

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 319**

51 Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2003 E 03789834 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013 EP 1565873**

54 Título: **Extracción de partículas para microscopio de flujo automático**

30 Prioridad:

18.11.2002 US 427466 P

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

19.09.2013

73 Titular/es:

**IRIS INTERNATIONAL, INC. (100.0%)
9162 Eton Avenue
Chatsworth, CA 91311, US**

72 Inventor/es:

CHAPOULAUD, ERIC

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 423 319 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

Extracción de partículas para microscopio de flujo automático

5 La presente invención se refiere a métodos y sistemas para analizar partículas en una muestra de fluido diluida, y más particularmente a un método y un aparato para localizar automáticamente la frontera de un objeto en un campo de visión.

10 Los métodos y los sistemas para analizar las partículas en una muestra de fluido diluida son bien conocidos, como se divulga en las patentes de EE.UU. 4.338.024 y 4.393.466. Los analizadores de partículas microscópicos que existen actualmente usan un dispositivo de adquisición de imágenes y un software que detecta partículas basándose en su diferencia de brillo con el fondo. Las patentes de EE.UU. 4.538.299 y 5.625.709 son ejemplos de dichos analizadores. Desafortunadamente, con frecuencia los sistemas empleados en la actualidad y los métodos no pueden detectar eficazmente partículas de bajo contraste, y con frecuencia identifican partes diferentes del mismo objeto como objetos diferentes, lo que da como resultado una clasificación y cantidad de elemento presentada incorrectas.

20 En un artículo titulado "Sparse-pixel recognition of primitives in engineering drawings" (Machine Vision and Applications (1993), vol. 6 en las páginas 69 a 82), D. Dori, Y. Liang, J. Dowell, y I. Chai describen un método de detección de barras, arcos y puntas de flecha en los dibujos de ingeniería de un modo que permite la conversión en datos para una base de datos de diseño asistido por ordenador (CAD). Las bases se detectan por medio de algoritmos de barrido que determinan la anchura y la longitud de un área de píxeles negros que constituye una barra, explorando direcciones que se modifican en puntos separados a lo largo de los bordes de la barra. Los datos de la barra se almacenan en forma de vector. Debido al ruido, se puede detectar una barra simple en el dibujo en forma de una pluralidad de barras. Se puede reconocer este evento llevando a cabo una serie de ensayos sobre un par de barras. Dicho ensayo implica tomar el rectángulo envolvente más pequeño para cada barra, añadir un margen a este, y comprobar si se produce la intersección de dos rectángulos. Si estos ensayos indican que las barras son sustancialmente colineales y se solapan, se unen los datos de las dos barras para representar una barra individual.

30 La presente invención proporciona un método para localizar automáticamente una frontera de un objeto de interés en un campo de visión, que incluye formar una imagen electrónica del campo de visión que contiene el objeto, donde la imagen electrónica está formada por una pluralidad de píxeles de imagen, identificando grupos de píxeles de imagen que representan segmentos de borde del objeto, formando primeros parches alrededor de los grupos de píxeles de imagen, donde cada parche está dimensionado y localizado de manera que contenga completamente uno de los respectivos grupos de píxeles de imagen, llevando a cabo un proceso de unión de parches que une cualesquiera dos de los primeros parches juntos que satisfacen un umbral de proximidad predeterminado, uno con respecto al otro, para formar un parche unido que está dimensionado y localizado de manera que contenga completamente los dos primeros parches, continuando el proceso de unión para cualquiera de los parches primero y/o segundo unidos que cumplan el umbral de proximidad predeterminado hasta que no haya parches que cumplan el umbral de proximidad predeterminado, y asociando todos los segmentos de borde presentes en el interior de uno de los parches unidos restantes tal y como representa la frontera del objeto.

45 La presente invención también proporciona un aparato para localizar automáticamente una frontera de un objeto de interés en un campo de visión, que incluye un sistema de formación de imágenes para formar una imagen eléctrica del campo de visión que contiene el objeto, donde la imagen eléctrica está formada por una pluralidad de píxeles de imagen, y al menos un procesador. Al menos el procesador identifica grupos de píxeles de imagen que representan segmentos de borde del objeto, forma primeros parches alrededor de los grupos de píxeles de imagen, donde cada parche está dimensionado y localizado de manera que contenga completamente uno de los grupos de píxeles de imagen respectivos, y lleva a cabo un proceso de unión de parches que une cualesquiera dos de los primeros parches juntos que cumplen un umbral de proximidad predeterminado, uno con respecto a otro, para formar un parche unido que está dimensionado y localizado de manera que contenga completamente los dos parches unidos. El proceso de unión continúa para cualquiera de los parches unidos primero y/o segundo que cumpla el umbral de proximidad predeterminado hasta que no haya parches que cumplan el umbral de proximidad predeterminado. Dicho al menos un procesador asocia todos los segmentos de borde presentes en el interior de uno de los respectivos parches unidos para representar la frontera del objeto.

