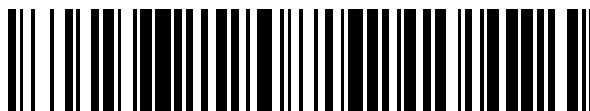


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 053**

51 Int. Cl.:

B66C 13/04 (2006.01)

B66C 13/18 (2006.01)

B66C 13/40 (2006.01)

B66C 13/46 (2006.01)

B66C 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2019 E 19150837 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 3556709**

54 Título: **Sistema para mover automáticamente un brazo articulado, particularmente de una grúa articulada**

30 Prioridad:

19.04.2018 IT 201800004719

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

14.10.2020

73 Titular/es:

**FASSI GRU S.P.A. (100.0%)
Via Roma, 110
24021 Albino, BG, IT**

72 Inventor/es:

**MAFFEIS, IVAN;
BIROLINI, VALENTINO;
SIGNORI, ROBERTO y
CERESOLI, ROSSANO**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 787 053 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

Sistema para mover automáticamente un brazo articulado, particularmente de una grúa articulada

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere a un sistema para mover automáticamente un brazo articulado, particularmente de una grúa articulada. El término "brazo articulado" significa un sistema provisto de una pluralidad de cuerpos, que se conectan consecutivamente entre sí, capaces de formar una cadena cinemática abierta con una pluralidad de grados de libertad de traslación y/o rotación en el espacio.

Técnica anterior

15 Se conocen sistemas que permiten otros sistemas que tienen varios grados de libertad para realizar movimientos almacenados previamente. Dichos sistemas proporcionan realizar manualmente un movimiento deseado, almacenarlo y luego repetirlo automáticamente. Tal modo es particularmente útil cuando deben repetirse cíclicamente movimientos idénticos (considere, por ejemplo, el transporte de artículos desde una primera área a una segunda área en un patio, en un área industrial o similar).

20 Las grúas aéreas se usan a menudo en un patio, por ejemplo. Una grúa aérea comprende un bastidor invertido en U que se mueve a lo largo de una pista (primer grado de libertad) y un carro que se mueve transversalmente a lo largo del bastidor (segundo grado de libertad). Por lo tanto, la posición absoluta del carro depende de la posición absoluta del bastidor y de la posición del carro con referencia al bastidor. La posición absoluta del carro se corresponde con una sola configuración de la grúa aérea y, en consecuencia, puede registrarse y reproducir simplemente una secuencia de movimientos.

30 Con referencia a brazos articulados complejos, por ejemplo, en presencia de una grúa articulada, la posición de un efector final de la grúa puede obtenerse mediante diferentes configuraciones de la propia grúa. Por lo tanto, simplemente registrar un movimiento manual y repetirlo no hace que el efector final siga los mismos movimientos. De hecho, si en la posición de inicio la grúa tiene una configuración diferente a la que tenía en una etapa de almacenamiento del movimiento del efector final, simplemente repitiendo los movimientos que se realizaron en la etapa de almacenamiento no permitirá que el efector final alcance la misma posición final almacenada.

35 Los sistemas de acuerdo con la técnica conocida se describen en los documentos JP 2001 130892 A, EP 2 725 183 A1, JP H10 219731 A y JP 2000 355957 A.

El documento JP 2001 130892 A describe un sistema para mover automáticamente un brazo articulado, que comprende: dicho brazo articulado, que comprende una pluralidad de cuerpos conectados consecutivamente entre sí para formar una cadena cinemática abierta con un efector final, que tiene una pluralidad de grados de libertad de traslación y/o rotación y una pluralidad de actuadores para mover dichos cuerpos; una pluralidad de sensores que se asocian a dichos cuerpos adaptados para suministrar señales indicativas de posiciones lineales o angulares para permitir determinar las coordenadas (relativas) del efector final; un dispositivo de interfaz de usuario configurado para controlar el brazo articulado por un operador; una unidad de control que comprende un módulo de memoria y operativamente conectada a dichos actuadores, dichos sensores y dicho dispositivo de interfaz de usuario, estando configurada dicha unidad de control para realizar: una etapa de almacenar un movimiento del efector final, que comprende: recibir instrucciones de movimiento del efector final desde el dispositivo de interfaz de usuario; accionar los actuadores de manera que el efector final realice una secuencia de movimientos correspondiente a las instrucciones de movimiento; detectar durante el movimiento, en una pluralidad de instancias de muestreo posteriores distanciadas entre sí de un tiempo de muestreo, las señales de dichos sensores; determinar, en base a las señales de los sensores, las coordenadas (relativas) del efector final en cada instante de muestreo; y almacenar en el módulo de memoria las coordenadas absolutas del efector final determinada en cada instante de muestreo y los actuadores usados para mover el efector final entre cada coordenada absoluta determinada y la coordenada absoluta determinada en el siguiente instante de muestreo.

Resumen de la invención

55 Por lo tanto, es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema para mover automáticamente un brazo articulado, particularmente de una grúa articulada, que tiene una pluralidad de grados de libertad, en donde puede obtenerse particularmente la misma posición absoluta del efector final mediante configuraciones plurales del propio brazo articulado.

60 Este y otros objetos se obtienen mediante un sistema para mover automáticamente un brazo articulado de acuerdo con la reivindicación 1.

Las reivindicaciones dependientes definen posibles modalidades ventajosas de la invención.

65 Breve descripción de las figuras

Para una mejor comprensión de la invención y apreciación de las ventajas, a continuación, se describirán a modo de ejemplo algunas modalidades no limitativas de las mismas con referencia a las figuras adjuntas, en donde:

La Figura 1 es una vista lateral de una grúa articulada;

La Figura 2 es una ilustración esquemática de un ejemplo de las etapas para almacenar los movimientos de un brazo articulado, en base a la invención;

La Figura 3 es una ilustración esquemática de un ejemplo de las etapas de repetición de los movimientos del brazo articulado, en base a la invención;

La Figura 4 es una ilustración esquemática de otro ejemplo de las etapas de repetición de los movimientos del brazo articulado, en base a la invención;

La Figura 5 es una ilustración esquemática de otro ejemplo de las etapas de repetición de los movimientos del brazo articulado, en base a la invención;

La Figura 6 es una ilustración esquemática de otro ejemplo de las etapas de repetición de los movimientos del brazo articulado, en base a la invención.

Descripción detallada de la invención

La presente descripción se referirá ilustrativamente a una grúa articulada. Sin embargo, la presente invención encuentra una aplicación en los movimientos de otros tipos de brazos articulados, como por ejemplo brazos robóticos o plataformas de trabajo aéreo (PLE).

Con referencia a la Figura 1 adjunta, se muestra un ejemplo de un posible brazo articulado, particularmente una grúa articulada, por ejemplo, una grúa de carga hidráulica (comúnmente conocida como "grúa de carga"), generalmente indicada por la referencia 101.

