

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 948 236**

51 Int. Cl.:

G06T 7/32

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.10.2018** **PCT/CN2018/110251**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.04.2019** **WO19076266**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2018** **E 18867368 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023** **EP 3699862**

54 Título: **Método de registro de imágenes, y aparato**

30 Prioridad:

16.10.2017 CN 201710958427

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

06.09.2023

73 Titular/es:

**SUZHOU MICROVIEW MEDICAL TECHNOLOGIES
CO., LTD. (50.0%)**

**Room B902 388 Ruoshui Road Suzhou Industrial
Park**

Suzhou, Jiangsu 215123, CN y

**WUXI HISKY MEDICAL TECHNOLOGIES CO.,
LTD. (50.0%)**

72 Inventor/es:

SHAO, JINHUA;

DUAN, HOULI;

SUN, JIN y

WANG, QIANG

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 948 236 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, y aparato

Sector técnico

La presente invención se refiere al sector del procesamiento de imágenes y, en particular, a un método y aparato para el registro de imágenes.

Antecedentes

En muchos planteamientos de aplicación en el sector del procesamiento de imágenes, se requieren operaciones de unión y registro de imágenes. Mediante la operación de registro se pueden obtener los desplazamientos de la imagen flotante (o imagen en movimiento, imagen actual) con respecto a la imagen de referencia (imagen anterior) tanto en la dirección de las abscisas como en la de las ordenadas. La operación de unión une la imagen flotante y la imagen de referencia en una imagen según el resultado de registro obtenido por la operación de registro.

Por ejemplo, en el sector de las aplicaciones de escaneo mediante microscopio, debido a la limitación del campo de visión, es necesario registrar y unir múltiples imágenes obtenidas de manera continua mientras la sonda se mueve. Se requiere que todo el proceso de operación sea rápido y preciso. Se puede utilizar el registro de cuerpo rígido, es decir, solo es necesario resolver la componente de traslación de la transformación de coordenadas del cuerpo rígido.

El método tradicional de registro de cuerpos rígidos utiliza un método iterativo para optimizar una función de coste que representa la diferencia entre una imagen de referencia y una imagen flotante, para obtener un vector de traslación. Debido a que los procesos iterativos requieren muchos cálculos, no son adecuados para aplicaciones en tiempo real.

El documento US7620269B1 da a conocer un registro de imágenes de correlación basado en bordes para imágenes multispectrales, donde las imágenes se filtran por sus bordes, y los pares de imágenes filtradas por sus bordes son correlacionadas en fase para producir imágenes de correlación en fase, y la información de registro se puede determinar en función de estas imágenes con correlación en fase.

Para evitar cálculos iterativos y obtener rápidamente vectores de traslación, se ha desarrollado un método de registro denominado método de máximo del coeficiente de correlación (método de coeficiente de correlación). Existe un coeficiente de correlación entre la imagen flotante con cualquier vector de traslación y la imagen de referencia. Cuando la imagen flotante está bien alineada con la imagen de referencia, el coeficiente de correlación es el máximo. Si el valor máximo de los coeficientes de correlación correspondientes a todos los vectores de traslación posibles es encontrado por medio de una búsqueda, entonces se determina en consecuencia el desplazamiento apropiado que se puede usar para registrar la imagen flotante. Sin embargo, este método solo es adecuado para imágenes reconstruidas mediante el método de recuperación de fase. En muchos planteamientos de aplicaciones, tales como aplicaciones de unión de campo de visión, las imágenes flotantes definitivamente tendrán un contenido nuevo que es diferente de la imagen de referencia. Esto traerá grandes errores al método del coeficiente de correlación citado anteriormente. Especialmente cuando la velocidad de movimiento de la sonda del microscopio que captura la imagen es alta, la diferencia entre el contenido presentado en la imagen flotante y la imagen de referencia es relativamente grande, y se obtendrá un resultado de registro incorrecto, que es completamente diferente del desplazamiento real.

Resumen

La presente invención se propone teniendo en cuenta los problemas anteriores. La presente invención proporciona un método y un aparato de registro de imágenes. La invención se expone en el conjunto de reivindicaciones adjunto.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método de registro de imágenes que incluye:

- calcular una imagen con coeficiente de correlación entre una imagen de referencia y una imagen flotante;
- calcular una imagen degradada de la imagen con coeficiente de correlación;
- determinar un píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación, según un píxel con gradiente extremo en la imagen degradada; y
- registrar la imagen de referencia y la imagen flotante según el píxel con coeficiente de correlación extremo.

La determinación de un píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación según un píxel con gradiente máximo en la imagen degradada incluye:

- buscar un píxel con un gradiente máximo en la imagen degradada como el píxel con gradiente extremo;
- determinar un píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación, según una posición del píxel con gradiente extremo; y

encontrar el píxel con el coeficiente de correlación extremo según el píxel correspondiente en la imagen con

coeficiente de correlación.

La búsqueda del píxel con coeficiente de correlación extremo según el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación incluye:

- 5 determinar un píxel adyacente del píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación como un punto de búsqueda; y
 atravesar píxeles adyacentes del punto de búsqueda y tomar, si los píxeles adyacentes son todos más pequeños que el punto de búsqueda, el punto de búsqueda como el píxel con coeficiente de correlación extremo; de lo contrario, tomar un píxel adyacente máximo como un nuevo punto de búsqueda para volver a encontrar.

- 10 Según una realización que no forma parte de la invención reivindicada, la determinación de un píxel con un coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación, según un píxel con un gradiente extremo en la imagen degradada incluye:

 buscar un píxel con un gradiente máximo en la imagen degradada;

 determinar un primer umbral de gradiente, según el píxel con gradiente máximo;

 realizar la segmentación de regiones en la imagen degradada según el primer umbral de gradiente; y

- 15 para cada región segmentada, determinar un píxel candidato con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación, y determinar si el píxel candidato puede tomarse como el píxel con coeficiente de correlación extremo según el gradiente de píxel, que corresponde al píxel candidato y está en la imagen degradada y un segundo umbral de gradiente.

- 20 Según una realización que no forma parte de la invención reivindicada, la realización de la segmentación de regiones en la imagen degradada según el primer umbral de gradiente incluye:

 realizar un escaneo progresivo en la imagen degradada según el primer umbral de gradiente, para buscar píxeles semilla mayores que el primer umbral de gradiente; y

 realizar la segmentación de la región en la imagen degradada según los píxeles semilla, para obtener todas las regiones segmentadas.

- 25 Según una realización que no forma parte de la invención reivindicada, la realización de la segmentación de la región en la imagen degradada según los píxeles semilla incluye: la realización de la segmentación de la región en la imagen degradada según un algoritmo de crecimiento de la región tomando los píxeles semilla como punto de partida.

Según una realización que no forma parte de la invención reivindicada, la determinación de un primer umbral de gradiente según el píxel con gradiente máximo incluye:

- 30 cálculo del primer umbral de gradiente según una fórmula $T_1 = T_{\text{máximo}} * \ln$, donde T_1 representa el primer umbral de gradiente, $T_{\text{máximo}}$ representa el píxel con gradiente máximo, e \ln representa un coeficiente.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de registro de imágenes, tal como se describe en la reivindicación 2.

- 35 Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona, además, un método de unión de imágenes, tal como se da a conocer en la reivindicación 3.

Según otro aspecto más de la presente invención, se proporciona, además, un dispositivo de unión de imágenes, tal como se da a conocer en la reivindicación 4.

- 40 El método y el aparato de registro de imágenes anteriores tienen una gran universalidad, que se puede aplicar a diversas imágenes, en lugar de solo a las imágenes reconstruidas usando el método de recuperación de fase. Además, el método y el aparato de registro de imágenes requieren una pequeña cantidad de cálculo, lo que garantiza un funcionamiento en tiempo real. Finalmente, los resultados de registro obtenidos mediante el método y el aparato de registro de imágenes son más precisos. Incluso si hay muchos contenidos nuevos en la imagen flotante en comparación con la imagen de referencia, el método y el aparato de registro de imágenes también pueden obtener buenos resultados de registro.

