el sensor se desplaza (y opcionalmente el obstáculo también se desplaza, según sea el caso), es decir, a medida que varían los datos relativos a un obstáculo dentro del volumen V1 que acompaña siempre al dispositivo bajo control.

La figura 1A muestra también una flecha que representa una distancia $D1$ que a su vez indica un riesgo de colisión $R1$ entre el dispositivo bajo control 12 y el obstáculo 14. Es decir, en el método y programa informático, el riesgo de colisión $R1$ se calcula como una distancia $D1$ entre la geometría $A(t)$ del dispositivo bajo control 12 en un instante determinado y la geometría $B(t)$ del obstáculo 14 detectada por el sensor 13 dentro del volumen seleccionado V1 en un instante determinado. Como puede observarse, tanto el dispositivo bajo control 12 como el obstáculo 14 son potencialmente móviles, es decir, no están necesariamente estáticos.

La figura 1B ilustra un esquema de otro posible escenario de aplicación del método,

sistema y programa informático de detección de proximidad de acuerdo con otra realización de la invención. En ella se muestra un dispositivo bajo control 22. En este caso, el dispositivo bajo control 22 está siendo transportado por un carrito o pequeño vehículo de transporte 21, concretamente el dispositivo bajo control 22 está colocado en un mástil de dicho vehículo 21. En la parte inferior del mástil se encuentra un sensor 3D 23, que queda fuera del alcance de la invención. El sensor 23 podría situarse en otra parte del vehículo 21 o del propio dispositivo bajo control 22. Se muestra también un volumen V2 bajo monitorización, que representa el espacio dentro del cual se desea monitorizar la presencia de obstáculos que puedan suponer un riesgo de colisión con el dispositivo bajo control 22. En este caso, tanto el volumen V2 como el dispositivo bajo control 22 se desplazan cuando el vehículo 21 se desplaza. En esta realización, el volumen V2 se ha definido como un cilindro, pero la forma tridimensional del volumen V2 puede ser otra (por ejemplo, pero de forma no limitativa, un ortoedro, una esfera, un prisma, etc.). Los potenciales obstáculos en diferentes instantes de tiempo se detectan mediante el sensor 23. Como en el caso descrito en la figura 1A, para el cálculo de colisiones llevado a cabo por el método y programa informático, que se explica más adelante, el dispositivo 22 se representa mediante su geometría en un instante determinado $A(t)$. Esta geometría se representa como un conjunto de formas primitivas (no ilustradas en las figuras 1A o 1B).

En el esquema de la figura 1B, se ha representado un obstáculo 24 como una columna. Por tanto, se ha ilustrado en este caso un obstáculo estático. Nótese que a pesar de que en este caso el obstáculo es estático, la geometría del obstáculo $B(t)$ detectada por el sensor 23 varía en el tiempo debido a que el sensor 23 se desplaza junto con el vehículo 21 que porta al dispositivo bajo control 22. Como en el caso anterior, $B(t)$ representa un conjunto de vóxeles ocupados por el obstáculo dentro de un volumen V2 y detectados por el sensor 23 dentro del volumen V2 que acompaña siempre al dispositivo bajo control 22. Es decir, a medida que el dispositivo bajo control 22 se desplaza, lo que detecta el sensor 23 que se desplaza con el dispositivo bajo control 22 va cambiando. Por ejemplo, si el dispositivo bajo control 22, al desplazarse sobre el vehículo 21, se aproxima al obstáculo 24, en cada instante de tiempo $B(t)$ tendrá más vóxeles ocupados (marcados como ocupados). La geometría $B(t)$ del obstáculo 24 captada por el sensor 23 se representa como un conjunto de vóxeles ocupados por el obstáculo 24 dentro del volumen V2 bajo inspección. Es decir, cuando al aproximarse el dispositivo bajo control 22 al obstáculo 24, y por tanto, al desplazarse el volumen V2 junto con el sensor 23, el obstáculo 24 puede pasar a estar, total o parcialmente, dentro del volumen V2. Por el contrario, si el

movimiento es diferente, por ejemplo alejándose del obstáculo 24, éste puede dejar de estar dentro del volumen V2. Los vóxeles correspondientes al obstáculo 24 que quedan dentro del volumen V2 en cada instante se marcan como ocupados y representan la geometría de lo que detecta el sensor 3D 23.

5 La figura 1B muestra también una flecha que representa una distancia D2 que a su vez indica el riesgo de colisión R2 entre el dispositivo bajo control 22 y el obstáculo 24. El riesgo de colisión R2 se calcula como una distancia D2 entre la geometría A(t) del dispositivo bajo control 22 en un instante determinado y la geometría B(t) del obstáculo 24 en un instante determinado (vista o captada por el sensor 23).

10 Tanto en la realización de la figura 1A como en la de la figura 1B, se utiliza preferentemente la distancia mínima entre ambas geometrías para calcular el riesgo de colisión R1, R2 en cada instante de tiempo. Gracias a que la descripción de la geometría del dispositivo bajo control 21, 22 se ha definido como un conjunto de formas primitivas (es decir, de forma simplificada), se reduce significativamente el tiempo de cálculo de la
15 distancia, preferentemente mínima. Se consigue así reaccionar a entornos altamente dinámicos.