La grúa 101 comprende una columna 102 que gira alrededor de su eje, y uno o más brazos posiblemente extensibles 103', 103". La posibilidad de extender los brazos, si se proporciona, se obtiene mediante una pluralidad de extensiones 104 que se trasladan recíprocamente de forma móvil para modificar la longitud axial de un brazo respectivo. En el ejemplo de la Figura 1, solo el segundo brazo 103" es extensible moviendo las extensiones 104. En la siguiente descripción, el primer brazo 103', desprovisto de extensiones, se indicará mediante el término "brazo principal", mientras que el segundo brazo 103", provisto de las extensiones 104, se indicará mediante el término "brazo secundario". El extremo libre 105 de la última extensión del brazo secundario 103" se conoce comúnmente como efector final. Puede proporcionarse un gancho 106 móvil, por ejemplo, mediante un cabrestante de cable 107 en el efector final 105.

En aras de la simplicidad, se asume ilustrativamente la presencia de una sola extensión 104, descuidando los movimientos de los ganchos 106, de manera que la grúa 101 tenga los siguientes grados de libertad:

- 1) rotación de la columna 102 alrededor de su eje;
- 2) rotación del brazo principal 103' con respecto a la columna 102 alrededor de un eje perpendicular al plano sobre el que se encuentran la columna 102 y el brazo principal 103';
- 3) rotación del brazo secundario 103" con respecto al brazo principal 103' alrededor de un eje perpendicular al plano sobre el que se encuentran el brazo principal 103' y el brazo secundario 103";
- 4) traslación de la extensión 4 con respecto al brazo secundario 103".

Por lo tanto, la grúa descrita anteriormente proporciona una cadena cinemática abierta, que tiene una pluralidad de cuerpos conectados secuencialmente (columna, brazo principal, brazo secundario, extensiones) y un extremo libre (efector final).

Los grados de libertad mencionados anteriormente se corresponden con el movimiento de un elemento del brazo articulado con respecto a otro (grados de libertad 2, 3, 4) o con respecto a una referencia (grado de libertad 1). Para realizar tales movimientos, la grúa 101 comprende una pluralidad de actuadores, correspondiendo al menos un actuador a un grado de libertad específico. Con referencia a la Figura 1, se muestran, un primer gato hidráulico 108, que mueve el brazo principal 103' con respecto a la columna 102, un segundo gato hidráulico 109, que mueve el brazo secundario 103" con respecto al brazo principal 103', y un actuador 110 moviendo la columna 102 con respecto a una referencia estacionaria. Obviamente, están presentes actuadores adicionales (no mostrados en las figuras), por ejemplo, de tipo hidráulico, para mover las extensiones 104. Obviamente, aunque los actuadores de las grúas son normalmente de tipo hidráulico, generalmente es posible proporcionar actuadores de un tipo diferente (eléctrico o neumático, por ejemplo) en los brazos articulados.

La grúa 101 comprende una pluralidad de sensores capaces de permitir determinar las coordenadas absolutas del efector final 105, particularmente las coordenadas Cartesianas del mismo. Por ejemplo, se supone que el origen de un sistema de coordenadas Cartesianas coincide con la base de la columna 102, de manera que las coordenadas absolutas del efector final 105 pueden expresarse mediante tres valores: x, y, z.

De acuerdo con una posible modalidad, con referencia a la grúa 101, la pluralidad de sensores puede incluir, por ejemplo:

- 1) un sensor angular para medir la rotación de la columna 102 alrededor de su eje;
- 2) un sensor angular para medir la rotación del brazo principal 103'. Esta rotación medida puede ser absoluta, en otras palabras, se refiere a una referencia estacionaria tal como la horizontal, o puede ser una rotación relativa, con respecto a la columna 102;
- 3) un sensor angular para medir la rotación del brazo secundario 103". Esta rotación medida puede ser absoluta, en otras palabras, se refiere a una referencia estacionaria tal como la horizontal, o puede ser una rotación relativa, con respecto al brazo principal 103';
- 4) un sensor lineal para medir la traslación de la extensión 104 con referencia al brazo secundario 103".

Por ejemplo, los sensores pueden incluir codificadores lineales o angulares, inclinómetros, sensores de posición magnetostrictivos o similares. A partir de las señales emitidas por los sensores citados anteriormente, es posible determinar, por relaciones geométricas, las coordenadas absolutas del efector final 105.

La grúa 101 comprende una unidad de control operativamente conectada a los actuadores, para moverlos, y a los sensores, para recibir señales indicativas de las magnitudes citadas anteriormente. Además, la unidad de control comprende un módulo de memoria, su funcionamiento se explicará a continuación.

Además, se proporciona un dispositivo de interfaz de usuario conectado a la unidad de control para permitir que un operador mueva manualmente la grúa y, posiblemente, para obtener acceso a otras funciones. Por ejemplo, el dispositivo de interfaz de usuario puede comprender un control remoto y la unidad de control puede comprender un módulo de transmisión para comunicarse con este último (un módulo de transmisión de radio, por ejemplo). El operador, actuando sobre un joystick del control remoto, por ejemplo, puede mover visualmente el efector final 105 entre las posiciones posteriores. Como se dijo en la parte introductoria, dado que una posición del efector final 105 puede corresponder generalmente a más de una configuración de la grúa, también los movimientos del efector final 105 pueden realizarse de diferentes maneras, en otras palabras, mediante el movimiento secuencial de varios actuadores. En consecuencia, generalmente se proporcionan lógicas operativas predefinidas, mediante las cuales, en base a un movimiento determinado deseado del efector final, se seleccionan los actuadores correspondientes a ser operados para obtener este movimiento.

Por lo tanto, la unidad de control se configura de manera que, tras una instrucción de movimiento del efector final recibida desde el dispositivo de interfaz de usuario, dicho movimiento se obtiene en función de una lógica predeterminada para accionar los actuadores. Por ejemplo, las lógicas de actuación pueden ser una para minimizar el caudal de aceite requerido para activar los actuadores o pueden ser una para minimizar la energía usada para moverlos. Otra lógica puede ser una de las distancias mínimas recorridas por el efector final para alcanzar la posición deseada. Un criterio adicional usado a menudo, por ejemplo, en combinación con uno de los mencionados anteriormente, consiste en mantener los actuadores alejados de la posición de parada. Las lógicas operativas predeterminadas son de por sí conocidas y, por lo tanto, no se describirán específicamente.

Alternativamente, el operador puede decidir qué actuadores mover: solo uno o más de uno a la vez, y en consecuencia puede obtener el movimiento deseado del efector final.

Mediante un sistema configurado de esta manera, es posible almacenar una secuencia de movimientos impartidos manualmente por el dispositivo de interfaz de usuario, y luego repetir automáticamente lo mismo por los modos que se describirán a continuación.