- 45 El método y dispositivo de unión de imágenes citados anteriormente hacen uso del método y aparato de registro de imágenes anteriores, garantizando de este modo el tiempo real y la precisión de la operación de unión.

Breve descripción de los dibujos

Los anteriores y otros propósitos, características y ventajas de la presente invención se harán más evidentes a través de una descripción más detallada de las realizaciones de la presente invención en combinación con los dibujos

adjuntos. Los dibujos adjuntos se utilizan para proporcionar una explicación adicional de las realizaciones de la presente invención, y forman parte de la descripción. Los dibujos adjuntos, junto con las realizaciones de la presente invención, se utilizan para explicar la presente invención, y no constituyen una limitación de la presente invención. En los dibujos, los mismos números de referencia normalmente representan partes o etapas iguales o similares.

- 5 La figura 1 muestra un diagrama de flujo esquemático de un método de registro de imágenes, según una realización de la presente invención;
- la figura 2A, la figura 2B y la figura 2C muestran respectivamente tres imágenes a registrar según una realización de la presente invención;
- 10 la figura 3 muestra una imagen resultante del registro espacial, mediante dos operaciones de registro, y unión de las imágenes mostradas en la figura 2A, la figura 2B y la figura 2C;
- la figura 4 muestra una imagen con coeficiente de correlación, obtenida utilizando las imágenes mostradas en la figura 2A y la figura 2C como la imagen de referencia y la imagen flotante para el registro de imágenes, respectivamente;
- la figura 5 muestra una imagen degradada de la imagen con coeficiente de correlación mostrada en la figura 4;
- 15 la figura 6 muestra un diagrama de flujo esquemático para determinar un píxel con un coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación, según la presente invención;
- la figura 7 muestra píxeles en una imagen degradada, según una realización de la presente invención;
- la figura 8 muestra píxeles en la imagen con coeficiente de correlación tomados como base para calcular la imagen degradada mostrada en la figura 7;
- 20 la figura 9 muestra un diagrama de flujo esquemático para determinar un píxel con un gradiente extremo en la imagen degradada, según una realización que no forma parte de la presente invención;
- la figura 10 muestra un diagrama de bloques esquemático de un aparato de registro de imágenes, según una realización de la presente invención; y
- la figura 11 muestra un método de unión de imágenes, según una realización de la presente invención.

25 Descripción de realizaciones

Para hacer más evidente el propósito, el esquema técnico y las ventajas de la presente invención, a continuación se describirá en detalle una realización a modo de ejemplo de la presente invención, según los dibujos adjuntos. Obviamente, las realizaciones descritas son solo algunas realizaciones de la presente invención, y no todas las realizaciones de la presente invención, y se comprenderá que la presente invención no está limitada por las realizaciones de ejemplo descritas en este documento. Basándose en las realizaciones de la presente invención descritas en la presente invención, todas las demás realizaciones obtenidas por los expertos en la técnica sin esfuerzos creativos estarán dentro de los alcances de protección de la presente invención.

La figura 1 muestra un método de registro de imágenes 100, según la presente invención. El método de registro de imágenes 100 se usa para registrar una imagen de referencia y una imagen flotante. La imagen de referencia se puede utilizar como imagen para comparación, y el método de registro de imágenes 100 se utiliza para calcular el desplazamiento de la imagen flotante con respecto a la imagen de referencia. Después del registro de la imagen, el mismo contenido entre la imagen de referencia y la imagen flotante se superpondrá en el espacio. La figura 2A, la figura 2B y la figura 2C muestran respectivamente tres imágenes a registrar. La figura 3 muestra una imagen resultante del registro espacial, mediante dos operaciones de registro, y unión de las imágenes mostradas en la figura 2A, la figura 2B y la figura 2C. En la primera operación de registro, la imagen mostrada en la figura 2A es la imagen de referencia, y la imagen mostrada en la figura 2B es la imagen flotante. En la segunda operación de registro, la imagen mostrada en la figura 2B es la imagen de referencia, y la imagen que se muestra en la figura 2C es la imagen flotante.

La imagen de referencia y la imagen flotante pueden ser una variedad de imágenes, especialmente imágenes en el mismo modo, es decir, imágenes obtenidas por el mismo equipo de obtención de imágenes, tal como imágenes de un mismo microscopio. Tal como se mencionó anteriormente, para expandir el alcance de escaneo del microscopio, se requiere una operación de unión en tiempo real, lo que requiere un cálculo rápido. Las imágenes del mismo microscopio son imágenes bidimensionales y el área superpuesta de los marcos adyacentes es relativamente grande, lo que hace que el método de registro de imágenes sea más preciso.

Tal como se muestra en la figura 1, en la etapa S 120, se calcula una imagen con coeficiente de correlación entre una imagen de referencia y una imagen flotante.

La imagen con coeficiente de correlación es esencialmente una matriz digital, donde cada elemento representa el coeficiente de correlación del desplazamiento entre la imagen de referencia y la imagen flotante correspondiente al

elemento. La relación posicional de píxeles adyacentes corresponde a una unidad de desplazamiento en la dirección positiva o negativa de las coordenadas horizontales o verticales entre la imagen flotante y la imagen de referencia. A modo de ejemplo, la imagen con coeficiente de correlación se puede calcular usando el método del coeficiente de correlación. La imagen con coeficiente de correlación es cuatro veces el tamaño de una imagen de referencia. Por ejemplo, si tanto la imagen de referencia como la imagen flotante son 100*200, la imagen con coeficiente de correlación es 200*400.

Según una realización de la presente invención, los coeficientes de correlación se pueden obtener mediante un cálculo que incluye una multiplicación conjugada de las transformadas de Fourier de la imagen de referencia y la imagen flotante, y una transformada de Fourier inversa a partir de entonces, y todos los coeficientes de correlación posibles forman una imagen con coeficiente de correlación.

$$r_{fg}(x_i, y_i) = \sum_{u,v} F(u, v) G^*(u, v) \exp \left[i 2\pi \left(\frac{u x_i}{M} + \frac{v y_i}{N} \right) \right],$$

donde $r_{fg}(x_i, y_i)$ representa el valor del píxel en la posición de (x, y) en la imagen con coeficiente de correlación, $F(u, v)$ y $G(u, v)$ representan la transformada de Fourier de la imagen de referencia y la imagen flotante respectivamente, y M y N representan el número de columnas y filas de la imagen de referencia, respectivamente.

En la etapa S140, se calcula una imagen degradada de la imagen con coeficiente de correlación. De manera similar a la imagen con coeficiente de correlación, la imagen degradada es esencialmente una matriz digital, donde cada elemento representa un gradiente de una posición correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación.

Tal como se mencionó anteriormente, el método de coeficiente de correlación existente generalmente se usa para la imagen reconstruida usando el método de recuperación de fase. En general, buscando un valor máximo de los coeficientes de correlación correspondientes a todos los desplazamientos posibles, se determina el desplazamiento correcto que se puede utilizar para registrar la imagen flotante. Sin embargo, cuando la imagen de referencia y la imagen flotante no son las imágenes reconstruidas por el método de recuperación de fase, el máximo del coeficiente de correlación en la imagen no aparece en la posición real, sino en el borde de la imagen, que está muy lejos de la posición de registro real. La figura 4 muestra una imagen con coeficiente de correlación obtenida utilizando las imágenes mostradas en la figura 2A y la figura 2C como la imagen de referencia y la imagen flotante para el registro de imágenes, respectivamente. Tal como se muestra en la figura 4, el coeficiente de correlación máximo existe en el borde inferior de la imagen. Es importante destacar que cerca de la ubicación de registro real en la figura 4, hay un máximo muy pronunciado de cambio del coeficiente de correlación, es decir, el coeficiente de correlación en la ubicación cambia drásticamente. Por lo tanto, el valor máximo extremo del gradiente aparecerá cerca de la posición de registro real en la imagen degradada de la imagen con coeficiente de correlación. Sin embargo, en el borde inferior de la imagen con coeficiente de correlación, aunque aparece el coeficiente de correlación máximo, el cambio del coeficiente de correlación no tiene un máximo pronunciado. La figura 5 muestra una imagen degradada de la imagen con coeficiente de correlación mostrada en la figura 4, que ilustra vívidamente los problemas anteriores.

