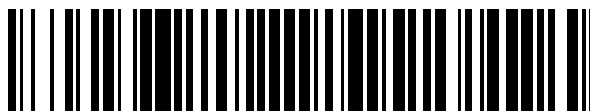


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 653 240**

51 Int. Cl.:

B25J 9/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.04.2013** **PCT/EP2013/057888**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.10.2013** **WO13156468**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.04.2013** **E 13717764 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017** **EP 2838699**

54 Título: **Procedimiento para el manejo de un robot**

30 Prioridad:

18.04.2012 DE 102012206350

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

06.02.2018

73 Titular/es:

**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)**

**Linder Höhe
51147 Köln, DE**

72 Inventor/es:

**KONIETSCHKE, RAINER;
JÖRG, STEFAN y
KLODMANN, JULIAN**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 653 240 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 para el manejo de un robot

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para el manejo de un robot, en particular de un robot telemanipulador.

Un robot telemanipulador se puede usar, por ejemplo, para realizar una intervención quirúrgica en un paciente, como se conoce, por ejemplo, por el documento US 2009/0192524 A1. Los robots telemanipuladores también se usan en la industria, por ejemplo para posicionar objetos o para soldar. Un robot telemanipulador es controlado por un usuario a través de un dispositivo de introducción.

El robot telemanipulador lleva a cabo su tarea dentro de una celda de trabajo. Al configurar una celda de trabajo de este tipo debe garantizarse que el robot alcanza con su extremo funcional aquellos puntos en los que deberá realizar su tarea. Al mismo tiempo debe asegurarse que el robot no lesiona o daña otras estructuras.

De acuerdo con el estado de la técnica, una celda de trabajo robótica se diseña o bien según el procedimiento de prueba y error o bien con la ayuda de un entorno de programación (en la realidad virtual en la que se puede simular la celda). La extrapolación a la celda de trabajo real se efectúa después por medición o registro, lo que permite colocar el robot en el lugar programado.

El procedimiento descrito para el diseño de una celda de trabajo robótica es adecuado para celdas de trabajo que se configuran una vez y no se vuelven a modificar. Para las celdas de trabajo que han de configurarse de forma flexible para la realización de diferentes tareas el procedimiento es menos adecuado. Esto se debe a que este procedimiento es muy complicado y laborioso. El procedimiento es especialmente inadecuado para aplicaciones médicas en las que la celda de trabajo se ha de programar de nuevo para cada paciente. El procedimiento tampoco es adecuado para celdas de trabajo flexibles. Además, no siempre es posible programarla, por ejemplo, debido a la falta de información sobre, por ejemplo, la anatomía exacta del paciente en el momento de la operación.

El objetivo de la invención consiste en proporcionar un procedimiento para controlar un robot telemanipulador que simplifique la configuración de una celda de trabajo del robot.

El objetivo se alcanza de acuerdo con la invención mediante las características de la reivindicación 1.

El procedimiento de acuerdo con la invención sirve para manejar un robot, en particular un robot telemanipulador, y en especial para programar una operación con un robot. Puede tratarse de una operación médica pero también de una operación industrial o de cualquier otra operación. Un robot telemanipulador puede presentar al menos un brazo manipulador que sirve para guiar un instrumento para la manipulación de un objeto. El objeto puede ser, por ejemplo, el cuerpo de un paciente, en cuyo caso el robot telemanipulador es un robot telequirúrgico. El brazo manipulador puede ser controlado por un usuario, por ejemplo, por un cirujano, a través de un dispositivo de introducción.

De acuerdo con la invención, se registra la posición y/o situación espacial de al menos una estructura de delimitación que crea una delimitación cinemática del espacio de trabajo que se puede alcanzar con el instrumento unido al brazo robótico del robot. Por estructura de delimitación se entiende cualquier estructura, es decir cualquier objeto, en la zona de operación que pueda crear una delimitación cinemática del espacio de trabajo alcanzable. Una delimitación cinemática se presenta cuando el instrumento del brazo manipulador no puede o no debe alcanzar un punto determinado en la zona de operación. Así, las delimitaciones cinemáticas pueden ser delimitaciones por software o por hardware.