La unidad de control se configura particularmente para realizar una etapa de almacenamiento de un movimiento del efector final 105, que comprende:

- recibir instrucciones de mover el efector final 105 por el dispositivo de interfaz de usuario;
- accionar los actuadores de manera que el efector final 105 realice una secuencia de movimientos correspondiente a las instrucciones de movimiento. Los actuadores pueden moverse en base a una lógica predeterminada (por ejemplo, para minimizar el caudal o la distancia mínima recorrida), o el operador mismo/misma mueve directamente ciertos actuadores, mediante el dispositivo de interfaz de usuario, de manera que el efector final 105 realiza determinados movimientos en el espacio;
- detectar, durante el movimiento, en una pluralidad de instantes de muestreo consecutivos separados entre sí por un tiempo de muestreo, las señales de los sensores. El tiempo de muestreo puede predefinirse o, alternativamente, puede configurarse por el operador. Preferiblemente, el tiempo de muestreo es inferior a un segundo, aún más preferiblemente es del orden de una décima de segundo;
- determinar las coordenadas absolutas del efector final 105 en cada instante de muestreo en base a las señales de los sensores;
- almacenar en el módulo de memoria las coordenadas absolutas del efector final 105 determinado en cada instante de muestreo, y los actuadores usados para mover el efector final 105 entre cada coordenada absoluta determinada y la coordenada absoluta determinada en el siguiente instante de muestreo. Se observa que, en esta etapa, con referencia a las señales de los sensores, solo se almacenan las coordenadas absolutas del efector final, y no es necesario almacenar la configuración de la grúa, que también se obtiene de las señales de sensores. Además, con

referencia a los actuadores, la memoria almacena solo los actuadores usados, y no es necesario almacenar ni la dirección del movimiento, ni la distancia recorrida (angular o lineal) de los propios actuadores.

5 En consecuencia, la trayectoria real seguida por el efector final 105, en base a las instrucciones manuales del operador, se divide en una pluralidad de puntos discretos, cada uno correspondiente a un instante de muestreo, y además se almacenan los actuadores usados en los segmentos de trayectoria definidos por los siguientes dichos puntos.

10 En base a dicha información almacenada, por lo tanto, la unidad de control puede actuar sobre los actuadores para repetir el movimiento almacenado, particularmente moviendo automáticamente la grúa de la siguiente manera.

15 En particular, la unidad de comando se configura para implementar una etapa de repetición del movimiento almacenado siguiendo una instrucción de repetir automáticamente el movimiento almacenado. Por ejemplo, el operador de la interfaz de usuario puede iniciar esta etapa.

20 Tal etapa de repetición del movimiento almacenado proporciona dividir la etapa de repetición en una pluralidad de períodos de repetición parciales, cada uno delimitado por dos instantes de repetición consecutivos distanciados por un tiempo de repetición parcial, que, de acuerdo con una posible modalidad, es igual al tiempo de muestreo. Alternativamente, el tiempo de repetición parcial podría ser diferente del tiempo de muestreo (podría seleccionarse por el operador, por ejemplo) y en este caso la duración de la etapa de repetición será diferente de la duración de la etapa de almacenamiento. La etapa de repetición comprende, durante cada período de repetición parcial:

- detectar, en el instante inicial de repetición, las señales de los sensores;
- determinar las coordenadas absolutas efectivas del efector final 105 y la configuración del brazo articulado en base a las señales de los sensores. Se observa que, a diferencia de la etapa de almacenamiento, se supervisa la etapa de repetición de la configuración del brazo articulado. Por ejemplo, con referencia a la Figura 1, es posible determinar si el brazo secundario 103" y el brazo principal 103' están alineados entre sí o si forman un ángulo relativo determinado;
- comparar las coordenadas absolutas efectivas del efector final 105 con las coordenadas absolutas del efector final 105 almacenadas en cada uno de los instantes de muestreo. Preferiblemente, dicha etapa se realiza con una tolerancia determinada, en otras palabras, las coordenadas absolutas efectivas se consideran iguales a las coordenadas absolutas almacenadas si las coordenadas absolutas efectivas son iguales a las coordenadas absolutas almacenadas más o menos una tolerancia dimensional determinada;
- si las coordenadas absolutas efectivas del efector final 105 son iguales (preferiblemente más o menos la tolerancia dada anteriormente) a una de las coordenadas absolutas del efector final almacenado durante uno de los instantes de muestreo, accionando los actuadores almacenados para mover el efector final 105 hacia la coordenada absoluta almacenada en el siguiente instante de muestreo. Si la grúa tiene la misma configuración que tenía en la posición correspondiente del efector final durante la etapa de almacenamiento, esta etapa es suficiente para alcanzar la coordenada absoluta almacenada en el siguiente instante de muestreo;
- si se determina en base a la configuración de la grúa que el efector final 105 no es capaz de alcanzar la coordenada absoluta almacenada en el siguiente instante de muestreo, preferiblemente accionando adicionalmente uno o más actuadores adicionales de acuerdo con una lógica operativa predeterminada. Tal condición también puede ocurrir si, a pesar de que la coordenada absoluta corresponde a la almacenada, la grúa tiene una configuración diferente. En este caso, se requerirán más movimientos para alcanzar la coordenada absoluta almacenada en el siguiente instante de muestreo.

45 Por el contrario, si las coordenadas absolutas efectivas del efector final 105 no son iguales a una de las coordenadas absolutas del efector final, almacenadas en uno de los instantes de muestreo, pueden ocurrir dos condiciones diferentes: el efector final 105 se encuentra a lo largo de la trayectoria almacenada, o el efector final 105 se encuentra fuera de la trayectoria almacenada. Ventajosamente, la unidad de control está por consiguiente configurada para:

- determinar toda la trayectoria almacenada del efector final. Esto puede obtenerse, por ejemplo, como una cadena poligonal que une las diferentes coordenadas absolutas almacenadas del efector final o mediante una interpolación (polinómica, por ejemplo) de la misma.
- Si la coordenada absoluta efectiva del efector final 105 se encuentra en un segmento de la trayectoria comprendida entre una primera y una segunda coordenada absoluta almacenada entre dos instantes de muestreo siguientes, acciona los actuadores almacenados para mover el efector final 105 entre dichas dos coordenadas absolutas almacenadas entre dos instantes de muestreo siguientes;
- si se determina que el efector final 105 no es capaz de alcanzar la segunda coordenada absoluta almacenada en base a la configuración de la grúa, acciona uno o más actuadores adicionales de acuerdo con una lógica operativa predeterminada.