Según una realización de la presente invención, el gradiente del coeficiente de correlación se calcula según la siguiente fórmula.

$$g(i, j) = \sqrt{(r_{fg}(i-1, j) - r_{fg}(i+1, j))^2 + (r_{fg}(i, j-1) - r_{fg}(i, j+1))^2}$$

donde $g(i, j)$ representa el valor del píxel en la posición de (i, j) en la imagen degradada, es decir, el gradiente; y $r_{fg}(i, j)$ representa el valor del píxel en la posición de (i, j) en la imagen con coeficiente de correlación, es decir, el coeficiente de correlación.

En la etapa S160, se determina un píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación según un píxel con gradiente extremo en la imagen degradada. En otras palabras, en esta etapa, se determina el píxel correspondiente al píxel con gradiente extremo en la imagen con coeficiente de correlación.

Debido a que la imagen se ve afectada por diversos factores, en la posición espacial, el píxel con un gradiente extremo en la imagen degradada puede no corresponderse perfectamente con el píxel con un coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación. Sin embargo, el área cercana a la posición de registro real en la imagen con coeficiente de correlación se puede determinar según el píxel con gradiente extremo en la imagen degradada. Por lo tanto, el píxel con coeficiente de correlación extremo se puede buscar en esta región.

En la etapa S180, la imagen de referencia y la imagen flotante se registran según el píxel con coeficiente de correlación extremo. Después de obtener el píxel con el coeficiente de correlación extremo, se puede conocer la posición del píxel en la imagen con coeficiente de correlación. Según esta posición, se puede determinar el vector de traslación requerido por la imagen flotante, por lo que se completa la operación de registro de la imagen de referencia y la imagen flotante.

El método y el aparato de registro de imágenes anteriores tienen una gran universalidad, que se puede aplicar a diversas imágenes. Además, el método y el aparato de registro de imágenes requieren una pequeña cantidad de

cálculo y, por lo tanto, pueden garantizar un funcionamiento en tiempo real. Finalmente, los resultados de registro obtenidos mediante el método y aparato de registro de imágenes son más precisos. Incluso si hay muchos contenidos nuevos en la imagen flotante en comparación con la imagen de referencia, el método y el aparato de registro de imágenes también pueden obtener buenos resultados de registro.

- 5 La figura 6 muestra un diagrama de flujo esquemático de la etapa S160, según una realización de la presente invención. Tal como se muestra en la figura 6, la etapa S160 incluye las etapas S661, S662 y S663.

En la etapa S661, se busca un píxel con gradiente máximo en la imagen degradada y, luego, se toma como el píxel con gradiente extremo. La figura 7 muestra píxeles en una imagen degradada, según una realización de la presente invención. En esta etapa, se recorre toda la imagen degradada para encontrar un píxel con el gradiente máximo (el valor máximo del gradiente), es decir, un píxel con un valor máximo de píxel. Tal como se muestra en la figura 7, se encuentra que los píxeles de la novena fila y la tercera columna de la imagen degradada son un píxel con un gradiente máximo de 17,1049. El píxel encontrado puede tomarse como el píxel con gradiente extremo.

En la etapa S662, se determina un píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación según una posición del píxel con gradiente extremo buscado por la etapa S661. La imagen con coeficiente de correlación que se muestra en la figura 8 es la base para calcular la imagen degradada mostrada en la figura 7. Tal como se describe en la etapa S661, la posición del píxel con gradiente extremo en la imagen degradada es la 9ª fila y la 3ª columna en la imagen degradada, tal como se muestra en la figura 8, marcado como "la posición del valor máximo del gradiente". En consecuencia, se determina que el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación es el píxel de la misma posición (la 9ª fila y la 3ª columna de la imagen), y el coeficiente de correlación (es decir, el valor del píxel) representado por el píxel correspondiente es 8,4122.

En la etapa S663, se encuentra el píxel con el coeficiente de correlación extremo según el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación determinado según la etapa S662. En esta etapa, en la imagen con coeficiente de correlación, se encuentra el píxel con el coeficiente de correlación extremo cerca del píxel correspondiente determinado mediante la etapa S662.

- 25 Según una realización de la presente invención, la etapa S663 incluye los siguientes subetapas.

En primer lugar, se determina como punto de búsqueda un píxel adyacente del píxel correspondiente determinado mediante la etapa S662, para iniciar la búsqueda desde el punto de búsqueda.

Luego, se recorren los píxeles adyacentes del punto de búsqueda, si los píxeles adyacentes son todos más pequeños que el punto de búsqueda, el punto de búsqueda se toma como el píxel con coeficiente de correlación extremo; de lo contrario, se toma un píxel adyacente máximo como un nuevo punto de búsqueda para volver a encontrarlo.

Específicamente, los píxeles adyacentes del punto de búsqueda se recorren para encontrar el píxel más grande que el punto de búsqueda como el nuevo punto de búsqueda. En general, cada punto de búsqueda tiene cuatro píxeles adyacentes. Si el punto de búsqueda se encuentra en el borde de la imagen pero no en los vértices de la imagen, tal como la posición de la 9ª fila y la 3ª columna de la imagen descrita anteriormente, tiene tres píxeles adyacentes. Si el punto de búsqueda es uno de los cuatro vértices de la imagen, entonces el punto de búsqueda tiene solo dos píxeles adyacentes.

Si los píxeles adyacentes del punto de búsqueda son todos más pequeños que el punto de búsqueda, el punto de búsqueda se toma como el píxel con coeficiente de correlación extremo. Si hay un píxel mayor o igual que el píxel del punto de búsqueda entre los píxeles adyacentes del punto de búsqueda, los píxeles adyacentes con el valor del píxel máximo se toman como el nuevo punto de búsqueda para repetir el proceso transversal anterior hasta que se encuentra el píxel con el coeficiente de correlación extremo.

En la imagen con coeficiente de correlación que se muestra en la figura 8, el píxel en la posición de la 9ª fila y la 3ª columna se toma primero como el punto de búsqueda para iniciar la búsqueda. Entre los píxeles adyacentes de 8,4100, 8,4208 y 8,4138 del punto de búsqueda, el píxel adyacente máximo es 8,4208 por encima del punto de búsqueda. El píxel con el valor del píxel de 8,4208 se toma como un nuevo punto de búsqueda, y sus píxeles adyacentes son 8,4282, 8,4225, 8,4122 y 8,4180, y el píxel vecino máximo es 8,4282 por encima del nuevo punto de búsqueda. El píxel con el valor del píxel de 8,4282 se toma como un nuevo punto de búsqueda y se repiten los procesos anteriores. Hasta que se encuentre el píxel con el valor del píxel de 8,4340, sus píxeles adyacentes de 8,4321, 8,4330, 8,4303 y 8,4319 son todos menores que 8,4340, por lo que el píxel con el valor del píxel de 8,4340 es el píxel con coeficiente de correlación extremo.

En las realizaciones anteriores, el algoritmo y el método para encontrar el píxel con el coeficiente de correlación extremo según los píxeles correspondientes determinados en la imagen con coeficiente de correlación, son simples, intuitivos y fáciles de implementar.

En general, según el método descrito en la etapa S661, la etapa S662 y la etapa S663 anteriores, el píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación se determina según el píxel con gradiente extremo en la imagen con gradiente, se busca directamente, el píxel con gradiente extremo en la toda la

imagen degradada y el píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación se determina según el píxel buscado. El método es simple, tiene requisitos informáticos bajos y es rápido de ejecutar.

La figura 9 muestra un diagrama de flujo esquemático de la etapa S160 según otra realización de la presente invención. La realización mostrada en la figura 9 no está según la invención y está presente únicamente con fines ilustrativos. Tal como se muestra en la figura 9, la etapa S160 puede incluir las etapas S961, S962, S963 y S964.

