

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 259**

51 Int. Cl.:

**B25J 9/16** (2006.01)

**B25J 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.09.2014 PCT/CN2014/087048**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.01.2016 WO16008215**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2014 E 14897492 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 3175958**

54 Título: **Procedimiento de control de mezcla de 5 ejes y 6 ejes para robots industriales y sistema de los mismos**

30 Prioridad:

**15.07.2014 CN 201410337702**

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

**05.03.2020**

73 Titular/es:

**KEDE NUMERICAL CONTROL CO., LTD (100.0%)  
No. 8 Huanghai Street, Economic and  
Technological Development Zone  
Dalian, Liaoning 116600, CN**

72 Inventor/es:

**YU, DEHAI;  
CHEN, HU;  
ZHOU, GUOFENG;  
LI, YAPENG;  
CAI, CHUNGANG;  
WU, FUHAI;  
YU, BENHONG;  
LI, JINGMING;  
JIANG, LONG;  
LIU, TINGGANG y  
XU, GANG**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 746 259 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 de control de mezcla de 5 ejes y 6 ejes para robots industriales y sistema de los mismos

**5 Campo técnico**

**[0001]** La presente invención pertenece al campo de la tecnología de robots industriales, y más particularmente, a un tipo de procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots industriales y un sistema de los mismos.

10

**Antecedentes de la técnica**

**[0002]** El robot industrial es un manipulador de múltiples uniones o un robot de múltiples grados de libertad para el campo industrial, es un tipo de dispositivo de máquina que realiza el trabajo automáticamente, es un tipo de máquina que realiza varias funciones por capacidad de autoalimentación y control, que no solo puede ser operado por humanos, sino que también puede ejecutarse según un procedimiento preprogramado. La tecnología de control multicanal del sistema de control numérico permite que un controlador controle independientemente una pluralidad de dispositivos o diferentes porciones de un dispositivo de una manera relativamente simple, y proporciona una serie de medios y mecanismos para garantizar la relación lógica de movimiento entre los objetos.

15

20

**[0003]** En general, se adopta un mecanismo en serie que tiene seis ejes de unión y seis grados de libertad en el robot industrial en la técnica anterior, el efector se instala en el extremo del sexto eje y un sistema de control controla el movimiento del efector final del sexto eje. Como el robot es el mecanismo en serie, la rigidez del mismo se debilita según el aumento en el número de ejes en serie, y la rigidez del extremo del sexto eje es la peor; por lo tanto, si dicho robot industrial se aplica en el campo del procesamiento de materiales, la precisión del mecanizado es muy baja bajo las acciones de una fuerza de corte y una gravedad del efector, que también es un factor principal que restringe la aplicación del robot industrial en serie en el campo del procesamiento de materiales.

25

**[0004]** El documento XP000592408, titulado «Alignment using an uncalibrated camera system», describe un robot de múltiples grados de libertad que comprende un efector final (pinza) con una cámara montada en dicho efector final y que gira alrededor del eje del efector final.

30

**[0005]** Por otro lado, el documento JP H11-179682 A describe un manipulador principal de múltiples grados de libertad con un manipulador auxiliar que comprende varios grados adicionales de libertad montados al nivel del cuarto eje de unión de dicho manipulador principal, donde dicho manipulador auxiliar se puede plegar en paralelo con uno de los brazos del manipulador principal. Este documento está dirigido a un robot que puede proporcionar las funciones de dos robots separados cuando operan en espacios reducidos donde dos robots no caben simultáneamente. Al montar dicho manipulador auxiliar en el manipulador principal, se aumenta el número de ejes y, en consecuencia, se reduce la rigidez del robot.

35

40

**Resumen de la invención**

**[0006]** Con el objetivo de proponer los problemas anteriores, la presente invención desarrolla un procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots industriales y un sistema de los mismos.

45

**[0007]** Las soluciones técnicas de la presente invención son las siguientes:  
Un procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots industriales, el robot industrial incluye un primer, un segundo, un tercer, un cuarto, un quinto y un sexto eje de unión, y una pluralidad de barras; las barras están conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión; donde el procedimiento de control de mezcla incluye las siguientes etapas:

50

etapa 1: instalar un efector final en cada extremo del quinto eje de unión y el sexto eje de unión; ajustar el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión para formar un robot de cinco ejes, y ajustar simultáneamente el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión para formar un robot de seis ejes;

55

etapa 2: configurar canales del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde el robot de cinco ejes corresponde a un primer canal y el robot de seis ejes corresponde a un segundo canal;

etapa 3: obtener, respectivamente, la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; y

60

etapa 4: según la posición objetivo de movimiento obtenida de cada eje de unión del robot de cinco ejes y del robot de seis ejes, el primer canal se implementa para controlar el movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y el segundo canal se implementa para controlar el movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes;

65 donde cada eje de unión del robot de cinco ejes y cada eje de unión del robot de seis ejes implementa un movimiento

independiente según el control del primer canal y el segundo canal en diferentes períodos de tiempo, respectivamente.

**[0008]** Además, la etapa 3 incluye específicamente las siguientes subetapas:

- 5 etapa 31: según el tamaño de cada barra de conexión del robot industrial y el estado de movimiento actual de cada eje de unión, se genera una lista de parámetros D-H; la lista de parámetros DH comprende un ángulo de rotación  $\theta_i$  del  $i$ -ésimo eje de unión, una distancia axial  $a_i$  entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente, una distancia  $d_i$  a lo largo de una dirección axial entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión, y un ángulo incluido  $\alpha_i$  entre un eje del  $i$ -ésimo eje de unión y el del  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6;
- 10 etapa 32: según la lista de parámetros D-H, se genera una matriz de transformación de un  $i$ -ésimo eje de unión,

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- 15 donde  $\theta_i$  es un ángulo de rotación del  $i$ -ésimo eje de unión,  $a_i$  es una distancia axial entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente,  $d_i$  es una distancia entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente a lo largo de un eje de dirección axial, y  $\alpha_i$  es un ángulo incluido entre un eje del  $i$ -ésimo eje de unión y el del  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6;
- etapa 33: según el tamaño de cada uno de los efectores finales instalados en cada extremo del 5º eje de unión y el 6º eje de unión, se genera una matriz de transformación del efector final correspondiente  $A_i$ ;
- 20 etapa 34: obtener soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes a través de la matriz de transformación del  $i$ -ésimo eje de unión  $A_i$  y la matriz de transformación del efector final  $A_t$  respectivamente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6;
- donde, la solución cinemática avanzada  $P_5$  del robot de cinco ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_t$ , y la solución cinemática avanzada  $P_6$  del robot de seis ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_6 \times A_t$ ;
- 25 etapa 35: obtener de manera correspondiente ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes según las soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, y obtener la solución inversa cinemática respectiva según las ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes;
- donde, la ecuación de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes es

30

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_4 \times A_5 \end{cases};$$

y la ecuación de solución inversa cinemática del robot de seis ejes es

35

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_4 \times A_5 \end{cases};$$

y

- etapa 36: determinar una solución única respectiva a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde la solución única correspondiente al robot de cinco ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y la solución única correspondiente al robot de seis ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes.
- 40

**[0009]** Además, antes de la etapa 3, están las etapas a continuación:

- configurar un codificador y una interfaz de bus de datos para cada eje de unión del robot industrial respectivamente;
- 45 donde el codificador se utiliza para detectar el estado de movimiento actual de cada eje de unión y el estado de movimiento actual es transmitido por la interfaz de bus de datos;

**[0010]** Además:

- la solución única respectiva se determina a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes por el procedimiento de la ruta más corta, respectivamente.
- 50