Para ejecutar el método, sistema y programa informático, se calibra previamente la posición relativa entre el sensor 13 (o 23), el dispositivo bajo control 12 (o 22) y el volumen V1 (o V2). La calibración se basa en establecer un marco de referencia común
20 para el dispositivo 12, 22 y el sensor 13, 23, de forma que se conozca la relación geométrica entre la información proveniente del sensor 13, 23 respecto a un obstáculo 14, 24 y su posición en el espacio en el volumen vigilado V1, V2. Es decir, durante la calibración se establecen los parámetros de transformación necesarios para establecer cuál es la posición respecto al dispositivo bajo control 12, 22 de un vóxel indicado por el
25 sensor 13, 23 (que puede estar en el dispositivo 12, 22 o fuera del mismo). De esta manera, se pueden calcular la distancias entre A(t) y B(t) con respecto a un mismo origen de referencia. El volumen V1, V2 es fijo y se configura al inicio. Es decir, se vigila un volumen fijo V1, V2 alrededor del dispositivo 12, 22. El volumen V1, V2 puede cambiarse para diferentes sesiones o aplicaciones, pero de cambiarse, debe hacerse al inicio, por
30 ejemplo durante una etapa de configuración, y se queda fijado para toda la sesión o, por ejemplo, hasta una nueva configuración. Es decir, el volumen definido no cambia dinámicamente. La frecuencia de muestreo viene preferentemente dada por el sensor 13. 23. Es decir, A(t) y B(t) se actualizan en el tiempo cada 1/f segundos, siendo f la frecuencia de muestreo del sensor 13, 23. En ejemplos no limitativos, la frecuencia de

muestreo puede ser de 5 Hz (Hercios), 10 Hz o 20 Hz.

La figura 2 ilustra un diagrama de bloques del método, sistema y programa informático de cálculo de la distancia (y riesgo de colisión derivado de la distancia), de acuerdo con una posible realización de la invención. El diagrama de bloques parte, como datos de entrada,
5 de:

-un conjunto de puntos o nube de puntos 31 obtenida por el sensor 3D (13, 23 en las figuras 1A y 1B, respectivamente) en cada instante de tiempo, determinado preferentemente por la frecuencia de muestreo del sensor; este conjunto de puntos representa el o los elementos captados por el sensor. Es decir, representa lo que el
10 sensor captura dentro de su campo de visión y rango. Pueden ser obstáculos o no. El sensor capta datos, que forman una nube de puntos. Los datos que da el sensor se representan en forma de vóxel. El sensor no sabe si los datos captados pertenecen a un obstáculo, o al dispositivo bajo control, o a un vehículo que porta al dispositivo bajo control, o a cualquier otra cosa. El sensor 3D capta una nube de puntos periódicamente
15 El periodo viene dado por la frecuencia de muestreo del sensor. En general, la nube de puntos en cada instante de tiempo es diferente de la nube en el instante de tiempo anterior. El sensor puede desplazarse a la vez que lo hace el dispositivo bajo control, o no hacerlo.

-un volumen monitorizado 32 (V1, V2 en las figuras 1A y 1B, respectivamente); este
20 volumen representa el espacio tridimensional dentro del cual se ha decidido buscar posibles obstáculos. Este volumen 32 se parametriza inicialmente por un experto (por ejemplo, en una aplicación informática para configuración). El volumen monitorizado se calibra al inicio, referenciándose con respecto a la geometría inicial del dispositivo bajo control $A(t=0)$ que se explica a continuación.

-una descripción geométrica tridimensional inicial del dispositivo bajo control $A(t=0)$ (12,
25 22 en las figuras 1A y 1B, respectivamente); Esta descripción geométrica es una representación geométrica en base a primitivas (por ejemplo, pero de forma no limitativa, prismas, cilindros, esferas, etc. o combinaciones de las mismas) del dispositivo bajo control. Esta representación la realiza un experto, por ejemplo mediante una aplicación
30 de configuración desarrollada a tal efecto. Alternativamente, puede realizarse mediante un programa de diseño, como por ejemplo CAD. Es decir, en la descripción geométrica tridimensional inicial se define el dispositivo bajo control como un conjunto de volúmenes simplificados 33. Nótese que esta representación es la inicial porque estos volúmenes pueden variar en posición a medida que el dispositivo se mueve (cambia la geometría

A(t)).

A partir de la nube de puntos 31 obtenida por el sensor se realizan distintas operaciones o etapas:

(1) Filtrado (bloque 35) de la nube de puntos 31 obtenida por el sensor 3D, a partir del volumen a monitorizar ($V1$, $V2$) establecido y representado en el bloque 32. El filtrado 35 se realiza considerando aquellos datos que caen dentro del volumen a vigilar y que es de interés. Es decir, en esta etapa se excluyen los puntos de la nube de puntos $N1$ que caigan fuera del volumen seleccionado 32, obteniéndose una nube de puntos $N2$. Este filtrado 35 para obtener la nube de puntos $N2$ se actualiza a medida que el sensor va tomando nuevos datos.

(2) Preferentemente, un filtrado de ruido (no ilustrado específicamente en la figura 2, aunque puede entenderse comprendido en el bloque 35): El sensor tiene un cierto ruido de base que genera falsas detecciones. Para minimizar el efecto de ruido asociado al sensor, preferentemente se establece un umbral de número mínimo vóxeles consecutivos ocupados para considerarlo como algo relevante y ser considerado como obstáculo.

(3) Auto-filtrado (bloque 36) del dispositivo bajo control en la nube de puntos $N2$, para no ser considerado como un obstáculo dentro del volumen vigilado por el sensor (ya que en algunos casos el sensor puede estar "viendo" elementos del propio dispositivo bajo control). Durante la ejecución del programa informático y método, la descripción geométrica tridimensional del dispositivo bajo control (que inicialmente se ha considerado como $A(t=0)$), se va actualizando $A(t)$ (bloque 34) durante la ejecución de movimientos. Además, se obtiene también una descripción geométrica tridimensional simplificada $As(t)$ (bloque 33). Tanto el dato actualizado de la geometría del equipo monitorizada en el tiempo $A(t)$ (bloque 34) como el dato actualizado de la geometría simplificada del equipo monitorizada en el tiempo $As(t)$ (bloque 33) se obtiene de un controlador del dispositivo (dicho controlador queda fuera del alcance de la presente invención). El dato actualizado $A(t)$ alimenta preferentemente el bloque de auto-filtrado del volumen (bloque 36), pues $A(t)$ es una representación más fidedigna del dispositivo bajo control que $As(t)$. Imagínese, por ejemplo, un brazo manipulador que se desplaza sobre un vehículo. En un instante inicial está en una posición fija, pero si va a agarrar algo, su geometría va a cambiar: de brazo recogido a brazo extendido. Esto se representa como $A(t)$. Este auto-filtrado (bloque 36) tiene en cuenta la representación geométrica monitorizada (en el instante de tiempo t) $A(t)$, que puede ir cambiando en cada instante, cada vez que se mueve el dispositivo bajo control. Preferentemente, este auto-filtrado 36 tiene también en