A continuación se describirá la invención a modo de ejemplo haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

60 La Figura 1 es un diagrama esquemático de un analizador de partículas que emplea el método de la presente invención.

La Figura 2 es un diagrama de flujo que muestra las etapas de proceso de la presente invención.

65 La Figura 3 es un diagrama de flujo que muestra las etapas del método para ajustar el nivel de fondo.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que muestra las etapas del método para crear imágenes binarias.

La Figura 5 es un ejemplo de matriz de valor de píxel para una imagen binaria ejemplar procedente de las etapas del método de la Figura 4.

5

La Figura 6 es un ejemplo de la matriz de valor de píxel de la Figura 5 tras la detección de borde.

La Figura 7 es un ejemplo de la matriz de valor píxel de la Figura 6 tras la formación de los parches.

10

La Figura 8A-8C son ejemplos de matriz de valor de píxel de la Figura 7 que ilustran la unión de los parches alrededor de una partícula individual.

El método de la presente invención mejora la detección de partículas para permitir una detección de una combinación de partículas de bajo contraste y partes de objeto. El método incluye 5 etapas básicas, y se puede emplear usando un analizador de partículas convencional que tiene un sistema 2 de formación de imágenes y un procesador 4, como se ilustra esquemáticamente en la Figura 1.

15

Sistema de formación de imágenes y procesador

20

Se usa el sistema 2 de formación de imágenes para producir imágenes de campo de visión de una muestra que contiene las partículas de interés. Preferentemente, el sistema 2 de formación de imágenes es un microscopio de flujo bien conocido como se describe en las patentes de EE.UU. 4.338.024, 4.393.466, 4.538.299 y 4.612.614, incorporándose todas por referencia en el presente documento. Dichos sistemas incluyen una célula de flujo 10, un microscopio 12 y una cámara 14, como se muestra en la Figura 1. Se hace pasar el fluido de la muestra que contiene las partículas de interés a través de un área de examen de la célula de flujo 10, en la cual las imágenes de las partículas se pueden ver a través del microscopio de flujo 12. La cámara 14 (que es preferentemente una cámara CDD) captura imágenes de campos de visión sucesivos de las partículas por medio del microscopio 12, a medida que las partículas fluyen a través de la célula de flujo 10, y las convierte en imágenes digitales de partículas. Cada una de las imágenes digitales de partículas tomadas por la cámara 14 comprende miles o incluso millones de píxeles individuales. Preferentemente, se usa una fuente de luz 16 (por ejemplo una marca estroboscópica) para iluminar (por medio de iluminación frontal y/o retroiluminación) el área de examen de la célula de flujo 10. Debe notarse que la presente invención también se puede aplicar a un sistema de formación de imágenes que analiza el fluido de muestra que no fluye (por ejemplo, un fluido de muestra localizado sobre un portaobjetos de exploración).

25

30

35

El procesador 4 puede ser cualquier microprocesador y/o sistema de ordenador, o una pluralidad de microprocesadores y/o sistemas de ordenador, capaces de procesar las imágenes digitales de partículas como se describe a continuación. Ejemplos de dichos procesadores incluyen, pero sin limitarse a, procesadores de datos, DSP (procesadores de señales digitales), microcontroladores y procesadores de sistemas de ordenador, cada uno de los cuales puede ser de tipo CSIC y/o RISC.

40

Método de mejora de la detección de partículas

Existen cinco etapas básicas del método de detección de partículas de la presente invención, como viene ilustrado en la Figura 2: 1) Ajustar del Nivel de Fondo, 2) Crear Imagen Binaria, 3) Detectar Bordes de Partículas, 4) Formar Parches, y 5) Unir Parches.

45

Etapas 1: Ajustar el Nivel de Fondo

La Figura 3 ilustra las cuatro etapas de ajuste del nivel de fondo. Este proceso no solo crea un nivel de fondo medio para cada localización de píxel, sino que lo hace de manera que compensa cualesquiera fluctuaciones de la iluminación de fondo de una imagen a otra (por ejemplo, intensidades diferentes de la señal estroboscópica 16 que puedan afectar negativamente a la precisión del sistema resultante).