**[0011]** Un sistema de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots industriales, el robot industrial incluye un primer, un segundo, un tercer, un cuarto, un quinto y un sexto eje de unión, y una pluralidad de barras; las

barras están conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión; donde un efector final se instala en cada extremo del quinto eje de unión y el sexto eje de unión; y el sistema de control incluye un primer canal y un segundo canal que se comunican entre sí: tanto el primer canal como el segundo canal incluyen:

- 5 una unidad de configuración de canal, utilizada para configurar canales de un robot de cinco ejes y de un robot de seis ejes respectivamente, donde el robot de cinco ejes corresponde al primer canal y el robot de seis ejes corresponde al segundo canal; ajustar el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión para formar un robot de cinco ejes, y ajustar
- 10 simultáneamente el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión para formar el robot de seis ejes; una unidad de obtención de posición objetivo, utilizada para obtener, respectivamente, la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; y
- 15 una unidad de control, utilizada para realizar el control de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes o realizar el control de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes según la posición objetivo de movimiento obtenida de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes;

donde cada eje de unión del robot de cinco ejes y cada eje de unión del robot de seis ejes está adaptado para implementar un movimiento independiente según el control del primer canal y el segundo canal en diferentes períodos

20 de tiempo, respectivamente; y donde el primer canal y el segundo canal están configurados para controlar el robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente.

**[0012]** Además, la unidad de obtención de posición objetivo incluye:

- 25 un módulo generador de la lista de parámetros D-H, utilizado para generar una lista de parámetros D-H según los tamaños de cada barra de conexión del robot industrial y el estado de movimiento actual de cada eje de unión, comprendiendo la lista de parámetros D-H un ángulo de rotación  $\theta_i$  del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión, una distancia axial  $a_i$  entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, una distancia  $d_i$  a lo largo de una dirección axial entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión, y un ángulo incluido  $\alpha_i$  entre un eje del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6;
- 30 un módulo generador de matriz de transformación de eje de unión, utilizado para generar una matriz de transformación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

según la lista de parámetros D-H, donde  $\theta_i$  es un ángulo de rotación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión,  $a_i$  es una distancia axial entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente,  $d_i$  es una distancia entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión a lo largo de una dirección axial, y  $\alpha_i$  es un ángulo incluido entre un eje del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6;

40 un módulo generador de matriz de transformación de efector final, utilizado para generar una matriz de transformación de efector final correspondiente  $A_t$  según el tamaño de cada uno de los efectores finales instalados en cada extremo del 5° eje de unión y el 6° eje de unión; un módulo de obtención de soluciones cinemáticas avanzadas, utilizado para obtener soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes a través de la matriz de

transformación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión  $A_i$  y la matriz de transformación del efector final  $A_t$  respectivamente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6, donde la solución cinemática avanzada  $P_5$  del robot de cinco ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_t$ , y la solución cinemática avanzada  $P_6$  del robot de seis ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_6 \times A_t$ ;

un módulo de obtención de solución inversa cinemática, utilizado para obtener de manera correspondiente ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes según las soluciones cinemáticas

50 avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, y obtener la solución inversa cinemática respectiva según las ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; donde, la ecuación de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes es

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 & ; \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_4 \times A_5 & ; \end{cases}$$

55 y

la ecuación de solución inversa cinemática del robot de seis ejes es

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 & , \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_4 \times A_5 & ; \end{cases}$$

5 y

un módulo de determinación de solución única, utilizado para determinar una solución única respectiva a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde la solución única correspondiente al robot de cinco ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y la solución única correspondiente al robot de seis ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes;

**[0013]** Además, el efector final instalado en el quinto eje de unión es un husillo eléctrico y un dispositivo de sujeción y liberación, y el ejecutor final instalado en el sexto eje de unión es un accesorio operado por aire;

15 **[0014]** Además, el robot también incluye muchos codificadores para detectar el estado de movimiento actual de cada eje de unión e interfaces de bus de datos para conectar los codificadores.

**[0015]** Al adoptar las soluciones técnicas anteriores, el procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots industriales y el sistema de los mismos proporcionado por la presente invención puede utilizar además el robot de cinco ejes para mecanizar materiales a través del control de mezcla de cinco ejes y seis ejes, que disminuye la flexibilidad de la conexión mecánica y reduce la vibración en el proceso de procesamiento del material; ejecutar el transporte de la pieza de trabajo por medio del robot de seis ejes, que mantiene la operación flexible, combina efectivamente el control de cinco ejes y seis ejes, y mejora la rigidez integral y la precisión de procesamiento del robot industrial.

25

#### Breve descripción de los dibujos

**[0016]**

30 La figura 1 es un diagrama de flujo de un procedimiento de control de mezcla de la presente invención;  
la figura 2 es un diagrama de flujo de la etapa 3 de la presente invención;  
la figura 3 es un diagrama de estructura de un sistema de control de la presente invención;  
la figura 4 es un diagrama de estructura de un robot industrial de la presente invención;  
la figura 5 es un diagrama esquemático de la posición y la dirección del flujo de datos del procedimiento de control de  
35 mezcla en un sistema de control numérico de la presente invención;  
la figura 6 es un diagrama esquemático del tamaño de cada barra de conexión de un robot de la presente invención;  
y  
la figura 7 es un diagrama esquemático de un sistema de coordenadas de cada eje de unión de la presente invención;

40 **[0017]** En estas figuras: 1 se refiere al husillo eléctrico y 2 se refiere a un accesorio operado por aire.

#### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

**[0018]** La figura 1 se refiere a un procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots  
45 industriales, el robot industrial incluye un primer, un segundo, un tercer, un cuarto, un quinto y un sexto eje de unión, y una pluralidad de barras; las barras están conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión; donde el procedimiento de control de mezcla incluye las siguientes etapas:

etapa 1: instalar un efector final en cada extremo del quinto eje de unión y el sexto eje de unión; ajustar el primer, el  
50 segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión para formar un robot de cinco ejes, y ajustar simultáneamente el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión para formar un robot de seis ejes;

etapa 2: configurar canales del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde el robot de cinco  
55 ejes corresponde a un primer canal y el robot de seis ejes corresponde a un segundo canal;

etapa 3: obtener, respectivamente, la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; y

etapa 4: según la posición objetivo de movimiento obtenida de cada eje de unión del robot de cinco ejes y del robot de  
60 seis ejes, el primer canal se implementa para controlar el movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y el segundo canal se implementa para controlar el movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes y del robot de seis ejes.

**[0019]** Además, como se muestra en la figura 2, la etapa 3 incluye específicamente las siguientes subetapas:

etapa 31: según el tamaño de cada barra de conexión del robot industrial y el estado de movimiento actual de cada eje de unión, se genera una lista de parámetros D-H; la lista de parámetros D-H comprende un ángulo de rotación  $\theta_i$  del  $i$ -ésimo eje de unión, una distancia axial  $a_i$  entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente, una distancia  $d_i$  entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión a lo largo de una dirección axial, y un ángulo incluido  $\alpha_i$  entre un eje del  $i$ -ésimo eje de unión y el del  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1, 2, ..., 6;

etapa 32: según la lista de parámetros D-H, se genera una matriz de transformación de un  $i$ -ésimo eje de unión,

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

donde  $\theta_i$  es un ángulo de rotación del  $i$ -ésimo eje de unión,  $a_i$  es una distancia axial entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente,  $d_i$  es una distancia entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión a lo largo de una dirección axial, y  $\alpha_i$  es un ángulo incluido entre un eje del  $i$ -ésimo eje de unión y el del  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1, 2, ..., 6;

etapa 33: según un tamaño del efector final, se genera una matriz de transformación del efector final correspondiente  $A_i$ ; etapa 34: obtener soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes a través de la matriz de transformación del  $i$ -ésimo eje de unión