cuenta, por seguridad, un conjunto de parámetros de relleno (o padding) (como un engorde de la geometría) alrededor de los volúmenes geométricos que representan $A(t)$. La geometría simplificada $A_s(t)$ se utiliza preferentemente para el cálculo posterior de distancias, como se explica más adelante, pues simplifica el cálculo. Alternativamente, puede usarse la geometría no simplificada $A(t)$ para el cálculo de las distancias. A modo de ejemplo, el controlador del dispositivo bajo control del que se obtiene el dato de la geometría actualizada (y también geometría actualizada simplificada) del dispositivo bajo control puede ser el controlador de un robot (si se está controlando un robot) o, si se está controlando una grúa, el armario de control de la misma, etc.

En una posible realización, se utilizan los tres tipos de operaciones (1), (2) y (3).

A partir de los citados datos de entrada (conjunto de puntos o nube de puntos $N1$ obtenida por el sensor 3D en el bloque 31, volumen monitorizado (bloque 32) y descripción geométrica $A(t)$ y/o $A_s(t)$ del dispositivo bajo control), el cálculo de la distancia que representa un riesgo de colisión se realiza como sigue:

Se realiza la etapa de filtrado (bloque 35) para, a partir del conjunto tridimensional de puntos de datos o nube de puntos $N1$ obtenidos mediante el sensor en el bloque 31, y del volumen monitorizado 32, el conjunto de puntos $N1$ se filtra (bloque 35) para eliminar: los puntos que queden fuera del volumen monitorizado 32, y opcionalmente, los puntos que se consideran ruido.

Tras este bloque de filtrado 35 que da como resultado un conjunto reducido de puntos o nube reducida de puntos $N2$, se realiza un nuevo filtrado 36 de los puntos que quedan dentro de la geometría del dispositivo bajo control, teniendo en cuenta la geometría monitorizada del dispositivo bajo control (preferentemente la geometría monitorizada no simplificada $A(t)$ obtenida en el bloque 34). Se selecciona así solamente los puntos que representan uno o más obstáculos (bloque 37). Estos puntos representan la geometría del o de los obstáculos detectados por el sensor dentro de un volumen en un instante determinado $B(t)$. Al igual que la geometría monitorizada del dispositivo bajo control $A(t)$ obtenida en el bloque 34 (o, en su caso, $A_s(t)$ obtenida en el bloque 33), la geometría de los obstáculos $B(t)$ detectados por el sensor también se va actualizando a medida que se desplaza al menos el dispositivo bajo control (y opcionalmente el obstáculo, que también puede estar en movimiento). Es decir, se consigue un subconjunto de puntos en el espacio $B(t)$ que representan un obstáculo 14, 24 situado dentro del volumen a monitorizar $V1, V2, 32$. Con otras palabras, se crea una representación 3D $B(t)$ de los elementos (obstáculos) que hay dentro del volumen monitorizado 32, a partir de la nube

de puntos filtrados N2 (puntos capturados por el sensor que caen dentro del volumen seleccionado) y de la geometría tridimensional monitorizada del dispositivo bajo control (preferentemente geometría no simplificada $A(t)$) en cada instante de tiempo.

5 Por último, a partir de la representación 3D $B(t)$ de los obstáculos que hay dentro del volumen monitorizado y de la representación geométrica del dispositivo bajo control monitorizada, se realiza (bloque 38) una consulta sobre la proximidad de ambas representaciones, es decir, se calcula una distancia entre la geometría del dispositivo bajo control y la geometría del obstáculo $B(t)$. Para este cálculo, se utiliza preferentemente la geometría simplificada $As(t)$, aunque alternativamente puede usarse la
10 geometría $A(t)$. Preferentemente se calcula la distancia mínima entre ambas geometrías. Dependiendo de la distancia obtenida, se puede establecer un riesgo de colisión basado en unos determinados umbrales de riesgo definidos previamente. Estos umbrales pueden variar en función de las aplicaciones o sectores industriales en que se use el presente método y programa informático.

15 Con otras palabras, todo el tiempo se manejan dos nubes de puntos: $A(t)$ (y/o $As(t)$), que representa la geometría del dispositivo en cada instante de tiempo, y un conjunto de puntos (que varía en el tiempo) que representa lo que capta el sensor. De este conjunto de puntos se eliminan los puntos que caen fuera del volumen monitorizado y los puntos que corresponden al dispositivo bajo control (si el sensor está viendo parte del
20 dispositivo), obteniéndose $B(t)$. Luego se calculan, en cada instante de tiempo, distancias entre $As(t)$ y $B(t)$ (o, menos preferentemente, entre $A(t)$ y $B(t)$), y en cada instante de tiempo la distancia más pequeña es la que determina el riesgo de colisión (estableciendo un umbral de riesgo). También así se puede obtener el punto del dispositivo bajo control que tiene más riesgo (porque conocemos la geometría), y se puede representar dicho
25 punto de mayor riesgo, por ejemplo en una interfaz de control.

Este proceso se repite con la frecuencia que se estime oportuna en función de la aplicación, sector, velocidad de desplazamiento del dispositivo bajo control, etc. En realizaciones de la invención, este proceso se repite a intervalos menores de 5 minutos, por ejemplo pero no limitativamente, menores de 1 minuto, menores de 10 segundos,
30 menores de 1 segundo o menores de 100 milisegundos.