Una delimitación cinemática puede consistir, por ejemplo, en que una articulación del brazo manipulador alcance su tope final y no se pueda desplazar más allá de esta posición. Puede haber una delimitación por software en caso de que el brazo manipulador no deba desplazarse más allá de un punto determinado porque, de lo contrario, se lesionaría o dañaría una estructura de riesgo. La estructura de riesgo puede ser, por ejemplo, un vaso sensible del cuerpo de un paciente. No obstante, también se pueden considerar otras estructuras de riesgo que haya que proteger, por ejemplo, en aplicaciones industriales. Las delimitaciones cinemáticas del espacio de trabajo pueden venir definidas también por otros objetos, por ejemplo, por la configuración geométrica del objeto que se ha de manipular en la celda de trabajo. En el caso de la aplicación de un robot telequirúrgico en la cirugía mínimamente invasiva la delimitación cinemática puede venir definida por el punto de inserción del trocar a través del cual se introducen los instrumentos mínimamente invasivos en el cuerpo del paciente. Este constituye una delimitación cinemática del espacio de trabajo en cuanto a que limita el número de grados de libertad disponibles para el movimiento del brazo manipulador.

De acuerdo con la invención, el espacio de trabajo alcanzable se representa en línea de tal manera que un cambio de posición o de situación de la estructura de delimitación conduzca en tiempo real a un cambio en el espacio de trabajo alcanzable representado. La representación del espacio de trabajo alcanzable se lleva a cabo sobre un objeto que ha de ser manipulado por el instrumento. En el caso de una aplicación quirúrgica puede tratarse, por

ejemplo, del cuerpo de un paciente. En el caso de una aplicación industrial puede tratarse de otro objeto que se ha de manipular.

De este modo, durante la configuración de la celda de trabajo el usuario puede colocar y orientar el brazo manipulador o el instrumento sobre el objeto que se ha de manipular. Durante esta colocación y orientación el procedimiento de acuerdo con la invención permite mostrar al usuario en tiempo real el espacio de trabajo alcanzable. El usuario puede averiguar de manera muy fácil y rápida la posición del instrumento que es necesaria para alcanzar un determinado espacio de trabajo objetivo que tiene que ser accesible para la realización de una operación deseada con el instrumento. Concretamente, en el caso de un robot telequirúrgico, por ejemplo, un cirujano colocaría el instrumento en un punto determinado del cuerpo del paciente y después se le podría mostrar directamente sobre el cuerpo del paciente el espacio de trabajo alcanzable. Si este espacio de trabajo alcanzable no corresponde al espacio de trabajo objetivo deseado, el cirujano puede ajustar el instrumento hasta obtener el resultado deseado. De este modo es posible configurar la celda de trabajo de manera especialmente intuitiva.

Por una representación del espacio de trabajo alcanzable sobre el objeto que se ha de manipular se entiende que el espacio de trabajo alcanzable se representa en relación espacial directa con el objeto que se ha de manipular. El espacio de trabajo se puede representar, por ejemplo, mediante una proyección, directamente sobre el objeto mismo que se ha de manipular. En esta forma de realización se realiza, pues, una proyección en el mundo real. Para ello se puede usar, por ejemplo, un proyector, un puntero láser o similares. Se pueden proyectar directamente sobre el objeto que se ha de manipular líneas, puntos o áreas de la situación geoméricamente correcta. De forma alternativa o adicional, el espacio de trabajo alcanzable se puede mostrar junto con el objeto que se ha de manipular en una representación de realidad virtual o una representación de realidad aumentada. Esto se puede efectuar, por ejemplo, mediante una pantalla en la que se muestren al usuario los movimientos de los instrumentos del robot telemanipulador. En esta pantalla se representa al mismo tiempo el objeto que se ha de manipular, de forma que el espacio de trabajo alcanzable siempre se puede mostrar también en la pantalla directamente sobre el objeto que se ha de manipular.

La representación de la realidad virtual se puede realizar usando líneas, puntos, áreas, objetos tridimensionales, etc. Para una representación en la imagen de cámara mediante realidad aumentada se puede usar, por ejemplo, la cámara de un Smartphone o un visualizador montado sobre la cabeza.

El registro de la posición espacial de la estructura de delimitación se puede efectuar, por ejemplo, de forma continua, en especial apuntando hacia ella la punta del instrumento y guardando esta posición apuntada. Puesto que el dispositivo de control del brazo robótico siempre conoce la posición de la punta del instrumento gracias a que se conoce el ángulo articular del brazo robótico, esta posición se puede registrar con precisión apuntando a la posición espacial de la estructura de delimitación. Este registro se efectúa directamente en el sistema de coordenadas del brazo robótico. De este modo se conocen en el sistema de coordenadas del brazo robótico los puntos en los que existen delimitaciones cinemáticas del espacio de trabajo. El dispositivo de control del brazo robótico naturalmente también conoce la posición del brazo robótico, en particular la posición espacial de su base. A partir de estas informaciones se puede calcular y mostrar en el sistema de coordenadas del brazo robótico el espacio de trabajo alcanzable. Es esencial que las informaciones mencionadas estén presentes en un único sistema de coordenadas.