$A_i$  y la matriz de transformación del efector final  $A_t$  respectivamente, donde  $i$  se valora como 1, 2, ..., 6; donde, la solución cinemática avanzada  $P_5$  del robot de cinco ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_t$ , y la solución cinemática avanzada  $P_6$  del robot de seis ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_6 \times A_t$ ;

etapa 35: obtener de manera correspondiente ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes según las soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, y obtener la solución inversa cinemática respectiva según las ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes;

donde, la ecuación de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes es

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_4 \times A_5 \end{cases};$$

y la ecuación de solución inversa cinemática del robot de seis ejes es

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_4 \times A_5 \end{cases};$$

etapa 36: determinar una solución única respectiva a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde la solución única correspondiente al robot de cinco ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y la solución única correspondiente al robot de seis ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes;

**[0020]** Además, antes de la etapa 3, están las etapas a continuación: configurar el codificador y la interfaz del bus de datos para cada eje de unión del robot industrial, respectivamente; donde el codificador se utiliza para detectar el estado de movimiento actual de cada eje de unión y el estado de movimiento actual es transmitido por la interfaz de bus de datos; además, cada eje de unión del robot de cinco ejes y cada eje de unión del robot de seis ejes implementa el movimiento independiente según el control del primer canal y el segundo canal en diferentes períodos de tiempo, respectivamente; además, la solución única respectiva se determina a partir de la pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes por el procedimiento de la ruta más corta, respectivamente.

**[0021]** Como se muestra en la figura 3, un sistema de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots industriales, el robot industrial incluye un primer, un segundo, un tercer, un cuarto, un quinto y un sexto eje de unión, y una pluralidad de barras; las barras están conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión; donde un efector final se instala en cada extremo del quinto eje de unión y el sexto eje de

unión; y el sistema de control incluye un primer canal y un segundo canal que se comunican entre sí: tanto el primer canal como el segundo canal incluyen: una unidad de configuración de canal, utilizada para configurar canales de un robot de cinco ejes y de un robot de seis ejes respectivamente, donde el robot de cinco ejes corresponde al primer canal y el robot de seis ejes corresponde al segundo canal; ajustar el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión para formar el robot de cinco ejes, y ajustar simultáneamente el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión para formar el robot de seis ejes; una unidad de obtención de posición objetivo, utilizada para obtener la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente; y una unidad de control, utilizada para realizar el control de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes o realizar el control de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes, según la posición objetivo de movimiento obtenida de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; además, la unidad de obtención de la posición objetivo incluye: un módulo generador de lista de parámetros D-H, utilizado para generar una lista de parámetros D-H según el tamaño de cada barra de conexión del robot industrial y el estado de movimiento actual de cada eje de unión, comprendiendo la lista de parámetros D-H un ángulo de rotación  $\theta_i$  del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión, una distancia axial  $a_i$  entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, una distancia  $d_i$  entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión a lo largo de una dirección axial, y un ángulo incluido  $\alpha_i$  entre un eje del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1, 2, ..., 6; un módulo generador de matriz de transformación de eje de unión, utilizado para generar una matriz de transformación de un  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & a_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & a_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

según la lista de parámetros D-H, donde  $\theta_i$  es un ángulo de rotación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión,  $a_i$  es una distancia axial entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente,  $d_i$  es una distancia entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión a lo largo de una dirección axial, y un ángulo incluido  $\alpha_i$  entre un eje del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6; un módulo generador de matriz de transformación de efector final, utilizado para generar una matriz de transformación del efector final correspondiente  $A_i$  según un tamaño del efector final; un módulo de obtención de soluciones cinemáticas avanzadas, utilizado para obtener soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes a través de la matriz de transformación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión  $A_i$  y la matriz de transformación del efector final  $A_f$  respectivamente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6; donde la solución cinemática avanzada  $P_5$  del robot de cinco ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_f$ , y la solución cinemática avanzada  $P_6$  del robot de seis ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_6 \times A_f$ ; un módulo de obtención de solución inversa cinemática, utilizado para obtener de manera correspondiente ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes según las soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, y obtener la solución inversa cinemática respectiva según las ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; donde, la ecuación de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes es

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_5 \times A_f^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 & ; \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_5 \times A_f^{-1} = A_4 \times A_5 & ; \end{cases}$$

y la ecuación de solución inversa cinemática del robot de seis ejes es

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_6 \times A_f^{-1} \times A_6^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 & ; \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_6 \times A_f^{-1} \times A_6^{-1} = A_4 \times A_5 & ; \end{cases}$$

y un módulo de determinación de solución única, utilizado para determinar una solución única respectiva a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde la solución única correspondiente al robot de cinco ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y la solución única correspondiente al robot de seis ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes; Además, el efector final instalado en el quinto eje de unión es un husillo eléctrico y un dispositivo de sujeción y liberación, y el efector final instalado en el sexto eje de unión es un accesorio operado por aire; y además, el robot también incluye muchos codificadores para detectar el estado de movimiento actual de cada eje de unión e interfaces de bus de datos para conectar los codificadores.

**[0022]** La etapa 2 de la presente invención es específicamente como sigue: establecer la correspondencia entre el eje lógico del sistema de coordenadas cartesianas (X, Y, Z, A, B, C) del primer canal y cada eje de unión del robot de cinco ejes, establecer además la correspondencia entre el husillo lógico S y el eje del cargador de herramientas MAG, así como la correspondencia entre el husillo eléctrico y el eje del cargador de herramientas cuando el efector final instalado en el quinto eje de unión es el husillo eléctrico 1 y el dispositivo de sujeción y liberación; establecer correspondencia entre el eje lógico del sistema de coordenadas cartesianas (X, Y, Z, A, B, C) del segundo canal y cada eje de unión del robot de seis ejes; además, incluye también configurar un codificador y una interfaz de bus de datos para cada eje de unión del robot industrial respectivamente; y configurar además el codificador y la interfaz de bus de datos para el husillo eléctrico y el eje del cargador de herramientas siempre que el efector final instalado en el quinto eje de unión es el husillo eléctrico 1 y el dispositivo de sujeción y liberación; configurar el codificador para cada eje de unión, y vincular mientras tanto una dirección de mapeo en el elemento de configuración del codificador como la interfaz del bus de datos. Cada eje en el primer canal se define de la siguiente manera: S indica el husillo eléctrico, MAG indica el eje del cargador de herramientas, X, Y, Z, A, B y C indican los ejes lógicos del robot; y cada eje en el segundo canal se definen de la siguiente manera: X, Y, Z, A, B y C indican ejes lógicos del robot.

**[0023]** La figura 4 muestra un diagrama esquemático de estructura del robot industrial de la presente invención. Cuando la presente invención se aplica al campo del procesamiento de materiales, como se muestra en la figura 4, el efector final instalado en el quinto eje de unión puede ser el husillo eléctrico 1 y el dispositivo de sujeción flexible para procesar los materiales; y el efector final instalado en el sexto eje de unión puede ser el accesorio operado por aire 2 para transportar materiales auxiliares.