El método y programa informático puede incluir también un bloque, módulo o sistema de configuración. La figura 3 muestra un esquema completo del método y programa informático, en la que al diagrama de bloques de la figura 2 se ha añadido el citado módulo de configuración 41. El módulo de configuración 41 proporciona una interfaz

donde establecer los parámetros asociados al volumen monitorizado 32 y la descripción geométrica $A(t=0)$ del dispositivo bajo control usados como entradas por el método o programa informático de la figura 2 (o parte inferior de la figura 3). El módulo de configuración 41 permite definir dichos parámetros a través de una interfaz que luego
5 utiliza el método y programa de ordenador.

El método y programa informático se implementan en un dispositivo que comprende medios de procesado (tales como un procesador o microprocesador) y medios de almacenamiento de memoria configurados para almacenar los datos que se van adquiriendo y calculando, tales como las distintas nubes de puntos y las distancias entre
10 dispositivo bajo control y obstáculo. El método, sistema y programa informático pueden conectarse a una interfaz de control. Por ejemplo, puede instalarse un PC conectado con un cable (o de forma inalámbrica) con el armario de control del dispositivo bajo control; este PC también se conecta por cable (o de forma inalámbrica) al sensor. El PC puede estar solidario al dispositivo bajo control, es decir, si éste se desplaza en un carrito, el PC
15 puede estar en el carrito.

Se ha realizado un experimento en el que el método, sistema y programa informático de la invención se ha utilizado para vigilar una zona alrededor de un brazo robótico colgado de una grúa. La figura 4 muestra la grúa y brazo robótico del experimento. El dispositivo que implementa el método y programa informático es un procesador PC conectado a un
20 sensor 3D y al armario de control del brazo robótico bajo control. El sensor 3D es un detector de proximidad LIDAR (Velodyne) y se han colocado en el brazo robótico. Una interfaz de control, va mostrando los potenciales puntos de colisión en un determinado instante. La figura 4 muestra una representación de dos posibles puntos de colisión (los dos puntos negros de la imagen) en la interfaz de control en un instante determinado.
25 Como puede observarse, se muestra un punto de riesgo de colisión detectado en el brazo robótico y otro punto de riesgo de colisión detectado en un obstáculo detectado (en la parte inferior izquierda de la figura). Las líneas punteadas formando un ortoedro representan el volumen vigilado.

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

Por otra parte, la invención no está limitada a las realizaciones concretas que se han descrito sino abarca también, por ejemplo, las variantes que pueden ser realizadas por el experto medio en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales,

dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro de lo que se desprende de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1.- Un método de detección de proximidad entre un dispositivo y un obstáculo, caracterizado por:

5 establecer una descripción geométrica inicial ($A(t=0)$) de un dispositivo bajo control (12, 22) como un conjunto de formas primitivas;

 definir (32) un volumen a monitorizar ($V1, V2$) en torno a dicho dispositivo bajo control (12, 22);

10 obtener (31) un conjunto de puntos en el espacio ($N1$) mediante un sensor 3D (13, 23);

 realizar un primer filtrado (35) de dicho conjunto de puntos en el espacio ($N1$) para eliminar de dicho conjunto de puntos ($N1$) los puntos que quedan fuera de dicho volumen a monitorizar ($V1, V2$), obteniéndose un subconjunto de puntos ($N2$);

15 monitorizar (33, 34) la geometría del dispositivo bajo control (12, 22), actualizando la descripción geométrica del dispositivo bajo control ($As(t), A(t)$) representada como un conjunto de formas primitivas;

20 realizar un segundo filtrado (36) de dicho subconjunto de puntos ($N2$) para eliminar los puntos que quedan dentro de dicha descripción geométrica actualizada ($A(t), As(t)$) del dispositivo bajo control (11, 22), obteniéndose un conjunto de puntos en el espacio $B(t)$ que representan un obstáculo (14, 24) dentro de dicho volumen a monitorizar ($V1, V2$);

 calcular una distancia ($D1, D2$) entre dicha descripción geométrica actualizada ($A(t), As(t)$) del dispositivo bajo control (12, 22) y dicho conjunto de puntos en el espacio $B(t)$ que representan dicho obstáculo (14, 24).

25 2.- El método de la reivindicación 1, en el que dicho sensor 3D (13, 23) está situado en dicho dispositivo bajo control (12, 22) o cercano al mismo.

30 3.- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho sensor 3D (13, 23) se desplaza a la vez que se desplaza el dispositivo bajo control (12, 22) o a la vez que se desplaza un equipo (11, 21) que porta o transporta a dicho dispositivo bajo control (12, 22).

4.- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho volumen a monitorizar (V1, V2) se desplaza a la vez que se desplaza dicho dispositivo bajo control (12, 22) o a la vez que se desplaza un equipo (11, 21) que porta o transporta a dicho dispositivo bajo control (12, 22).

5 5.- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en dicho primer filtrado (35) de dicho conjunto de puntos en el espacio (N1) obtenidos mediante un sensor 3D (13, 23) se eliminan también los puntos que representan ruido.

6.- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha distancia (D1, D2) calculada entre dicha descripción geométrica actualizada (A(t), As(t)) del dispositivo bajo control (12, 22) y dicho conjunto de puntos en el espacio B(t) que
10 representan dicho obstáculo (14, 24) es una distancia mínima.

7.- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que en dicha etapa de monitorización (33) se obtiene una descripción geométrica simplificada (As(t)) del dispositivo bajo control (12, 22).

15 8.- El método de la reivindicación 7, en el que para el cálculo de dicha distancia (D1, D2) se utiliza dicha descripción geométrica simplificada (As(t)) del dispositivo bajo control (11, 12).

9.- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una etapa de, a partir de dicha distancia (D1, D2), establecer un riesgo de colisión (R1, R2) entre dicho dispositivo bajo control (12, 22) y dicho obstáculo (14, 24) o seleccionar
20 un conjunto de puntos de riesgo de colisión situados en dicho dispositivo bajo control (12, 22) y/o en dicho obstáculo (14, 24).

