

19



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: 2 566 427

21 Número de solicitud: 201431308

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

10.09.2014

43 Fecha de publicación de la solicitud:

12.04.2016

56 Se remite a la solicitud internacional:

PCT/ES2015/070651

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID (100.0%)  
Ciudad Universitaria de Cantoblanco  
C/ Einstein, 3  
328049 Madrid ES

72 Inventor/es:

ASENSIO PIZARRO, Carlos y  
NEDELTCHEV KOROUTCHEV, Kostadin

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: MÉTODO PARA POSICIONAR DISPOSITIVOS EN RELACIÓN A UNA SUPERFICIE

57 Resumen:

Método para posicionar dispositivos en relación a una superficie.

Método que permite caracterizar superficies en función de distintos puntos presentes en la misma de manera que no es necesario marcar la superficie para poder trabajar sobre la misma con herramientas automatizadas ya que la superficie a trabajar se encuentra mapeada y marcada artificialmente de manera que se puede guiar un equipo de trabajo sobre la superficie sin necesidad de elementos auxiliares. El método aquí descrito se basa en un barrido previo de la superficie de manera que se genera una imagen de la misma, o varias, a partir de las cuales y previo procesamiento de las mismas se obtiene un mapeado preciso que permite tener caracterizada la superficie y con el conocimiento de la misma para poder realizar cualquier trabajo que precisa el conocimiento de la posición sobre la misma sin necesidad de manipularla.

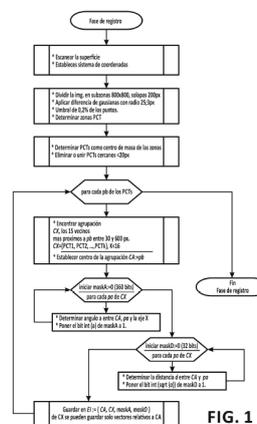


FIG. 1

**MÉTODO PARA POSICIONAR DISPOSITIVOS EN RELACIÓN A UNA SUPERFICIE**

**DESCRIPCIÓN**

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se enmarca en los campos de la informática y la robótica.

El objeto de la invención es un sistema de visión artificial y procesado de imagen que permite establecer el posicionamiento de dispositivos sobre una superficie previamente mapeada sin que ésta sea modificada.

10

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

En la actualidad la empresa ANOTO tiene diversas patentes sobre técnicas y dispositivos capaces de extraer los puntos característicos de una superficie y determinar su posición absoluta (US Patent 6,548,768, US Patent 7,239,306) siempre y cuando la superficie sea de papel y tengamos la posibilidad de imprimir el patrón de ANOTO (WO 2001/026032, US Patent 6,854,821).

15

En las patentes US 5852434 A y US 7,991,191 B2 se describen códigos alternativos a los de ANOTO, que permiten el posicionamiento absoluto sobre superficies, siempre y cuando se pueda imprimir el código. Por otro lado en la patente WO 2006/137077 A1 se utiliza para posicionar puntos característicos definidos mediante su color en combinación con una superficie dividida en campos no superpuestos y asociados a un color específico. Además, existen patentes alternativas al dispositivo de extracción de puntos característicos de ANOTO como son US8541727 y B1, US 6592039 B1.

20

25

Por otro lado hay gran número de patentes basadas en posicionamiento relativo basado en giroscopios y acelerómetros o imágenes como se describe en las patentes US20130093678 A1, US6,492,981, US6,181,329, US5,902,968 y US6,081,261. O una combinación de métodos de posicionamiento relativo y absolutos como en la patente US8542219 B2 Si nos fijamos en los sistemas de navegación de robots, nos encontramos con que se requiere del establecimiento de balizas (US5,977,913, WO2007113815 A2) lo cual limita el rango de acción y eleva los costes de mantenimiento de la tecnología, o la utilización de la red móvil (US7852262 B2), que puede sufrir interferencias en interiores o zonas de baja cobertura.

30

La posibilidad de codificación utilizando codificación aleatoria, pero de imágenes impresas prediseñadas está mencionada en K.Koroutchev and E.Korutcheva "Figure Design for Surface Coding with Orientation" en Advances in Image Analysis and Applications, ISBN 978-981-08-7923-5, pp. 109-11

## **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN**

La invención propuesta tiene como finalidad la determinación de la localización de un dispositivo óptico sobre una superficie mediante la identificación de las características aleatorias de la textura asociadas a la superficie sobre la que se encuentra. Estas características son producidas por desperfectos en la producción, daños o por la propia naturaleza de la superficie.

La utilización de las características de la textura de la superficie en vez de usar códigos impresos, marcas, balizas o sistemas externos para determinar la posición absoluta sobre la superficie, permite determinar la localización del dispositivo óptico sobre superficies cuya modificación no es aceptable. Además podría suponer la reducción de los costes de producción.

La localización se define mediante los puntos característicos de la textura (PCTs). Estos puntos pueden ser seleccionados de diversas maneras, con la restricción de que al menos un número suficiente de ellos sean reconocibles de forma fiable mediante los dispositivos ópticos usados y, por otra parte, sean suficientemente estables, es decir, que un número suficiente de los PCTs no cambien sus coordenadas entre observaciones de la superficie.