En la etapa S961, se busca un píxel con un gradiente máximo en la imagen degradada. El funcionamiento de esta etapa es similar a la etapa anterior S661, excepto por que el píxel con el gradiente máximo buscado ya no se toma como el píxel con gradiente extremo.

En la etapa S962, se determina un primer umbral del gradiente según el píxel con gradiente máximo.

Según una realización de la presente invención, el primer umbral de gradiente se calcula según la siguiente fórmula:

$$T_1 = T_{max} * In,$$

donde T_1 representa el primer umbral de gradiente, T_{max} representa el píxel con gradiente máximo, e In representa un coeficiente.

En la etapa S963, la segmentación de la región se realiza en la imagen degradada según el primer umbral de gradiente. Mediante la segmentación de la región, se pueden determinar las posibles posiciones del píxel con gradiente extremo. Además, puede ayudar a determinar el píxel con un coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación.

Según una realización de la presente invención, la imagen degradada puede segmentarse directamente mediante el método de segmentación de umbral según el primer umbral de gradiente.

Según otra realización de la presente invención, la etapa S963 puede incluir las siguientes subetapas: primero, se realiza un escaneo progresivo de la imagen degradada según el primer umbral de gradiente, para buscar píxeles semilla más grandes que el primer umbral de gradiente. Luego, la segmentación de regiones en la imagen degradada se realiza según los píxeles semilla, para obtener todas las regiones segmentadas. Opcionalmente, en este caso, la segmentación de regiones en la imagen degradada se realiza según un algoritmo de crecimiento de regiones tomando los píxeles semilla como punto de partida. El algoritmo de crecimiento de región es un algoritmo de segmentación de imagen consolidado, que puede determinar con mayor precisión las posibles regiones del píxel con gradiente extremo en la imagen degradada, para garantizar la precisión del registro de la imagen.

En la etapa S964, para cada región segmentada, se determina un píxel candidato con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación, y se determina si el píxel candidato puede tomarse como el píxel con coeficiente de correlación extremo según el gradiente de píxel, que corresponde al píxel candidato y está en la imagen degradada, y un segundo umbral de degradado.

Específicamente, se pueden realizar las siguientes operaciones para la región segmentada hasta obtener el píxel con coeficiente de correlación extremo.

1) Buscar el píxel con gradiente máximo, para tomarlo como el píxel con gradiente extremo. Esta operación es similar a la etapa S661. La diferencia entre los dos es que en la etapa S661 se busca toda la imagen degradada, mientras que en esta operación solo se busca la región segmentada por la etapa S963 en la imagen degradada. En aras de la brevedad, la ejecución no se detalla en el presente documento.

2) Determinar un píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación, según una posición del píxel con gradiente extremo.

3) Encontrar el píxel con la imagen con coeficiente de correlación extrema según el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación, para tomarlo como el píxel candidato.

Las operaciones 2) y 3) son similares a las etapas S662 y S663, respectivamente, y no se repetirán en el presente documento por brevedad. Sin embargo, el píxel con coeficiente de correlación extremo encontrado en la etapa S663 puede tomarse como base para el registro de la imagen de referencia y la imagen flotante. En otras palabras, el píxel con coeficiente de correlación extremo encontrado en la etapa S663 puede usarse directamente para el registro de la imagen de referencia y la imagen flotante. Sin embargo, en esta operación, el píxel determinado con coeficiente de correlación extremo es el píxel candidato, que solo tiene la posibilidad de convertirse en el píxel que finalmente se espera obtener para el registro de la imagen de referencia y la imagen flotante.

4) Se determina si el píxel candidato puede usarse directamente para el registro de la imagen de referencia y la imagen flotante.

Específicamente, el píxel correspondiente en la imagen degradada se determina según la posición del píxel candidato con el extremo de la imagen con coeficiente de correlación. Las imágenes mostradas en la figura 7 y la figura 8 se

toman como ejemplo. La posición del píxel candidato con un coeficiente de correlación extremo de 8,4340 en la imagen con coeficiente de correlación es la Fila 6 y la Columna 4. Luego se determina que el píxel correspondiente en esta posición en la imagen degradada es 2,1060. Si el píxel candidato se puede tomar como el píxel con coeficiente de correlación extremo se determina según el gradiente de píxel, que corresponde al píxel candidato y está en la imagen degradada, y un segundo umbral de gradiente determinado por el píxel con máximo gradiente en la región segmentada. Entre ellos, el segundo umbral de gradiente se puede determinar según el píxel con máximo gradiente en la región segmentada multiplicado por un coeficiente específico. El rango de valores de este coeficiente en particular puede ser [0,15, 0,25]. Si el píxel candidato se puede tomar como el píxel con coeficiente de correlación extremo, la imagen de referencia y la imagen flotante se pueden registrar según el píxel candidato, es decir, se ejecuta la etapa S180. Si el píxel candidato no se puede tomar como el píxel con coeficiente de correlación extremo, se vuelve a buscar el nuevo píxel candidato y se determina nuevamente si el nuevo píxel candidato puede ser tomado como píxel con coeficiente de correlación extremo hasta que se obtiene el píxel con coeficiente de correlación extremo.

Según un ejemplo de la presente invención, si el gradiente de píxel correspondiente al píxel candidato es menor que el segundo umbral de gradiente, el píxel candidato se toma como el píxel con coeficiente de correlación extremo, y puede usarse directamente para el registro de la imagen de referencia y la imagen flotante. De lo contrario, ir a la siguiente región segmentada para volver a ejecutar las operaciones 1) a 4) hasta que se determine el píxel con el coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación.

Los expertos en la materia pueden comprender que, si bien una realización de la presente invención se describe en el orden descrito anteriormente, el orden de estas etapas es solo un ejemplo y no una limitación de la presente invención.

Por ejemplo, en un ejemplo, en la etapa S963, se puede encontrar primero un píxel semilla, se obtiene una región segmentada por medio del algoritmo de crecimiento de la región y, luego, se realiza la etapa S964 para la región segmentada. Si el píxel con el coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación se determina en la etapa S964, el método puede pasar a la etapa S180; de lo contrario, volver a la etapa S963, se encuentra otro píxel semilla escaneando la imagen degradada, y se obtiene otra región segmentada mediante el algoritmo de crecimiento de la región. Entonces, las operaciones son similares a las descritas anteriormente. Repetir la operación anterior, hasta que se determine el píxel con el coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación.

En otro ejemplo, en la etapa S963, todas las regiones segmentadas se obtienen mediante segmentación de regiones. En la etapa S964, si no se obtiene el píxel con coeficiente de correlación extremo en una región segmentada, se pasa directamente a la siguiente región hasta obtener el píxel con coeficiente de correlación extremo.

Según el método descrito en la etapa S961, la etapa S962, la etapa S963 y la etapa S964 para determinar el píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación según el píxel con gradiente extremo en la imagen degradada, el problema de que el punto con gradiente máximo no aparece en la posición de desplazamiento real cuando la calidad de la imagen es mala o el tamaño de la imagen es demasiado pequeño, puede evitarse. En este caso, aunque el gradiente del coeficiente de correlación cerca de la posición incorrecta es el mayor, el gradiente cambia suavemente, mientras que el gradiente cerca de la posición real cambia bruscamente. Por lo tanto, en el método anterior, la región en la que el gradiente es grande pero cambia suavemente, se elimina, según el cambio de gradiente. Por lo tanto, la posición del desplazamiento real en la imagen con coeficiente de correlación se puede predecir de manera más razonable, lo que garantiza la precisión de la operación de registro.

Según la presente invención, se proporciona, además, un aparato de registro de imágenes. La figura 10 muestra el aparato de registro de imágenes 1000, según una realización de la presente invención. Tal como se muestra en la figura 10, el aparato de registro de imágenes 1000 incluye un módulo de cálculo de coeficiente de correlación 1020, un módulo de cálculo de gradiente 1040, un módulo de determinación de pico de coeficiente de correlación 1060 y un módulo de registro 1080.