10.- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las etapas anteriores se repiten con una determinada frecuencia, actualizándose con dicha
25 frecuencia la descripción geométrica actualizada (A(t), As(t)) del dispositivo bajo control (12, 22) y el conjunto de puntos en el espacio B(t) que representan dicho obstáculo (14, 24), recalculándose así dicha distancia (D1, D2).

11.- El método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de calibrar al inicio la posición relativa entre el sensor (13, 23), el dispositivo bajo control (12, 22) y el volumen a monitorizar (V1, V2).
30

12.- Un sistema de detección de proximidad entre un dispositivo y un obstáculo, caracterizado por:

medios para establecer una descripción geométrica inicial ($A(t=0)$) de un dispositivo bajo control (12, 22) como un conjunto de formas primitivas;

medios para definir (32) un volumen a monitorizar ($V1, V2$) en torno a dicho dispositivo bajo control (12, 22);

5 medios para obtener (31) un conjunto de puntos en el espacio ($N1$) mediante un sensor 3D (13, 23);

medios para realizar un primer filtrado (35) de dicho conjunto de puntos en el espacio ($N1$) para eliminar de dicho conjunto de puntos ($N1$) los puntos que quedan fuera de dicho volumen a monitorizar ($V1, V2$), obteniéndose un subconjunto de puntos ($N2$);

10 medios para monitorizar (34) la geometría del dispositivo bajo control (12, 22), actualizando la descripción geométrica del dispositivo bajo control ($A(t), As(t)$) representada como un conjunto de formas primitivas;

medios para realizar un segundo filtrado (36) de dicho subconjunto de puntos ($N2$) para eliminar los puntos que quedan dentro de dicha descripción geométrica actualizada ($A(t), As(t)$) del dispositivo bajo control (11, 22), obteniéndose un conjunto de puntos en el espacio $B(t)$ que representan un obstáculo (14, 24) dentro de dicho volumen a monitorizar ($V1, V2$);

20 medios para calcular una distancia ($D1, D2$) entre dicha descripción geométrica actualizada ($A(t), As(t)$) del dispositivo bajo control (12, 22) y dicho conjunto de puntos en el espacio $B(t)$ que representan dicho obstáculo (14, 24).

13.- El sistema de la reivindicación 12, que comprende además un módulo de configuración (41) configurado para proporcionar una interfaz en la que establecer dicho volumen a monitorizar ($V1, V2$) y dicha descripción geométrica inicial ($A(t=0)$) del dispositivo bajo control (12, 22).

25 14.- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 12 o 13, que comprende además medios de almacenamiento de memoria.

15.- El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, que comprende además una interfaz de control configurada para visualizar los posibles puntos de colisión entre el dispositivo bajo control (12, 22) y el obstáculo (14, 24).

30 16.- Un programa informático que comprende instrucciones de código de programa de ordenador para realizar el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11.