60 Si la coordenada absoluta efectiva del efector final 105 se encuentra fuera de la trayectoria almacenada, ventajosamente la unidad de control está configurada para:

- calcular el punto de la trayectoria almacenado más cercano a la coordenada absoluta efectiva del efector final;

- accionar los actuadores de acuerdo con una lógica operativa predeterminada para mover el efector final a dicho punto. Dicho punto más cercano puede ser tanto un punto almacenado de antemano, como un punto no almacenado que de todos modos está comprendido entre dos puntos almacenados siguientes. De acuerdo con una de las dos condiciones, por lo tanto, se implementa uno de los modos mencionados anteriormente.

5 Ventajosamente, los movimientos del efector final 105 entre dos puntos siguientes, por ejemplo, entre dos puntos cuyas coordenadas absolutas se almacenaron, se realizan preferiblemente mediante un control de lazo cerrado de la posición del efector final (de acuerdo con la lógica P, PI, PD, PI, PID, por ejemplo), en donde la referencia es la trayectoria del efector final. Por ejemplo, si se conocen los dos puntos finales deseados, la trayectoria de referencia entre estos puntos puede establecerse igual al segmento que une dichos puntos.

Por lo que se discutió anteriormente, se supone que el movimiento se vuelve a realizar durante el mismo tiempo usado para la etapa de almacenamiento.

15 Sin embargo, también es posible repetir la trayectoria almacenada a una velocidad diferente, en otras palabras, de manera que el efector final realice dicha trayectoria almacenada en un tiempo total de repetición mayor o menor que el tiempo total almacenado (dado por el resumen de los tiempos de muestreo).

20 Por lo tanto, la unidad de control se configura ventajosamente para recibir, como parámetro de entrada, un tiempo total de repetición deseado. Tal parámetro puede suministrarse a la unidad de control por el dispositivo de interfaz de usuario, por ejemplo.

En particular, la unidad de control está configurada para:

- determinar la trayectoria almacenada del efector final. Esta etapa puede realizarse de acuerdo con lo que se discutió anteriormente;
- calcular sobre la trayectoria almacenada, las coordenadas absolutas equivalentes del efector final, correspondientes a las coordenadas absolutas del efector final que se detectaron durante la etapa de almacenamiento del movimiento si el efector final había realizado la trayectoria estimada en el tiempo total de repetición deseado;
- establecer las coordenadas absolutas almacenadas del efector final igual a dichas coordenadas absolutas equivalentes.

35 En consecuencia, las coordenadas almacenadas se manipulan efectivamente para que se sustituyan con nuevas coordenadas equivalentes que tengan en cuenta que la etapa de repetición del movimiento se realiza a una velocidad diferente de la velocidad de la etapa de almacenamiento.

En este punto, se requiere distinguir el caso en donde la velocidad deseada durante la etapa de realización es mayor o menor que la velocidad de la etapa de almacenamiento.

40 Ventajosamente, la unidad de control está configurada para:

- si el tiempo total de repetición deseado es mayor que el tiempo de muestreo total (en otras palabras, si se desea disminuir la velocidad de realización), almacene, para cada coordenada absoluta equivalente, los actuadores almacenados en el segmento de la trayectoria a lo largo de la cual se encuentra la coordenada absoluta equivalente. En consecuencia, cada coordenada absoluta equivalente se corresponde con los actuadores que se usarán (si la configuración de la grúa lo permite) durante la etapa de repetición, que son los mismos almacenados para el segmento de trayectoria a lo largo del cual se encuentran las coordenadas absolutas equivalentes. Por lo tanto, es posible implementar lo que se describió anteriormente;
- si el tiempo de realización total deseado es menor que el tiempo de muestreo total (en otras palabras, si se desea aumentar la velocidad), almacene para cada coordenada absoluta equivalente los actuadores usados a lo largo del segmento de la trayectoria a lo largo de la cual se encuentran la coordenada absoluta equivalente y a lo largo de todos los segmentos anteriores. En otras palabras, dado que la velocidad aumenta, entre dos coordenadas absolutas equivalentes siguientes, pueden incluirse segmentos adicionales de la trayectoria almacenada. Por lo tanto, los actuadores almacenados para cada coordenada absoluta equivalente serán los almacenados para todos los segmentos incluidos entre ella y la coordenada absoluta equivalente anterior. Luego, nuevamente, lo siguiente será lo mismo que se describió anteriormente.

60 Se darán algunos ejemplos operativos que explicarán más a fondo lo que se discutió en la presente descripción anteriormente.

La Figura 2 ilustra las etapas para almacenar una posible trayectoria de un brazo articulado. Particularmente, la figura muestra esquemáticamente el brazo articulado que tiene la columna 102, el brazo principal 103', el brazo secundario 103" y una única extensión 104, que termina con el efector final 105. La posición inicial del efector final 105 se indica mediante las coordenadas x_1, y_1, z_1 . Los movimientos almacenados son los siguientes:

- el lapso del tiempo de muestreo, desde la posición x_1, y_1, z_1 (posición inicial) a la posición x_2, y_2, z_2 . Se almacenan las coordenadas absolutas de ambas posiciones. En base a la lógica operativa predeterminada, por ejemplo, que consiste en minimizar el caudal de aceite, o en base a una decisión del operador, la segunda posición se alcanza proyectando la extensión 104, que implica la actuación de un actuador correspondiente, que también es almacenado (por lo tanto, la Figura 2 muestra, además de x_1, y_1, z_1 y x_2, y_2, z_2 , también la referencia 104 para indicar que durante este lapso la extensión 104 se movió). No es necesario almacenar la configuración del brazo. Por ejemplo, no es necesario almacenar el ángulo incluido entre el brazo principal 103' y el brazo secundario 103". No es necesario almacenar la dirección y la longitud del movimiento del actuador que mueve la extensión 104;
- el tiempo de muestreo transcurrido desde la segunda posición x_2, y_2, z_2 hasta la tercera posición x_3, y_3, z_3 que se almacena. De acuerdo con el ejemplo, la tercera posición se alcanza girando el brazo secundario 103" y mediante una proyección adicional de la extensión 104. Usando dos actuadores correspondientes del brazo secundario 103" y la extensión 104 también se almacena.

Ahora se hace referencia a la etapa de repetición, si la posición inicial del efector final corresponde a la posición inicial almacenada x_1, y_1, z_1 , si la configuración inicial de la grúa es la misma que tenía la grúa durante la etapa de almacenar la posición x_1, y_1, z_1 y si la velocidad de realización deseada es la velocidad usada en la etapa de almacenamiento, la grúa realizará exactamente los mismos movimientos accionando los mismos actuadores usados en los diferentes segmentos de la trayectoria de la etapa de almacenamiento, de acuerdo con lo que se muestra en la Figura 2. Verificando la configuración realizada en el punto x_1, y_1, z_1 confirmará que la única proyección de la extensión 104 permite alcanzar la coordenada x_2, y_2, z_2 .