El módulo de cálculo de coeficiente de correlación 1020 está configurado para calcular una imagen con coeficiente de correlación entre una imagen de referencia y una imagen flotante. El módulo de cálculo de gradiente 1040 está configurado para calcular una imagen degradada de la imagen con coeficiente de correlación. El módulo de determinación del máximo del coeficiente de correlación 1060 está configurado para determinar un píxel con un coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación según un píxel con un gradiente extremo en la imagen degradada. El módulo de registro 1080 está configurado para registrar la imagen de referencia y la imagen flotante, según el píxel con coeficiente de correlación extremo.

Según la invención, el módulo de determinación del máximo del coeficiente de correlación 1060 incluye:

un primer submódulo de búsqueda, configurado para buscar un píxel con gradiente máximo en la imagen degradada, para tomarlo como el píxel con gradiente extremo;

un submódulo de determinación, configurado para determinar un píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación, según una posición del píxel con gradiente extremo; y

un primer submódulo de búsqueda, configurado para encontrar el píxel con coeficiente de correlación extremo según el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación.

El primer submódulo de búsqueda incluye: una unidad de determinación del punto de búsqueda, configurada para determinar un píxel adyacente del píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación como un punto de búsqueda; y una unidad de búsqueda, configurada para atravesar píxeles adyacentes del punto de búsqueda, si los píxeles adyacentes son todos más pequeños que el punto de búsqueda, el punto de búsqueda se toma como el píxel con coeficiente de correlación extremo; de lo contrario, se toma un píxel adyacente máximo como un nuevo punto de búsqueda para volver a encontrarlo.

Según otra realización de la presente invención, que no está según la invención y está presente solo con fines ilustrativos, el módulo de determinación del máximo del coeficiente de correlación 1060 incluye:

un segundo submódulo de búsqueda, configurado para buscar un píxel con un gradiente máximo en la imagen degradada;

un segundo submódulo de determinación, configurado para determinar un primer umbral de gradiente en función del píxel con gradiente máximo;

un submódulo de segmentación, configurado para realizar la segmentación de regiones en la imagen degradada, según el primer umbral de gradiente; y

un submódulo de obtención, configurado para, para cada región segmentada, determinar un píxel candidato con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación, y determinar si el píxel candidato puede tomarse como el píxel con valor extremo obtenido por los coeficientes de correlación, según el gradiente de píxel, que corresponde al píxel candidato y está en la imagen degradada, y un segundo umbral de gradiente.

Opcionalmente, el submódulo de segmentación incluye:

una unidad de búsqueda de píxeles semilla, configurada para realizar un escaneo progresivo en la imagen degradada según el primer umbral de gradiente, para buscar píxeles semilla más grandes que el primer umbral de gradiente; y

una unidad de segmentación, configurada para realizar la segmentación de regiones en la imagen degradada según los píxeles semilla, para obtener todas las regiones segmentadas.

Opcionalmente, la unidad de segmentación incluye una subunidad de ejecución de segmentación, configurada para realizar la segmentación de regiones en la imagen degradada, según un algoritmo de crecimiento de regiones, tomando los píxeles semilla como punto de partida.

Opcionalmente, el segundo submódulo de determinación incluye una unidad de cálculo de umbral, configurada para calcular el primer umbral de gradiente según una fórmula $T_1 = T_{\text{máximo}} \cdot \ln$, donde T_1 representa el primer umbral de gradiente, $T_{\text{máximo}}$ representa el píxel con gradiente máximo, e \ln representa un coeficiente.

En otro ángulo, el aparato de registro de imágenes anterior puede incluir una memoria y un procesador. La memoria está configurada para almacenar el programa, y el procesador está configurado para ejecutar el programa.

El programa se utiliza para realizar el método de registro de imágenes anterior cuando lo ejecuta el procesador.

Según la presente invención, el programa se describe en la reivindicación 2.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona, además, un método de unión de imágenes. El método de unión de imágenes incluye las etapas de registrar la imagen de referencia y la imagen flotante según el método de registro de imágenes anterior y las etapas de unir la imagen de referencia y la imagen flotante según el resultado registrado.

En el método de unión de imágenes, la relación de posición precisa entre la imagen de referencia y la imagen flotante se obtiene rápidamente mediante la operación de registro de imágenes, por lo que la operación de unión de imágenes puede ser más rápida y precisa.

La figura 11 muestra un método de unión de imágenes 1100, según una realización de la presente invención. Tal como se muestra en figura 11, el método de unión de imágenes 1100 incluye una etapa de registro y una etapa de unión. En la etapa de registro, se registran la imagen de referencia y la imagen flotante; y en la etapa de unión, la imagen flotante se inserta en el lienzo mediante un método de defoliación. Los expertos en la materia pueden entender que el método de defoliación es solo un ejemplo, no una limitación de la presente invención, y se pueden adoptar otros métodos de fusión. Además de las dos etapas anteriores, el método de unión de imágenes 1100 también puede incluir otras etapas. El método de unión de imágenes 1100 se describe en detalle en combinación con la figura 11 a continuación.

Primero, se obtiene la primera imagen y se coloca en el centro del lienzo. La primera imagen se toma como imagen de referencia. Otra imagen adyacente a la primera imagen se obtiene de la memoria intermedia y se toma como una imagen flotante. Las imágenes adyacentes generalmente significan que las imágenes son adyacentes en el orden de obtención. El método de registro de imágenes descrito anteriormente se usa para registrar la imagen de referencia y la imagen flotante. Se determina si el coeficiente de correlación máximo extremo determinado en el método de registro de imágenes es menor que el umbral del coeficiente de correlación $C1$. Si el coeficiente de correlación es menor que el umbral del coeficiente de correlación $C1$, significa que el aparato de obtención, tal como la sonda del microscopio, se mueve demasiado rápido en el proceso de obtención de imágenes. El método de unión de imágenes 1100 también puede incluir la determinación del área de superposición entre la imagen de referencia y la imagen flotante. Si el área superpuesta es mayor que el umbral de la primera área $A1$, significa que el aparato de obtención se mueve demasiado despacio en el proceso de obtención de imágenes; entonces, la imagen flotante actual no contiene información de imagen más significativa y la imagen flotante se puede descartar. Si el área superpuesta es menor que el umbral de la segunda área $A2$, también significa que el aparato de obtención se mueve demasiado rápido en el proceso de obtención de imágenes. Si el coeficiente de correlación es mayor o igual que el umbral del coeficiente de correlación $C1$ y el área de superposición es mayor o igual que el umbral de la segunda área $A2$ y menor o igual que el umbral de la primera área $A1$, se realiza la operación de unión, por ejemplo, la imagen flotante se inserta en la posición adecuada en el lienzo mediante el método de defoliación. Opcionalmente, después de la operación de unión, el método de unión de imágenes 1100 también puede incluir una etapa de actualización del mapa de trayectoria del aparato de obtención.

En este punto, por ejemplo, se puede decidir artificialmente si comenzar una nueva secuencia de uniones. Si se decide comenzar una nueva secuencia de unión, la imagen flotante actual se toma como una nueva imagen de referencia y se puede colocar en el centro del lienzo. Otra imagen adyacente a la nueva imagen de referencia se toma de la memoria intermedia como una nueva imagen flotante para realizar operaciones de registro y unión nuevamente. Si se decide no iniciar una nueva secuencia de unión, la imagen de unión existente (si existe) se puede guardar y la operación finaliza.

Cuando el aparato de obtención se mueve demasiado rápido en el proceso de obtención de imágenes, la fiabilidad de la calidad de la unión no es alta y los resultados son cuestionables. Cuando el coeficiente de correlación es demasiado pequeño o el área de superposición es demasiado pequeña, no se puede realizar un registro preciso. Puesto que la relación posicional entre imágenes adyacentes no se puede obtener por medio del registro, la operación de unión no se puede realizar, y se determina directamente tal como se ha descrito anteriormente si se inicia una nueva secuencia de unión. Por lo tanto, se pueden evitar cálculos innecesarios y se puede mejorar la eficiencia del sistema. Además, el método de unión de imágenes 1100 puede incluir, asimismo, una etapa para avisar al usuario de diversas maneras, de modo que el usuario conozca la situación actual a tiempo y realice una selección de operación apropiada. Por ejemplo, la imagen flotante actual está marcada con un borde de un color específico.