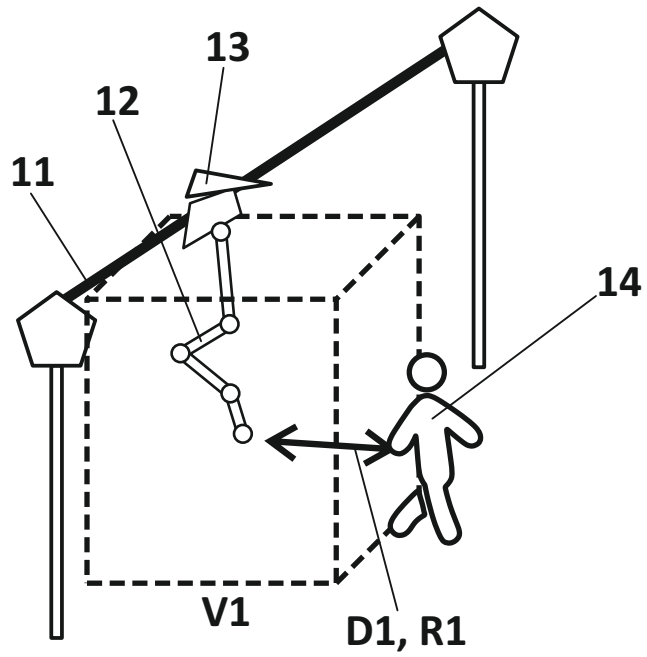


FIG. 1A

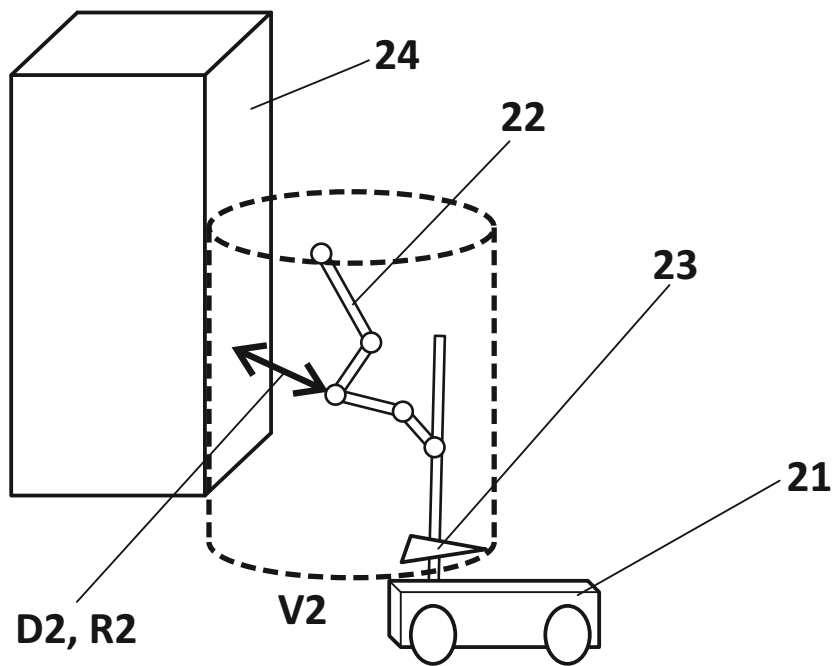


FIG. 1B

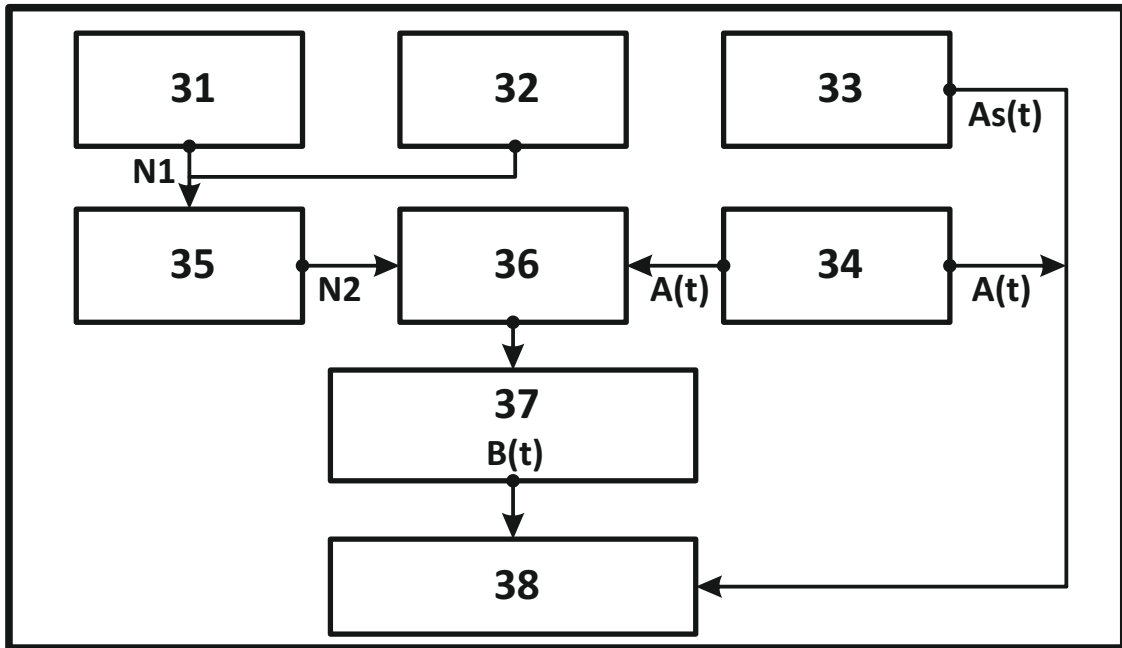


FIG. 2

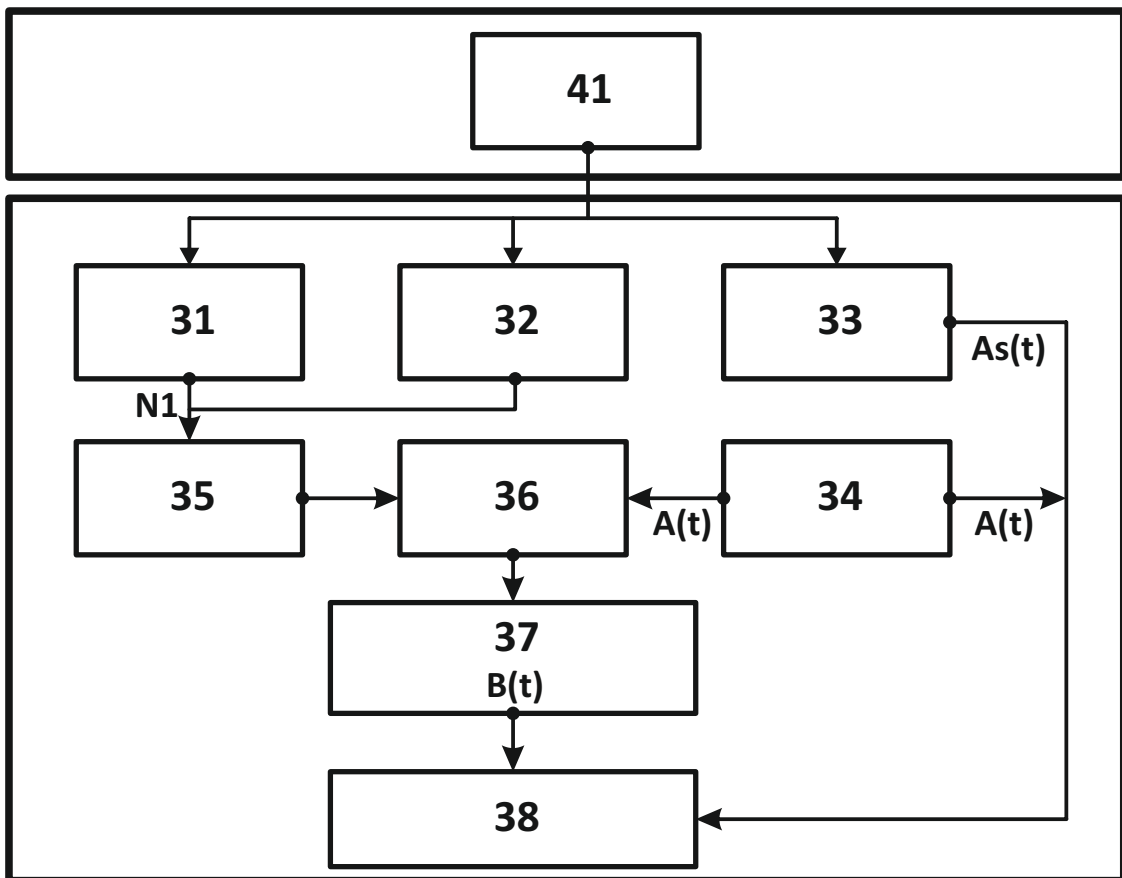


FIG. 3

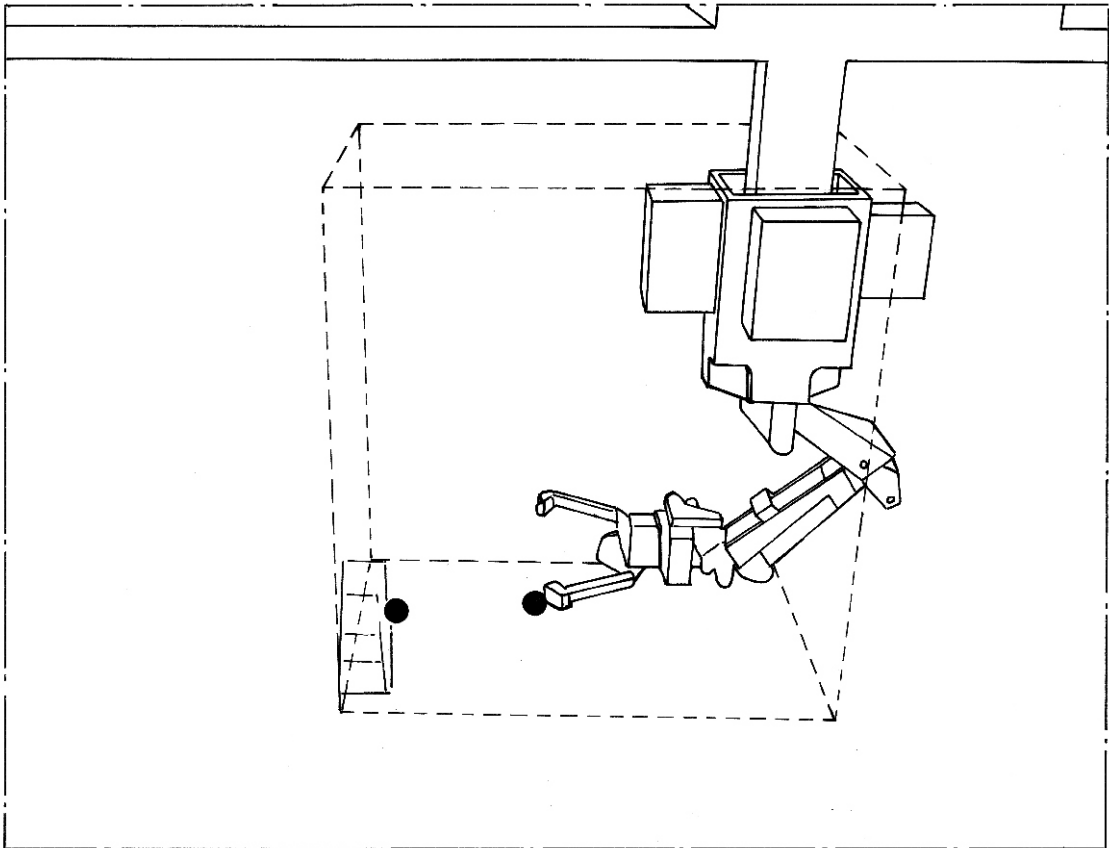


FIG. 4



- ②① N.º solicitud: 201730325
②② Fecha de presentación de la solicitud: 10.03.2017
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G06T7/73** (2017.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	Paul Rybski et al. SENSOR FUSION FOR HUMAN SAFETY IN INDUSTRIAL WORKCELLS. Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on, 20121007 IEEE. 07/10/2012, páginas 3612 - 3619, ISBN 978-1-4673-1737-5 ; ISBN 1-4673-1737-3, <DOI:doi:10.1109/IROS.2012.6386034>. Apartado III. Sensor Fusion for Human Safety	1-16

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
01.12.2017

Examinador
M. L. Alvarez Moreno

Página
1/6

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

G06T

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

INVENES, EPODOC, WPI, Inspec

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 01.12.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-16	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-16	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	Paul Rybski et al. SENSOR FUSION FOR HUMAN SAFETY IN INDUSTRIAL WORKCELLS. Intelligent Robots and Systems (IROS), 2012 IEEE/RSJ International Conference on, 20121007 IEEE. Páginas 3612 - 3619, ISSN ISBN 978-1-4673-1737-5 ; ISBN 1-4673-1737-3, <DOI: doi:10.1109/IROS.2012.6386034>	07.10.2012

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Para analizar el documento D01 se va a utilizar la misma terminología de las reivindicaciones.

Reivindicación independiente 1 de procedimiento

D01 divulga un método de detección de proximidad entre un dispositivo (robot) y un obstáculo (persona). Se ejecutan las siguientes acciones (apartado III. Sensor Fusion for Human Safety):

