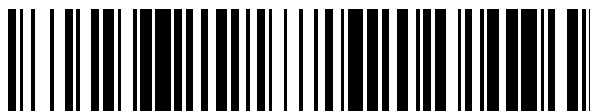


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 052**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/00** (2007.01)

**G06T 3/00** (2006.01)

**G06K 9/00** (2006.01)

**G06K 9/62** (2006.01)

**G06T 7/33** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.08.2011 PCT/CN2011/078267**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.03.2012 WO12028053**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2011 E 11821079 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2019 EP 2613293**

54 Título: **Método de registro de imágenes**

30 Prioridad:

**31.08.2010 CN 201010270148**

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

**28.01.2020**

73 Titular/es:

**SHANGHAI MICROPORT EP MEDTECH CO., LTD.  
(100.0%)  
Building 28, 588 Tianxiong Road, Pudong New  
District  
Shanghai 201203, CN**

72 Inventor/es:

**SUN, YIYONG;  
GONG, JINGJING y  
LIU, DAOZHI**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 739 052 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**

Método de registro de imágenes

**5 Campo técnico**

La presente solicitud se refiere al campo técnico de procesamiento de imágenes y, en particular, a un método de registro de imágenes basado en el algoritmo ICP.

**10 Antecedentes de la invención**

Junto con la aparición continua de nuevos tipos de sensores, la capacidad de las personas para obtener imágenes se mejora rápidamente, y las imágenes generadas por sensores de diferentes características físicas también aumentan continuamente. Dado que los datos de imágenes obtenidos por diferentes sensores de imagen tienen limitaciones y diferencias obvias, usando meramente de un tipo de datos de imágenes generalmente no pueden cumplir los requisitos reales. Por lo tanto, existe la necesidad de combinar imágenes obtenidas por diferentes sensores a través de una técnica de fusión de imágenes para lograr un entendimiento y reconocimiento más completos, más claros y más precisos de los objetivos en las imágenes. Por ejemplo, en la ciencia médica, las imágenes obtenidas en diferentes formas, por ejemplo, en imágenes de tomografía computarizada (TC), imágenes de resonancia magnética (MRI) y ultrasonido (US), mediante un análisis exhaustivo de la información anatómica y fisiológica se fusionan para realizar un proceso de diagnóstico mejorado.

La técnica de registro de imágenes es una condición previa importante para lograr la fusión de imágenes, y es un problema que debe resolverse primero para la fusión de imágenes. El algoritmo ICP (del inglés Iterative Closest Point) es un método para lograr un registro de imágenes, y el algoritmo ICP es un proceso en el que se realiza repetidamente "la determinación de un conjunto de puntos correspondientes y el cálculo de un cambio rígido óptimo" basado en un método de registro de una superficie curva en una forma libre, hasta que se alcancen unos criterios preestablecidos de convergencia de registro, siendo el cambio de coordenadas final una composición de los cambios respectivos. Sin embargo, ya que las desventajas de que el rango de desviación inicial del objetivo de registro y la fuente de registro no pueden ser demasiado grandes, y aunque la convergencia se puede hacer a un límite local, una optimización global generalmente no se puede lograr (es decir, no logrando deshacerse del límite local) existe en el algoritmo ICP convencional, la precisión y la tasa de éxito del registro de imágenes son comparativamente bajas, que no puede cumplir con los requisitos reales.

Por ejemplo, GP. Penney Y COL": Un Algoritmo de Punto Más Cercano Iterativo Estocástico (stochastICP) "en: "Network and Parallel Computing", 2001, Springer International Publishing, Cham 032548, XP55379169, ISSN: 0302-9743 ISBN: 978-3-642-38591-9 vol. 2208, páginas 762-769, DOL: 10.1007, 3-540-45469-3\_91 divulga un método de registro de imágenes basado en el algoritmo ICP.

Las solicitudes de patente de Estados Unidos con los números de publicación US2007047840A1 y US2007031064A1 divulgan el uso de un árbol k-d para realizar una búsqueda en un algoritmo ICP.

Tras un estudio de la técnica anterior, el solicitante encuentra que el método de registro de imágenes existente basado en el algoritmo ICP generalmente emplea dos métodos, es decir, "aplicar una transformación aleatoria de perturbación rígida a un registro" y "aplicar una perturbación aleatoria a puntos de coordenadas tridimensionales de un objetivo de registro para que se deforme", para lograr el objeto de deshacerse del límite local del algoritmo ICP convencional para mejorar el efecto de registro. Sin embargo, el empleo del método de "aplicar una transformación aleatoria de perturbación rígida a un registro" requiere el muestreo en un espacio con libertad de seis dimensiones, necesita una gran cantidad de cálculos, y lleva tiempo. Con respecto al empleo del método de "aplicar una perturbación aleatoria a puntos de coordenadas tridimensionales de un objetivo de registro para deformarlo", los parámetros de los mismos se establecen empíricamente en aplicaciones reales de acuerdo con diferentes modelos experimentales y con respecto a diferentes modelos experimentales, la configuración de los parámetros es comparativamente difícil, y es probable que una configuración incorrecta resulte en un registro fallido.

**55 Sumario de la invención**

En vista de lo anterior, las realizaciones de la presente solicitud proporcionan un método de registro de imágenes para lograr el objeto de lograr el registro en una circunstancia en la que una fuente de registro y un objetivo de registro se encuentran en un amplio rango de desviaciones iniciales, y deshacerse eficazmente de la esclavitud de los límites locales para mejorar la precisión del registro y la tasa de éxito de registro sin ajuste manual de parámetros.

Con el fin de lograr el objeto anterior, la presente solicitud emplea las siguientes soluciones técnicas: Un método de registro de imágenes, que comprende seleccionar una imagen fuente de registro  $\{p_i \mid i= 1, \dots, M\}$  y una imagen objetivo de registro  $\{q_j \mid j=1, \dots, N\}$ , en donde  $0 < i \leq M$ ,  $0 < j \leq N$ ,  $i, j, M$  y  $N$  son enteros positivos, y  $M < N$  (S101); y aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$  de acuerdo con un parámetro de control de perturbación aleatoria preestablecido  $\sigma$  para que se deforme para obtener una imagen  $\{p_i'\}$ , y obtener puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$

correspondientes a puntos en la imagen  $\{p_i\}$ , siendo el conjunto de puntos obtenidos una imagen  $\{q_j\}$  (S102); caracterizado por comprender:

- 5 realizar una operación iterativa en la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$  dentro de una longitud de etapa preestablecida L de acuerdo con una transformación de coordenadas inicial preestablecida  $H_0$  para obtener una transformación de coordenadas  $\{H_l \mid l=1, \dots, L\}$ , entre la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$ , y calcular una distancia promedio  $\{E_l \mid l=1, \dots, L\}$  entre la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $\{H_l\}$ , correspondiendo la distancia promedio  $\{E_l\}$  a la transformación de coordenadas  $\{H_l\}$  (S103) que evalúa magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y una distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , y finalizar el registro cuando la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual que la distancia promedio ideal preestablecida (S104); cuando la distancia promedio  $\{E_l\}$  es mayor que la distancia promedio ideal preestablecida, que además comprende las etapas de:
- 15 evaluar a su vez las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y una distancia promedio inicial  $E_0$ , en donde la distancia promedio inicial  $E_0$  corresponde a la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  (S205); cuando cualquier valor en la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual a la distancia promedio inicial  $E_0$ , finalizar la evaluación entre la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio inicial  $E_0$ , reemplazar la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  con una transformación de coordenadas  $H_g$  correspondiente a una distancia promedio actual  $E_g$ , descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con una tasa de descomposición fija, recalculando una distancia promedio  $\{E_l\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $H_g$  y el parámetro de control de perturbación aleatoria descompuesto  $\sigma$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  (S206); cuando todos los valores en la distancia promedio  $\{E_l\}$  son mayores que la distancia promedio inicial  $E_0$ , después de descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con la tasa de descomposición fija, volver a aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$ , recalculando una distancia promedio  $\{E_l\}$  usando la transformación de coordenadas inicial  $H_0$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual que la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  (S207).