Cuando el aparato de obtención se mueve demasiado despacio en el proceso de obtención de imágenes, la operación de unión no tiene mucho sentido, puesto que el área de superposición de imágenes adyacentes es muy grande. Cuando el aparato de obtención se mueve demasiado despacio en el proceso de obtención de imágenes, la operación de unión no tiene mucho sentido porque el área de superposición de imágenes adyacentes es muy grande. Por lo tanto, la imagen flotante actual se puede descartar y se puede obtener otra imagen de la memoria intermedia como una nueva imagen flotante. La nueva imagen flotante se registra y se une con la imagen de referencia. Esto también puede evitar cálculos innecesarios y mejorar la eficiencia del sistema.

Según otro aspecto más de la presente invención, también se proporciona un dispositivo de unión de imágenes. El dispositivo de unión de imágenes puede realizar el método de unión de imágenes anterior y puede incluir el aparato de registro de imágenes y el aparato de unión de imágenes descritos anteriormente. Entre ellos, el aparato de registro de imágenes se utiliza para registrar una imagen de referencia y una imagen flotante, según el método de registro de imágenes. El aparato de unión de imágenes está configurado para unir la imagen de referencia y la imagen flotante según el resultado del registro del aparato de registro de imágenes.

En otro ángulo, el dispositivo de unión de imágenes anterior puede incluir una memoria y un procesador. La memoria está configurada para almacenar el programa y el procesador está configurado para ejecutar el programa.

Entre ellos, el programa se utiliza para realizar las siguientes etapas cuando es ejecutado por el procesador:

- registrar la imagen de referencia y la imagen flotante según el método de registro de imágenes anterior; y
- unir la imagen de referencia y la imagen flotante según el resultado registrado.

Al leer la descripción detallada del método de registro de imágenes, el aparato de registro de imágenes y el método de unión de imágenes anteriores, se pueden comprender la composición y los efectos técnicos del aparato de unión de imágenes. Por brevedad, no los repetiremos en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un método de registro de imágenes llevado a cabo por un ordenador, caracterizado por que comprende:

calcular (S120) una imagen con coeficiente de correlación entre una imagen de referencia y una imagen flotante;

calcular (S140) una imagen degradada de la imagen con coeficiente de correlación;

5 determinar (S160) un píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación según un píxel con gradiente extremo en la imagen degradada; y

registrar (S180) la imagen de referencia y la imagen flotante según el píxel con valor extremo del coeficiente de correlación,

10 donde la imagen con coeficiente de correlación es una matriz digital en la que cada píxel representa el coeficiente de correlación del desplazamiento entre la imagen de referencia y la imagen flotante correspondiente al píxel,

caracterizado por que

la determinación (S160) de un píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación según un píxel con gradiente extremo en la imagen degradada comprende:

buscar (S661) un píxel con un valor máximo en la imagen degradada como el píxel con gradiente extremo;

15 determinar (S662) un píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación según una posición del píxel con gradiente extremo; y

encontrar (S663) el píxel con coeficiente de correlación extremo según el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación,

20 en el que encontrar (S663) el píxel con coeficiente de correlación extremo según el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación comprende:

determinar un píxel adyacente del píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación como un punto de búsqueda; y

25 atravesar píxeles adyacentes del punto de búsqueda y tomar, si los valores de píxel de los píxeles adyacentes son todos menores que un valor de píxel del punto de búsqueda, el punto de búsqueda como el píxel con coeficiente de correlación extremo; de lo contrario, tomar un píxel adyacente con valor máximo como un nuevo punto de búsqueda para volver a encontrarlo.

2. Un aparato de registro de imágenes, que comprende:

una memoria, configurada para almacenar programa;

un procesador, configurado para ejecutar el programa;

30 caracterizado por que el programa se utiliza para realizar las siguientes etapas cuando es ejecutado por el procesador:

calcular (S120) una imagen con coeficiente de correlación entre una imagen de referencia y una imagen flotante;

calcular (S140) una imagen degradada de la imagen con coeficiente de correlación;

35 determinar (S160) un píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación según un píxel con gradiente extremo en la imagen degradada; y

registrando (S180) la imagen de referencia y la imagen flotante según el píxel con coeficiente de correlación extremo,

donde la imagen con coeficiente de correlación es una matriz digital en la que cada píxel representa el coeficiente de correlación del desplazamiento entre la imagen de referencia y la imagen flotante correspondiente al píxel,

40 caracterizado por que

la determinación (S160) de un píxel con coeficiente de correlación extremo en la imagen con coeficiente de correlación según un píxel con gradiente extremo en la imagen degradada comprende:

buscar (S661) un píxel con un valor máximo en la imagen degradada como el píxel con gradiente extremo;

determinar (S662) un píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación según una posición del

píxel con gradiente extremo; y

encontrar (S663) el píxel con coeficiente de correlación extremo según el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación,

5 en el que encontrar (S663) el píxel con coeficiente de correlación extremo según el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación comprende:

determinar un píxel adyacente del píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación como un punto de búsqueda; y

10 atravesar píxeles adyacentes del punto de búsqueda y tomar, si los valores de píxel de los píxeles adyacentes son todos menores que un valor de píxel del punto de búsqueda, el punto de búsqueda como el píxel con coeficiente de correlación extremo; de lo contrario, tomar un píxel adyacente con valor máximo como un nuevo punto de búsqueda para volver a encontrarlo.

3. El método de registro de imágenes según la reivindicación 1, que comprende, además:

unir la imagen de referencia y la imagen flotante según el resultado registrado.

15 4. El aparato de registro de imágenes según la reivindicación 2, en el que el programa se usa, además, para realizar las siguientes etapas cuando es ejecutado por el procesador:

unir la imagen de referencia y la imagen flotante según el resultado registrado.

