

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 443 164**

51 Int. Cl.:

**B25J 9/16** (2006.01)

**B25J 19/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2011 E 11702846 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 2542390**

54 Título: **Procedimiento y sistema de asistencia para la manipulación de máquinas robotizadas en un entorno congestionado**

30 Prioridad:

**02.03.2010 FR 1000851**

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

**18.02.2014**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
25, rue Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D"  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**DAVID, OLIVIER;  
MEASSON, YVAN y  
RUSSOTTO, FRANÇOIS-XAVIER**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 443 164 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

Procedimiento y sistema de asistencia para la manipulación de máquinas robotizadas en un entorno congestionado

La presente invención tiene por objeto un procedimiento y un sistema de asistencia para la manipulación de máquinas robotizadas en el interior de un entorno congestionado, en particular en el marco de un proceso de teleoperación.

La teleoperación es el control y mando a distancia por un operario humano de un brazo manipulador, de un aparato móvil o de cualquier otro dispositivo articulado y motorizado. En la siguiente descripción, dicho dispositivo se designará con el término manipulador. En un sistema completo de teleoperación, el operario humano interactúa a distancia con el manipulador por medio de un brazo articulado maestro cuyos movimientos son capturados, transmitidos y reproducidos por el manipulador. Para realizar esta manipulación en tiempo real, el operario necesita en todo momento una información visual de calidad sobre el entorno de trabajo lo que le permite ejecutar la tarea en curso de forma precisa y con total seguridad. Este punto de vista visual lo emite una cámara instalada en el sistema que comprende el manipulador. Esta cámara se puede situar en el extremo del brazo manipulador si se desea obtener un punto de vista local y preciso sobre la escena de trabajo. Sin embargo, esta posición presenta el inconveniente de limitar el campo de visión del operario y no permite ofrecerle una vista global de su entorno de trabajo. Para que la operación se desarrolle con total seguridad es a menudo necesario tener un segundo punto de vista que muestra al manipulador en la escena global. Este punto de vista global se obtiene de manera general por medio de una cámara motorizada de tipo PTZ (« Pan Tilt Zoom »).

Uno de los problemas a resolver en un sistema de teleoperación es proporcionar en todo momento al operario un punto de vista pertinente sobre una zona de interés. Para algunas aplicaciones, el entorno por el cual se desplaza el manipulador es perfectamente conocido, está controlado y libre de obstáculos. En este caso, pueden ser suficientes las soluciones que utilizan una o varias cámaras fijas en el entorno. Sin embargo, cuando se desea seguir un punto móvil, este puede encontrarse fuera del campo de visión o también quedar oculto por la presencia de objetos del entorno e incluso por el propio manipulador. La imagen que recibe el operario por tanto no se puede utilizar. Un medio para paliar este problema es motorizar la cámara y utilizar, por ejemplo, una cámara de tipo PTZ (*Pan Tilt Zoom*). Un segundo operario, preparado para pilotar el desplazamiento de dicha cámara motorizada, puede entonces actualizar la línea de visión de la cámara de forma manual. Dicho procedimiento también se puede automatizar fijando el punto de vista de la cámara sobre la zona de interés cuya posición se conoce en todo momento. Cuando el manipulador lleva a cabo un movimiento, la posición del punto de interés se traduce en una consigna de punto de vista para la cámara. El punto de vista de la cámara se actualiza a continuación en función de esta consigna. Este método da buenos resultados cuando la línea de visión de la cámara está despejada.

El problema que se propone resolver la presente invención es, por lo tanto, proporcionar en tiempo real al operario que manipula un objeto a distancia, una imagen pertinente de la escena en la que este trabaja. Una solución conocida para este problema consiste en situar una cámara en una segunda máquina robotizada cuya posición la actualiza un segundo operario. Sin embargo, esta solución no resulta satisfactoria ya que precisa una intervención humana. La producción de esta imagen, y de forma indirecta el ajuste del punto de vista de la cámara, deben, por el contrario, llevarse a cabo de forma automática sin incluir un segundo operario encargado de corregir de forma permanente el punto de vista para obtener un campo de visión libre sobre el objeto que hay que manipular.

Para resolver el problema ya mencionado, existen diferentes métodos conocidos del estado de la técnica.

Las soluciones más simples de llevar a cabo para ofrecer al operario un punto de vista pertinente son del tipo de las que se describen en la solicitud internacional de patente WO 2007/067167. El blanco se localiza por medio de un emisor situado sobre aquel y de un receptor acoplado a la cámara motorizada. El emisor transmite en tiempo real la posición del blanco al receptor, el cual comunica esta información al sistema encargado de actualizar la orientación de la cámara para que su línea de visión apunte siempre hacia el blanco. Dicho dispositivo es simple, pero no permite ofrecer una imagen pertinente para el operario cuando los obstáculos que lo ocultan están situados entre la cámara y el blanco. Este tipo de solución no es adecuado ya que no se tiene en cuenta el entorno.

Una solución diferente se desarrolla en la patente JP 03287394 así como en el artículo « Dynamic Sensor Planning in Visual Serving », Eric Marchand, Greg D. Hager, ICRA '98. Esta consiste en obtener un punto de vista libre de obstáculos a partir de una cámara montada en un brazo robotizado, con la finalidad de poder a continuación coger el objeto de destino sin problemas. Los estudios que se describen en este último documento utilizan las técnicas de control visuales conocidas. Estas técnicas se basan en la definición de función de costes que se busca minimizar. El coste de la función se declara mínimo cuando los objetos de destino están situados en el centro de la imagen y cuando los objetos que los ocultan están en la periferia o fuera de la imagen. Se busca por tanto de forma permanente adaptar la posición del máquina robotizada para que la proyección del objeto de destino en la imagen y, por lo tanto, su superficie representativa en la imagen sea siempre lo más grande posible proporcionalmente con respecto a los otros objetos de la escena.