30 Preferentemente, el método de registro de imágenes se aplica al modelo de cámara cardíaca, la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$  y la imagen objetivo de registro  $\{q_j\}$  están ubicadas en diferentes sistemas de coordenadas, y  $p_i$  y  $q_j$  son vectores de columna de  $3 \times 1$ .

Preferentemente, dicha obtención de puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  que corresponden a puntos en la imagen  $\{p_i\}$  es específicamente:

35 buscar los puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  que corresponden a los puntos en la imagen  $\{p_i\}$  por medio del árbol binario KD.

Preferentemente, dicha evaluación de las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$  es específicamente:

40 evaluar a su vez si la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual que la distancia media promedio ideal  $E_x$  (S205).

Preferentemente, dicha evaluación de las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$  es específicamente:

45 seleccionar la distancia promedio mínima  $E_{min}$  en la distancia promedio  $\{E_l\}$  (S305); evaluar las magnitudes de la distancia promedio mínima  $E_{min}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$  (S306).

Preferentemente, el método, después de dicho recálculo de una distancia promedio  $\{E_l\}$  o dicho recálculo de una distancia promedio  $\{E_l\}$ , comprende adicionalmente:

50 evaluar si un número preestablecido de veces de iteración es mayor que un número preestablecido de veces de iteración K, y finalizar el registro e informar de un error cuando el número de veces de iteración es mayor que el número preestablecido de veces de iteración K (S400).

Preferentemente, la tasa de descomposición fija del parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  es  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ , y la longitud de la etapa L está en un rango de 50~200.

Con el fin de lograr el objeto anterior, la presente solicitud también emplea las siguientes soluciones técnicas Un método de registro de imágenes, que comprende seleccionar una imagen fuente de registro  $\{p_i \mid i=1, \dots, M\}$  y una imagen objetivo de registro  $\{q_j \mid j=1, \dots, N\}$ , en donde  $0 < i \leq M$ ,  $0 < j \leq N$ ,  $i, j, M$  y  $N$  son enteros positivos, y  $M < N$  (S101); y aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$  de acuerdo con un parámetro de control de perturbación aleatoria preestablecido  $\sigma$  para que se deforme para obtener una imagen  $\{p_i\}$ , y obtener puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  correspondientes a puntos en la imagen  $\{p_i\}$ , siendo el conjunto de puntos obtenidos una imagen  $\{q_j\}$  (S102); , caracterizado por comprender:

65 realizar una operación iterativa en la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$  dentro de una longitud de etapa preestablecida

- L de acuerdo con una transformación de coordenadas inicial preestablecida  $H_0$  para obtener una transformación de coordenadas  $\{H_l | l=1, \dots, L\}$ , entre la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_i\}$ , y calcular una distancia promedio  $\{E_l | l=1, \dots, L\}$  entre la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_i\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $\{H_l\}$ , la distancia promedio  $\{E_l\}$  correspondiente a la transformación de coordenadas  $\{H_l\}$  (S103);
- 5 evaluar magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y una distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , y finalizar el registro cuando la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual que la distancia promedio ideal preestablecida (S104); cuando la distancia promedio  $\{E_l\}$  es mayor que la distancia promedio ideal preestablecida, que además comprende las etapas de:
- 10 seleccionar la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  en la distancia promedio  $\{E_l\}$ (S305);  
 evaluar magnitudes de la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  y la distancia promedio inicial  $E_0$ , en donde la distancia promedio inicial  $E_0$  corresponde a la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  (S306);
- 15 cuando el valor mínimo en la distancia promedio  $\{E_{\min}\}$  es menor o igual a la distancia promedio inicial  $E_0$ , reemplazar la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  con una transformación de coordenadas  $H_{\min}$  correspondiente a una distancia promedio actual  $E_{\min}$ , descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con una tasa de descomposición fija, recalculando una distancia promedio  $\{E_l\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $H_{\min}$  y el parámetro de control de perturbación aleatoria descompuesto  $\sigma$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  (S307);
- 20 cuando el valor mínimo en la distancia promedio  $\{E_{\min}\}$  es mayor que la distancia promedio inicial  $E_0$ , después de descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con la tasa de descomposición fija, volver a aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$ , recalculando una distancia promedio  $\{E_l\}$  usando la transformación de coordenadas inicial  $H_0$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual que la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  (S308).
- 25 Preferentemente, el método de registro de imágenes se aplica al modelo de cámara cardíaca, la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$  y la imagen objetivo de registro  $\{q_i\}$  están ubicadas en diferentes sistemas de coordenadas, y  $p_i$  y  $q_i$  son vectores de columna de  $3 \times 1$ .
- 30 Preferentemente, dicha obtención de puntos más cercanos en la imagen  $\{q_i\}$  que corresponden a puntos en la imagen  $\{p_i\}$  es específicamente:  
 buscar los puntos más cercanos en la imagen  $\{q_i\}$  que corresponden a los puntos en la imagen  $\{p_i\}$  por medio del árbol binario KD.
- 35 Preferentemente, dicha evaluación de las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$  es específicamente:  
 evaluar a su vez si la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual que la distancia media promedio ideal  $E_x$  (S205).
- 40 Preferentemente, dicha evaluación de las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$  es específicamente:  
 seleccionar la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  en la distancia promedio  $\{E_l\}$ (S305);  
 evaluar las magnitudes de la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$  (S306).
- 45 Preferentemente, el método, después de dicho recálculo de una distancia promedio  $\{E_l\}$  o dicho recálculo de una distancia promedio  $\{E_l\}$ , comprende adicionalmente:  
 evaluar si un número de veces de iteración es mayor que un número preestablecido de veces de iteración  $K$ , y finalizar el registro e informar de un error cuando el número de veces de iteración es mayor que el número preestablecido de veces de iteración  $K$  (S400).
- 50 Preferentemente, la tasa de descomposición fija del parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  es  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  y la longitud de la etapa  $L$  está en un rango de 50~200.
- 55 Se puede ver en las soluciones técnicas anteriores proporcionadas en las realizaciones de la presente solicitud que el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  en este método puede decaer automáticamente en todo el proceso de iteración. Cuando la transformación inicial preestablecida está en la posición de inicio óptima, no hay necesidad de preocuparse por una transformación del modelo a una posición peor debido a la adición de la perturbación aleatoria, y cuando la transformación inicial en sí no es óptima, el modelo se puede hacer para deshacerse de la esclavitud de los límites locales a fin de transformarse en una mejor posición para someterse a la iteración agregando la perturbación aleatoria, es decir, acercándose a la optimización global mediante la búsqueda. Paralelamente, el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  en este método no se establece empíricamente, sino que se establece de manera integral después de considerar el rendimiento de búsqueda global y la velocidad de iteración. Con respecto a múltiples grupos de modelos de cámara cardíaca, los parámetros de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  se pueden establecer en el mismo valor y todos obtienen un efecto de registro comparativamente bueno.
- 60
- 65