Con referencia ahora a la Figura 3, si se intentara seguir nuevamente una trayectoria almacenada simplemente actuando los mismos actuadores usados en los diferentes segmentos de la trayectoria de una etapa de almacenamiento (en otras palabras, solo el actuador de la extensión 104) en un caso en donde la posición inicial del efector final corresponde a la posición inicial almacenada x_1, y_1, z_1 , pero la configuración inicial de la grúa no es la misma que tenía la grúa en la etapa de almacenamiento en la posición x_1, y_1, z_1 , el efector final 105 no podría alcanzar la posición almacenada x_2, y_2, z_2 porque también se requiere una rotación. Por lo tanto, la unidad de control, una vez que verifica mediante las señales del sensor que los únicos actuadores almacenados no permiten alcanzar la posición x_2, y_2, z_2 basándose, por ejemplo, en la lógica del caudal mínimo, también activa los actuadores que mueven el brazo secundario 103" para que el efector final 105 alcance efectivamente la posición x_2, y_2, z_2 . Entonces, aunque la configuración efectiva de la grúa en la posición x_2, y_2, z_2 no es exactamente la misma que la almacenada, la unidad de control verifica que, en la configuración de la coordenada x_2, y_2, z_2 , el efector final 105 de todos modos es capaz de moverse a la posición x_3, y_3, z_3 accionando solo los actuadores almacenados entre las coordenadas x_2, y_2, z_2 y x_3, y_3, z_3 , en otras palabras, los actuadores que mueven el brazo secundario 103" y la extensión 104. Estos últimos realizan movimientos que son ligeramente diferentes de los almacenados. A partir de este ejemplo, se observa que, aunque la configuración inicial de la grúa es diferente de la que tenía en la etapa de almacenamiento, a medida que el movimiento almacenado se vuelve a realizar gradualmente, el brazo articulado tiende a acercarse a la configuración correspondiente que tenía en la etapa de almacenamiento.

Con referencia ahora a la Figura 4, si la posición inicial del efector final 105 no corresponde a la posición inicial almacenada x_1, y_1, z_1 , la unidad de control mueve el efector final 105, por ejemplo, de acuerdo con la lógica de caudal mínimo, para que esto se mueva al punto más cercano a lo largo de la trayectoria almacenada, un punto que no necesariamente coincide con un punto almacenado. En el ejemplo, dicho punto, indicado por X, está en el segmento entre las coordenadas x_1, y_1, z_1 y x_2, y_2, z_2 . Por lo tanto, la unidad de control, durante el tiempo de repetición parcial, moverá el efector final 105 a dicho punto más cercano en la trayectoria almacenada y, después de eso, intenta mover el efector final al punto de coordenadas x_2, y_2, z_2 actuando solo el actuador que mueve la extensión 104 (que era el actuador almacenado para moverse de las coordenadas x_1, y_1, z_1 a las coordenadas x_1, y_1, z_1), sin embargo, dado que no es capaz de hacerlo, también se activará el segundo actuador, en este caso el actuador que mueve el brazo secundario 103", de acuerdo con la lógica predeterminada establecida. Luego, la etapa de repetición el movimiento continúa de acuerdo con lo que se discutió con referencia a la Figura 3. Obviamente, si el punto inicial detectado efectivo no coincide con un punto almacenado, pero ya estaba presente en la trayectoria, no se requeriría que el efector final 105 se moviera al punto más cercano de la trayectoria ya que el efector final ya está presente en la trayectoria.

Con referencia ahora a la Figura 5, se describe el caso en donde la etapa de repetición se ejecuta con una velocidad diferente de la velocidad usada durante la etapa de almacenamiento. En aras de la simplicidad, se considera el caso en donde la posición inicial del efector final corresponde a la posición inicial almacenada x_1, y_1, z_1 y en donde la configuración inicial de la grúa es la misma que tenía la grúa durante la etapa de almacenar la posición x_1, y_1, z_1 .

Por ejemplo, si se desea reducir a la mitad la velocidad de realización, el tiempo total de repetición deseado es el doble del tiempo de muestreo total. Por lo tanto, si se considera, por ejemplo, el segmento entre las coordenadas x_1, y_1, z_1 y x_2, y_2, z_2 y el tiempo que requiere la grúa, durante la etapa de almacenamiento, para moverse entre estas dos posiciones (el tiempo es igual al tiempo de muestreo), durante la etapa de repetición, el efector final podría alcanzar solo una posición x_{12} intermedia entre x_1 y x_2 , que representa una coordenada absoluta equivalente. Por lo tanto, la unidad de control accionará el mismo actuador usado en la etapa de almacenamiento para moverse de la posición x_1, y_1, z_1 a la posición x_2, y_2, z_2 , en otras palabras, el que mueve la extensión 104 que, debido a la configuración detectada de la grúa, permite alcanzar la posición x_2, y_2, z_2 sin accionar otros actuadores. Luego, se sigue la misma lógica a lo largo de toda la trayectoria.

5 Con referencia ahora a la Figura 6, si, por otro lado, se desea aumentar la velocidad de realización, el tiempo de realización total deseado se reduce con respecto al tiempo de muestreo total durante la etapa de almacenamiento. En consecuencia, por ejemplo, durante el tiempo requerido para que la grúa, en la etapa de almacenamiento, se mueva desde las coordenadas x_1, y_1, z_1 a x_2, y_2, z_2 , en la etapa de repetición, el efector final 105 podría alcanzar simultáneamente, por ejemplo, una posición x_{23} intermedia entre x_2 y x_3 , que es una coordenada de rendimiento equivalente. Por lo tanto, por medio de la posición x_1, y_1, z_1 , la unidad de control accionará los mismos actuadores usados en la etapa de almacenamiento para moverse entre las posiciones x_1, y_1, z_1 y x_2, y_2, z_2 , y entre las posiciones x_2, y_2, z_2 y x_3, y_3, z_3 , en otras palabras, los actuadores que mueven la extensión 104 y el actuador que mueve el brazo secundario 103". Si no se alcanza el punto x_{23} por medio de estos actuadores debido a la configuración detectada, la unidad de control accionaría adicionalmente uno o más actuadores de acuerdo con la lógica operativa predeterminada.

10 En la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas, se observa que la unidad de control y también los elementos indicados por la expresión "módulo", podrían implementarse mediante dispositivos de hardware (unidades centrales, por ejemplo), mediante software o mediante una combinación de hardware y software.

15 De la descripción dada anteriormente, una persona experta en la técnica podría apreciar que el sistema, de acuerdo con la invención, permite repetir movimientos almacenados también en presencia de brazos articulados complicados, en donde puede obtenerse la misma posición del efector final por diferentes configuraciones del brazo a sí mismo.