**[0024]** La presente invención establece el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión para formar un robot de cinco ejes, y establece simultáneamente el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión para formar el robot de seis ejes, y luego configurar un objeto de canal respectivamente para el control del robot de cinco ejes y el del robot de seis ejes mediante la adopción de una tecnología de control multicanal, formando así un modo de control de doble canal. El primer canal y el segundo canal son relativamente independientes entre sí lógicamente, pero controlan físicamente el mismo robot industrial. Los dos canales se pueden comunicar entre sí, para finalizar una tarea de control de doble canal. Los procesos de trabajo del primer canal y el segundo canal son específicamente los siguientes:

el primer canal y el segundo canal se preparan;  
 el primer canal controla el efector final, como el accesorio, para transportar la pieza de trabajo a procesar a la posición de procesamiento, envía la señal de posición de la pieza de trabajo al segundo canal y, mientras tanto, espera una señal de respuesta; el segundo canal selecciona la herramienta y procesa la pieza de trabajo según un procedimiento de procesamiento de la pieza de trabajo después de obtener la señal de posición de la pieza de trabajo; envía una señal de procesamiento completo al primer canal después de completar el procesamiento de la pieza de trabajo, y mientras tanto espera una señal de respuesta;  
 después de que el primer canal obtiene la señal de procesamiento completa, la pieza de trabajo se baja de la posición de procesamiento y se coloca en una posición de producto terminado; y regresar a la etapa 2 para la ejecución en bucle hasta que todas las piezas de trabajo a procesar estén completamente procesadas, luego el proceso de trabajo habrá finalizado.

**[0025]** Mientras tanto, cada eje de unión del robot de cinco ejes y cada eje de unión del robot de seis ejes implementa el movimiento independiente según el control del primer canal y el segundo canal en diferentes períodos de tiempo. Escribir programas de usuario para el robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente antes de la etapa, donde los programas de usuario incluyen la configuración del recorrido de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes y la señal de sincronización del primer canal y el segundo canal.

**[0026]** Además, el primer canal y el segundo canal de la presente invención pueden seleccionar el control del robot de cinco ejes o el control del robot de seis ejes. La figura 5 muestra un diagrama esquemático de la posición y la dirección del flujo de datos del procedimiento de control de mezcla en un sistema de control numérico de la presente invención. Como se muestra en la figura 5, cada objeto de canal está integrado con el procedimiento de control de cinco ejes y el procedimiento de control de seis ejes simultáneamente.

**[0027]** La figura 6 muestra un diagrama esquemático del tamaño de cada barra de un robot de la presente invención; y la figura 7 muestra un diagrama esquemático de un sistema de coordenadas de cada eje de unión de la presente invención. La lista de parámetros D-H es como se muestra en la tabla 1, la lista de parámetros D-H comprende: un ángulo de rotación  $\theta_i$  del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión, es decir, un ángulo girado por el sistema de coordenadas del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión en relación con el sistema de coordenadas del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión alrededor del eje Z; una distancia axial  $a_i$  entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el siguiente eje de unión adyacente; una distancia  $d_i$  entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el efector final respectivamente, es decir, un valor de un origen del sistema de coordenadas del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión a lo largo de la dirección del eje Z del sistema de coordenadas del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión; y un ángulo incluido  $\alpha_i$  entre un eje del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el eje del siguiente eje de unión adyacente, a saber, un ángulo girado por el



sistema de coordenadas del  $i$ -ésimo eje de unión relativo al sistema de coordenadas del  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión alrededor del eje X, donde  $i$  se valora como 1, 2, ..., 6, donde  $d_2, d_3$  y  $d_5$  se valoran como 0,  $a_4 \sim a_6$  se valoran como 0,  $\alpha_2$  y  $\alpha_6$  se valoran como 0,  $d_1$  corresponde al tamaño de la barra de conexión 565,  $d_4$  corresponde al tamaño de la barra de conexión 1016 y se valora como -1016 (dado el origen del sistema de coordenadas del sexto eje de unión a lo largo de la dirección negativa del eje Z en el sistema de coordenadas del quinto eje de unión),  $d_6$  corresponde al tamaño de la barra de conexión 175 y se valora como -175 (dado el origen del sistema de coordenadas del sexto eje de unión a lo largo de la dirección negativa del eje Z en el sistema de coordenadas del quinto eje de unión),  $a_1 \sim a_3$  corresponden a los tamaños de las barras de conexión 150, 870 y 170 respectivamente; el tamaño de cada barra del robot industrial son parámetros de diseño conocidos del robot industrial, el ángulo de rotación  $\theta_i$  del  $i$ -ésimo eje de unión se obtiene según el estado de movimiento actual de cada eje de unión que es medido por el codificador;  $\alpha_1 = -90^\circ$ ,  $\alpha_3 = 90^\circ$ ,  $\alpha_4 = -90^\circ$  y  $\alpha_5 = 90^\circ$ ; además, el tamaño del efector final es un tamaño desplazado del efector final en relación con el eje de unión final del robot industrial, y la forma del parámetro puede estar formada por 6 valores de números reales.

Tabla 1. Lista de parámetros D-H

El $i$ -ésimo eje	$\theta$	d	a	$\alpha$
1	$\theta_1$	$d_1$	$a_1$	$\alpha_1$
2	$\theta_2$	0	$a_2$	0
3	$\theta_3$	0	$a_3$	$\alpha_3$
4	$\theta_4$	$d_4$	0	$\alpha_4$
5	$\theta_5$	0	0	$\alpha_5$
6	$\theta_6$	$d_6$	0	0

15

**[0028]** Una solución única respectiva se determina a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes por el procedimiento de la ruta más corta, respectivamente, en la presente invención, y se obtiene así la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes. La posición objetivo de movimiento corresponde a la posición correspondiente cuando el extremo del robot industrial alcanza una posición designada y una postura designada. Como máximo se pueden obtener 8 soluciones inversas cinemáticas para la posición a alcanzar por cada extremo del robot, cada solución inversa corresponde a un vector  $V_n(\theta_{n1}, \theta_{n2}, \theta_{n3}, \theta_{n4}, \theta_{n5}, \theta_{n6})$  formado por seis valores conjuntos del robot industrial, donde  $n$  se valora como 1, 2, ..., 8, un componente  $\theta_{ni}$  corresponde a la posición objetivo de movimiento del  $i$ -ésimo eje de unión, donde  $i$  se valora como 1, 2, ..., 6; se supone que el vector actual de seis uniones del robot industrial es  $V_c$ , el  $V_c$  está compuesto por  $(\theta_{c1}, \theta_{c2}, \theta_{c3}, \theta_{c4}, \theta_{c5}, \theta_{c6})$ , donde un componente  $\theta_{ci}$  corresponde a la posición actual del  $i$ -ésimo eje de unión, donde  $i$  se valora como 1, 2, ..., 6.

20

**[0029]** Según el valor incremental de la posición objetivo y la posición actual de cada eje de unión, a saber  $\Delta V = V_n - V_c = (\theta_{n1} - \theta_{c1}, \theta_{n2} - \theta_{c2}, \theta_{n3} - \theta_{c3}, \theta_{n4} - \theta_{c4}, \theta_{n5} - \theta_{c5}, \theta_{n6} - \theta_{c6})$ , además,  $R_n = |\theta_{n1} - \theta_{c1}| + |\theta_{n2} - \theta_{c2}| + |\theta_{n3} - \theta_{c3}| + |\theta_{n4} - \theta_{c4}| + |\theta_{n5} - \theta_{c5}| + |\theta_{n6} - \theta_{c6}|$  se determina respectivamente, a saber  $R_n$  es una suma de valores absolutos de valores incrementales, donde  $n$  se valora como 1, 2, ..., 8, y se toma así la solución inversa cinemática correspondiente a  $R = \min(R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7, R_8)$  como la solución única. Un valor que tiene un número ordinal más pequeño se selecciona como  $V_n$  si hay muchos valores mínimos en  $R_1 \sim R_8$ ;

30

Además, el cálculo del procedimiento de la ruta más corta se puede realizar con referencia al peso de cada eje de unión. Si se distribuye un peso  $w_i$  para cada eje de unión,  $0 < w_i \leq 1$ , entonces  $R_n = w_1 \times |\theta_{n1} - \theta_{c1}| + w_2 \times |\theta_{n2} - \theta_{c2}| + w_3 \times |\theta_{n3} - \theta_{c3}| + w_4 \times |\theta_{n4} - \theta_{c4}| + w_5 \times |\theta_{n5} - \theta_{c5}| + w_6 \times |\theta_{n6} - \theta_{c6}|$  tanto el primer canal como el segundo canal comprenden un módulo de determinación de solución única, y la solución única respectiva del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes es determinada por el módulo de determinación de solución única a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas por el procedimiento de la ruta más corta respectivamente.