Por lo tanto, el método de registro de imágenes provisto en las realizaciones de la presente solicitud no solo puede lograr el registro en una circunstancia en la que una fuente de registro y un objetivo de registro se encuentran en un amplio rango de desviaciones iniciales, sino también deshacerse eficazmente de la esclavitud de los límites locales para mejorar la precisión del registro y la tasa de éxito del registro sin el ajuste manual de los parámetros.

5

**Breve descripción de los dibujos**

Con el fin de describir más claramente las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente solicitud o técnica anterior, a continuación, se proporciona una breve descripción de las figuras adjuntas que se utilizarán en las descripciones de las realizaciones o de la técnica anterior. Obviamente, las figuras en las descripciones a continuación son solo algunas de las realizaciones registradas en la presente solicitud, y los expertos en la materia pueden obtener otras figuras de acuerdo con estas figuras sin hacer esfuerzos creativos.

10

**Realizaciones**

15

Para que los expertos en la materia puedan entender mejor las soluciones técnicas en la presente solicitud, las descripciones claras y completas de las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente solicitud se darán a continuación haciendo referencia a las figuras en las realizaciones de la presente solicitud. Obviamente, las realizaciones descritas son solo partes de las realizaciones de la presente solicitud, en lugar de todas las realizaciones. Basado en las realizaciones en la presente solicitud, todas las demás realizaciones obtenidas por los expertos en la materia que caen dentro del alcance de las reivindicaciones pertenecerán al alcance de protección de la presente solicitud.

20

**Realización 1**

25

La figura 1 es un diagrama esquemático de un flujo de un método de registro de imágenes provisto en la Realización 1 de la presente solicitud.

Como se muestra en la figura 1, el método comprende:

30

Etapa S101: seleccionar una imagen fuente de registro  $\{p_i\}$  y una imagen objetivo de registro  $\{q_j\}$ , siendo la imagen fuente de registro  $\{p_i \mid i=1, \dots, M\}$ , siendo la imagen objetivo de registro  $\{q_j \mid j=1, \dots, N\}$ ,  $M < N$ , estando la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$  y la imagen objetivo de registro  $\{q_j\}$  ubicadas en diferentes sistemas de coordenadas, y

35

$$\{p_i\} = H * \{q_j\}, H = \begin{bmatrix} R & 0 \\ T & 1 \end{bmatrix},$$

en donde  $0 < i \leq M$ ,  $0 < j \leq N$ ,  $i, j, M$  y  $N$  son enteros positivos, y  $M < N$ ;  $R$  es una matriz de rotación de  $3 \times 3$ , y  $T$  es un vector de traslación de  $3 \times 1$ .

40

Etapa S102: aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$  para deformarla de acuerdo con un parámetro de control de perturbación aleatoria preestablecido  $\sigma$  como para obtener una imagen  $\{p_i'\}$ , y obtener puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  correspondientes a puntos en la imagen  $\{p_i'\}$ , siendo el conjunto de puntos obtenidos una imagen  $\{q_j'\}$ .

45

En primer lugar, aplicar la perturbación aleatoria a la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$ , específicamente: agregar una perturbación aleatoria  $n_i$  que cumple con la distribución normal con  $(0, \sigma^2)$  a cada punto en la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$ , para que la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$  se deforme, es decir,  $p_i' = p_i + n_i$ , en donde  $n_i$  es un vector de columna de  $3 \times 1$ .

50

Luego, buscar los puntos más cercanos en la imagen objetivo de registro  $\{q_j \mid j=1, \dots, N\}$  correspondientes a los puntos en la imagen fuente de registro deformada  $\{p_i' \mid i=1, \dots, M\}$  por medio del árbol binario KD, siendo el conjunto de puntos obtenidos al buscar  $\{q_j' \mid i=1, \dots, M\}$ ; y calcular una matriz  $X$  de  $3 \times 3$  de acuerdo con

$$X = \sum_{i=1}^M q_i'' (p_i'')^t,$$

y realizar la descomposición de valores singulares de acuerdo con  $X = UDV^t$ , en donde

60

$$p_i'' = p_i' - \bar{p},$$

$$q_i'' = q_i' - \bar{q},$$

$$\bar{p} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M p_i',$$

$$\bar{q} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M q_i',$$

U y V son matrices ortogonales de 3\*3, y D es una matriz diagonal compuesta de valores singulares.

Finalmente, respectivamente, calcular la matriz de rotación R y el vector de traslación T, en donde

$$R = V\bar{U}^t, \bar{T} = p - Rq.$$

Etapa S103: realizar una operación iterativa en la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$  dentro de una longitud de etapa preestablecida L de acuerdo con una transformación de coordenadas inicial preestablecida  $H_0$  para obtener una transformación de coordenadas  $\{H_1\}$ ,  $0 < 1 < L$ , entre la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$ , y calcular una distancia promedio  $\{E_1\}$  entre la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $\{H_1\}$ , y la distancia promedio  $\{E_1\}$  correspondiente a la transformación de coordenadas  $\{H_1\}$ ; calcular una transformación de coordenadas H entre  $\{p_i\}$  y  $\{q_j\}$  de acuerdo con  $\{p_i\} = H^*\{q_j\}$ , y

$$H = \begin{bmatrix} R & 0 \\ T & 1 \end{bmatrix},$$

y calcular una distancia promedio E entre  $\{p_i\}$  y  $\{q_j\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas H, en donde

$$E = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \|p_i' - (Rq_i' + T)\|^2;$$

y realizar una operación iterativa en la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$  para L veces, registrar la transformación de coordenadas  $\{H_l | l=1, \dots, L\}$  entre la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$  en el proceso iterativo para L veces, y realizar un cálculo de acuerdo con la transformación de coordenadas  $\{H_l | l=1, \dots, L\}$  para obtener una distancia promedio  $\{E_l | l=1, \dots, L\}$  entre la imagen  $\{p_i\}$  y la imagen  $\{q_j\}$ , en donde  $0 < 1 < L$ .

Etapa S104: evaluar si la distancia promedio  $\{E_1\}$  es mayor que la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , y si no, finalización del registro. Si un valor en la distancia promedio  $\{E_1\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , este valor en la distancia promedio  $\{E_1\}$  es la transformación de coordenadas ideal y, por lo tanto, el registro puede ser finalizado.