50

En primer lugar (en la etapa 1-1), se envía un fluido transparente a través de la célula de flujo 10 (o se coloca sobre portaobjetos de exploración), donde se toman N imágenes de fluido transparente por medio de la cámara 14 y se digitalizan para crear N imágenes digitalizadas de fondo. A modo de ejemplo no limitante, N puede ser igual a 3. En segundo lugar (en la etapa 1-2), se preparan histogramas de los valores de píxel de las imágenes digitales de fondo para cada una de las N imágenes, donde el valor pico de cada histograma se corresponde con un valor medio de píxel para esa imagen. En tercer lugar (en la etapa 1-3), se selecciona un valor de píxel predeterminado de "normalización", y se normaliza cada imagen para el valor de píxel por medio de adición o resta a partir de todos los valores de píxel, de manera que todas las N imágenes tengan un pico de histograma al mismo valor predeterminado de píxel de normalización. Por ejemplo, si el valor de píxel predeterminado de normalización es de 215, y una de las N imágenes tiene un pico de histograma a 210, entonces aumentan todos los picos de esa imagen en un valor de 5. Si otra de las N imágenes tiene un pico de histograma a 190, entonces todos los valores de píxel de esa imagen aumentan en 25. De este modo, todas las N imágenes están normalizadas a un valor de píxel individual, lo que compensa las fluctuaciones de la iluminación de fondo de una imagen a otra. En cuarto lugar (en la etapa 1-4), para

65

cada localización de píxel de las imágenes digitales, se determina un valor de píxel entre los valores de píxel de todas las N imágenes (como queda corregido por medio de la etapa de normalización 1-3), donde se crea una imagen de nivel de fondo medio sobre una localización de píxel por medio de una base de localización de píxeles. De este modo, cada valor de píxel de la imagen de nivel de fondo medio representa un valor medio corregido para esa localización de píxel a partir de todas las N imágenes normalizadas, donde N puede ser cualquier número de imágenes, incluyendo 1.

Preferentemente, el valor de píxel de normalización predeterminado está seleccionado de manera que sea lo más elevado posible sin provocar la saturación de píxel. De este modo, en un sistema donde los valores de píxel pueden variar desde 0 hasta 255, el valor de píxel de normalización predeterminado está seleccionado para evitar que cualesquiera valores de píxel de las imágenes de fondo alcancen 255.

Compensando las variaciones de iluminación de fondo (por ejemplo, de destello a destello), se permite que el sistema opere con un umbral más bajo para distinguir entre píxeles de fondo y píxeles que reflejan de forma precisa los bordes de partícula, como se comenta más a continuación. Debería notarse que para los sistemas que tienen fluctuaciones mínimas de iluminación de fondo de una imagen a otra, se puede omitir la compensación de iluminación de las etapas 1-2 y 1-3, en las cuales se calcula la imagen de nivel de fondo medio en la etapa 1-4 directamente a partir de los valores de píxel medidos de las N imágenes tomadas en la etapa 1-1 (sin ninguna de sus normalizaciones), incluso cuando N es igual a 1. Si N es igual a 1, entonces los valores de píxel medios son los valores de píxel medidos.

Etapa 2: Crear la Imagen Binaria

La Figura 4 ilustra las etapas para crear imágenes binarias. En primer lugar (etapa 2-1), se envía el fluido de muestra que contiene las partículas de interés a través de la célula de flujo (o se localiza sobre los bordes de exploración), donde tiene lugar la toma de imágenes del fluido de muestra (y de sus partículas) por medio de la cámara 14 y se digitalizan para formar imágenes digitales de muestra. Preferentemente pero no necesariamente, se lleva a cabo la compensación de iluminación comentada anteriormente (etapas 1-2 y 1-3) sobre cada una de las imágenes de muestra (para compensar las diferencias de iluminación entre una imagen de muestra y otra imagen de muestra). Específicamente, se preparan los histogramas de los valores de píxel para cada una de las imágenes de muestra, en las cuales el valor pico de cada histograma corresponde a un valor medio de píxel para esa imagen de muestra (etapa 2-2). Se selecciona un valor de píxel de normalización predeterminado (preferentemente usando el valor más elevado posible al tiempo que se evita la saturación de píxel) y se normaliza cada imagen de muestra hasta ese valor de píxel por medio de la adición o la sustracción a partir de todos los valores de píxel como se ha descrito anteriormente, de manera que todas las imágenes de muestra tengan un histograma pico al valor de píxel de normalización predeterminado (etapa 2-3). Preferentemente, el valor de píxel de normalización predeterminado para la imagen de muestra es el mismo que el que se usa para normalizar las imágenes de fondo. Finalmente, se crea una imagen binaria para cada imagen de muestra sobre una base de píxel a píxel (etapa 2-4), que destaca únicamente aquellos píxeles para los cuales la diferencia entre el valor de imagen de nivel de fondo medio y el valor de imagen de muestra excede un valor X de umbral predeterminado.