Las informaciones mencionadas también pueden registrarse en diferentes sistemas de coordenadas y convertirse a continuación en un sistema de coordenadas común. Por ejemplo, la posición espacial de la estructura de delimitación se puede registrar colocando la punta de un elemento marcador en esta posición y registrando y guardando la posición espacial de la punta del elemento marcador mediante un sistema de rastreo. En este caso se conoce la posición de la estructura de delimitación en el sistema de coordenadas del sistema de rastreo. Por lo tanto, para representar el espacio de trabajo alcanzable en el sistema de coordenadas del brazo robótico, habría que pasarla a este sistema de coordenadas.

Así pues, además de la posición de la estructura de delimitación se usa la posición del brazo robótico, y en especial de su base, para calcular y mostrar el espacio de trabajo alcanzable.

Adicionalmente al espacio de trabajo alcanzable se puede mostrar el espacio de trabajo objetivo que se ha de alcanzar para realizar la manipulación programada en el objeto. El espacio de trabajo objetivo depende de la operación programada. Se puede mostrar, en particular, el grado de solapamiento entre el espacio de trabajo alcanzable y el espacio de trabajo objetivo. Este se puede indicar, por ejemplo, en porcentaje.

Asimismo, es posible mostrar la distancia entre el brazo manipulador y/o el instrumento y la delimitación cinemática del espacio de trabajo. De este modo el usuario puede apreciar con especial facilidad qué posición no debe adoptar el brazo manipulador y cuándo se alcanza esta posición. Esto contribuye adicionalmente a la programación intuitiva de la operación.

En particular, los pasos descritos permiten prescindir de una larga programación en la realidad virtual. Más bien permiten averiguar de manera muy sencilla y rápida en qué medida es realizable la operación programada en una configuración determinada.

Para calcular con mayor precisión el espacio de trabajo alcanzable es preferible medir las delimitaciones cinemáticas del espacio de trabajo en el sistema de coordenadas del brazo manipulador. Para mostrar simultáneamente el espacio de trabajo objetivo y el espacio de trabajo alcanzable es preferible determinar el espacio de trabajo objetivo en el mismo sistema de coordenadas que el espacio de trabajo alcanzable. Puede tratarse en este caso del sistema de coordenadas del brazo manipulador.

Asimismo, es preferible mostrar la dirección en la que se ha de desplazar el brazo manipulador y/o el instrumento para alcanzar un solapamiento mayor del espacio de trabajo alcanzable con un espacio de trabajo objetivo deseado.

También se puede indicar si se ha de recolocar la base del brazo manipulador para alcanzar mejor un espacio de trabajo objetivo deseado.

Asimismo, es posible que en caso de un solapamiento no total el brazo manipulador se desplace automáticamente en una dirección en la que se produciría un mayor solapamiento. Esto se puede realizar, por ejemplo, usando un muelle virtual.

A continuación, se explica una forma de realización preferida de la invención con la ayuda de una figura.

La figura muestra una representación esquemática de un brazo manipulador durante una operación.

El brazo manipulador 10 de un robot telequirúrgico está unido por su extremo distal a un instrumento 12 cuya punta se ha introducido a través del punto de punción 22 en el cuerpo 14 de un paciente. El espacio de trabajo alcanzable se designa con el símbolo de referencia 16, mientras que el espacio de trabajo deseado presenta el símbolo de referencia 18. Como se aprecia en la figura, estas zonas de trabajo 16, 18 no están superpuestas. Se muestra, por tanto, un solapamiento del 30%.

Al mismo tiempo se puede mostrar una flecha 24 que apunta en la dirección en la que se tendría que desplazar el brazo manipulador 10 para lograr un mayor solapamiento de las zonas de trabajo 16, 18. Al mismo tiempo se desplazaría el punto de inserción del trocar. Dado el caso, el brazo robótico 10 también se puede empujar activamente en esta dirección. El espacio de trabajo alcanzable 16 se puede mostrar, por ejemplo, en la imagen de un sensor generador de imágenes, por ejemplo, de un endoscopio, un aparato de ultrasonido, etc.