El proceso para posicionar el dispositivo se compone de dos fases: una primera fase, de registro, consiste en el escaneo óptico de la totalidad de la superficie, la detección de los PCTs, y el almacenamiento de la relación entre cada PCT y los PCTs próximos a éste. La segunda fase, de posicionamiento, es similar a la fase de registro, pero solo se escanea una zona de la superficie y se sustituye el paso de almacenamiento por una búsqueda dentro de los datos almacenados en la fase de registro, según se explicará en detalle más adelante. Por lo tanto tenemos que el método de posicionamiento de

dispositivos en relación a una superficie tiene la citada primera fase o fase de registro, la cual se lleva a cabo realiza al menos una vez por cada superficie, y comprende los siguientes pasos:

- 5 i. Realizar al menos un primer barrido de la superficie para generar una primera imagen de la superficie mediante unos primeros medios electrónicos de captura de imágenes.
- ii. Determinar una serie de puntos característicos de la textura (PCTs) comprendidos en la primera imagen de la superficie.
- 10 iii. Establecer un primer sistema de coordenadas de referencia (ES) dentro de la primera imagen de la superficie.
- iv. Calcular las coordenadas de las respectivas posiciones de cada PCT de la primera imagen de la superficie con respecto al sistema de referencia ES fijado con anterioridad.
- 15 v. Determinar para cada PCT de la primera imagen sus PCTs más próximos, generando una serie de agrupaciones de la primera imagen de la superficie que respectivamente comprenden cada PCT de la primera imagen y sus PCTs más próximos.
- vi. Determinar para cada agrupación de la primera imagen de la superficie al menos un PCT central de la agrupación (CA).
- 20 vii. Obtener para cada agrupación de la primera imagen de la superficie unos vectores formados entre las coordenadas del CA y las coordenadas del resto PCTs que pertenecen a la agrupación correspondiente al CA.
- viii. Fijar para cada agrupación de la primera imagen de la superficie un eje de referencia (ERA) con origen en el CA.
- 25 ix. Determinar las respectivas posiciones relativas de cada PCTs de la agrupación de la primera imagen de la superficie con respecto al correspondiente CA; donde una posición relativa de cada PCT dentro de la agrupación (PRPA) se compone de la longitud del vector antes obtenido y un ángulo que forma dicho vector con el ERA.
- 30 x. Almacenar en una estructura informática (EI), preferentemente en un soporte de datos legible mediante ordenador, la información referida a cada agrupación de la primera imagen de la superficie, donde dicha información comprende al menos un juego de datos que está formado por: las coordenadas del CA respecto al primer sistema de coordenadas de referencia ES fijado sobre la imagen de la superficie y las PRPAs.

Una vez realizada la primera fase o fase de registro, que como se ha indicado

anteriormente se lleva a cabo al menos una vez por cada superficie, se procede a pasar a la segunda fase o fase de de posicionamiento sobre la superficie, que podría repetirse una o varias veces para cada fase de registro, fase de posicionamiento que a su vez comprende los siguientes pasos:

- 5 xi. Realizar un segundo barrido de al menos una zona de la superficie, para generar una segunda imagen de la superficie mediante unos segundos medios electrónicos de captura de imágenes.
- xii. Determinar una serie de segundos puntos característicos de la textura (PCTZ) comprendidos en la segunda imagen.
- 10 xiii. Establecer un segundo sistema de coordenadas de referencia (EZ) dentro de la segunda imagen.
- xiv. Calcular las coordenadas de las respectivas posiciones de cada PCTZ de la segunda imagen, respecto al segundo sistema de coordenadas de referencia (EZ).
- 15 xv. Determinar para cada PCTZ de la segunda imagen sus PCTZs más próximos.
- xvi. Determinar al menos una agrupación de la segunda imagen donde dicha agrupación de la segunda imagen comprende al menos un PCTZ de la segunda imagen y sus respectivos PCTZs más próximos.
- xvii. Determinar para cada agrupación de la segunda imagen al menos un PCTZ central de la agrupación (CAZ).
- 20 xviii. Obtener para cada agrupación de la segunda imagen los vectores formados entre las coordenadas del CAZ y las coordenadas de los respectivos PCTZs comprendidos en cada agrupación.
- xix. Fijar para cada agrupación de la segunda imagen un eje de referencia (ERAZ) con origen en el CAZ.
- 25 xx. Determinar la posición relativa de los PCTZs de la agrupación de la segunda imagen con respecto al CAZ; donde la posición relativa de cada PCTZ dentro de la agrupación (PRPAZ) se compone de la longitud del vector antes obtenido y el ángulo que forma dicho vector que los une con respecto al ERAZ.
- 30 xxi. Calcular el número de coincidencias (NC) entre la información referida a cada agrupación de la primera imagen de la superficie almacenada en la estructura informática (EI) y la información de cada agrupación de la segunda imagen obtenida en el paso anterior. Esto es equivalente a definir el número de coincidencias (NC) como el número de PRPAs asociados a un primer punto

característico de la textura (PCT) y PRPAZs asociados a un segundo punto característico de la textura (PCTZ) para los cuales las coordenadas coinciden dentro de unos márgenes de error predeterminados.

5 xxii. Proporcionar la posición del CA de la agrupación perteneciente a la primera imagen de la superficie respecto al sistema de coordenadas ES, y la posición de CAZ de la segunda imagen respecto al sistema de coordenadas (EZ) en caso de obtener en xxi un número de coincidencias (NC) entre dos agrupaciones por encima de un primer número de coincidencias fijado con anterioridad (PNC). En el caso de obtener un número de coincidencias NC menor o igual al PNC fijado se  
10 procede a guardar el número de coincidencias NC y la información de las agrupaciones con centro CA y CAZ con las que se ha dado ese número de coincidencias NC, siempre y cuando NC es el máximo NC (MNC) conseguido durante una ejecución de la fase de posicionamiento.