100

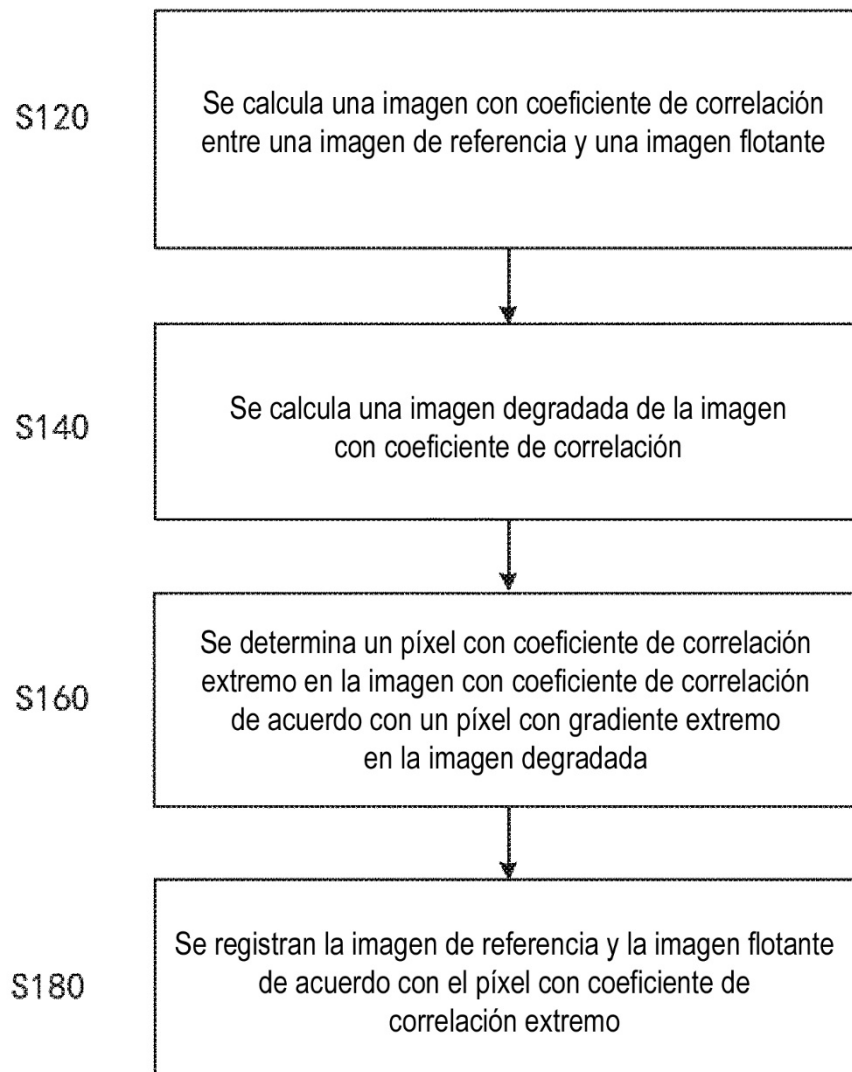


FIG. 1

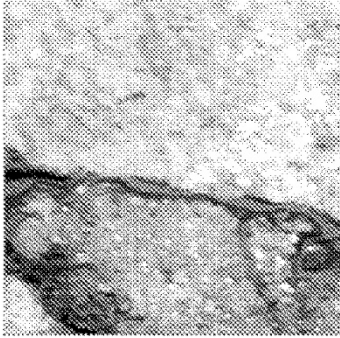


FIG. 2A

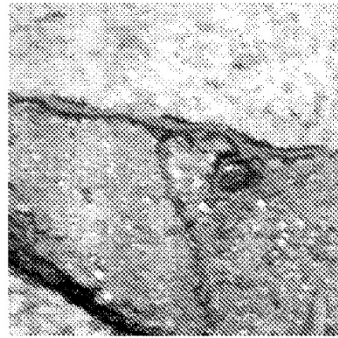


FIG. 2B

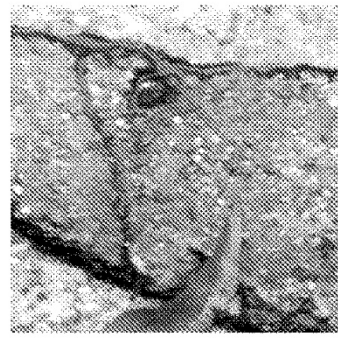


FIG. 2C

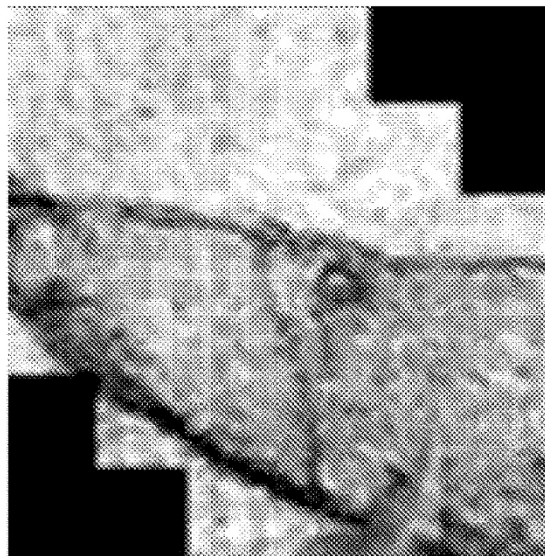


FIG. 3

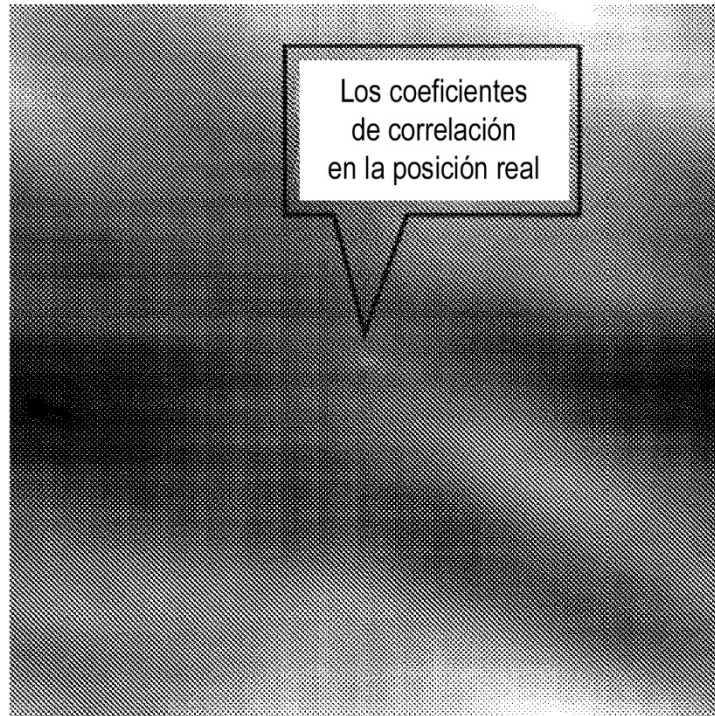


FIG. 4

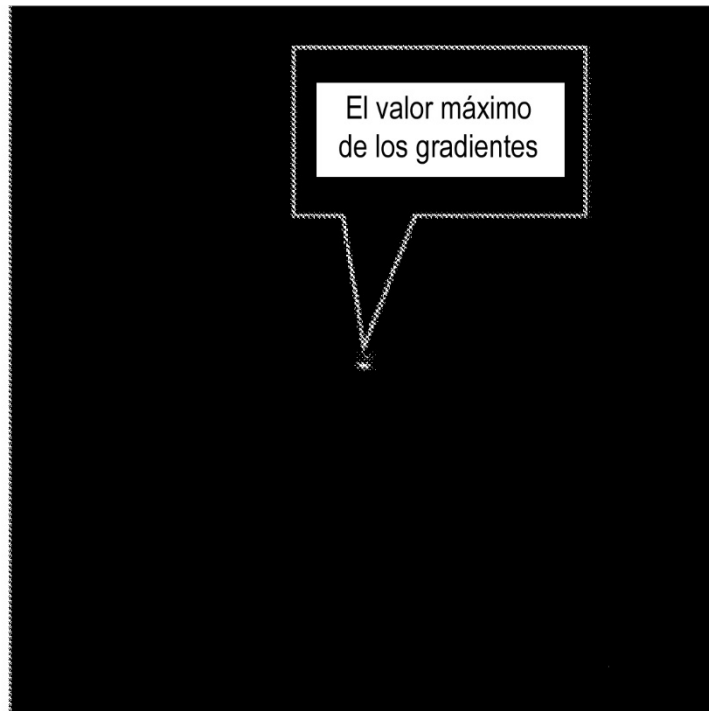


FIG. 5

S160

S661

Se busca un píxel con gradiente máximo en la imagen degradada y, a continuación, se toma como el píxel con gradiente extremo



S662

Se determina un píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación de acuerdo con una posición del píxel con gradiente extremo



S663

Se encuentra el píxel con coeficiente de correlación extremo de acuerdo con el píxel correspondiente en la imagen con coeficiente de correlación

FIG. 6

8.7901	9.4457	9.8323	10.0861	10.2126
10.0306	10.8834	11.2501	11.4888	11.8353
9.9821	11.1069	12.2751	12.9581	13.0238
8.6650	9.5523	El valor máximo del gradiente		12.4985
7.9840	7.7966			8.4665
9.6433	9.2428	6.6801	2.1000	4.2165
12.5218	12.7725	12.6581	11.5860	10.8821
15.1356	15.7032	15.5052	16.6713	15.0144
16.3580	16.8382	17.1049	16.9728	16.1214

FIG. 7

La dirección de búsqueda del coeficiente de correlación extremo				
8.4078	8.4083	8.4083	8.4080	8.4071
8.4126	8.4134	8.4136	8.4133	8.4126
8.4176	8.4191	8.4195	8.4194	8.4188
8.4217	8.4243	8.4259	8.4263	8.4255
8.4238	8.4277	8.4308	8.4321	8.4310
8.4233	8.4278	8.4313	8.4340	8.4330
8.4200	8.4244	8.4282	8.4303	8.4300
8.4144	8.4180	8.4208	8.4225	8.4232
8.4071	8.4100	8.4122	8.4138	8.4150
La posición del valor máximo de los gradientes, el punto de búsqueda				