20

REIVINDICACIONES

1. Sistema para mover automáticamente un brazo articulado (101), que comprende:
 - 5 - dicho brazo articulado (101), que comprende una pluralidad de cuerpos conectados consecutivamente entre sí para formar una cadena cinemática abierta con un efector final (105), que tiene una pluralidad de grados de libertad de traslación y/o rotación y una pluralidad de actuadores para mover dichos cuerpos;
 - una pluralidad de sensores asociados a dichos cuerpos adaptados para suministrar señales indicativas de posiciones lineales o angulares para permitir determinar coordenadas absolutas del efector final (105);
 - 10 - un dispositivo de interfaz de usuario configurado para controlar el brazo articulado por un operador;
 - una unidad de control que comprende un módulo de memoria y está operativamente conectada a dichos actuadores, dichos sensores y dicho dispositivo de interfaz de usuario, dicha unidad de control que se configura para realizar:
 - 15 una etapa para almacenar un movimiento del efector final (105), que comprende:
 - recibir instrucciones de movimiento del efector final (105) desde el dispositivo de interfaz de usuario;
 - accionar los actuadores de manera que el efector final (105) realice una secuencia de movimientos correspondiente a las instrucciones de movimiento;
 - 20 - detectar durante el movimiento, en una pluralidad de instancias de muestreo posteriores distanciadas entre sí de un tiempo de muestreo, las señales de dichos sensores;
 - determinar, en base a las señales de los sensores, las coordenadas absolutas del efector final (105) en cada instante de muestreo;
 - 25 - almacenar en el módulo de memoria las coordenadas absolutas del efector final (105) determinadas en cada instante de muestreo y los actuadores usados para mover el efector final (105) entre cada coordenada absoluta determinada y la coordenada absoluta determinada en el siguiente instante de muestreo;
 - una etapa de repetición del movimiento del efector final (105) almacenado en la etapa de almacenamiento siguiendo una instrucción de repetir automáticamente el movimiento almacenado, que comprende, en una pluralidad de períodos de repetición parcial, cada uno delimitado por dos instantes de realización subsiguientes espaciados por un tiempo de repetición parcial:
 - 30 - detectar, en el instante inicial de repetición de cada período de repetición parcial, las señales de los sensores;
 - determinar las coordenadas absolutas efectivas del efector final (105) y la configuración del brazo articulado en base a dichas señales de los sensores;
 - comparar las coordenadas absolutas efectivas del efector final (105) con las coordenadas absolutas del efector final (105) almacenadas en cada uno de los instantes de muestreo;
 - 35 - si las coordenadas absolutas efectivas del efector final (105) son las mismas que una de las coordenadas absolutas del efector final, almacenadas en uno de los instantes de muestreo, accionar los actuadores almacenados para realizar el movimiento del efector final hacia la coordenada absoluta almacenada en el siguiente instante de muestreo.
- 45 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde dicha etapa de repetición del movimiento del efector final (105) comprende, además:
 - si se determina, en base a la configuración del brazo articulado, que el efector final (105) no es capaz de alcanzar la coordenada absoluta almacenada en el siguiente instante de muestreo, accionar adicionalmente uno o más actuadores adicionales de acuerdo con una lógica operativa predeterminada.
- 50 3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde dicha etapa de almacenar en el módulo de memoria las coordenadas absolutas del efector final (105) se realiza sin almacenar la configuración del brazo articulado que se obtiene por las señales procedentes de dichos sensores.
- 55 4. El sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha etapa de almacenar en el módulo de memoria los actuadores usados para mover el efector final (105) se realiza sin almacenar las direcciones de movimiento y extensión de los movimientos de los actuadores.
- 60 5. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde se realiza dicha etapa de comparación de las coordenadas absolutas efectivas del efector final (105) con las coordenadas absolutas del efector final (105) almacenadas en cada uno de los instantes de muestreo con una tolerancia predefinida
- 65 6. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha etapa de repetición del movimiento del efector final (105) comprende, además, si las coordenadas absolutas efectivas del efector final

(105) no son las mismas que una de las coordenadas absolutas del efector final almacenada en uno de los instantes de muestreo:

- 5 - determinar la trayectoria global almacenada del efector final (105);
 - 5 - si la coordenada absoluta efectiva del efector final (105) se encuentra en un segmento de la trayectoria comprendida entre una primera y segunda coordenada absoluta almacenadas entre dos instantes de muestreo siguientes, accionar los actuadores almacenados para realizar el movimiento del efector final (105) entre dichas dos coordenadas absolutas almacenadas entre dos instantes de muestreo siguientes;
 - 10 - si se determina, en base a la configuración del brazo articulado, que el efector final (105) no es capaz de alcanzar la segunda coordenada absoluta almacenada, accionar uno o más actuadores adicionales de acuerdo con una lógica operativa predeterminada.
7. El sistema de acuerdo con la reivindicación anterior, en donde dicha etapa de repetición del movimiento del efector final (105) comprende, además, si la coordenada absoluta efectiva del efector final (105) se encuentra fuera de la trayectoria almacenada:
- 15 - calcular el punto de la trayectoria almacenada, más cercano a la coordenada absoluta efectiva del efector final (105);
 - 20 - accionar los actuadores de acuerdo con una lógica predeterminada para mover el efector final (105) a dicho punto.
8. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el tiempo de repetición parcial es igual al tiempo de muestreo.
- 25 9. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la unidad de control está configurada para recibir como parámetro de entrada un tiempo de repetición total deseado, en donde dicha etapa de repetición del movimiento del efector final (105), si el tiempo de repetición total deseado es diferente del tiempo total para mover el efector final durante la etapa de almacenamiento, comprende:
- 30 - determinar la trayectoria almacenada del efector final (105);
 - calcular, en la trayectoria almacenada, las coordenadas absolutas equivalentes del efector final, correspondientes a las coordenadas absolutas del efector final que se detectarían en la etapa de almacenamiento del movimiento si el efector final hubiera realizado la trayectoria determinada en el tiempo de repetición total deseado;
 - 35 - establecer las coordenadas absolutas almacenadas del efector final igual a dichas coordenadas absolutas equivalentes.
- 40 10. El sistema de acuerdo con la reivindicación anterior, en donde dicha etapa de repetición del movimiento del efector final (105) comprende, además:
- si el tiempo de repetición total deseado es mayor que el tiempo total de movimiento del efector final durante la etapa de almacenamiento, almacenar para cada coordenada absoluta equivalente los actuadores almacenados a lo largo del segmento de la trayectoria sobre la que se encuentra la coordenada absoluta equivalente;
 - 45 - si el tiempo de realización total deseado es menor que el tiempo total de movimiento del efector final durante la etapa de almacenamiento, almacenar para cada coordenada absoluta equivalente los actuadores usados en el segmento de la trayectoria sobre la que se encuentra la coordenada absoluta equivalente y en todos los segmentos anteriores.
- 50 11. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha unidad de control está configurada para realizar un control de lazo cerrado de la trayectoria entre una primera coordenada absoluta y una segunda coordenada absoluta del efector final (105).
- 55 12. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dichas coordenadas absolutas del efector final (105) son las coordenadas cartesianas absolutas en un espacio 3D.
13. El sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho brazo articulado (101) comprende una grúa articulada.
- 60 14. El sistema de acuerdo con la reivindicación anterior, en donde dicha grúa articulada comprende una columna (102) que gira alrededor de su eje, un brazo principal (103') que gira alrededor de la columna (102), un brazo secundario (103'') que gira alrededor del brazo principal (103') y que comprende al menos una extensión que puede trasladarse de manera extensible desde el propio brazo secundario, y dicha pluralidad de sensores comprende un sensor angular para medir la rotación de la columna (102) alrededor de su eje, un sensor angular para medir la rotación del brazo principal (103'), un sensor angular para medir la rotación del brazo secundario (103''), un sensor lineal para medir la traslación de la extensión (104) desde el brazo secundario (103'').
- 65