Otra solución conocida de la técnica anterior utiliza unos métodos denominados de planificación de ruta de referencia modelo o « path planning » en inglés. Basándose en un modelo geométrico de la escena, estos métodos

buscan un modelo que permita conectar un punto A con un punto B evitando los obstáculos. Un ejemplo de aplicación de esta técnica se describe en la patente americana 5808887. Al aplicar este método a la problemática de la teleoperación, se puede determinar la nueva posición de la cámara más próxima a su punto de partida de tal modo que se pueda trazar una línea recta sin que interfiera ningún obstáculo entre el blanco y la nueva posición de la cámara.

Un inconveniente importante de las técnicas de control visuales y de planificación de ruta es que ambas precisan una gran cantidad de cálculos lo que limita su uso para las aplicaciones en tiempo real. Además, el principal problema de los métodos de control visuales es que dependen de la calidad de las imágenes y precisan unos contrastes importantes entre los diferentes objetos de la escena para obtener una solución eficaz. También son muy sensibles a los efectos de la luz lo que resulta perjudicial en un contexto en el que el soporte de la cámara puede moverse y la incidencia de la luz sobre los objetos de la escena puede variar.

La presente solicitud de patente tiene, en particular, como objetivo resolver las limitaciones mencionadas con anterioridad de la técnica anterior proponiendo una solución económica en carga de cálculos e insensible a la calidad de la imagen, a la iluminación o a los contrastes de la escena.

Para ello, la presente invención tiene por objeto un procedimiento de asistencia al manejo de al menos una primera máquina móvil robotizada que se desplaza por un entorno de trabajo congestionado bajo el control de al menos una segunda máquina móvil robotizada, como un sensor o una herramienta que interactúa con dicho entorno, caracterizado porque comprende al menos las siguientes etapas:

- modelización de una representación virtual, en tres dimensiones, del entorno de trabajo y de los objetos reales que este comprende;
- determinación, en el entorno de trabajo, de un punto de destino hacia el cual está orientada la línea de visión de dicha segunda máquina móvil robotizada;
- determinación de un punto de referencia de la posición de dicha segunda máquina móvil robotizada;
- construcción, en dicha representación virtual, por medio de un motor físico, de un mecanismo virtual que se extiende axialmente entre el punto de destino y el punto de referencia y que engloba sustancialmente el segmento que une estos dos puntos a los cuales está virtualmente unido mediante unas uniones mecánicas;
- detección, por medio de un motor físico, de una colisión entre dicho mecanismo virtual y un objeto real del entorno de trabajo cuya posición se obtiene a partir de dicha representación virtual;
- cálculo de un diagrama de fuerza aplicada a dicho mecanismo virtual resultante de su colisión con dicho objeto real, manteniendo igual la posición de dicho punto de destino;
- determinación de la nueva posición de dicho mecanismo virtual en el entorno de trabajo;
- determinación de la nueva posición de dicho punto de referencia de dicha segunda máquina móvil robotizada, a partir de la nueva posición de dicho mecanismo virtual de tal modo que la línea de visión entre dicho punto de referencia y dicho punto de destino esté libre de obstáculos.

En una variante de realización de la invención, dicha primera máquina móvil robotizada es un brazo articulado y dicho punto de destino está sustancialmente situado en el extremo de dicho brazo.

En otra variante de realización de la invención, dicho mecanismo virtual presenta una sección transversal que ocupa sustancialmente el campo de visión de dicha segunda máquina móvil robotizada.

En otra variante de realización de la invención, dicho mecanismo virtual está constituido por un conjunto de cilindros telescópicos.

En otra variante de realización, la unión mecánica entre dicho mecanismo virtual y dicha primera máquina móvil robotizada en el punto de destino es una unión de tipo rótula.

En otra variante de realización de la invención, la unión mecánica entre dicho mecanismo virtual y dicha primera máquina móvil robotizada en el punto de destino se realiza por medio de un control de posición, de tal modo que se puede modificar dicho punto de destino durante el transcurso de la manipulación.

En otra variante de realización de la invención, dicha segunda máquina móvil robotizada es una cámara y dicho punto de referencia está situado en el eje óptico a una distancia de la cámara sustancialmente igual a su distancia focal.

En otra variante de realización de la invención, dicha segunda máquina móvil robotizada es un láser telemétrico o un limpiador de alta presión.

En otra variante de realización de la invención, dicha segunda máquina móvil robotizada comprende un brazo articulado.

En otra variante de realización de la invención, dicho punto de referencia está unido de forma virtual a un punto solidario de dicha segunda máquina móvil robotizada por medio de una unión mecánica virtual de tipo muelle.

En otra variante de realización de la invención, dicha primera máquina móvil robotizada la manipula a distancia un operario.

5 La invención también tiene por objeto un sistema de teleoperación para la manipulación a distancia de al menos una primera máquina robotizada que se desplaza por un entorno de trabajo congestionado a partir de un brazo articulado maestro que acciona un operario, reproduciendo los movimientos de dicho brazo maestro dicha primera máquina robotizada por medio de unos medios de captura, de transmisión y de reproducción de los movimientos, caracterizado porque comprende, además, al menos una segunda máquina móvil robotizada accionada por unos medios de control, una base de datos que contiene una representación virtual en tres dimensiones del entorno de trabajo, un motor físico de software adaptado para detectar y analizar las colisiones entre dos objetos que  
10 comprende dicho entorno de trabajo y unos medios que permiten llevar a cabo el procedimiento según la invención de asistencia para la manipulación a distancia de dicha primera máquina robotizada.

En una variante de realización de la invención, dicha primera máquina robotizada comprende un brazo articulado.

En una variante de realización de la invención, dicha segunda máquina móvil robotizada es una cámara, un láser de telemetría o un limpiador de alta presión acoplado o no a un brazo articulado.