En la realización de la presente solicitud, hay dos enfoques para evaluar de magnitudes de la distancia promedio  $\{E_1\}$  y la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , es decir, Enfoque 1: evaluar a su vez las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_1\}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$ , y Enfoque 2: seleccionar la distancia promedio mínima  $E_{min}$  en la distancia promedio  $\{E_1\}$ , y entonces evaluar las magnitudes de la distancia promedio mínima  $E_{min}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$ .

#### Realización 2

La figura 2 es un diagrama esquemático de un flujo de un método de registro de imágenes provisto en la Realización 2 de la presente solicitud.

Como se muestra en la figura 2, la etapa S201~etapa S204 en la realización de la presente solicitud es la misma que la etapa S101 ~ etapa S104 en la Realización 1, y no se proporcionan descripciones adicionales en el presente documento. En la etapa S204, si la distancia promedio  $\{E_1\}$  es mayor que la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , este método puede comprender además las etapas de: etapa S205: evaluar a su vez si la distancia promedio  $\{E_1\}$  es mayor que la distancia promedio inicial  $E_0$ , en donde la distancia promedio inicial  $E_0$  corresponde a la transformación de coordenadas inicial  $H_0$ ; etapa S206: si no, finalizar la evaluación entre la distancia promedio  $\{E_1\}$  y la distancia promedio inicial  $E_0$ , reemplazar la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  con una transformación de coordenadas  $H_g$  correspondiente a una distancia promedio actual  $E_g$ , descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con una tasa de descomposición fija, recalculer una distancia promedio  $\{E_1\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $H_g$  y el parámetro de control de perturbación aleatoria descompuesto  $\sigma$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_1\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ ;

etapa S207: si es así, después de descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con la tasa de descomposición fija, volver a aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$ , recalculer una distancia promedio  $\{E_1\}$  usando la transformación de coordenadas inicial  $H_0$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_1\}$  es menor o igual que la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ .

El rendimiento de la búsqueda global y la velocidad iterativa del algoritmo están en una relación inversa, y la relación entre el rendimiento de la búsqueda global y la velocidad iterativa se puede equilibrar estableciendo el rango del parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  y establecer la longitud de la etapa L. En la realización de la presente solicitud, el parámetro de control de perturbación aleatoria preestablecido  $\sigma$  es el 10 % de la proporción geométrica de la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$  o la imagen objetivo de registro  $\{q_j\}$ , y la longitud de la etapa L está en un rango de 50~200.

Realización 3

5 La figura 3 es un diagrama esquemático de un flujo de un método de registro de imágenes provisto en la Realización 3 de la presente solicitud.

10 Como se muestra en la figura 3, la etapa S301 ~ etapa S304 en la realización de la presente solicitud es la misma que la etapa S101 ~ etapa S104 en la Realización 1, y no se proporcionan descripciones adicionales en el presente documento. En la etapa S304, después de la evaluación de las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_1\}$  y la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , este método puede comprender, además, las etapas de:

- 15 etapa S305: seleccionar la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  en la distancia promedio  $\{E_1\}$ ;
- etapa S306: evaluar si el valor mínimo en la distancia promedio  $\{E_{\min}\}$  es mayor que la distancia promedio inicial  $E_0$ , en donde la distancia promedio inicial  $E_0$  corresponde a la transformación de coordenadas inicial  $H_0$ ;
- 20 etapa S307: si no, reemplazar la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  con una transformación de coordenadas  $H_{\min}$  correspondiente a una distancia promedio actual  $E_{\min}$ , descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con una tasa de descomposición fija, recalculando una distancia promedio  $\{E_1'\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $H_{\min}$  y el parámetro de control de perturbación aleatoria descompuesto  $\sigma$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_1'\}$  es menor o igual que la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ ;
- 25 etapa S308: si es así, después de descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con la tasa de descomposición fija, volver a aplicar la perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$ , recalculando la distancia promedio  $\{E_1''\}$  usando la transformación de coordenadas inicial  $H_0$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_1''\}$  es menor o igual que la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ .

25 La etapa S305 y la etapa S205 solo difieren en cómo evaluar las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_1\}$  y la distancia promedio inicial  $E_0$ . En la etapa S205, la distancia promedio  $\{E_1\}$  se compara con la distancia promedio inicial  $E_0$  a su vez, y en la etapa S305, la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  en la distancia promedio  $\{E_1\}$  se selecciona primero, y luego la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  se compara con la distancia promedio inicial  $E_0$ .

30 Realización 4

35 La figura 4 es un diagrama esquemático de un flujo de un método de registro de imágenes provisto en la Realización 4 de la presente solicitud y la figura 5 es un flujo de otro método de registro de imágenes provisto en la Realización 4 de la presente solicitud. Como se muestra en la figura 4 y figura 5, después de la etapa S206 o S207 de la Realización 2, o después de la etapa S307 o S308 de la Realización 3, este método puede comprender, además: la etapa S400: evaluar si un número de veces de iteración es mayor que un número preestablecido de tiempos de iteración  $K$ , y si es así, finalizar el registro e informar de un error.

40 El preestablecimiento del número de veces de iteración  $K$  tiene como objetivo controlar las iteraciones dentro de un rango razonable para evitar la pérdida de una gran cantidad de tiempo para realizar la operación bajo la circunstancia de que no se pueda lograr el registro. En la realización de la presente solicitud, el número preestablecido de veces de iteración  $K$  se selecciona para que sea 100.

45 Se puede ver en las soluciones técnicas anteriores proporcionadas en las realizaciones de la presente solicitud que el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  en este método puede decaer automáticamente en todo el proceso de iteración, cuando la transformación inicial preestablecida está en la posición de inicio óptima, no hay necesidad de preocuparse por una transformación del modelo a una posición peor debido a la adición de la perturbación aleatoria, y cuando la transformación inicial en sí no es óptima, el modelo se puede hacer para deshacerse de la esclavitud de los límites locales a fin de transformarse en una mejor posición para someterse a la iteración agregando la perturbación aleatoria, es decir, acercándose a la optimización global mediante la búsqueda. Paralelamente, el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  en este método no se establece empíricamente, sino que se establece de manera integral después de considerar el rendimiento de búsqueda global y la velocidad de iteración y con respecto a los múltiples grupos de modelos de cámara cardíaca, los parámetros de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  se pueden establecer en el mismo valor y todos obtienen un efecto de registro comparativamente bueno.

50 Por consiguiente, el método de registro de imágenes provisto en las realizaciones de la presente solicitud no solo puede lograr el registro en una circunstancia en la que una fuente de registro y un objetivo de registro se encuentran en un amplio rango de desviaciones iniciales, sino también deshacerse eficazmente de la esclavitud de los límites locales para mejorar la precisión del registro y la tasa de éxito del registro sin el ajuste manual de los parámetros.