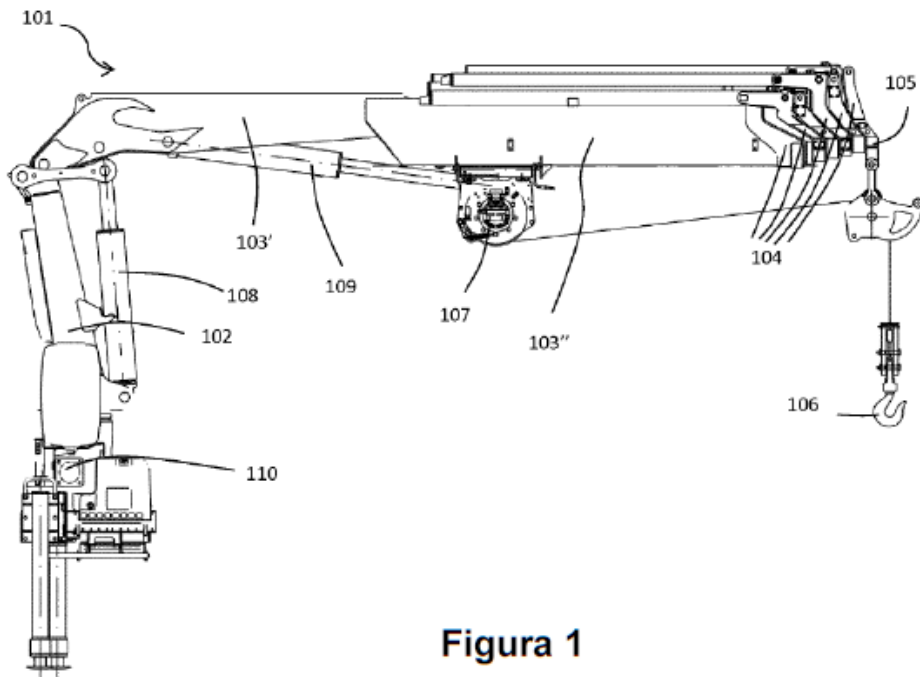


Figura 1

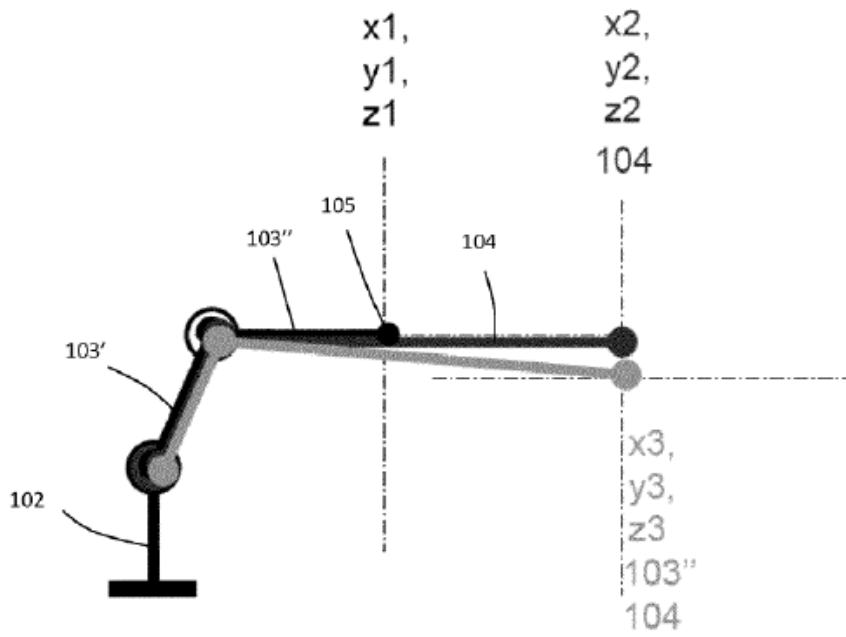


Figura 2

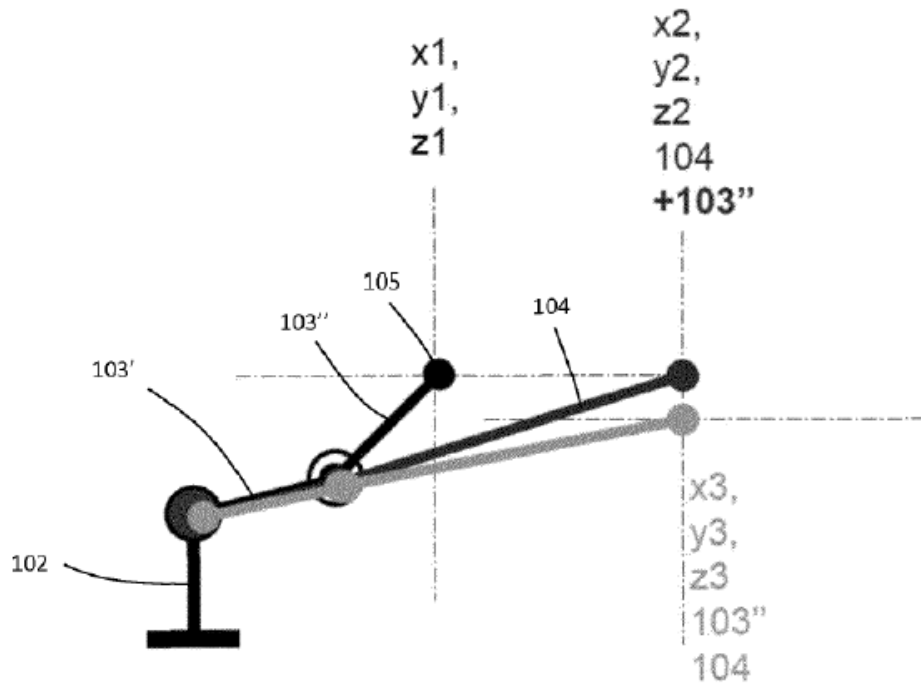


Figura 3