- Se establece una descripción geométrica inicial de un dispositivo bajo control como un conjunto de formas primitivas (sección E. Robot Modelling and Danger Zone Generation: "Each robot is explicitly modeled"; "The modeling process is performed once at initialization"; "The CAD models of each robot's parts are converted into triangular surface meshes")
- Se define un volumen a monitorizar en torno a dicho dispositivo bajo control (sección E. Robot Modelling and Danger Zone Generation: "The combined point-cloud is also used for generating the danger zone surrounding the robot");
- Se obtiene un conjunto de puntos en el espacio mediante un sensor 3D (sección C. Evidence Grid Data Fusion);
- Se realiza un filtrado de dicho conjunto de puntos en el espacio para eliminar de dicho conjunto de puntos los puntos que no se consideran de interés y no se desean monitorizar, obteniéndose un subconjunto de puntos (sección D. Background Substraction);
- Se monitoriza la geometría del dispositivo bajo control, actualizando la descripción geométrica del dispositivo bajo control (sección E. Robot Modelling and Danger Zone Generation: "At runtime, the point clouds for each part are positioned according to the robot pose...representing the robot in its current position");
- Se realiza un filtrado del conjunto de puntos para eliminar los puntos que quedan dentro de dicha descripción geométrica actualizada del dispositivo bajo control, obteniéndose un conjunto de puntos en el espacio que representan un obstáculo dentro de dicho volumen a monitorizar (sección E. Robot Modelling and Danger Zone Generation: "voxels associated with the robot must be removed"; "to subtract out the voxels that are attributed to the robot");
- Se calcula una distancia entre la descripción actualizada del dispositivo bajo control y el conjunto de puntos en el espacio que representan un obstáculo (sección G. Collision Detection: "The zones are checked for collisions. If a safety zone and warning zone intersect, the robot is slowed down")