60 Las realizaciones anteriores, que son solo realizaciones preferentes de la presente solicitud, permiten que los expertos en la materia entiendan o implementen la presente solicitud. Múltiples enmiendas a estas realizaciones son obvias para los expertos en la materia, y los principios generales definidos en este contexto se pueden lograr en otras realizaciones dentro del alcance de la presente solicitud. Por lo tanto, la presente solicitud no se limitará a estas realizaciones mostradas en este contexto, sino que deberán cumplir con el alcance más amplio consistente con el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método de registro de imágenes, que comprende seleccionar una imagen fuente de registro  $\{p_i \mid i=1, \dots, M\}$  y una imagen objetivo de registro  $\{q_j \mid j=1, \dots, N\}$ , en donde  $0 < i \leq M$ ,  $0 < j \leq N$ ,  $i, j, M$  y  $N$  son números enteros positivos, y  $M \ll N$  (S101); y aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$  de acuerdo con un parámetro de control de perturbación aleatoria preestablecido  $\sigma$  para que se deforme para obtener una imagen  $\{p_i'\}$ , y obtener puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  correspondientes a puntos en la imagen  $\{p_i'\}$ , siendo el conjunto de puntos obtenidos una imagen  $\{q_j'\}$  (S102); **caracterizado por** comprender:
- 10 realizar una operación iterativa en la imagen  $\{p_i'\}$  y la imagen  $\{q_j'\}$  dentro de una longitud de etapa preestablecida  $L$  de acuerdo con una transformación de coordenadas inicial preestablecida  $H_0$  para obtener una transformación de coordenadas  $\{H_l \mid l=1, \dots, L\}$ , entre la imagen  $\{p_i'\}$  y la imagen  $\{q_j'\}$ , y calcular una distancia promedio  $\{E_l \mid l=1, L\}$  entre la imagen  $\{p_i'\}$  y la imagen  $\{q_j'\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $\{H_l\}$ , la distancia promedio  $\{E_l\}$  correspondiente a la transformación de coordenadas  $\{H_l\}$  (S103);
- 15 evaluar magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y una distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , y finalizar el registro cuando la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida (S104); cuando la distancia promedio  $\{E_l\}$  es mayor que la distancia promedio ideal preestablecida, que además comprende las etapas de:
- 20 evaluar a su vez las magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y una distancia promedio inicial  $E_0$ , en donde la distancia promedio inicial  $E_0$  corresponde a la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  (S205); cuando cualquier valor en la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual a la distancia promedio inicial  $E_0$ , finalizar la evaluación entre la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio inicial  $E_0$ , reemplazar la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  con una transformación de coordenadas  $H_g$  correspondiente a una distancia promedio actual  $E_g$ , descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con una tasa de descomposición fija, recalculando una distancia promedio  $\{E_l'\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $H_g$  y el parámetro de control de perturbación aleatoria descompuesto  $\sigma$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_l'\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  (S206);
- 25 cuando todos los valores en la distancia promedio  $\{E_l\}$  son mayores que la distancia promedio inicial  $E_0$ , después de descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con la tasa de descomposición fija, volver a aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$ , recalculando una distancia promedio  $\{E_l''\}$  usando la transformación de coordenadas inicial  $H_0$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_l''\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  (S207).
- 30
- 35
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el método de registro de imágenes se aplica al modelo de cámara cardíaca, la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$  y la imagen objetivo de registro  $\{q_j\}$  están ubicadas en diferentes sistemas de coordenadas, y  $p_i$  y  $q_j$  son vectores de columna de  $3 \times 1$ .
- 40
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** dicha obtención de puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  que corresponden a puntos en la imagen  $\{p_i'\}$  es específicamente: buscar los puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  que corresponden a los puntos en la imagen  $\{p_i'\}$  por medio del árbol binario KD.
- 45
4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** dicha evaluación de magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  es específicamente: evaluar a su vez si la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor que o igual a la distancia promedio ideal  $E_x$  (S205).
5. El método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** dicha evaluación de magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  es específicamente: seleccionar la distancia promedio mínima  $E_{min}$  en la distancia promedio  $\{E_l\}$  (S305); evaluar magnitudes de la distancia promedio mínima  $E_{min}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$  (S306).
- 50
6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que**, después de dicho recálculo de una distancia promedio  $\{E_l'\}$  o recálculo de una distancia promedio  $\{E_l''\}$ , comprende, además:
- 55 evaluar si un número de veces de iteración es mayor que un número preestablecido de veces de iteración  $K$ , y finalizar el registro e informar de un error cuando el número de veces de iteración es mayor que el número preestablecido de veces de iteración  $K$  (S400).
- 60
7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la tasa de descomposición fija del parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  es ,

$$\frac{1}{\sqrt{2}}$$

65 y la longitud de la etapa  $L$  está en un intervalo de 50~200.



8. Un método de registro de imágenes, que comprende seleccionar una imagen fuente de registro  $\{p_i \mid i=1, \dots, M\}$  y una imagen objetivo de registro  $\{q_j \mid j=1, \dots, N\}$ , en donde  $0 < i \leq M$ ,  $0 < j \leq N$ ,  $i, j, M$  y  $N$  son números enteros positivos, y  $M \ll N$  (S101); y aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$  de acuerdo con un parámetro de control de perturbación aleatoria preestablecido  $\sigma$  para que se deforme para obtener una imagen  $\{p_i'\}$ , y obtener puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  correspondientes a puntos en la imagen  $\{p_i'\}$ , siendo el conjunto de puntos obtenidos una imagen  $\{q_j'\}$  (S102);
- 5 **caracterizado por** comprender:
- 10 realizar una operación iterativa en la imagen  $\{p_i'\}$  y la imagen  $\{q_j'\}$  dentro de una longitud de etapa preestablecida  $L$  de acuerdo con una transformación de coordenadas inicial preestablecida  $H_0$  para obtener una transformación de coordenadas  $\{H_l \mid l=1, \dots, L\}$ , entre la imagen  $\{p_i'\}$  y la imagen  $\{q_j'\}$ , y calcular una distancia promedio  $\{E_l \mid l=1, \dots, L\}$  entre la imagen  $\{p_i'\}$  y la imagen  $\{q_j'\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $\{H_l\}$ , correspondiendo la distancia promedio  $\{E_l\}$  a la transformación de coordenadas  $\{H_l\}$  (S103);
- 15 evaluar magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y una distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$ , y finalizar el registro cuando la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida (S104); cuando la distancia promedio  $\{E_l\}$  es mayor que la distancia promedio ideal preestablecida, además comprende las etapas de:
- 20 seleccionar la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  en la distancia promedio  $\{E_l\}$  (S305); evaluar magnitudes de la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  y la distancia promedio inicial  $E_0$ , en donde la distancia promedio inicial  $E_0$  corresponde a la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  (S306);
- 25 cuando el valor mínimo en la distancia promedio  $\{E_{\min}\}$  es menor o igual a la distancia promedio inicial  $E_0$ , reemplazar la transformación de coordenadas inicial  $H_0$  con una transformación de coordenadas  $H_{\min}$  correspondiente a una distancia promedio actual  $E_{\min}$ , descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con una tasa de descomposición fija, recalculando una distancia promedio  $\{E_l'\}$  de acuerdo con la transformación de coordenadas  $H_{\min}$  y el parámetro de control de perturbación aleatoria descompuesto  $\sigma$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_l'\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  (S307);
- 30 cuando el valor mínimo en la distancia promedio  $\{E_{\min}\}$  es mayor que la distancia promedio inicial  $E_0$ , después de descomponer el parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  de acuerdo con la tasa de descomposición fija, volver a aplicar una perturbación aleatoria a la imagen  $\{p_i\}$ , recalculando una distancia promedio  $\{E_l''\}$  usando la transformación de coordenadas inicial  $H_0$ , y evaluar si la distancia promedio  $\{E_l''\}$  es menor o igual a la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  (S308).
- 35 9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que el método de registro de imágenes se aplica al modelo de cámara cardíaca, la imagen fuente de registro  $\{p_i\}$  y la imagen objetivo de registro  $\{q_j\}$  están ubicadas en diferentes sistemas de coordenadas, y  $p_i$  y  $q_j$  son vectores de columna de  $3 \times 1$ .
- 40 10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** dicha obtención de puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  que corresponden a puntos en la imagen  $\{p_i'\}$  es específicamente: buscar los puntos más cercanos en la imagen  $\{q_j\}$  que corresponden a los puntos en la imagen  $\{p_i'\}$  por medio del árbol binario KD.
- 45 11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** dicha evaluación de magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  es específicamente: evaluar a su vez si la distancia promedio  $\{E_l\}$  es menor que o igual a la distancia promedio ideal  $E_x$  (S205).
12. El método de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** dicha evaluación de magnitudes de la distancia promedio  $\{E_l\}$  y la distancia promedio ideal preestablecida  $E_x$  es específicamente:
- 50 seleccionar la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  en la distancia promedio  $\{E_l\}$  (S305);  
evaluar magnitudes de la distancia promedio mínima  $E_{\min}$  y la distancia promedio ideal  $E_x$  (S306).
13. El método de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que**, después de dicho recálculo de una distancia promedio  $\{E_l'\}$  o recálculo de una distancia promedio  $\{E_l''\}$ , comprende, además:
- 55 evaluar si un número de veces de iteración es mayor que un número preestablecido de veces de iteración  $K$ , y finalizar el registro e informar de un error cuando el número de veces de iteración es mayor que el número preestablecido de veces de iteración  $K$  (S400).
- 60 14. El método de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que** la tasa de descomposición fija del parámetro de control de perturbación aleatoria  $\sigma$  es  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ , y la longitud de la etapa  $L$  está en un intervalo de 50~200.