35

**[0030]** La presente invención proporciona un procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robot industrial y un sistema del mismo, a través del control de mezcla de cinco ejes y seis ejes, el robot de cinco ejes puede utilizarse para procesar el material, reduciendo la flexibilidad de la conexión mecánica, reduciendo la vibración en el proceso de procesamiento de materiales, realizando el transporte de piezas de trabajo por medio del robot de seis ejes y manteniendo la flexibilidad de operación. La presente invención combina efectivamente el control de cinco ejes y seis ejes, y mejora la rigidez integral y la precisión de procesamiento del robot industrial, y la tarea más complicada se puede terminar adoptando la tecnología de control multicanal. Además, cada canal de la presente invención puede configurarse con una pluralidad de ejes, por ejemplo, un canal puede configurarse con ejes auxiliares del husillo eléctrico y el eje del cargador de herramientas servo, etc. Por lo tanto, el robot industrial, el husillo eléctrico, el dispositivo de sujeción y liberación de herramienta, el cargador de herramienta servo y el accesorio operado por aire se combinan en un sistema integrado de procesamiento de materiales.

40

**[0031]** La descripción anterior es simplemente la realización detallada preferida de la presente invención sin

limitar de ninguna manera el alcance de protección de la presente invención. Los expertos en la materia pueden hacer reemplazos o cambios equivalentes a la presente invención, que según las soluciones técnicas y los conceptos inventivos dentro del alcance técnico descrito de la presente invención, deberán incluirse en el alcance de protección de la presente invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots industriales, el robot industrial incluye un primer, un segundo, un tercer, un cuarto, un quinto y un sexto eje de unión, y una pluralidad de 5 barras; las barras están conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión; donde el procedimiento de control de mezcla incluye las siguientes etapas:

etapa 1: instalar un efector final (1, 2) en cada extremo del quinto eje de unión y el sexto eje de unión; ajustar el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el 10 tercer, el cuarto y el quinto eje de unión para formar un robot de cinco ejes, y ajustar simultáneamente el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión para formar un robot de seis ejes; etapa 2: configurar canales del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde el robot de cinco ejes corresponde a un primer canal y el robot de seis ejes corresponde a un segundo canal; 15 etapa 3: obtener, respectivamente, la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; y etapa 4: según la posición objetivo de movimiento obtenida de cada eje de unión del robot de cinco ejes y del robot de seis ejes, el primer canal se implementa para controlar el movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y el segundo canal se implementa para controlar el movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes; 20 donde cada eje de unión del robot de cinco ejes y cada eje de unión del robot de seis ejes implementa un movimiento independiente según el control del primer canal y el segundo canal en diferentes periodos de tiempo, respectivamente.

2. El procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robot industrial según la 25 reivindicación 1, donde la etapa 3 incluye específicamente las siguientes etapas:

etapa 31: según el tamaño de cada barra de conexión del robot industrial y el estado de movimiento actual de cada eje de unión, se genera una lista de parámetros D-H; la lista de parámetros D-H comprende un ángulo de rotación  $\theta_i$  del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión, una distancia axial  $a_i$  entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, una 30 distancia  $d_i$  a lo largo de una dirección axial entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión, y un ángulo incluido  $\alpha_i$  entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, siendo el ángulo incluido un ángulo girado por el sistema de coordenadas del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión relativo al sistema de coordenadas del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión alrededor del eje X, donde  $i^{\text{ésimo}}$  se valora como 1,2, ..., 6;

etapa 32: según la lista de parámetros D-H, se genera una matriz de transformación de un  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión, 35

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

donde  $\theta_i$  es un ángulo de rotación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión,  $a_i$  es una distancia axial entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente,  $d_i$  es una distancia entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente a lo 40 largo de una dirección axial, y  $\alpha_i$  es un ángulo incluido entre un eje del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6;

etapa 33: según el tamaño de cada uno de los efectores finales instalados en cada extremo del 5° eje de unión y el 6° eje de unión, se genera una matriz de transformación del efector final correspondiente  $A_t$ ;

etapa 34: obtener soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes a través de la 45 matriz de transformación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión  $A_i$  y la matriz de transformación del efector final  $A_t$  respectivamente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6;

donde, la solución cinemática avanzada  $P_5$  del robot de cinco ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_t$ , y la solución cinemática avanzada  $P_6$  del robot de seis ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_6 \times A_t$ ; etapa 35: obtener de manera correspondiente ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes según las 50 soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, y obtener la solución inversa cinemática respectiva según las ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes;

donde, la ecuación de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes es

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_4 \times A_5 \end{cases};$$

55

y la ecuación de solución inversa cinemática del robot de seis ejes es

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_4 \times A_5 \end{cases},$$

5 y

etapa 36: determinar una solución única respectiva a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde la solución única correspondiente al robot de cinco ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y la solución única correspondiente al robot de seis ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes.

10

3. El procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robot industrial según la reivindicación 2, donde antes de la etapa 3, están las siguientes etapas:

configurar un codificador y una interfaz de bus de datos para cada eje de unión del robot industrial respectivamente; donde el codificador se utiliza para detectar el estado de movimiento actual de cada eje de unión y el estado de

15

movimiento actual es transmitido por la interfaz de bus de datos.

4. El procedimiento de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robot industrial según la reivindicación 2, donde:

20

la solución única respectiva se determina a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes por el procedimiento de la ruta más corta, respectivamente.

5. Un sistema de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robots industriales, el robot industrial incluye un primer, un segundo, un tercer, un cuarto, un quinto y un sexto eje de unión, y una pluralidad de barras; las barras están conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión; donde

25

un efector final (1, 2) se instala en cada extremo del quinto eje de unión y el sexto eje de unión; y el sistema de control incluye un primer canal y un segundo canal que se comunican entre sí:

tanto el primer canal como el segundo canal incluyen:

30

una unidad de configuración de canal, utilizada para configurar canales de un robot de cinco ejes y de un robot de seis ejes respectivamente, donde el robot de cinco ejes corresponde al primer canal y el robot de seis ejes corresponde al segundo canal; ajustar el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto y el quinto eje de unión para formar el robot de cinco ejes, y ajustar simultáneamente el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión, y las barras conectadas en serie por el primer, el segundo, el tercer, el cuarto, el quinto y el sexto eje de unión para formar el robot de seis

35

ejes; una unidad de obtención de posición objetivo, utilizada para obtener, respectivamente, la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; y

40

una unidad de control, utilizada para realizar el control de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes o realizar el control de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes, según la posición objetivo de movimiento obtenida de cada eje de unión del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes;

donde cada eje de unión del robot de cinco ejes y cada eje de unión del robot de seis ejes está adaptado para implementar un movimiento independiente según el control del primer canal y el segundo canal en diferentes períodos de tiempo, respectivamente; y

45

donde el primer canal y el segundo canal están configurados para controlar el robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente.