15 En una variante de realización de la invención, dicha representación virtual en tres dimensiones la produce un software de diseño asistido por ordenador.

Se mostrarán otras características con la lectura de la siguiente descripción detallada, que se da a título de ejemplo y no limitativa, en referencia a los dibujos adjuntos que representan:

20 La figura 1, un esquema funcional de un conjunto de sistemas de teleoperación que aplican la invención;  
La figura 2, una representación del manipulador y del campo de visión de la cámara;  
La figura 3a, una vista general del manipulador en proceso de realizar una tarea;  
La figura 3b, una representación de la vista obtenida con una cámara que no tiene en cuenta los problemas de las ocultaciones;  
25 La figura 4a, la misma vista general que en la figura 3a con una cámara que aplica el procedimiento según la invención;  
La figura 4b, la vista obtenida por la cámara que aplica el procedimiento según la invención.

La figura 1 representa el cuadro sinóptico de un conjunto de sistemas de teleoperación aplicados en una intervención robotizada. La invención se aplica en particular a uno o varios de estos sistemas.

30 En este ejemplo, uno o varios operarios 110, 114 manipulan a distancia uno o varios brazos robotizados articulados 119, 121, 123. Dicho brazo manipulador permite el agarre y la manipulación de objetos a distancia. Sin salirse del ámbito de la invención, un sistema de teleoperación también puede incluir otros dispositivos robotizados teleoperados como una pinza 127 o cualquier otro tipo de herramienta 125 que permita que el operario interactúe con el entorno de trabajo por el cual se desplaza el dispositivo mencionado, por ejemplo una amoladora, una cizalla, un atornillador o incluso una antorcha de soldadura. A continuación la descripción se limita al ejemplo de realización de la invención que se refiere a un brazo articulado teleoperado.  
35

Una intervención robotizada de teleoperación que utiliza el procedimiento se puede descomponer funcionalmente en tres subconjuntos: una unidad de control de funcionamiento, un conjunto de puestos de mando y la unidad robotizada situada a distancia de los operarios en la escena de trabajo y en la cual se desarrollan las operaciones reales.

40 La unidad de control de trabajo tiene como función preparar la intervención, considerar los escenarios y crear unos modelos en tres dimensiones de la escena de trabajo que se utilizarán como soporte durante el desarrollo de las operaciones. Esta unidad comprende al menos un puesto 102 de diseño de modelos virtuales de la escena de trabajo acoplado a una base de datos 101. Dicho diseño se puede realizar por medio de software de diseño asistido por ordenador (CAD). El objetivo es proporcionar, en una fase previa a la ejecución del procedimiento según la invención, una representación en forma de modelo virtual en tres dimensiones de la escena de trabajo por la cual se va a desplazar el dispositivo teleoperado. Esta representación comprende, en particular, todos los objetos inicialmente presentes en el entorno de trabajo. Un puesto de diseño de los escenarios 104 acoplado a una base de datos 102 se utiliza para definir de forma previa unos escenarios de intervención que pueden consistir, en particular, en unas tareas nominales de producción, un mantenimiento preventivo o nominal, o incluso unas intervenciones en una situación accidental. Por último, también se encuentra en esta unidad un puesto de asistencia 105 y un puesto de vigilancia 106. Los elementos que componen la unidad de control de funcionamiento y los puestos de mando están conectados entre sí mediante unos medios informáticos 107.  
45  
50

La unidad de mando comprende al menos un operario 110, 114 que interactúa a distancia con la escena de trabajo por medio de un brazo maestro 109, 113 y un puesto de mando 111, 115 que permite visualizar la representación actual del manipulador en el espacio virtual por medio de unas interfaces hombre-máquina y de imágenes de video que transmiten al menos una cámara 124, 128, 129 instalada en la zona de operaciones. En los sistemas más evolucionados, el brazo maestro 109, 113 está provisto de un retorno de fuerza espacial que permite mejorar de este  
55

modo la percepción del operario. Este siente, por tanto, las fuerzas que aplica sobre el entorno a través de un sistema teleoperado. Cada brazo maestro 109, 113 está conectado a un controlador 108, 112 que tiene en particular como función transmitir y recibir las informaciones de posición y de movimiento que permiten que el brazo maestro y el brazo manipulador 119, 121, 123 interactúen. Para ello, el controlador 108, 112 del brazo maestro está conectado, por medio de una red en tiempo real 116, 117, a un controlador 118, 120, 122 equivalente que pilota el brazo manipulador 119, 121, 123 o brazo esclavo. La captura en tiempo real de los movimientos del brazo manipulador se lleva a cabo por medio de sensores de posición articulares como unos resólvemes, codificadores, potenciómetros o sensores eléctricos pasivos de tipo LVDT (« Liner Variable Differential Transformer »).

La unidad robotizada comprende, además de los elementos anteriormente mencionados, una cámara 124, 128, 129 asociada a cada manipulador 119, 121, 123 y, de manera preferente, situada en un segundo brazo articulado. Esta cámara tiene como función ofrecer al operario un punto de vista pertinente de la escena de trabajo, está conectada para ello al controlador 118, 122, 124 el cual transmite la secuencia de video hacia el puesto de mando 111, 115 a través de la red informática 107.

Cuando el manipulador se desplaza por su entorno de trabajo, en particular cuando este está congestionado, es necesario garantizar una seguridad óptima, aplicar una vigilancia automatizada de las eventuales colisiones entre el manipulador y su entorno. Esta vigilancia la lleva a cabo un motor físico de software. La función principal de un motor físico es simular fenómenos físicos. Tiene como función, por una parte, detectar y gestionar las colisiones entre dos objetos de la representación virtual de la escena de trabajo, por otra parte, resolver los sistemas de ecuaciones de los fenómenos físicos que hay que representar. En el sistema según la invención, el motor físico se denomina de resolución de restricciones. Para cada objeto de la escena, el motor físico tiene una representación física de dicho objeto en forma de malla. A partir de las posiciones y velocidades respectivas de dos objetos, el motor calcula un diagrama de fuerza. En el caso de una colisión entre el manipulador y un objeto fijo de la escena, el motor va a determinar el diagrama de fuerza que hay que aplicar al manipulador para que rodee el objeto en lugar de golpearlo. Se impone una restricción en el movimiento del manipulador, pero no hay una detección a causa de la colisión. El motor físico determina las fuerzas que hay que aplicar a cada objeto para que el sistema recupere una posición de equilibrio.