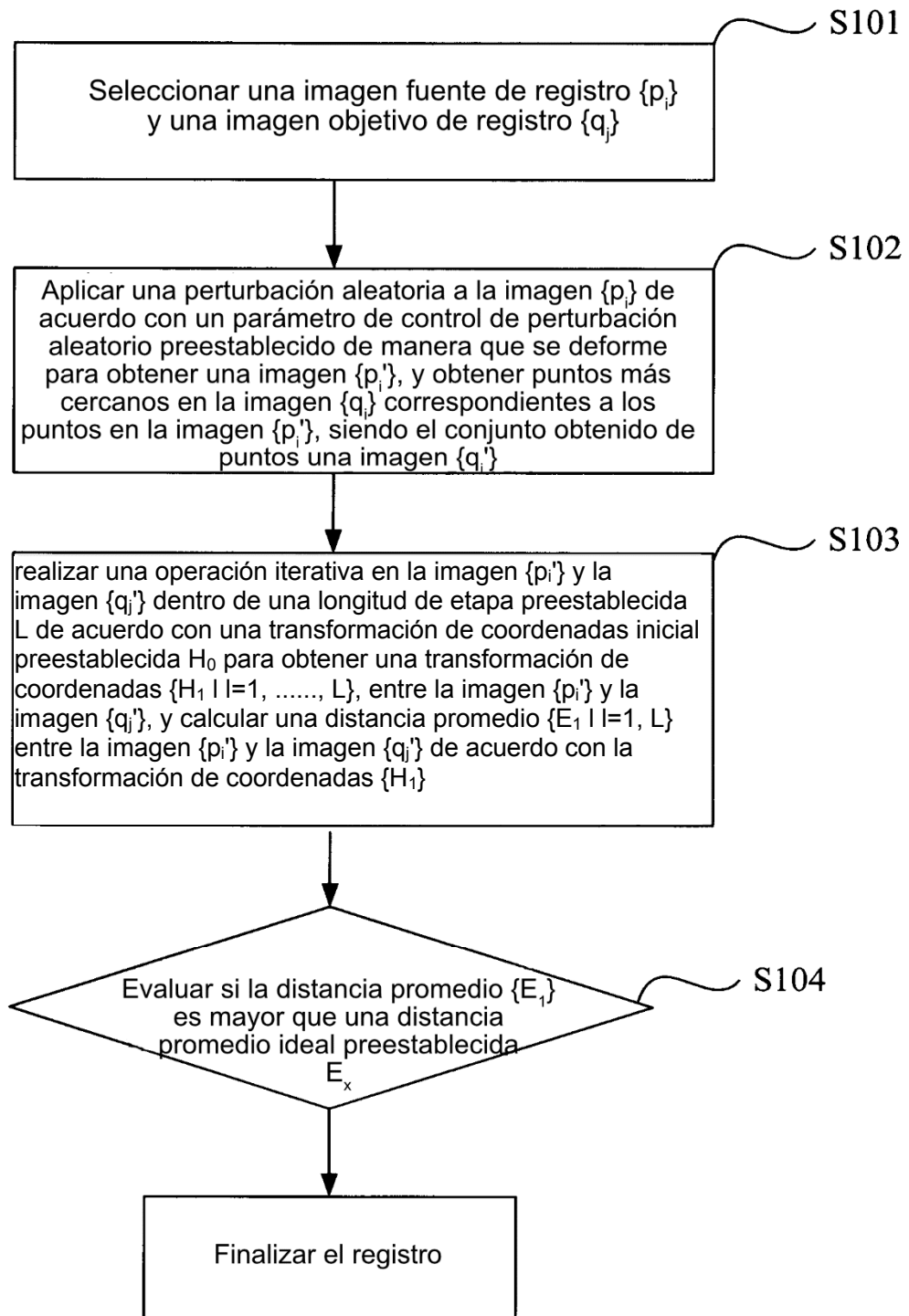


FIG.1

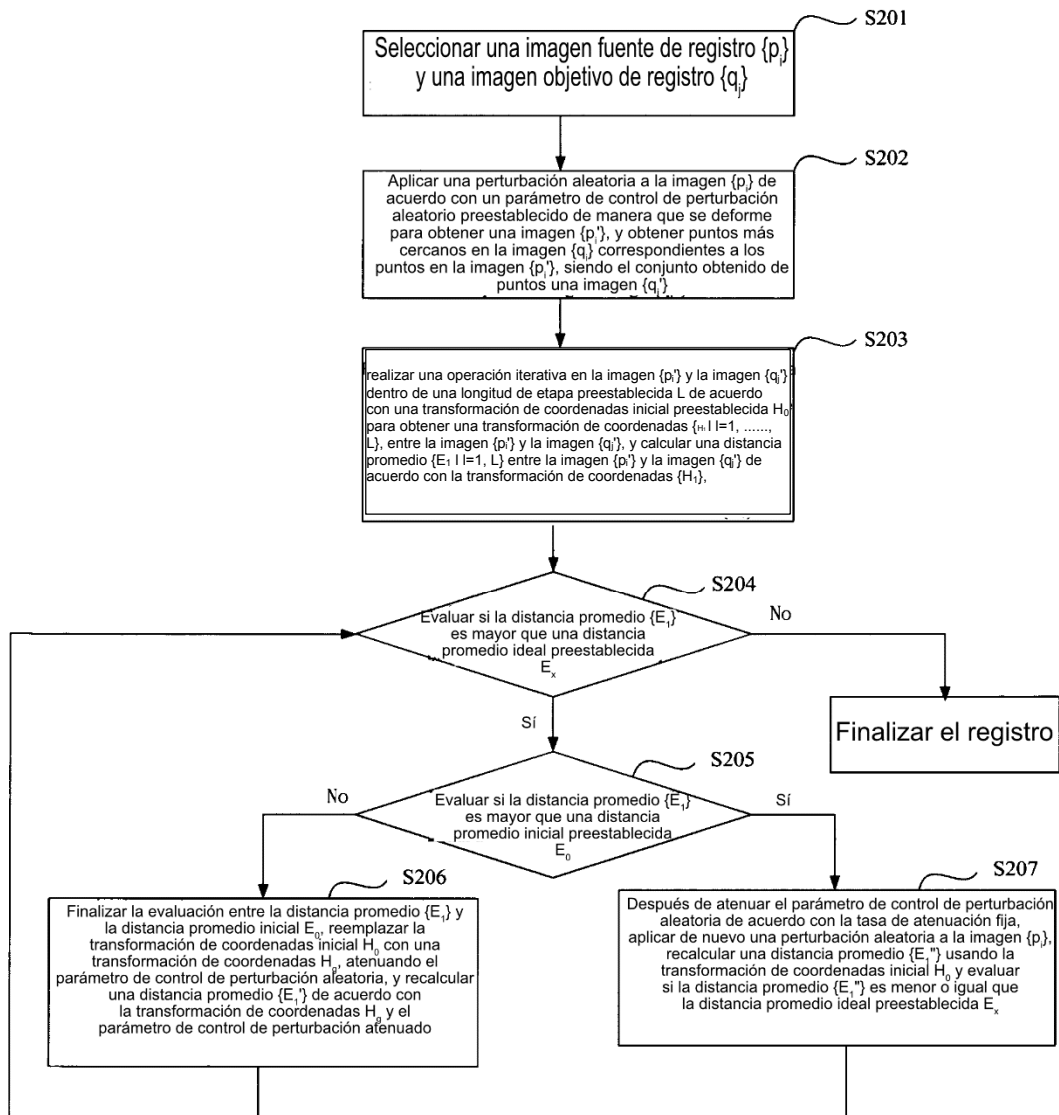