6. El sistema de control de mezcla de cinco ejes y seis ejes para robot industrial según la reivindicación 5, donde la unidad de obtención de posición objetivo comprende:

50

un módulo generador de lista de parámetros D-H, utilizado para generar una lista de parámetros D-H según el tamaño de cada barra de conexión del robot industrial y el estado de movimiento actual de cada eje de unión, comprendiendo la lista de parámetros D-H un ángulo de rotación  $\theta_i$  del  $i$ -ésimo eje de unión, una distancia axial  $a_i$  entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente, una distancia  $d_i$  entre el  $i$ -ésimo eje de unión y el  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión a lo largo de una dirección axial, y un ángulo incluido  $\alpha_i$  entre un eje del  $i$ -ésimo eje de unión y el del  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión adyacente, siendo el ángulo incluido un ángulo girado por el sistema de coordenadas del  $i$ -ésimo eje de unión relativo al sistema de coordenadas del  $(i - 1)$ -ésimo eje de unión alrededor del eje X, donde  $i$  se valora como 1, 2, ..., 6;

55

un módulo generador de matriz de transformación de eje de unión, utilizado para generar una matriz de transformación del  $i$ -ésimo eje de unión

$$A_i = \begin{pmatrix} \cos \theta_i & -\sin \theta_i \cos \alpha_i & \sin \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \cos \theta_i \\ \sin \theta_i & \cos \theta_i \cos \alpha_i & -\cos \theta_i \sin \alpha_i & \alpha_i \\ 0 & \sin \alpha_i & \cos \alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- según la lista de parámetros D-H, donde  $\theta_i$  es un ángulo de rotación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión,  $a_i$  es una distancia axial entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente,  $d_i$  es una distancia entre el  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente a lo largo de una dirección axial, y  $\alpha_i$  es un ángulo incluido entre un eje del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión y el del  $(i - 1)^{\text{ésimo}}$  eje de unión adyacente, donde  $i^{\text{ésimo}}$  se valora como 1,2, ..., 6;
- 5 un módulo generador de matriz de transformación de efector final, utilizado para generar una matriz de transformación de efector final correspondiente  $A_t$  según el tamaño de cada uno de los efectores finales instalados en cada extremo del 5º eje de unión y el 6º eje de unión;
- 10 un módulo de obtención de soluciones cinemáticas avanzadas, utilizado para obtener soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes a través de la matriz de transformación del  $i^{\text{ésimo}}$  eje de unión  $A_i$  y la matriz de transformación del efector final  $A_t$  respectivamente, donde  $i$  se valora como 1,2, ..., 6, donde la solución cinemática avanzada  $P_5$  del robot de cinco ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_t$ , y la solución cinemática avanzada  $P_6$  del robot de seis ejes es igual a  $A_1 \times A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \times A_6 \times A_t$ ;
- 15 un módulo de obtención de solución inversa cinemática, utilizado para obtener de manera correspondiente ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes según las soluciones cinemáticas avanzadas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, y obtener la solución inversa cinemática respectiva según las ecuaciones de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes; donde, la ecuación de solución inversa cinemática del robot de cinco ejes es

20

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_5 \times A_t^{-1} = A_4 \times A_5 \end{cases};$$

y

la ecuación de solución inversa cinemática del robot de seis ejes es

25

$$\begin{cases} A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_2 \times A_3 \times A_4 \times A_5 \\ A_3^{-1} \times A_2^{-1} \times A_1^{-1} \times P_6 \times A_t^{-1} \times A_6^{-1} = A_4 \times A_5 \end{cases};$$

y

- 30 un módulo de determinación de solución única, utilizado para determinar una solución única respectiva a partir de una pluralidad de soluciones inversas cinemáticas del robot de cinco ejes y el robot de seis ejes respectivamente, donde la solución única correspondiente al robot de cinco ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de cinco ejes, y la solución única correspondiente al robot de seis ejes es la posición objetivo de movimiento de cada eje de unión del robot de seis ejes.