15 Adicionalmente, en el caso de que el procedimiento no termina según xxii, dado que el número de coincidencias (NC) entre dos agrupaciones no está por encima de un primer número de coincidencias fijado con anterioridad (PNC) pero el MNC es mayor que un segundo número predeterminado, se procede a devolver el número de coincidencias MNC y la información de las agrupaciones con centro CA y CAZ con las que se ha dado  
20 ese número de coincidencias MNC guardadas; en el caso contrario el procedimiento termina sin encontrar coordenadas válidas en la superficie.

La determinación de los puntos característicos de la textura PCTs o PCTZs se puede llevar a cabo mediante varios procesos como pueden ser: filtro lineal, diferencia de  
25 gaussianas, detección de gradiente, algoritmos de cálculo de puntos invariantes, o detección de umbrales. Por ejemplo, se puede llevar a cabo mediante la aplicación de un filtro de diferencia de gaussianas con un radio establecido entre 3px y 25px, seguido de un umbral adaptativo destinado a encontrar un porcentaje de los píxeles con un valor que contenga aproximadamente entre el 0.1% y el 1% de los píxeles de mayor o menor  
30 intensidad de la imagen, y del cálculo del centro de masas de las áreas conexas de los píxeles encontrados (se considera un área conexa aquella área que no puede ser descrita como unión disjunta de dos conjuntos abiertos de píxeles).

Para cada PCT de la agrupación se calcula un vector que une dicho PCT (también es

válido para los PCTZs) con cada uno de los restantes PCTs/PCTZ de la agrupación, y el ángulo de dicho vector con respecto a una misma referencia predefinida para cada agrupación. Asimismo de manera opcional se pueden determinar características espectrales de al menos uno de los PCTs/PCTZs y una orientación relativa entre la primera y la segunda imagen a partir de una rotación relativa de al menos un par de agrupaciones que respectivamente comprenden número de coincidencias (NC) por encima de un primer número de coincidencias fijado con anterioridad (PNC).

Si se estima necesario, se puede realizar una comparación ángulos y/o distancias de las agrupaciones mediante unas mascarar rotatorias de bits.

### **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra un diagrama de flujo de la fase de registro.

Figuras 2 y 3 .- Muestran un diagrama de flujo de la fase de posicionamiento.

### **REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION**

En una realización preferida del método de posicionamiento de dispositivos en relación a una superficie de la invención, vamos a llevar a cabo el método aquí descrito en una superficie completa de una hoja de papel reciclado tamaño A4 haciendo uso de un escáner de resolución 2400dpi (ajustando los parámetros de escaneo para que sean visibles los desperfectos del papel). Dado que el método de la invención no es determinista la estimación sólo se puede proporcionar en términos de probabilidad.

Como veremos, la probabilidad de coincidencia fortuita que proporciona coordenadas erróneas baja de manera aproximadamente exponencial en función del número de

PCTs utilizados, y como consecuencia de esto también decrece de forma exponencial con el tamaño del área barrida. Por eso es posible encontrar las coordenadas con una probabilidad de equivocación fortuita menor que una probabilidad dada.

5 Para ello vamos a determinar previamente las siguientes definiciones:

- $S$  área total de la superficie barrida en la fase de registro. Por ejemplo, para un tamaño DIN A4 se tiene un área de  $21 \times 29$  cm<sup>2</sup>.

- $N$  número de puntos característicos en el área  $S$ , supuestamente uniformemente distribuidos. Por ejemplo 10000 puntos en una hoja de tamaño A4.

10 •  $M$  margen de discrepancia entre las imágenes tomadas en las dos fases. Por ejemplo 1.5 significa que entre las fases hay  $1/1.5 = 67\%$  de los puntos característicos comunes detectados.

- $B$  ratio de error en el cálculo de los ángulos. Por ejemplo si la precisión en la medida del ángulo es de 2 grados  $B = 60/360/4$ .

15 •  $n$  número de puntos encontrados y comunes entre las dos fases.

- $P$  probabilidad de encontrar al menos  $n$  coincidencias entre las dos fases debidas al azar.

- $s$  área de barrida mínima para detectar con alta probabilidad al menos  $n$  PCTs .

- $D$  diámetro asociado al área  $s$

20

Según la fórmula:

$$P = N(n - 2)! e^{-(n-2) \log(B)} \quad (1)$$

25 El tamaño del área  $s$  que contiene  $n$  puntos en la fase dos se puede estimar mediante la ecuación:

$$s = MS \left( \frac{n}{M} \right)$$

Si utilizamos área circular tendremos un diámetro  $D$  asociado al área  $s$  tal que,

$$D, s = \pi \frac{D^2}{4}$$

ó

$$D = \sqrt{\frac{4s}{\pi}}$$

De lo que se infiere que:

$$D = \sqrt{4MS \frac{n}{\pi N}} \quad (2)$$

- 5 Los valores de probabilidad  $P$  aceptables dependen de la aplicación a la cual se dirige el método, con la condición de que  $P \ll 1$ .

Para la realización típica del método se debería usar preferentemente una probabilidad de error fortuito  $P < 1/10000$ .

10

A partir de las formulas (1) y (2) se determina  $D(P; M, S, N, B)$

- 15 En este ejemplo de realización el método se realiza sobre una hoja de A4 y 10000 puntos característicos,  $M=1.5$ . La probabilidad de error fortuito  $P$  baja aproximadamente como exponente al aumentar el área de escaneo  $s$ . Por tanto siempre podemos elegir una superficie  $s$  que satisfaga con  $P$  suficientemente pequeña las exigencias de la aplicación.