FIG. 2

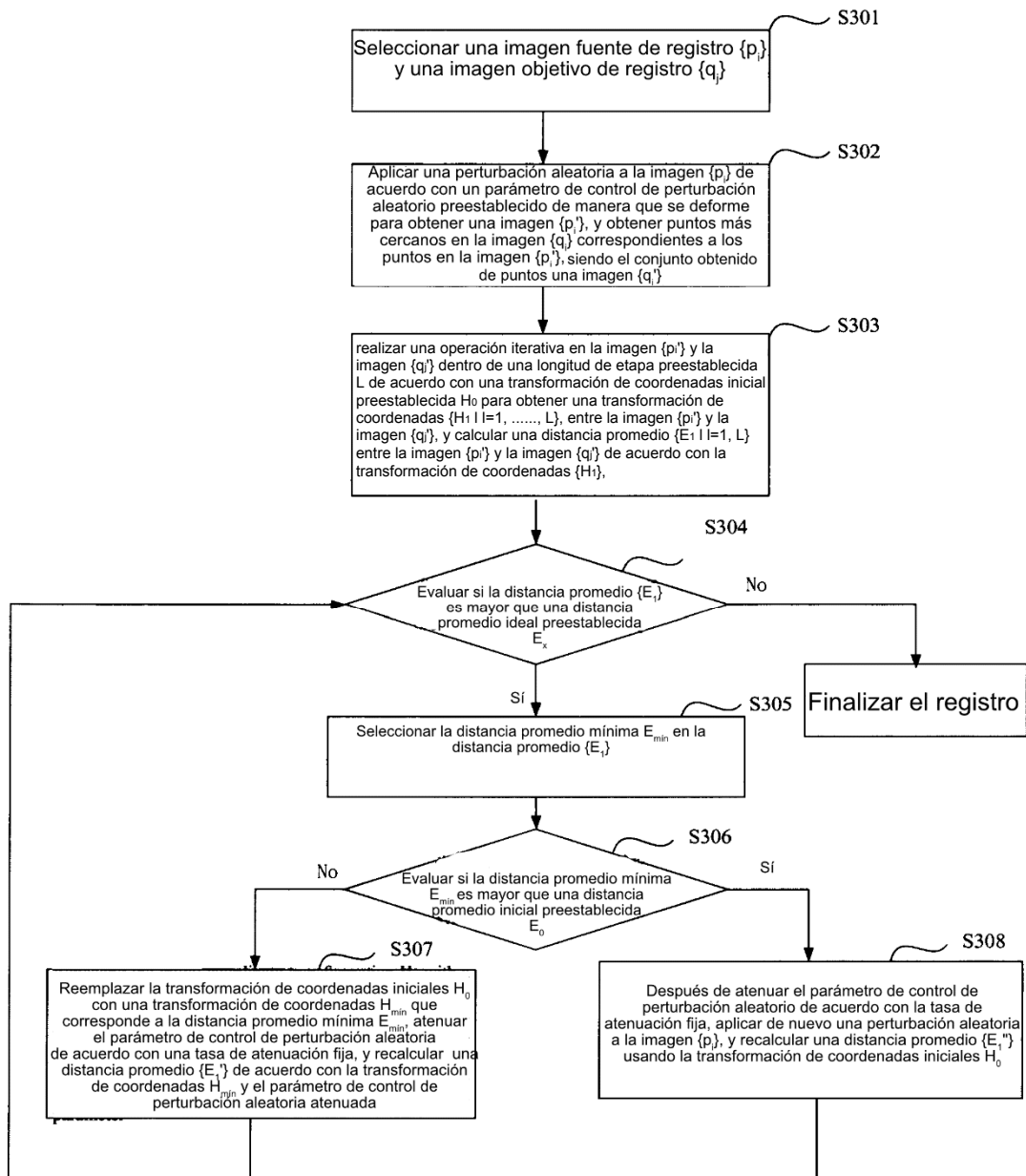


FIG.3