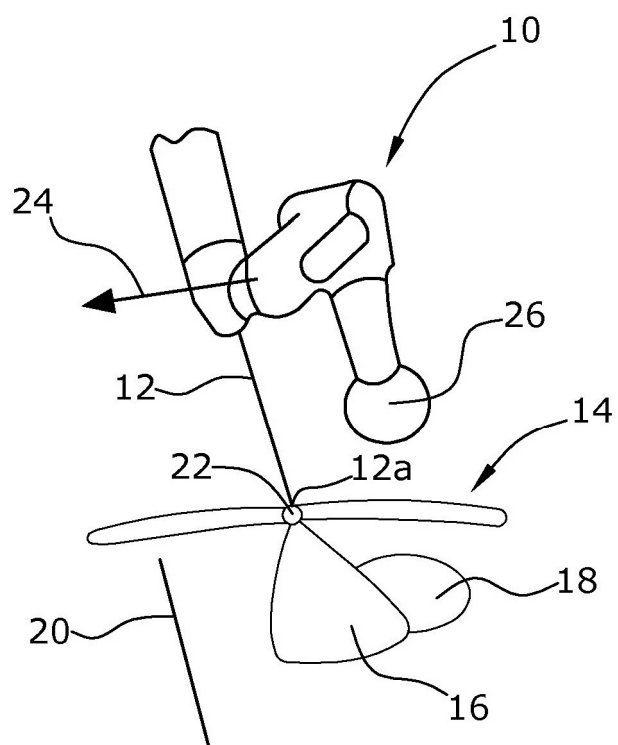
De este modo se puede obtener un posicionamiento óptimo y muy rápido del instrumento 12 y del brazo robótico 10 en relación con el objeto 14 que se ha de manipular.

El procedimiento de acuerdo con la invención, además de ser apropiado para aplicaciones médicas e industriales, también es adecuado para aplicaciones en la construcción, por ejemplo, para el posicionamiento de grúas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la configuración de la celda de trabajo de un robot telequirúrgico, con los pasos:

- 5 - Registro de la posición y/o situación espacial de al menos una estructura de delimitación (20, 22) que crea una delimitación cinemática del espacio de trabajo (16) que se puede alcanzar con un instrumento (12) unido al brazo robótico (10) del robot,
- Representación en línea del espacio de trabajo alcanzable (16) directamente sobre el cuerpo (14) del paciente que se ha de manipular con el instrumento (12) de tal manera que un cambio de posición y/o de situación de la estructura de delimitación (20, 22) conduzca en tiempo real a un cambio en el espacio de trabajo alcanzable (16) representado,
10 en el que adicionalmente se muestra la dirección (24) en la que se ha de desplazar el brazo manipulador (10) y/o el instrumento (12) para lograr un mayor solapamiento del espacio de trabajo alcanzable (16) con un espacio de trabajo objetivo (18) deseado.
15
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el registro de la posición espacial de la estructura de delimitación (20, 22) se efectúa apuntando hacia ella la punta (12a) del instrumento (12) y registrando esta posición apuntada.
20
3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el registro de la posición espacial de la estructura de delimitación (20, 22) se efectúa posicionando la punta de un elemento marcador en esta posición y registrando la posición espacial de la punta del elemento marcador mediante un sistema de rastreo.
25
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque además de la posición de la estructura de delimitación (20, 22) se usa la posición del brazo robótico (10), en especial de su base (26), para calcular y mostrar el espacio de trabajo alcanzable.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el espacio de trabajo (16) se muestra mediante una proyección directa sobre el objeto (14) mismo que se ha de manipular o sobre un dispositivo de visualización junto con el objeto (14) que se ha de manipular en una representación de realidad virtual y/o una representación de realidad aumentada.
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque además del espacio de trabajo alcanzable (16) se muestra un espacio de trabajo objetivo (18) que se ha de alcanzar para realizar la manipulación programada en el objeto (14), mostrándose en especial adicionalmente el grado de solapamiento entre el espacio de trabajo alcanzable (16) y el espacio de trabajo objetivo (18).
- 40 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque se muestra la distancia entre el brazo manipulador (10) y/o el instrumento (12) y una estructura de delimitación (20, 22) que crea una delimitación cinemática (20) del espacio de trabajo (16, 18).
- 45 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por el paso previo:
Medición de la delimitación cinemática (20) del espacio de trabajo (16, 18) en el sistema de coordenadas del brazo manipulador (10).
- 50 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque el robot es un robot telequirúrgico y el objeto (14) que se ha de manipular es el cuerpo de un paciente y porque como delimitación cinemática (20) del espacio de trabajo (16, 18) se muestra un punto de punción (22) para el instrumento (12) en el cuerpo (14) del paciente.
- 55 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque se muestra adicionalmente si se ha de recolocar la base (26) del brazo manipulador (10) para alcanzar mejor un espacio de trabajo objetivo (18) deseado y/o porque en caso de un solapamiento no total entre el espacio de trabajo alcanzable (16) y un espacio de trabajo objetivo (18) deseado el brazo manipulador (10) se desplaza automáticamente en una dirección (24) en la que se produce un mayor solapamiento.



Figura