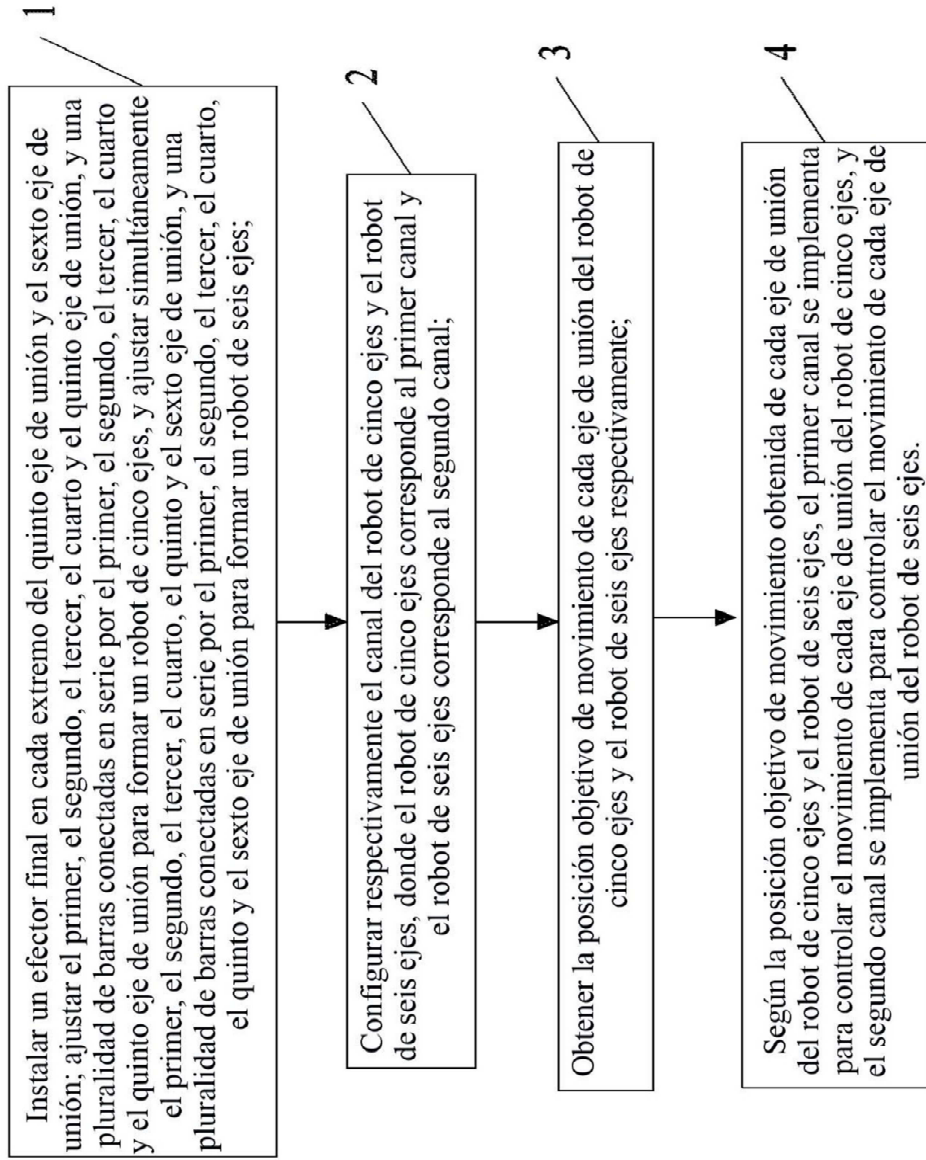


Fig. 1

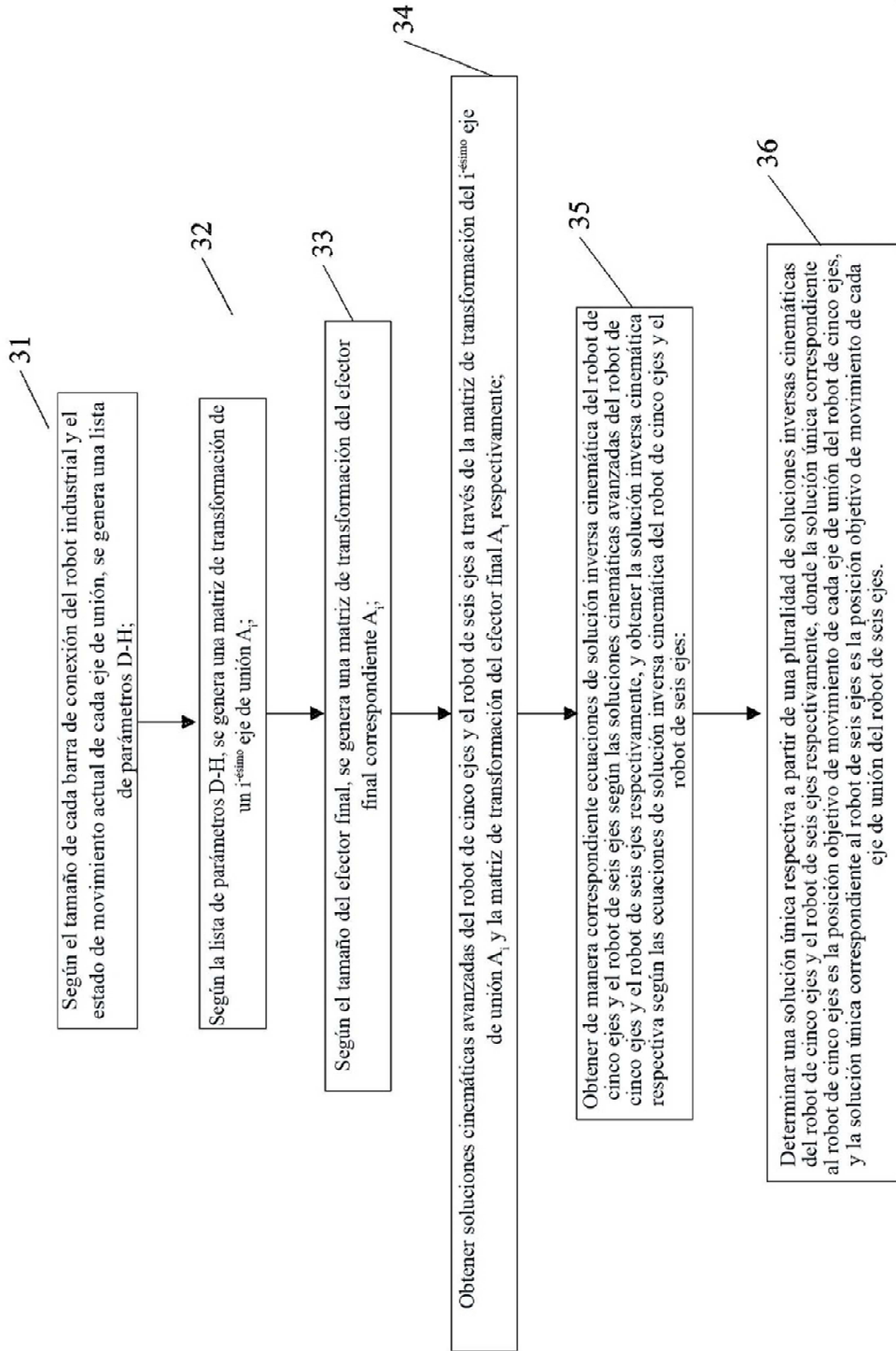


Fig. 2

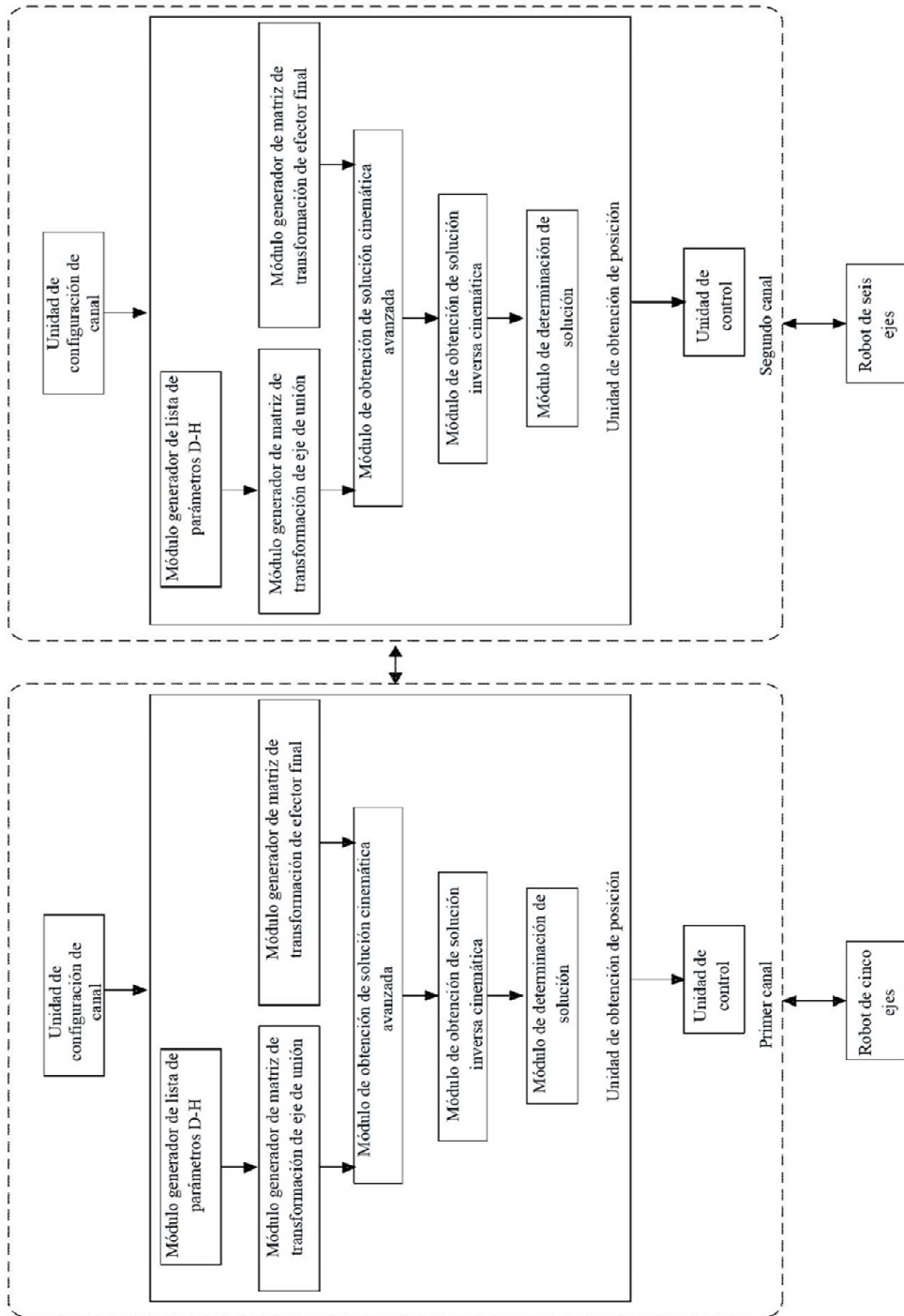


Fig. 3



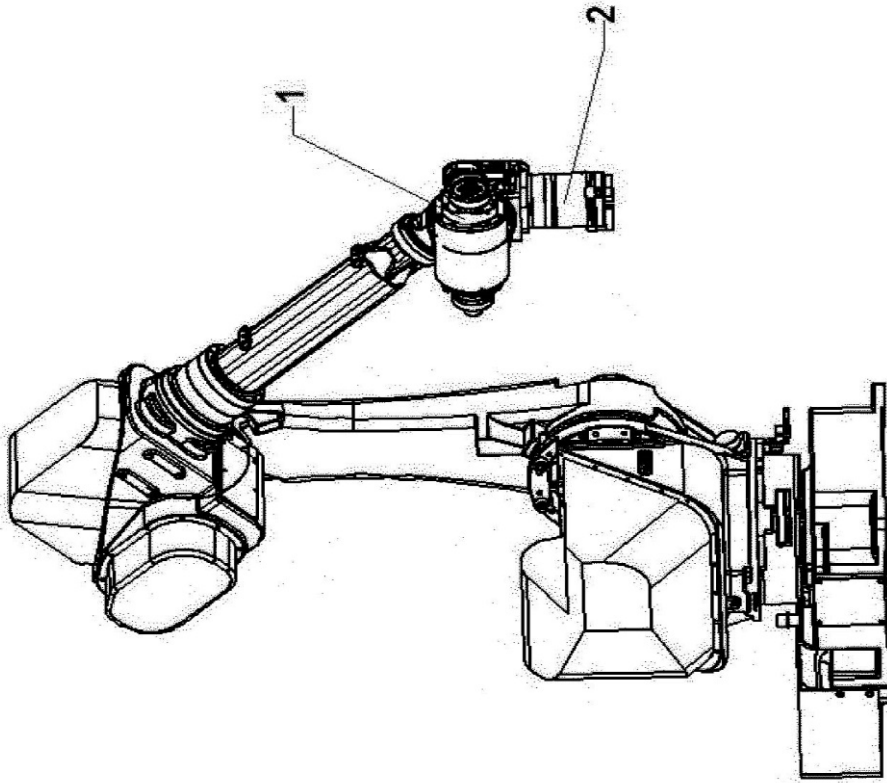