- 20 Una posible realización alternativa del método de la invención dirigida a una aplicación que requiera  $P=10^{-5}$  (aplicación de producción mecánica por ejemplo) podemos elegir un tamaño de área barridas de  $1 \text{ cm}^2$ .

- 25 En una posible realización alternativa también es posible de fijar a priori el número de puntos  $n$  que necesitamos, incrementando el área barrida de la imagen hasta asegurar el  $n$  deseado.

La estimación según la fórmula 1 no utiliza la información de las distancias entre los puntos, ni las características espectrales de los PCTs. La inclusión de esta información

adicional podría disminuir el número  $n$  de puntos necesarios y con ello disminuir el área necesaria de escaneo.

Para ello se tiene una primera fase o fase de registro que se muestra en la figura 1:

- 5 1. Tenemos entonces que se realiza un primer barrido de la superficie para obtener una imagen de la misma, imagen que posteriormente se procede a transformar en una imagen a escala de grises. Se fija un sistema de coordenadas ES, comprendido por un centro de coordenadas en la posición 0, 0 de la imagen y dos ejes que se corresponden con los ejes X e Y de la imagen. En esta realización se utilizan las coordenadas en píxeles que proporciona el dispositivo óptico.
- 10 2. Dicha imagen a escala de grises se divide en subzonas de 800px solapadas 200px y para cada una de dichas subzonas se procede a identificar primeros puntos característicos de la textura PCTs, mediante diversas técnicas como aplicar diferencia de gaussianas (con radios establecidos de 3px y 25px) y aplicar un umbral con el valor que contenga aproximadamente el 0.2% de los puntos de mayor intensidad de la imagen resultante de la diferencia de gaussianas.
- 15 3. Para las áreas de píxeles conexas obtenidas tras aplicar el umbral se procede a calcular las coordenadas de los PCTs, respecto al sistema de coordenadas ES, como el centro de masa de las áreas de píxeles conexas, procurando eliminar PCTs con coordenadas repetidas o muy próximas (preferentemente a una distancia  $< 20$ px).
- 20 4. Para cada PCT se procede a determinar su agrupación, compuesta por los 15 PCTs vecinos más próximos, siempre que estén a un radio mayor de 30px y menor que 600px.
  - 25 a. En esta realización se define como Centro para cada Agrupación (CA) las coordenadas del PCT a partir del cual se han encontrado los vecinos.
  - b. Se determinan para cada agrupación los ángulos formados entre el eje X y los vectores con origen el CA y destino los PCTs de la agrupación. Se crea una máscara de 360 bits, un bit por grado, donde se marca con un 1 los bits cuyo índice coincida con los ángulos encontrados en el paso anterior y con un 0 el resto de bits.
  - 30 c. Se calcula la distancia  $d$  entre el CA y cada PCTs de la agrupación. Se crea una máscara de bits, en la que se hace uso de una función monótona como

por ejemplo que cada bit cuyo índice coincida con la parte entera de  $\sqrt{d}$  tenga valor 1 y 0 en caso contrario.

- 5 d. Se almacena la información de cada agrupación, donde esa información comprende para cada agrupación las dos máscaras de bit, las coordenadas del CA, y los vectores entre CA y los PCTs de la agrupación.

Una vez almacenada la información de las agrupaciones de la superficie, podemos obtener las coordenadas de los puntos de esta superficie una o varias veces.

10 Para pasar a una segunda fase o fase de posicionamiento que se muestra en las figuras 2 y 3:

15 5. Para obtener la posición sobre la superficie tomamos una imagen con un dispositivo de características ópticas similares al del dispositivo usado en el punto 1 y con la misma resolución, de una zona de la superficie procesada en los anteriores puntos, teniendo esta imagen al menos un área circular de  $1\text{cm}^2$ , y se convierte la imagen a escala de grises. Se fija un sistema de coordenadas EZ comprendido por un centro de coordenadas en la posición 0, 0 de la imagen de la zona y dos ejes, que se corresponden con los ejes x e y de la imagen de la zona. En esta realización se utilizan coordenadas en función de la resolución en píxeles que proporciona el dispositivo óptico.

20

25 6. La imagen de la zona en escala de grises se divide en subzonas de 800px solapadas 200px, y para cada una de dichas subzonas se procede a identificar puntos de características de la textura PCTZs pertenecientes a la imagen de la zona, mediante diversas técnicas como aplicar diferencia de gaussianas (con radios establecidos de 3px y 25px) y aplicar un umbral con el valor que contenga aproximadamente el 0.2% de los puntos de mayor intensidad de la imagen resultante de la diferencia de gaussianas.

30 7. Para las áreas de píxeles conexas de la zona obtenida tras aplicar el umbral se procede a calcular las coordenadas de los PCTZs, respecto al sistema de coordenadas EZ, como el centro de masa de las áreas de

pixeles conexas, procurando eliminar PCTZs con coordenadas repetidas o muy próximas (preferentemente a una distancia  $< 20\text{px}$ ).