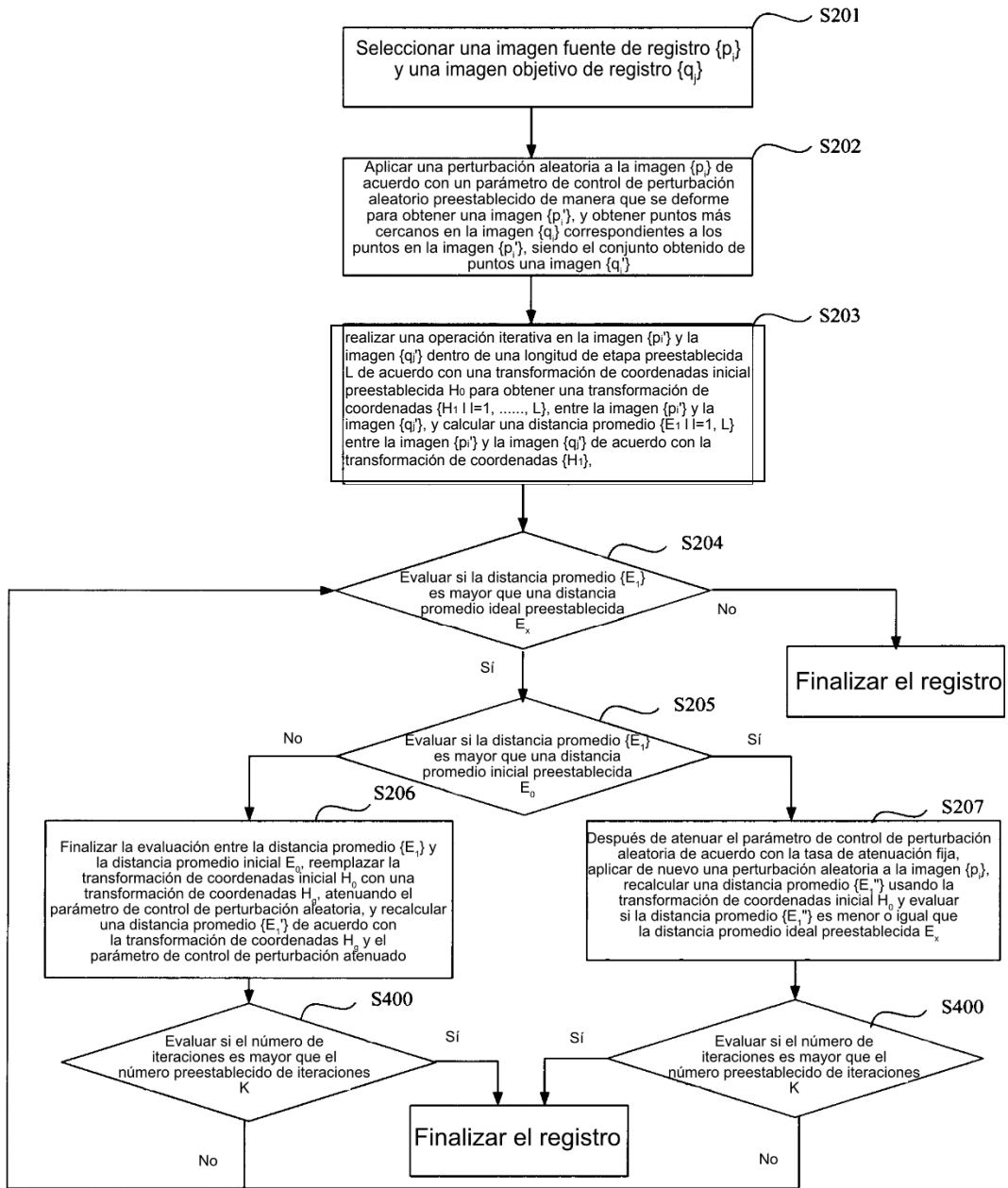


FIG.4

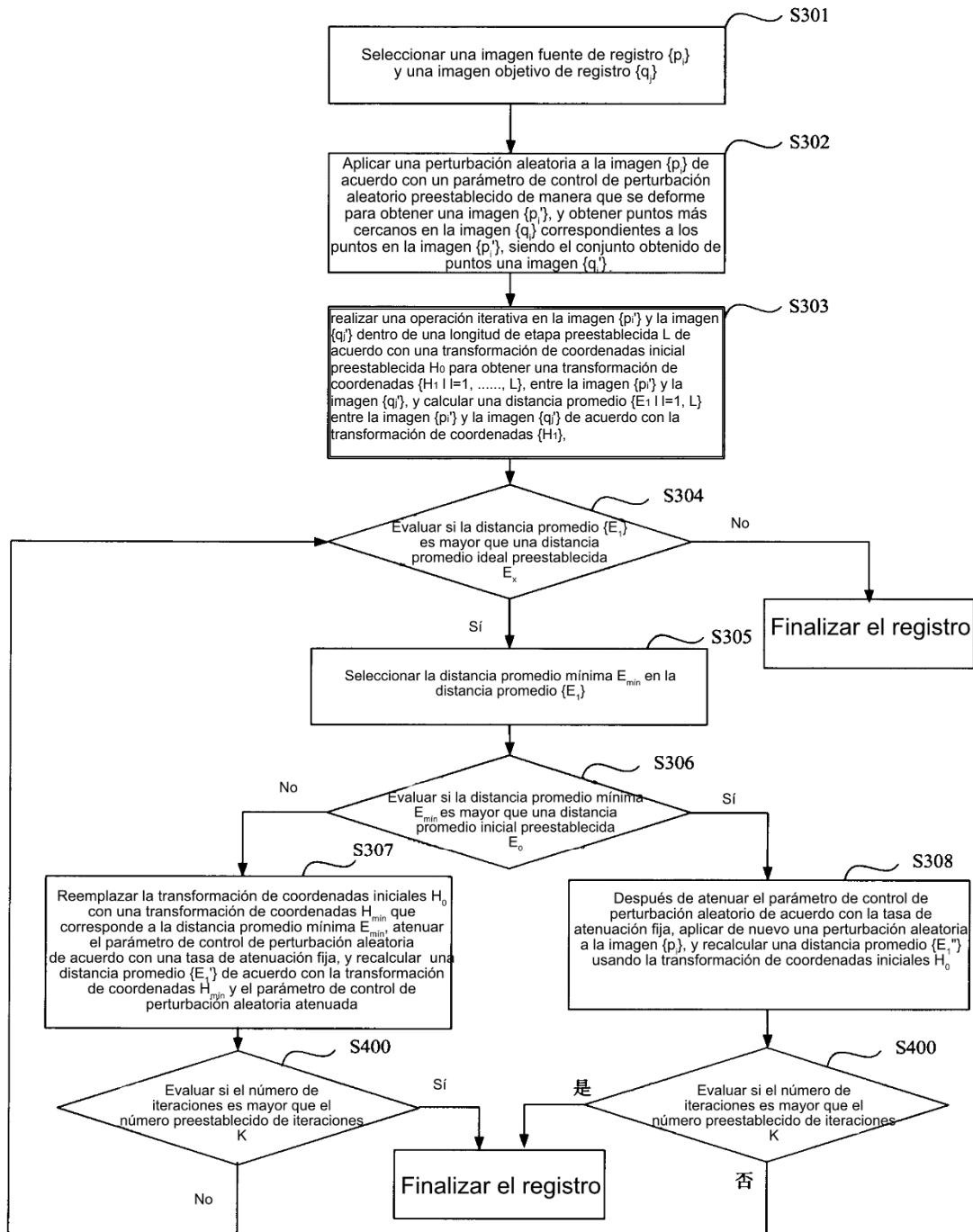


FIG. 5