Fig. 4

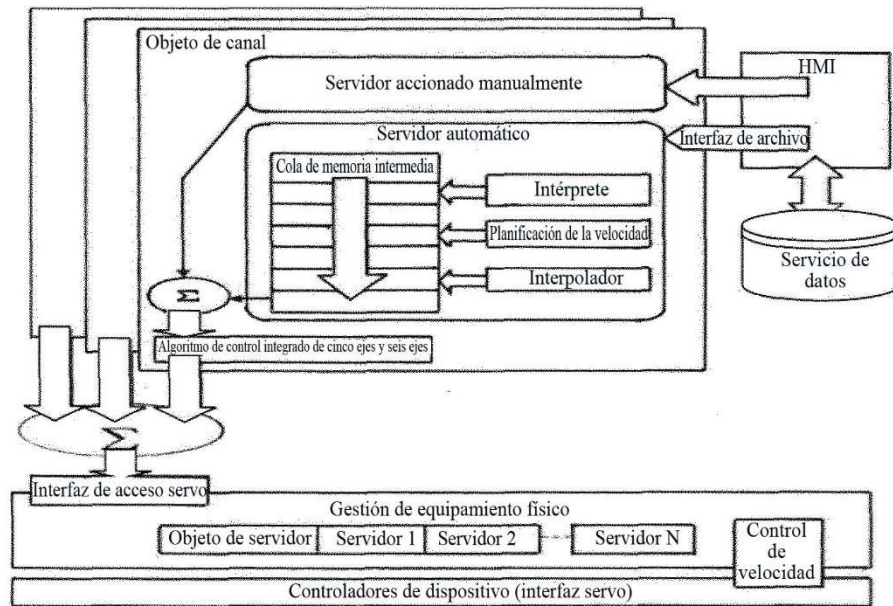


Fig. 5

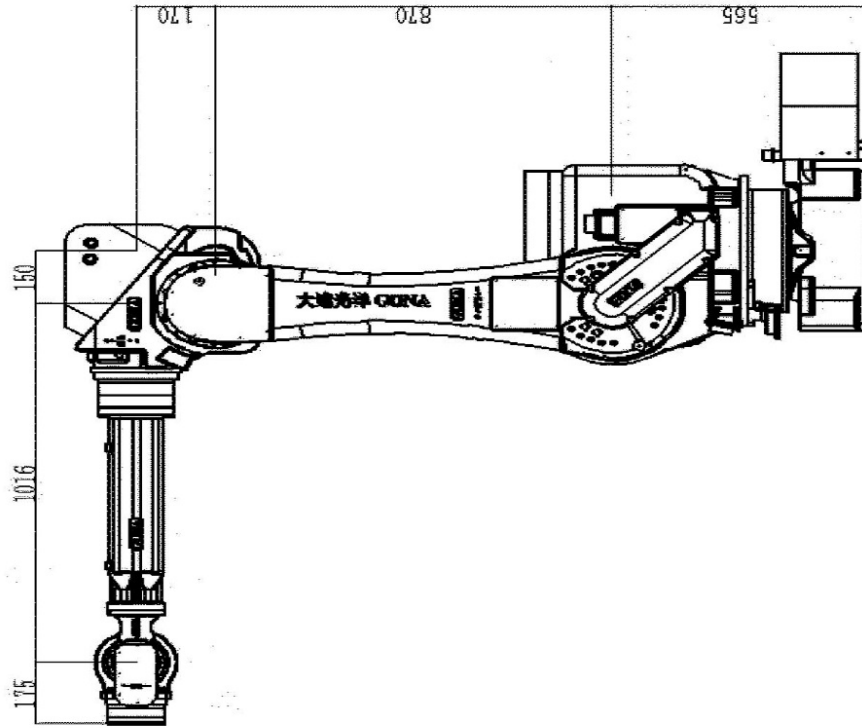


Fig. 6

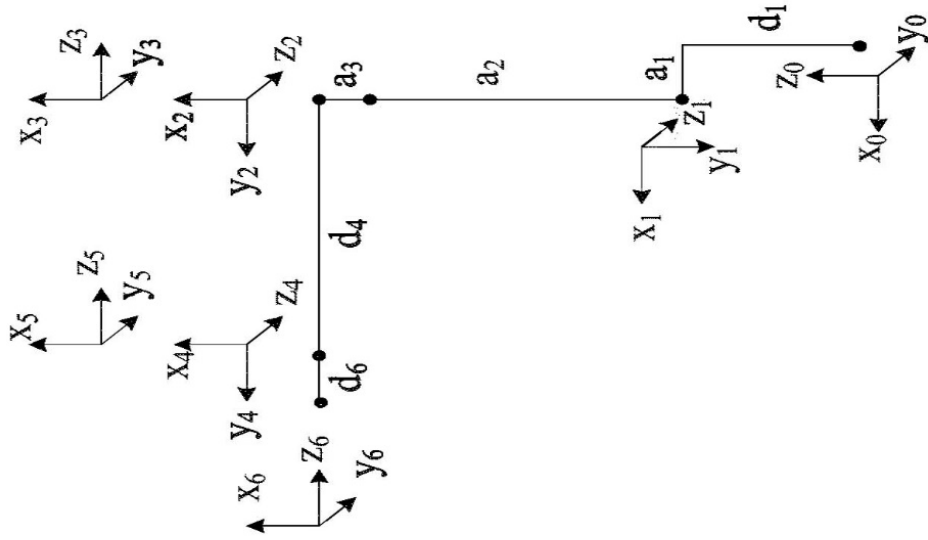


Fig. 7