8. Para cada PCTZ se procede a determinar su agrupación, compuesta por los 15 PCTZ-s vecinos más próximos, siempre que estén a un radio mayor de 30px y menor que 600px.
  - e. En esta realización se define como Centro para cada Agrupación (CAZ), las coordenadas del PCTZ a partir del cual se han encontrado los vecinos.
  - f. Se determinan para cada agrupación los ángulos formados entre el eje x de la imagen de la zona y los vectores con origen el CAZ y destino los PCTZs de la agrupación. Se crea una máscara de 360 bits, un bit por grado, donde se marca con un 1 los bits cuyo índice coincida con los ángulos encontrados en el paso anterior y con un 0 el resto de bits. Se marcan con 1 también las posiciones adyacentes a las marcadas con 1.
  - g. Se calcula el módulo  $d$  de los vectores de cada agrupación, en distancia euclídea. Se crea una máscara de bits, en la que cada bit cuyo índice coincida con la parte entera de  $\sqrt{d}$  tenga valor 1 y 0 en caso contrario. Se marcan con 1 también las posiciones adyacentes a los marcados con 1.
  - h. Se comparan las máscaras de ángulos y distancias almacenadas en el punto d, y las máscaras de ángulos y distancias de la zona, definidos en los puntos f y g.
  - i. En el caso de obtener 6 o más coincidencias en las dos máscaras, se comparan las coordenadas relativas entre los vectores con origen CA y destino los PCTs de la agrupación y con origen CAZ y destino los PCTZs de la agrupación y se calcula el número de coincidencias NC dentro de un margen de error de 10px.
    - a. Si hay al menos 8 (PNC) coincidencias, se devuelven las coordenadas del CA, la rotación entre las agrupaciones con centro CA y CAZ, NC y se termina el proceso con éxito.
    - b. Se guarda el máximo número de coincidencias MNC conseguido en la fase de posicionamiento junto con el identificador de las agrupaciones, con centro en CA y CAZ, con las que se ha conseguido y la rotación entre las agrupaciones con centro CA y CAZ.

- j. Se rotan las máscaras de ángulos de las agrupaciones pertenecientes a la imagen de la zona de la superficie. Se repite el proceso de los puntos h,i. hasta completar 360 rotaciones para cada agrupación de la imagen pequeña.
- 5
- 9. En el caso que el proceso no termine según el punto 8.i.a. para ninguna de las agrupaciones y el MNC es mayor de 6 se devuelven como resultado las coordenadas del CA, la rotación y el número MNC de puntos de coincidencias guardadas en el 8.i.b.
- 10
- 10. En el caso de que el proceso del punto 8 o 9 no termine devolviendo las coordenadas, el proceso termina sin un resultado valido. Esta terminación se da cuando la superficie sobre la que nos posicionamos no se corresponde con la registrada.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de posicionamiento de dispositivos en relación a una superficie, método caracterizado por que comprende las siguientes fases:
- 5 - una fase de registro, que se realiza al menos una vez, fase de registro que a su vez comprende los siguientes pasos:
- i. realizar al menos un primer barrido de la superficie para generar una primera imagen de la superficie mediante unos primeros medios electrónicos de captura de imágenes,
  - 10 ii. determinar una serie de primeros puntos característicos de la textura (PCTs) comprendidos en la primera imagen de la superficie,
  - iii. establecer un primer sistema de coordenadas de referencia (ES) dentro de la primera imagen de la superficie,
  - iv. calcular las coordenadas de las respectivas posiciones de cada PCT de la primera imagen de la superficie con respecto al sistema de referencia (ES) fijado con anterioridad,
  - 15 v. determinar para cada PCT de la primera imagen sus PCTs más próximos, generando una serie de agrupaciones de la primera imagen de la superficie que respectivamente comprenden cada PCT de la primera imagen y sus PCTs más próximos,
  - 20 vi. determinar para cada agrupación de la primera imagen de la superficie al menos un PCT central de la agrupación (CA),
  - vii. obtener para cada agrupación de la primera imagen de la superficie unos vectores formados entre las coordenadas del CA y las coordenadas del resto de PCTs que pertenecen a la agrupación correspondiente al CA,
  - 25 viii. fijar para cada agrupación de la primera imagen de la superficie un eje de referencia (ERA) con origen en el CA,
  - ix. determinar respectivas posiciones relativas de cada PCT de la agrupación de la primera imagen de la superficie con respecto al correspondiente CA; donde una posición relativa de cada PCT dentro de la agrupación (PRPA) se compone de la longitud del vector antes obtenido y un ángulo que forma dicho vector con el ERA,
  - 30 x. almacenar en una estructura informática (EI), información referida a cada agrupación de la primera imagen de la superficie, donde dicha información

comprende al menos un juego de datos que está formado por: las coordenadas del CA respecto al primer sistema de coordenadas de referencia ES fijado sobre la imagen de la superficie y las PRPAs, y

- una fase de posicionamiento sobre la superficie, fase de posicionamiento que a su vez comprende los siguientes pasos:

5

xi. realizar un segundo barrido de al menos una zona de la superficie para generar una segunda imagen de la superficie mediante unos segundos medios electrónicos de captura de imágenes,

10

xii. determinar una serie de segundos puntos característicos de la textura (PCTZ) comprendidos en la segunda imagen,

xiii. establecer un segundo sistema de coordenadas de referencia (EZ) dentro de la segunda imagen,

xiv. calcular respectivas posiciones en coordenadas de cada PCTZ de la segunda imagen, respecto al segundo sistema de coordenadas de referencia (EZ),

15

xv. determinar para cada PCTZ de la segunda imagen sus PCTZs más próximos,

xvi. determinar al menos una agrupación de la segunda imagen donde dicha agrupación de la segunda imagen comprende al menos un PCTZ de la segunda imagen y sus respectivos PCTZs más próximos,