FIG. 8

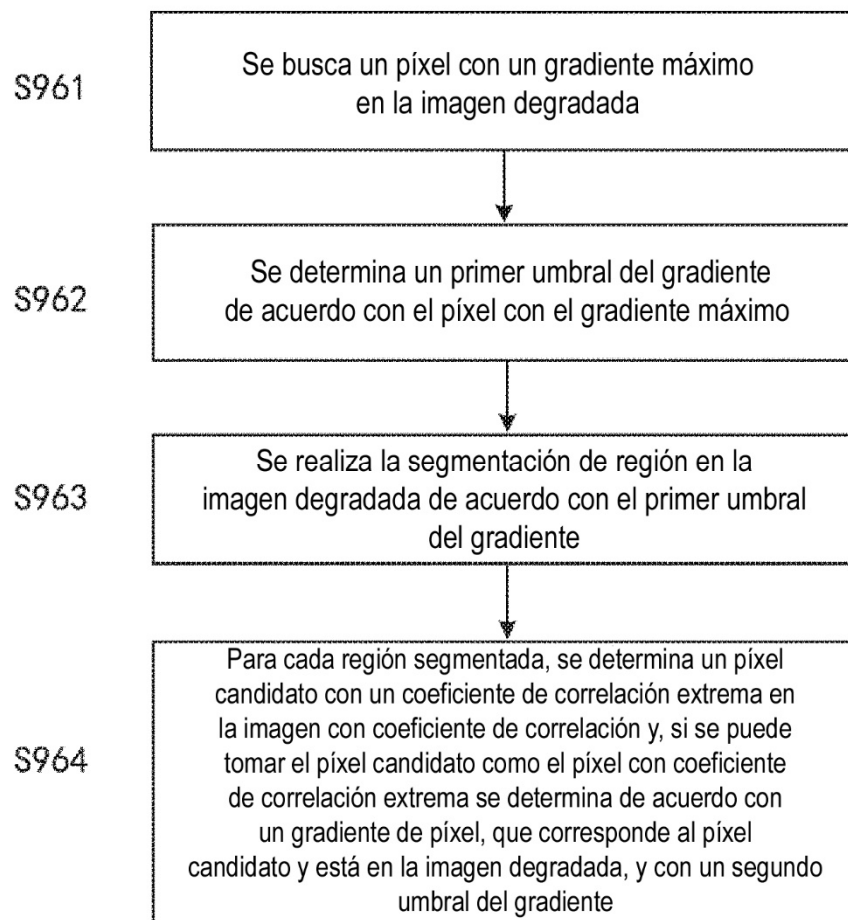
S160

FIG. 9

1000

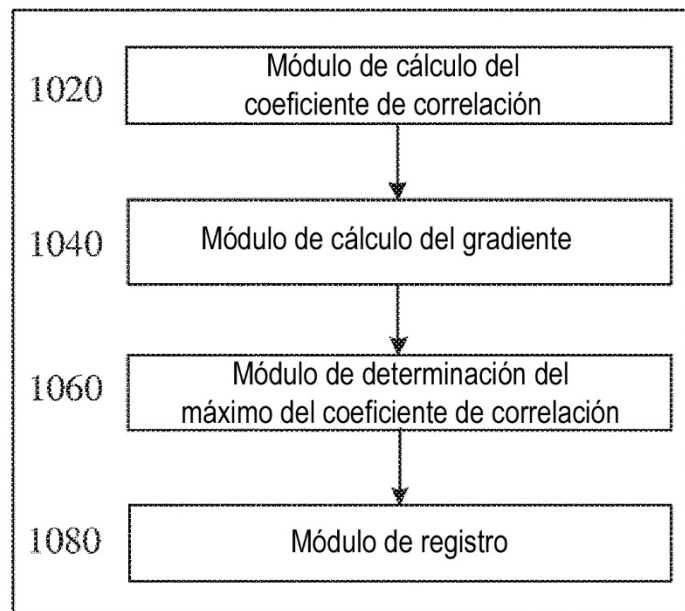


FIG. 10

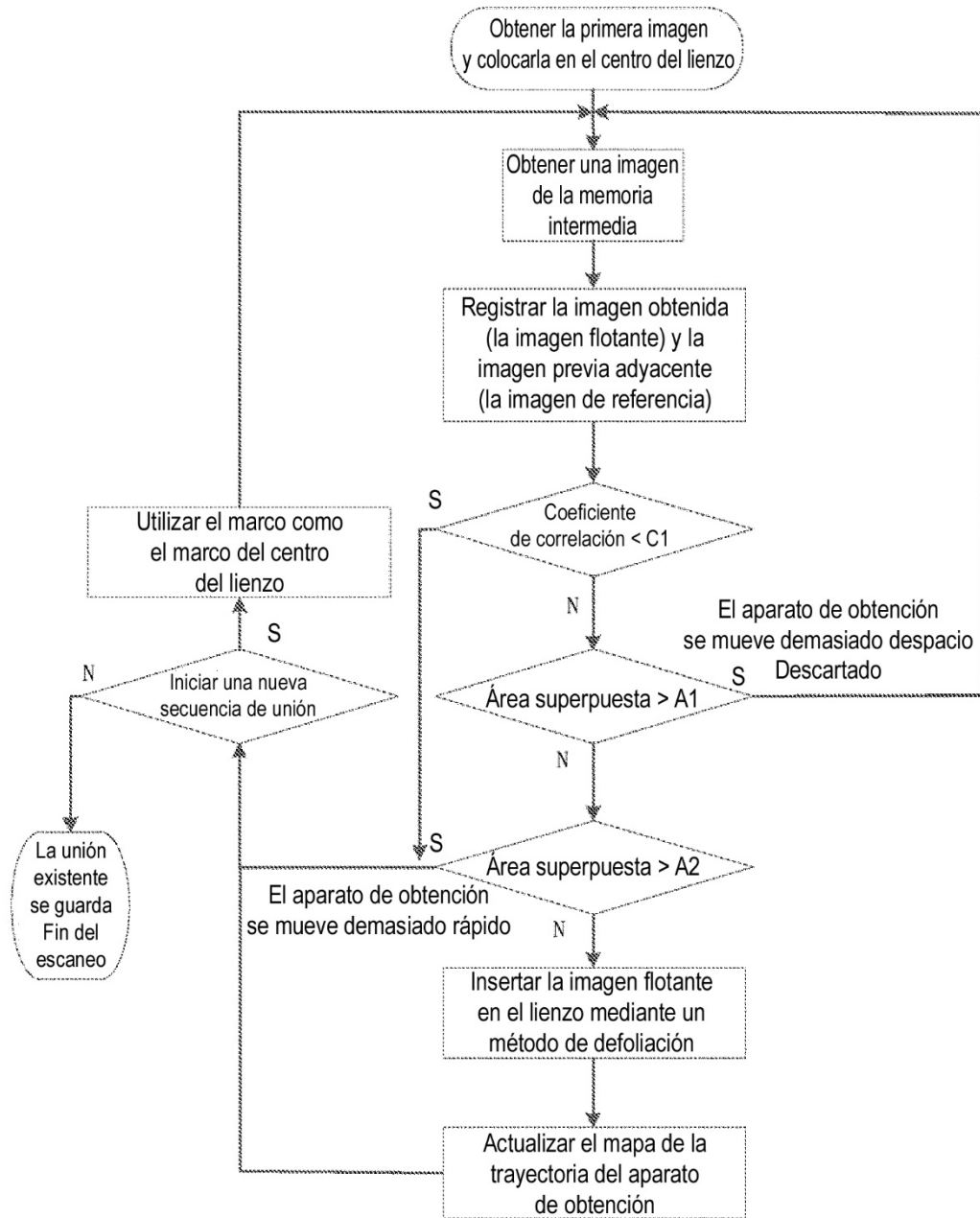


FIG. 11