En función de las necesidades de la aplicación, el motor físico se puede ejecutar en el puesto de mando 111, 115 cuando las restricciones vinculadas a una ejecución en tiempo real son flexibles, o bien directamente en la red en tiempo real 116, 117 se requiere un tiempo real estricto. Sin salirse del ámbito de la invención, el motor físico también puede permitir que el operario sienta las fuerzas no solo sobre los elementos reales sino también en la representación virtual de la escena. De este modo se pueden restringir los movimientos de la máquina teleoperada en una dirección que facilita la tarea que hay que cumplir.

Como se ha explicado con anterioridad, el problema técnico que busca resolver la presente invención consiste en proporcionar en tiempo real al operario una vista pertinente de la escena de trabajo cuando un objeto se introduce en el campo de visión de la cámara y obstruye de este modo la visión del operario.

La solución que aplica el procedimiento según la invención se basa en el uso de las propiedades del motor físico anteriormente descrito que está implantado en el sistema de teleoperación con fines de supervisión.

La figura 2 esquematiza un ejemplo de aplicación del procedimiento según la invención por medio de una representación virtual de la escena de trabajo. Un brazo articulado 201 se teleopera a distancia para manipular un objeto representado por un punto de destino 203. Una cámara, preferentemente situada en un segundo brazo no representado, filma el punto de destino con el fin de proporcionar al operario una vista precisa de su entorno de trabajo. La cámara se representa en la figura 2 por su punto focal 202.

Al igual que todos los demás objetos o elementos de la escena, un mecanismo virtual 205 que materializa el campo de visión de la cámara se introduce en la representación virtual de la escena. A continuación en la descripción, el término mecanismo se utiliza para designar una combinación de piezas o de elementos dispuestos para un movimiento o un funcionamiento de conjunto. La creación de dicho mecanismo 205 es posible por medio de los medios de diseño de modelos virtuales que aplica la unidad de control de funcionamiento. Este mecanismo virtual 205, que no existe en realidad, se diseña de tal modo que se extienda axialmente entre el punto focal de la cámara 202 y el punto de destino 203, ocupando de este modo fundamentalmente el campo de visión de la cámara. En una variante de realización de la invención, el punto 202 que se utiliza como referencia para el posicionamiento de la cámara también puede ser un punto situado en el eje focal de la cámara a una distancia de esta sustancialmente igual a la distancia focal. El mecanismo 205 se define mediante una malla geométrica perfectamente conocida, como los demás objetos de la escena que son las representaciones de objetos reales. Puede tratarse, por ejemplo, de un conjunto de cilindros telescópicos, tal como se representa en la figura 2, con una longitud total igual a la distancia entre el punto focal 202 y el punto de destino 203 y con un diámetro igual a un valor predeterminado en función del campo de visión de la cámara. La forma del mecanismo virtual 205 no está limitada a un conjunto de cilindros. En particular, su sección transversal puede ser constante con cualquier forma, circular, hexagonal, rectangular o cualquier otra y también puede variar de tal modo que este mecanismo 205 forme un cono o un tronco de cono.