20

xvii. determinar para cada agrupación de la segunda imagen al menos un PCTZ central de la agrupación (CAZ),

xviii. obtener para cada agrupación de la segunda imagen, vectores formados entre las coordenadas del CAZ y las coordenadas de los respectivos PCTZs comprendidos en cada agrupación,

25

xix. fijar para cada agrupación de la segunda imagen un eje de referencia (ERAZ) con origen en el CAZ,

xx. determinar la posición relativa (PRPAZ) de los PCTZs de la agrupación de la segunda imagen con respecto al CAZ; donde la posición relativa de cada PCTZ dentro de la agrupación (PRPAZ) se compone de la longitud del vector antes obtenido y el ángulo que forma dicho vector que los une con respecto al ERAZ,

30

xxi. calcular el número de coincidencias (NC) entre la información referida a cada agrupación de la primera imagen de la superficie almacenada en la estructura informática (EI) y la información de cada agrupación de la segunda imagen obtenida en el paso anterior, donde (NC) se define como el número de PRPAs asociados a un primer punto característico de la textura (PCT) y PRPAZs

asociados a un segundo punto característico de la textura (PCTZ) para los cuales las coordenadas coinciden dentro de unos márgenes de error predeterminados, y  
 xxii. proporcionar la posición del CA de la agrupación perteneciente a la primera imagen de la superficie respecto al sistema de coordenadas (ES), y la posición de  
 5 CAZ de la segunda imagen respecto al sistema de coordenadas (EZ) cuando el número de coincidencias (NC) entre dos agrupaciones obtenido en el paso xxi tiene un valor por encima de un primer número de coincidencias fijado con anterioridad (PNC), o guardar el número de coincidencias (NC) y la información de las agrupaciones con centro CA y CAZ con las que se ha dado ese número de  
 10 coincidencias NC siempre y cuando NC es el máximo NC (MNC) conseguido durante una ejecución de la segunda fase.

2. Método según reivindicación 1 caracterizado por que la determinación de los puntos característicos de la textura PCTs o PCTZs se lleva a cabo mediante al  
 15 menos alguno de los siguientes procesos:

- filtro lineal
- diferencia de gaussianas
- detección de gradiente
- algoritmos de cálculo de puntos invariantes, y
- detección de umbrales.

3. Método según la reivindicación 2 caracterizado por que comprende aplicar en cada uno de los píxeles de al menos una zona de la primera y segunda imagen un umbral adaptativo destinado a detectar un porcentaje de los puntos  
 25 característicos de la textura (PCTs, PCTZs).

4. Método según reivindicación 3 caracterizado porque la detección de los puntos característicos de la textura (PCT, PCTZ) se lleva a cabo mediante la aplicación de un filtro de diferencia de gaussianas con un radio establecido entre 3px y 25px, seguido de un umbral adaptativo destinado a encontrar un porcentaje de los  
 30 píxeles con un valor que contenga aproximadamente entre el 0.1% y el 1% de los píxeles de mayor o menor intensidad de la imagen, y del cálculo del centro de masas de las áreas conexas de los píxeles encontrados

5. Método según reivindicación 2 caracterizado por que la determinación de los puntos característicos de la textura (PCT, PCTZ) se lleva a cabo mediante diferencia de gaussianas con un radio establecido entre 3 px y 25 px.
- 5 6. Método según reivindicación 1 ó 2 caracterizado por que adicionalmente comprende calcular para cada PCT o PCTZ de la agrupación un vector que une dicho PCT o PCTZ con cada uno de los restantes PCTs o PCTZs de la agrupación, y calcular el ángulo de dicho vector con respecto a una misma referencia predefinida para cada agrupación.
- 10 7. Método según una de las reivindicaciones anteriores caracterizado por que adicionalmente comprende determinar y comparar las características espectrales de los PCTs.
- 15 8. Método según reivindicación 1 caracterizado por que adicionalmente comprende determinar una orientación relativa entre la primera y la segunda imagen a partir de una rotación relativa de al menos un par de agrupaciones que respectivamente comprenden número de coincidencias (NC) por encima de un primer número de coincidencias fijado con anterioridad (PNC).
- 20 9. Método según reivindicación 1 u 8 caracterizado por que adicionalmente comprende realizar una comparación ángulos y/o distancias de las agrupaciones mediante unas mascarar rotatorias de bits.
- 25 10. Método según la reivindicación 1, 8 ó 9 caracterizado por que adicionalmente y en caso de no encontrar dos agrupaciones con un NC por encima del PNC, proporciona como coordenadas válidas aquellas correspondientes a las agrupaciones con el MNC, siempre que el NC sea mayor que un segundo número de coincidencias predefinido.
- 30 11. Método según la reivindicación 1, 8, 9, o 10 caracterizado por que adicionalmente se proporciona una estimación de la probabilidad de error de las coordenadas encontradas, donde dicha estimación está basada en los valores de NCs o MNC.