D01 se diferencia de la reivindicación 1 en la elección de qué información concreta se desea eliminar en la etapa por no considerarla de interés. En D01, debido a que se analizan distintos volúmenes en movimiento (robot y personas) se eliminan únicamente los datos pertenecientes al fondo estático (background) y se procesa posteriormente todo el volumen del área de trabajo restante. En la reivindicación se decide eliminar todos los puntos externos al volumen definido en torno al dispositivo de control y se procesan posteriormente únicamente los datos contenidos en dicho volumen. Esta eliminación de datos no considerados de interés posibilitaría reducir la cantidad de información que debe procesarse posteriormente; pero dicha elección se realiza únicamente en función de los deseos del usuario. No es posible identificar que esta diferencia constituya la solución de un problema técnico específico

La reivindicación 1 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicaciones dependientes 2 y 3 de procedimiento

D01 (sección A. Sensors and Sensor Placement) divulga que los sensores pueden colocarse en diferentes ubicaciones. Para observar perfectamente el área deseada hay que analizar la geometría del entorno de trabajo, el número de sensores disponible, las capacidades de los sensores y las tareas antes de decidir dónde ubicar los sensores. La elección de que el sensor está situado en el dispositivo de control (y como consecuencia desplazándose con él), o cercano al mismo se corresponde con una decisión de diseño que no contribuye a resolver ningún problema técnico específico.

Las reivindicaciones 2 y 3 no cumplen el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación dependiente 4 de procedimiento

D01 divulga que el volumen a monitorizar se desplaza a la vez que se desplaza el dispositivo bajo control (sección E. Robot Modelling and Danger Zone Generation: "Note that dynamic danger zone is typically asymmetric, extending further in the direction the robot is currently moving"; sección G. Collision Detection: "The danger and warning zones of the robot and the safety zones of the people are updated at each time step as the robot operates").

La reivindicación 4 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación dependiente 5 de procedimiento

D01 divulga que se realiza un filtrado sobre el conjunto de puntos obtenidos por el sensor 3D para eliminar los puntos que representan ruido (sección F. Person Detection and Safety Zone Generation : "Components with fewer than a threshold Np voxels (10, in our case) are too small to be people, more likely to be noise, and are therefore discarded")

La reivindicación 5 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación dependiente 6 de procedimiento

D01 divulga que la distancia calculada entre el dispositivo bajo control y el conjunto de puntos en el espacio que representan un obstáculo (persona) es una distancia mínima (sección G. Collision Detection: "The zones are checked for collisions. If a safety zone and warning zone intersect, the robot is slowed down")

La reivindicación 6 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación dependientes 7 y 8 de procedimiento

D01 divulga que se obtiene la descripción geométrica apropiada que permita definir el dispositivo bajo control (sección E. Robot Modelling and Danger Zone Generation). La elección de cómo definir, modelar o representar el dispositivo usando una descripción específica (simplificada o no) se corresponde con una decisión cuya finalidad es posibilitar el procesamiento computacional de la información representada. No se identifican características técnicas relacionadas con dicha generación del modelado que permitan derivar la existencia de un efecto técnico. No es posible identificar la resolución de un problema técnico específico.

Las reivindicaciones 7 y 8 no cumplen el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación dependiente 9 de procedimiento

D01 divulga que se establece un riesgo de colisión entre dicho dispositivo bajo control y dicho obstáculo (sección G. Collision Detection: "The zones are checked for collisions. If a safety zone and warning zone intersect, the robot is slowed down")

La reivindicación 9 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación dependiente 10 de procedimiento

D01 divulga que las etapas se repiten con una determinada frecuencia, actualizándose con dicha frecuencia la descripción geométrica actualizada del dispositivo bajo control y el conjunto de puntos en el espacio que representan dicho obstáculo, recalculándose así dicha distancia (sección C. Evidence Grid Data Fusion : "These evidence grids are recreated at each new timestep from new sensor data"; sección E. Robot Modelling and Danger Zone Generation: "At runtime, the point clouds for each part are positioned according to the robot pose"; sección G. Collision Detection: "The danger and warning zones of the robot and the safety zones of the people are updated at each time step")

La reivindicación 10 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación dependiente 11 de procedimiento

D01 (sección B. Sensor Calibration) muestra que se realiza una etapa de calibración que estima la posición relativa de los sensores respecto del sistema de coordenadas del volumen a monitorizar ("workcell").

La reivindicación 11 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación dependiente 12 de sistema

Al estar definida por disponer de medios para llevar a cabo las mismas acciones definidas en la reivindicación, se aplican las mismas consideraciones indicadas al analizar dicha reivindicación 1.

La reivindicación 12 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicaciones dependientes 13 a 15 de sistema

Como se ha indicado al analizar las reivindicaciones de procedimiento anteriores, D01 divulga que se establece una descripción geométrica inicial de un dispositivo bajo control como un conjunto de formas primitivas, que se establece un volumen a monitorizar y que se analizan las posibles zonas de colisión. Evidentemente para realizar dichas acciones se dispone de los medios de configuración, almacenamiento y visualización apropiados. Las reivindicaciones 13 a 15 no definen características particulares de dichos medios de la invención que posibiliten la resolución de un problema técnico específico. No se identifican características que puedan contribuir a conferir actividad inventiva.

Las reivindicaciones 13 a 15 no cumplen el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicación independiente 16 de programa informático

Se aplican las mismas consideraciones que a las reivindicaciones 1 a 11. La reivindicación 16 no cumple el requisito de actividad inventiva según el artículo 8 de la Ley de Patentes.