- El mecanismo virtual 205 está conectado mediante unas uniones mecánicas virtuales a los puntos focales 202 y de destino 203, y, en el ejemplo de realización de la invención que se ilustra en la figura 2, los extremos de dicho mecanismo se desplazan, por una parte, con el movimiento del extremo del manipulador 201 y, por otra parte, con el punto focal de la cámara 202. El motor físico tiene en cuenta a este mecanismo 205 como si fuera real. De este modo, el motor físico detecta las colisiones entre el mecanismo virtual 205 y de otros objetos de la escena o una parte del brazo articulado 201. Aquel determina la fuerza que hay que aplicar al mecanismo virtual 205 tras un contacto con otro objeto y, por lo tanto, su nueva posición tras la colisión con dicho objeto. El movimiento del mecanismo virtual 205, acciona a continuación de forma indirecta el movimiento del punto focal de la cámara a la cual está unida con la restricción de que el punto de destino está ligado a la zona de interés. A partir de la nueva posición del mecanismo virtual 205, se determina una posición actualizada de la cámara 202 y esta posición se transmite en forma de una consigna de posición cartesiana al controlador 118 que pilota a continuación el desplazamiento de la cámara 202 hacia su nueva posición, de tal modo que proporciona al operario un punto de vista libre de obstáculos, ya sea a través de la cámara real o bien también de una cámara virtual que calculará una representación del modelo geométrico visto desde el punto considerado.
- La introducción del mecanismo virtual 205 en el entorno de trabajo y la consideración de las colisiones de este objeto con otros elementos permite garantizar que ningún objeto real puede existir en superposición con el mecanismo virtual. Ahora bien, como este está diseñado de tal modo que ocupe el campo de visión de la cámara que apunta hacia el punto de destino para el cual desea proporcionar una vista pertinente, se garantiza por tanto que el campo de visión de la cámara está siempre libre de obstáculos y que de este modo nunca estorbará al operario. El motor físico determina, en cuanto hay una colisión entre el mecanismo virtual 205 y un objeto real, la nueva posición del mecanismo virtual 205 y de manera indirecta la del punto focal de la cámara que se desplaza para permitir la mejor toma.
- En una variante de realización de la invención, el punto focal 202 de la cámara está restringido virtualmente a un punto de referencia fijo, por ejemplo un punto solidario con la base del segundo brazo articulado que soporta la cámara, mediante una unión mecánica de tipo muelle con el fin de restringir el desplazamiento de la cámara y limitar de forma voluntaria sus movimientos. En efecto, el confort visual del operario es mejor si los movimientos de la cámara son limitados, y además, unas limitaciones mecánicas restringen el desplazamiento de la cámara.
- En otra variante de realización de la invención, la unión mecánica entre el mecanismo virtual 205 y el brazo articulado 201 en el punto de destino 203 se establece de manera permanente. Esta prolonga la descripción cinemática del brazo articulado 201, de tal modo que, en el modelo en tres dimensiones, el brazo manipulador 201 y el mecanismo virtual 205 formen un único mecanismo. Para limitar los desplazamientos de la cámara, estos están unidos por tanto entre sí en el punto de destino mediante una unión mecánica de tipo rótula 204 introducida en el modelo en tres dimensiones de la escena.
- En otra variante de realización de la invención, la unión entre el mecanismo virtual 205 y el brazo articulado 201 en el punto de destino 203 se realiza por medio de un control de posición de tal modo que sea posible cambiar de blanco durante el desarrollo de la tarea.
- En otra variante de realización de la invención, la cámara se puede sustituir por cualquier otro tipo de sensor o de herramienta que necesite un campo libre entre el punto de destino y este, por ejemplo un láser de telemetría o un limpiador de alta presión por chorro de agua.
- La figura 3a representa el posicionamiento del manipulador 201 aplicado para el mantenimiento de una máquina perforadora en una vista global virtual en tres dimensiones. La cámara se representada por su punto focal 202 que es fijo. El punto de destino 203 está localizado en el extremo del brazo articulado.
- La figura 3b representa la vista obtenida por la cámara en el escenario de la figura 3a. Se observa que el blanco está oculto por el manipulador que está situado dentro del campo de visión de la cámara.
- La figura 4a representa un escenario en el cual el procedimiento según la invención se aplica para determinar de forma automática el posicionamiento más adecuado para el punto focal 202 de la cámara con el fin de conservar en todo momento un campo de visión libre sobre el punto de destino. Se observa que el punto focal 202 se ha desplazado con respecto a su posición inicial de la figura 3a de tal modo que deje libre el campo de visión de la cámara.
- La figura 4b muestra la vista obtenida por la cámara desplazada de forma automática para dejar su campo de visión en dirección al punto de destino libre de obstáculos cuando se aplica el procedimiento según la invención.
- El procedimiento y el sistema según la invención permiten proporcionar de forma automática al operario una vista pertinente de la zona de trabajo aprovechando las propiedades de un motor físico de detección de colisión y de una representación virtual en tres dimensiones de la escena de trabajo. El método según la invención se refiere a un modelo en tres dimensiones de la escena, lo que tiene como ventaja que no depende de la calidad de la imagen filmada. Sin salirse del ámbito de la invención, la modelización virtual de la escena puede ser más minimalista, sin proporcionar necesariamente una malla muy detallada de cada objeto. La modelización debe ser suficiente para permitir que el motor físico aplique una detección de colisión entre dos objetos. Además, la invención también se

extiende a cualquier tipo de sistemas automatizados para los cuales es necesario ofrecer una línea de visión libre de obstáculos a una máquina robotizada, sensor o de otro tipo, que interactúa con los objetos en su entorno de trabajo. En particular, la máquina robotizada no está necesariamente teleoperada a distancia por un operario.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de asistencia para la manipulación de al menos una primera máquina móvil robotizada (201) que se desplaza por un entorno de trabajo congestionado bajo el control de al menos una segunda máquina móvil robotizada, como un sensor o una herramienta que interactúa con dicho entorno, **caracterizado porque** comprende al menos las siguientes etapas:
- modelización de una representación virtual, en tres dimensiones, del entorno de trabajo y de los objetos reales que este comprende;
  - determinación, en el entorno de trabajo, de un punto de destino (203) hacia el cual está orientada la línea de visión de dicha segunda máquina móvil robotizada;
  - 10 ○ determinación de un punto de referencia (202) de la posición de dicha segunda máquina móvil robotizada;
  - construcción, en dicha representación virtual, por medio de un motor físico, de un mecanismo virtual (205) que se extiende axialmente entre el punto de destino (203) y el punto de referencia (202) y que engloba sustancialmente el segmento que une estos dos puntos (202, 203) a los cuales está virtualmente unido mediante unas uniones mecánicas;
  - 15 ○ detección, por medio de un motor físico, de una colisión entre dicho mecanismo virtual (205) y un objeto real del entorno de trabajo cuya posición se obtiene a partir de dicha representación virtual;
  - cálculo de un diagrama de fuerza aplicado a dicho mecanismo virtual (205) resultante de su colisión con dicho objeto real, manteniendo igual la posición de dicho punto de destino (203);
  - determinación de la nueva posición de dicho mecanismo virtual (205) en el entorno de trabajo;
  - 20 ○ determinación de la nueva posición de dicho punto de referencia (202) de dicha segunda máquina móvil robotizada, a partir de la nueva posición de dicho mecanismo virtual (205) de tal modo que la línea de visión entre dicho punto de referencia (202) y dicho punto de destino (203) esté libre de obstáculos.
- 25 2. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** dicha primera máquina móvil robotizada (201) es un brazo articulado y porque dicho punto de destino (203) está sustancialmente situado en el extremo de dicho brazo.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** dicho mecanismo virtual (205) presenta una sección transversal que ocupa sustancialmente el campo de visión de dicha segunda máquina móvil robotizada.
- 30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** dicho mecanismo virtual (205) está constituido por un conjunto de cilindros telescópicos.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** la unión mecánica entre dicho mecanismo virtual (205) y dicha primera máquina móvil robotizada (201) en el punto de destino (203) es una unión de tipo rótula.
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 **caracterizado porque** la unión mecánica entre dicho mecanismo virtual (205) y dicha primera máquina móvil robotizada (201) en el punto de destino (203) está realizada por medio de un control de posición, de tal modo que se pueda modificar dicho punto de destino (203) durante el transcurso de la manipulación.
- 40 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** dicha segunda máquina móvil robotizada es una cámara y dicho punto de referencia (202) está situado en el eje óptico a una distancia de la cámara sustancialmente igual a su distancia focal.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6 **caracterizado porque** dicha segunda máquina móvil robotizada es un láser telemétrico o un limpiador de alta presión.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** dicha segunda máquina móvil robotizada comprende un brazo articulado.
- 45 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** dicho punto de referencia (202) está unido de forma virtual a un punto solidario con dicha segunda máquina móvil robotizada por medio de una unión mecánica virtual de tipo muelle.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** un operario manipula a distancia dicha primera máquina móvil robotizada (201).
- 50 12. Sistema de teleoperación para la manipulación a distancia de al menos una primera máquina (119, 121, 123) robotizada que se desplaza por un entorno de trabajo congestionado a partir de un brazo articulado maestro (109, 113) que acciona un operario (110, 114), reproduciendo los movimientos de dicho brazo maestro (109, 113) dicha primera máquina robotizada (119, 121, 123) por medio de unos medios de captura (108, 112), de transmisión (116, 117) y de reproducción (118, 120, 122) de los movimientos, **caracterizado porque** comprende, además, al menos una segunda máquina móvil robotizada (124, 128, 129) accionada por unos medios de control, una base de datos
- 55