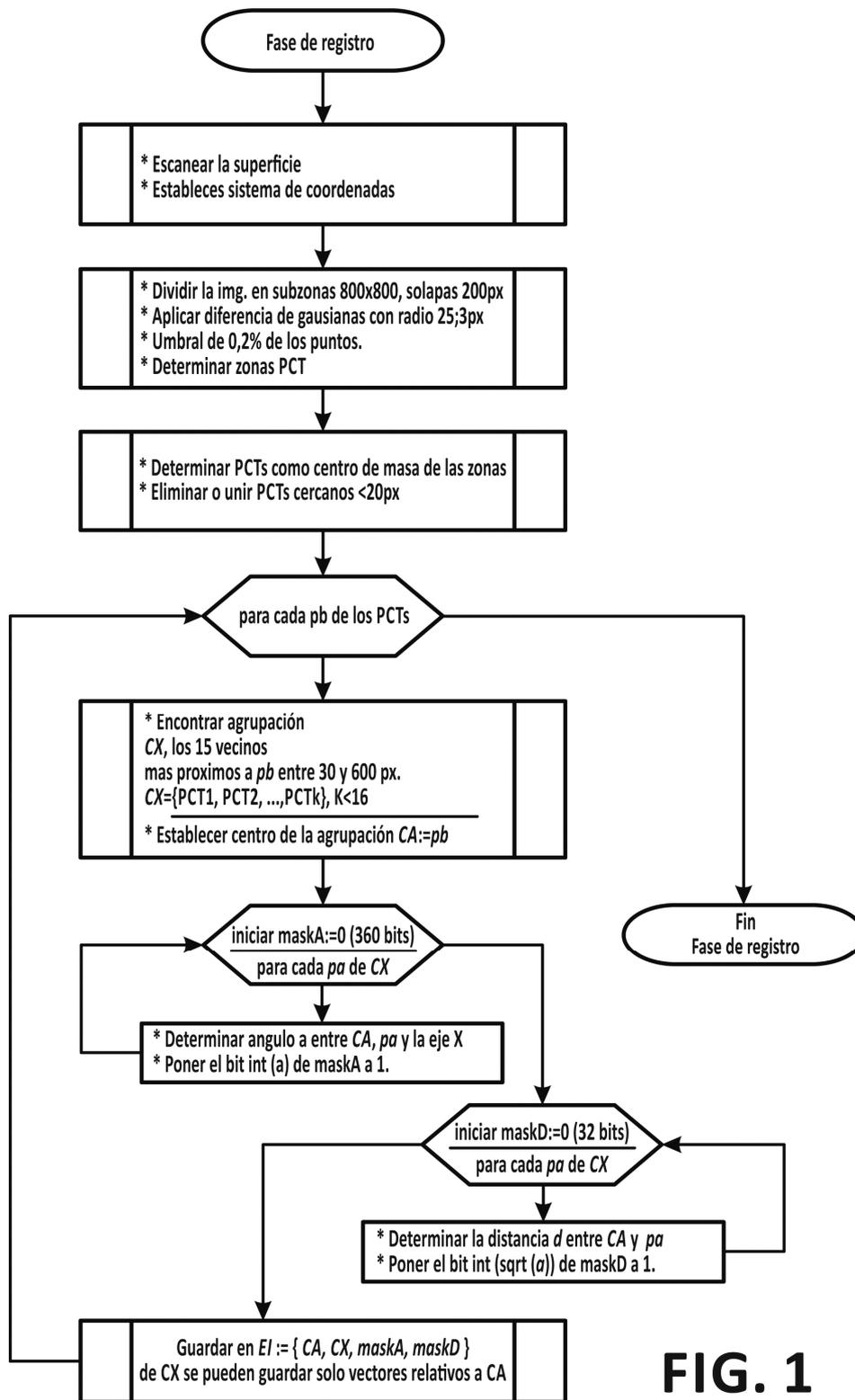


FIG. 1

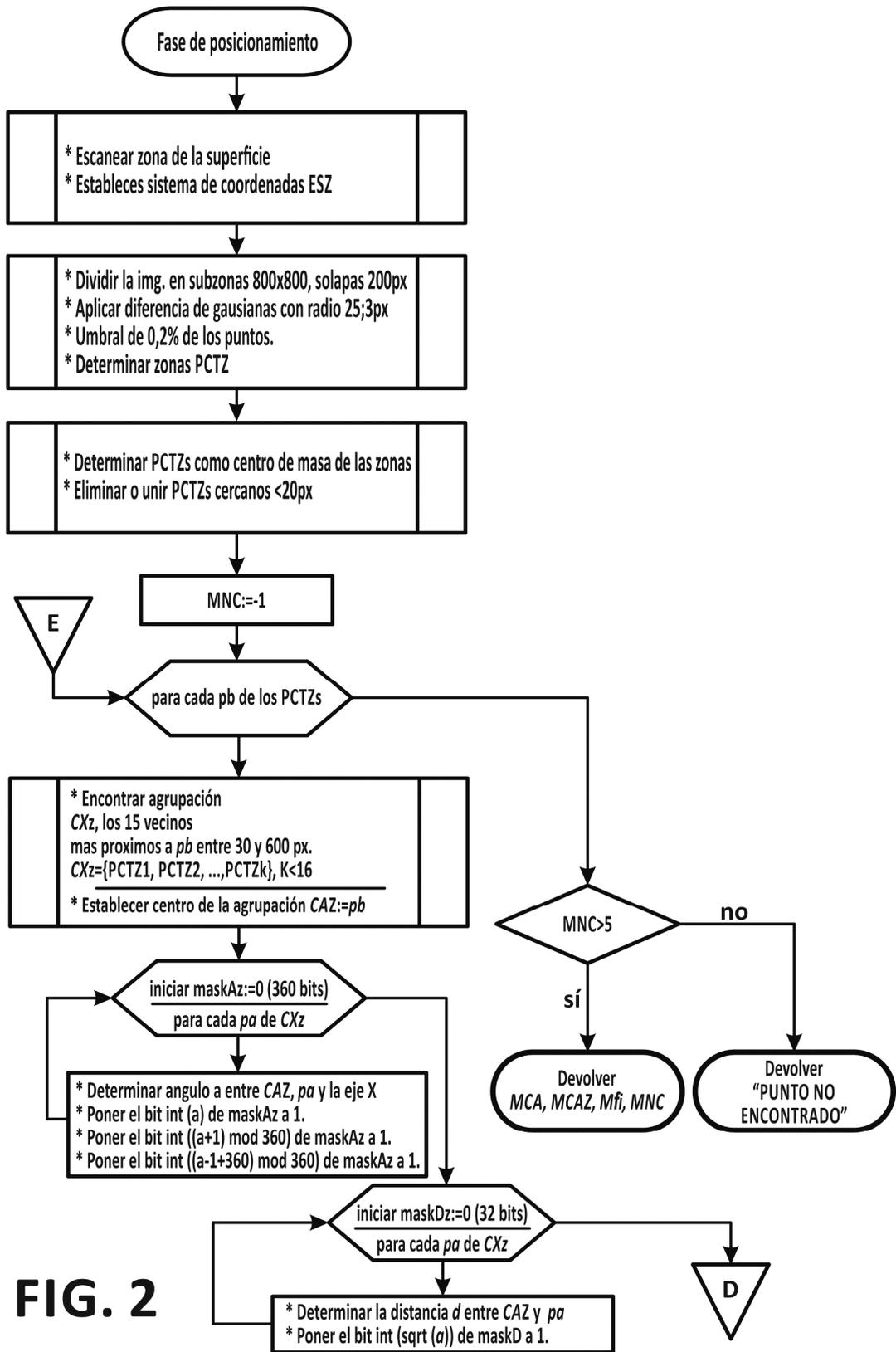