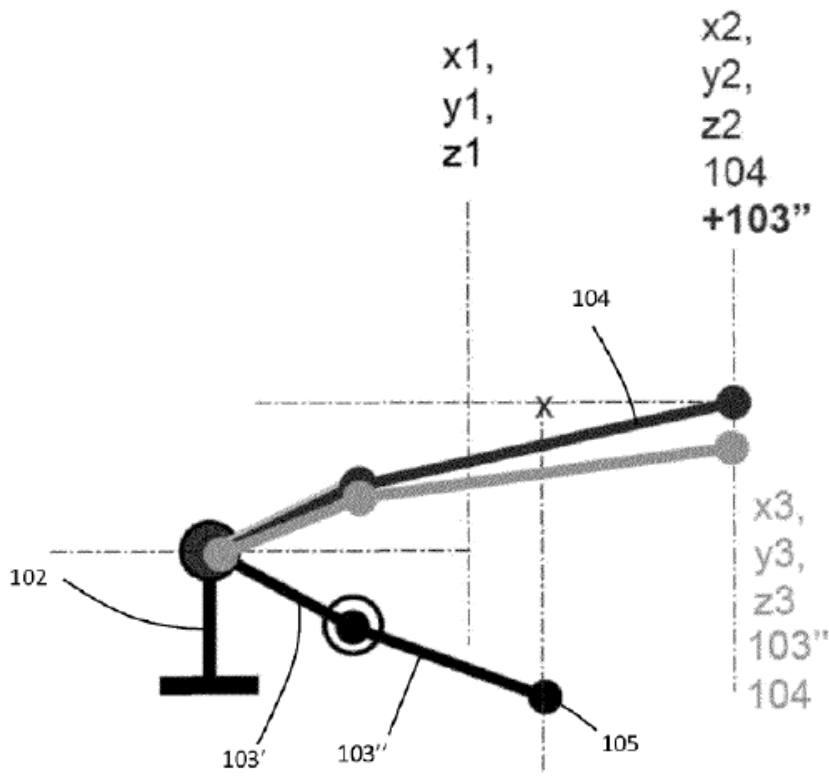


Figura 4

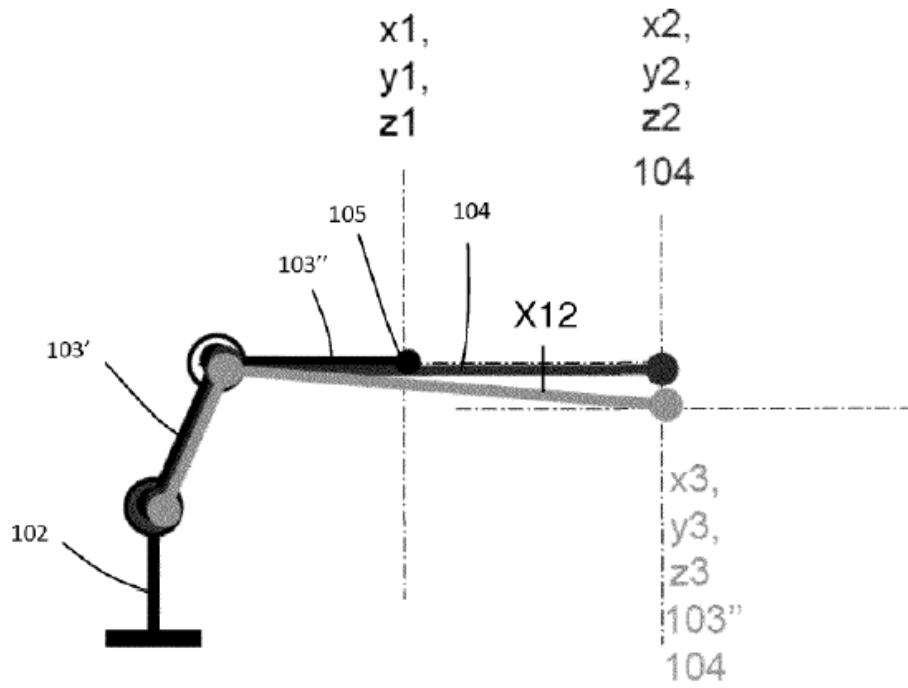


Figura 5

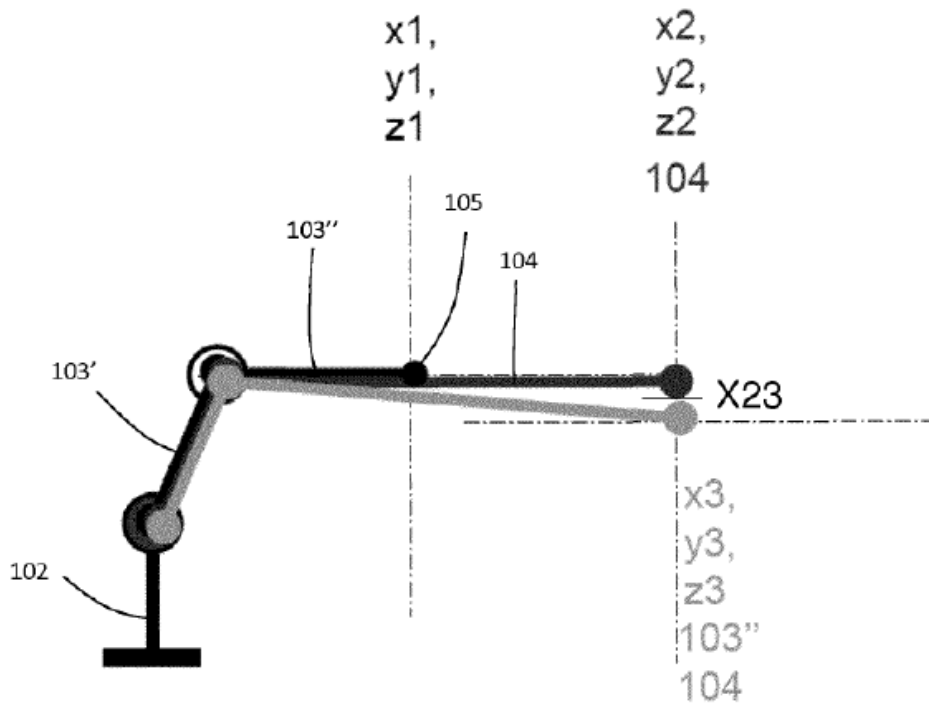


Figura 6