(101) que contiene una representación virtual en tres dimensiones del entorno de trabajo, un motor físico de software adaptado para detectar y analizar las colisiones entre dos objetos que comprende dicho entorno de trabajo y unos medios que permiten aplicar el procedimiento de asistencia para la manipulación a distancia de dicha primera máquina robotizada (119, 121, 123) según una de las reivindicaciones 1 a 11.

5 13. Sistema de teleoperación según la reivindicación 12 **caracterizado porque** dicha primera máquina robotizada (119, 121, 123) comprende un brazo articulado.

14. Sistema de teleoperación según una de las reivindicaciones 12 a 13 **caracterizado porque** dicha segunda máquina móvil robotizada (124, 128, 129) es una cámara, un láser de telemetría o un limpiador de alta presión acoplado o no a un brazo articulado.

10 15. Sistema de teleoperación según una de las reivindicaciones 12 a 14 **caracterizado porque** dicha representación virtual en tres dimensiones se produce mediante un software de diseño asistido por ordenador.

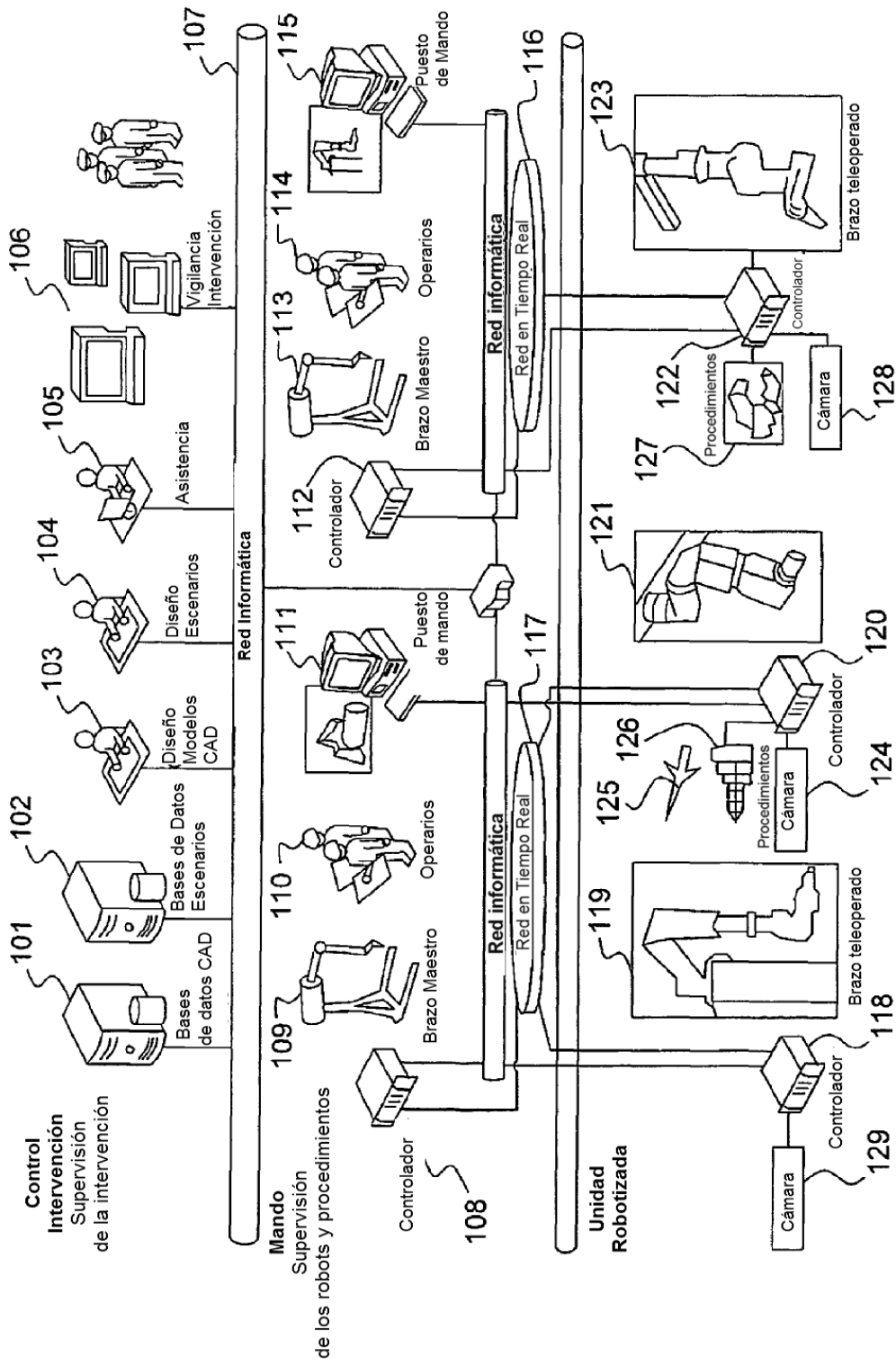


FIG.1

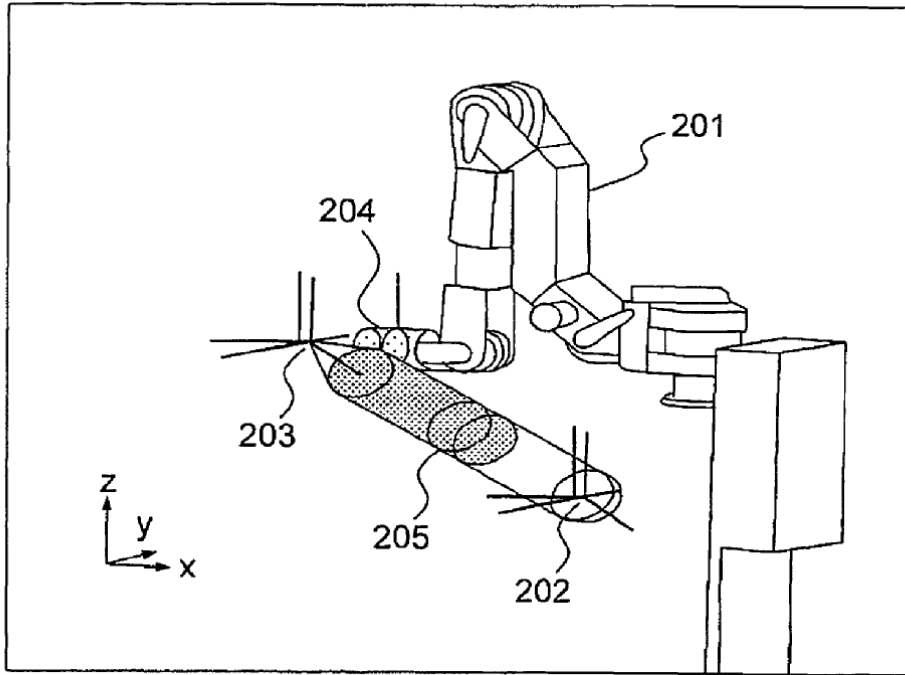


FIG. 2

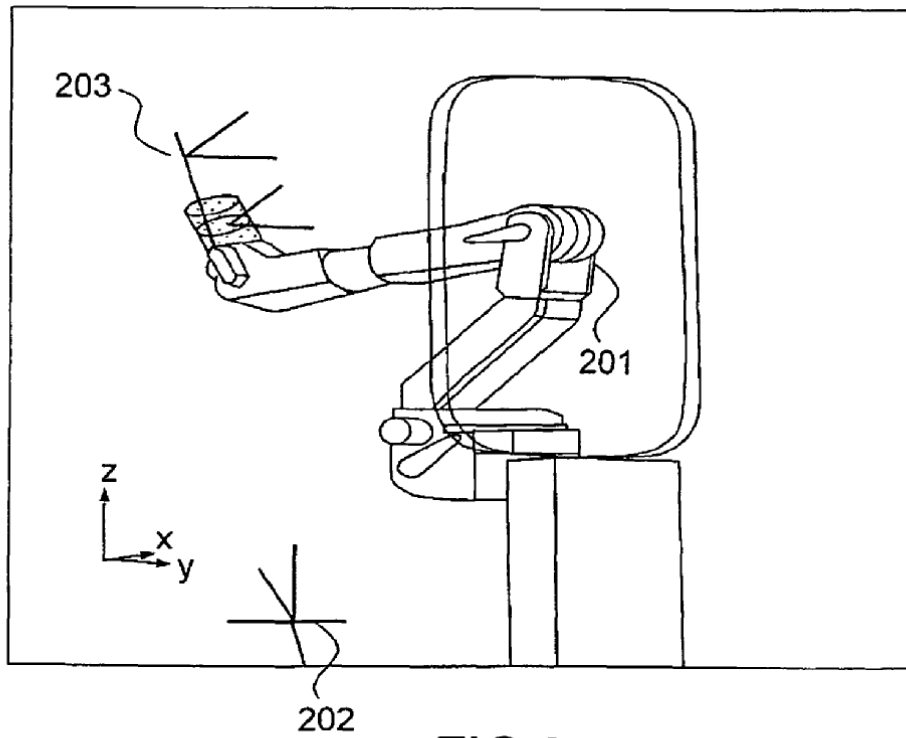


FIG. 3a

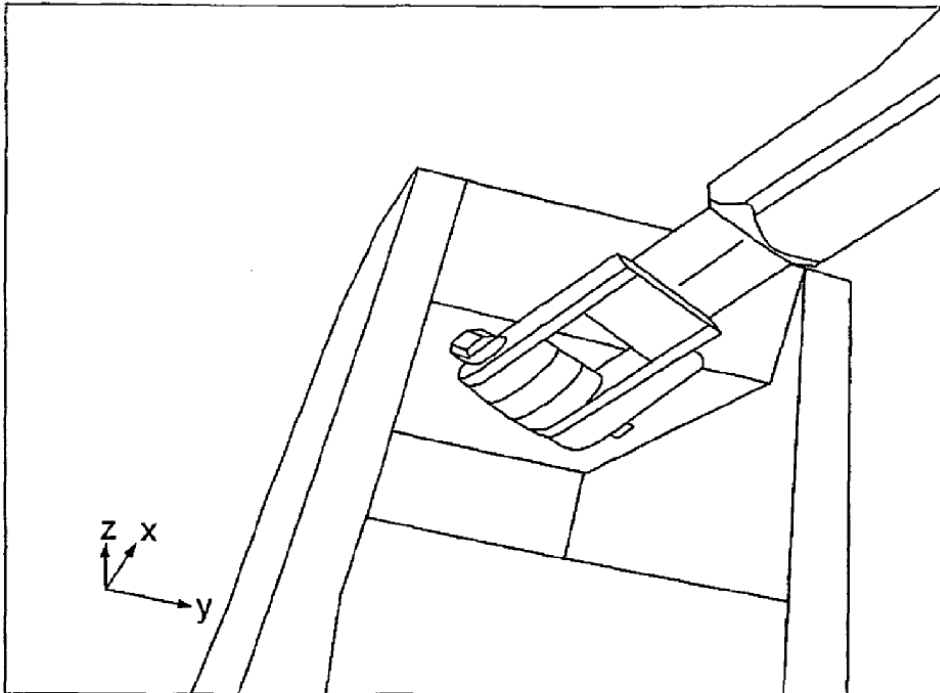


FIG.3b

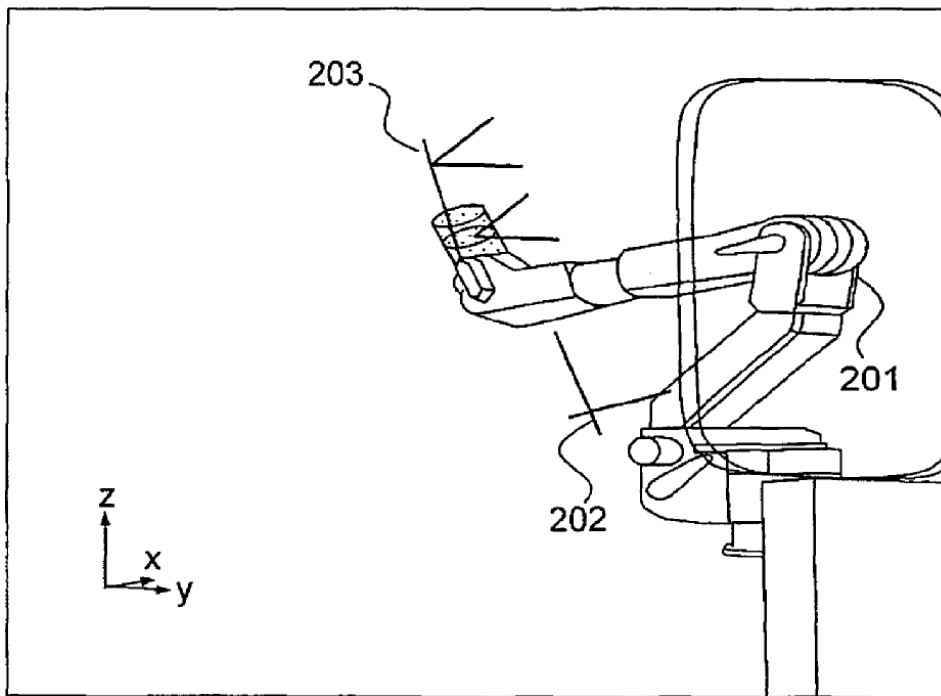


FIG.4a

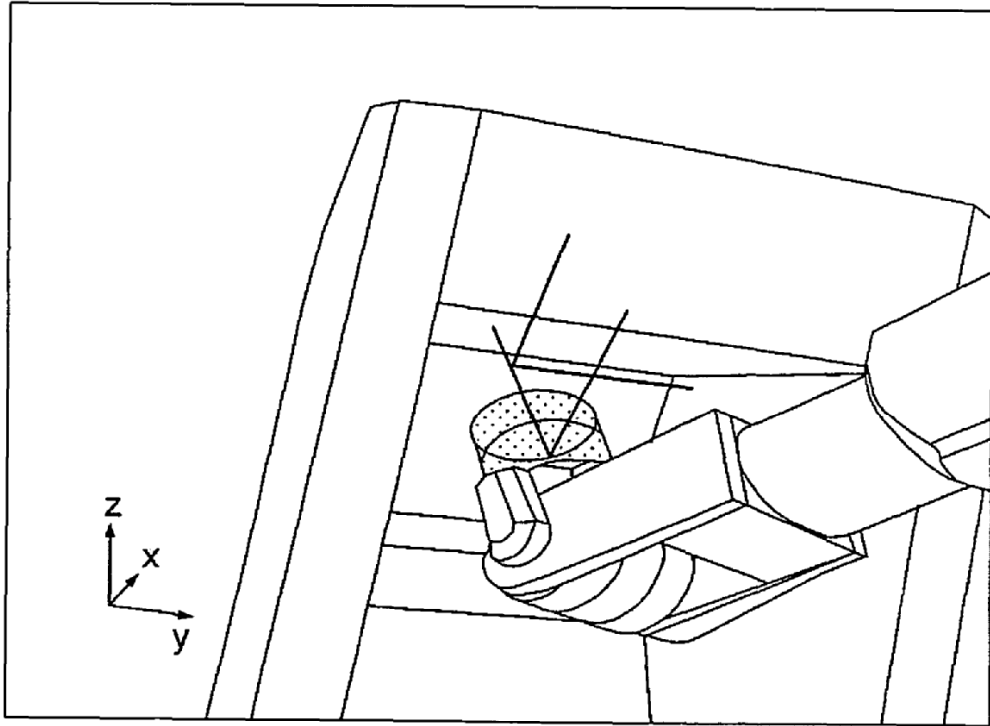


FIG.4b