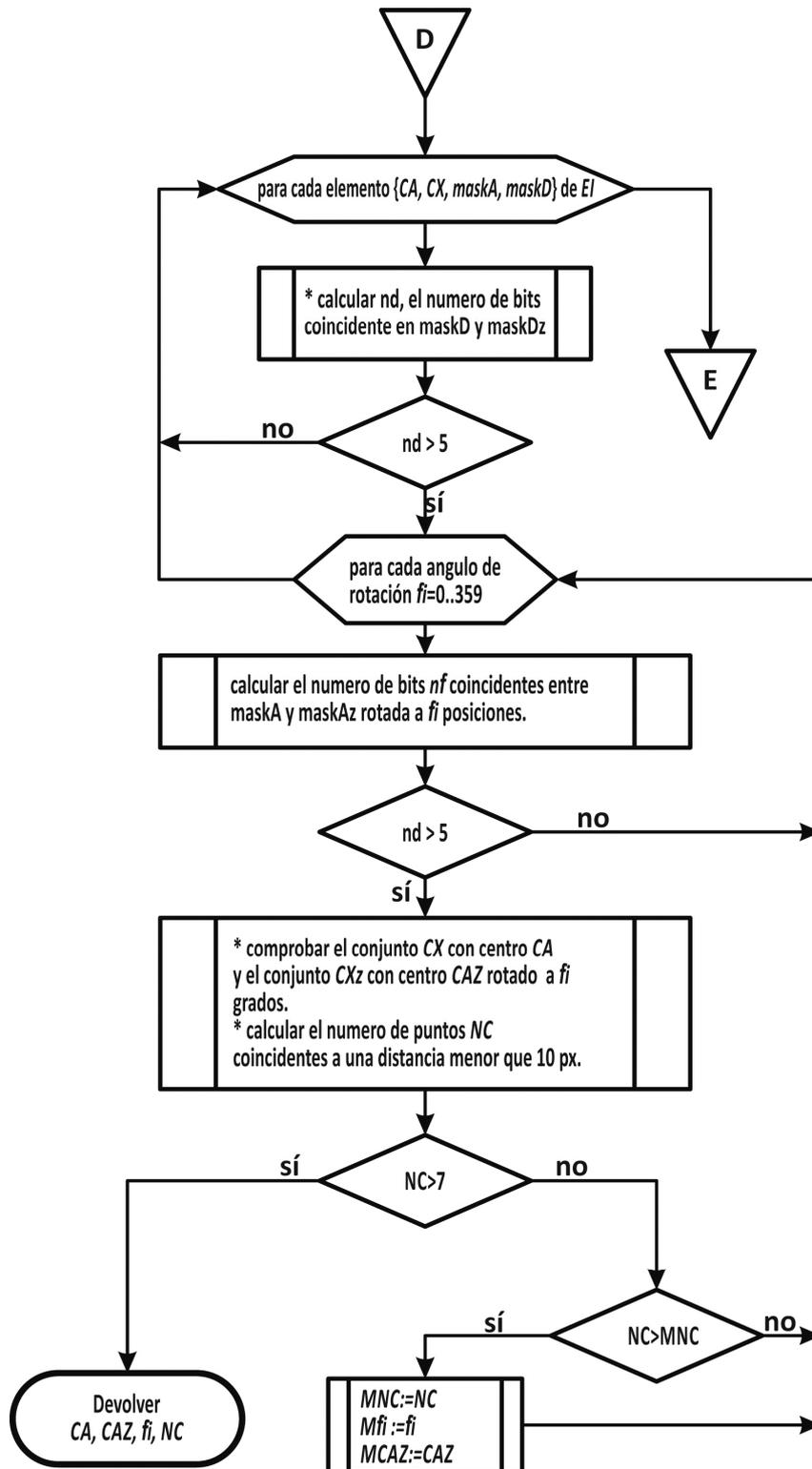


FIG. 2



**FIG. 3**