La Figura 5 ilustra un ejemplo de imagen binaria, donde se asigna un valor (por ejemplo, un "1") a los valores de píxel de imagen binaria en los cuales la diferencia que corresponde a los valores de píxel de imagen binaria y los valores de píxel de imagen de nivel de fondo medio excede el valor umbral X, mientras que al resto de píxeles de imagen binaria se les asigna un segundo valor de píxel (por ejemplo, un "0"). Debe apreciarse que para las imágenes de muestra retroiluminadas, los píxeles que corresponden al nivel de fondo están más iluminados (tienen un valor de intensidad más grande) que los píxeles que corresponden a las partes de las partículas.

El valor X de umbral predeterminado está seleccionado para que sea lo más pequeño posible, sin incurrir en demasiado ruido, con el fin de maximizar la sensibilidad del sistema para las imágenes de partículas de bajo contraste. Si se ajusta la sensibilidad del sistema demasiado elevada, el sistema identificará de forma errónea, como parte del fondo, algunos píxeles que de hecho corresponden a partes de las partículas. Si se ajusta el umbral demasiado bajo, el sistema identificará de forma errónea, como parte de las partículas, algunos píxeles que de hecho corresponden a partes del fondo. Para obtener los mejores resultados, el valor de umbral X ideal debe determinarse empíricamente para cada sistema.

Etapa 3: Detección de Borde

Para cada una de las imágenes de muestra, se determinan los bordes de las diferentes partículas presentes en las mismas usando la imagen binaria correspondiente creada en la Etapa 3. La detección del borde de partículas en los sistemas de formación de imágenes es bien conocida, e implica el proceso de identificar aquellos píxeles de las imágenes de muestra que corresponden a los bordes de las partículas de esas imágenes. Por ejemplo, con frecuencia se identifican los píxeles que corresponden a los bordes de partículas como aquellos que tienen píxeles vecinos en un lado que corresponde al fondo de la imagen, y que tienen píxeles vecinos en el otro lado que corresponde al interior de la partícula. Las técnicas típicas de detección de borde comienzan por medio de la identificación de uno o más píxeles de borde, y posteriormente la búsqueda de más de los citados píxeles de borde

adyacentes a los ya identificados. Las técnicas ejemplares de traza de borde de partículas se divulgan en las Patentes de EE.UU. Números 5.626.709 y 4.538.299, que se incorporan por referencia en la presente memoria. Una vez que se identifican los píxeles de borde, se distinguen esos píxeles del resto de la imagen (lo que corresponde a las partes de fondo y de interior de partícula de la imagen). Por ejemplo, se puede procesar la imagen binaria de la

Figura 5 usando una técnica de detección de borde tal que se asigna "1" a aquellos píxeles identificados como píxeles de borde, asignándose un "0" al resto de los píxeles, como queda ilustrado en la Figura 6. El resultado es una pluralidad de píxeles que definen bordes de partícula o segmentos de borde (se forma un segmento de borde por medio de un grupo de píxeles de borde que definen continuamente al menos una parte de un borde de partícula).

Etapa 4: Formación de Parche

Para cada imagen de muestra, se crean parches rectangulares alrededor de cada borde partícula detectado o segmento de borde, donde se dimensiona cada parche de la manera más pequeña posible al tiempo que contiene todavía todo el segmento de borde o borde de partícula detectada. La Figura 7 ilustra una creación ejemplar simple de los parches rectangulares de la imagen binaria de la Figura 6, donde cuatro segmentos de borde distintos para una partícula dan como resultado cuatro parches rectangulares (P1, P2, P3 y P4).

Como etapa adicional, se puede alargar cada parche estirando cada una de sus paredes desde el centro del parche en la misma cantidad predeterminada. Por ejemplo, si el tamaño de parche es de 10 x 20 píxeles, y la cantidad predeterminada es de 5 píxeles, entonces cada pared de parche se mueve hacia atrás 5 píxeles, dejando un tamaño de parche de 20 x 30. La cantidad de estiramiento predeterminada óptima, que produce los resultados de identificación de partículas más precisos, variará dependiendo del diseño del sistema, y se puede detectar empíricamente. En un analizador de partículas que ha sido reducido a la práctica, se determinó que la cantidad predeterminada óptima de estiramiento por medio de ensayo y error fue de 12 píxeles (entre aproximadamente 1,4 millones de píxeles totales de la toda la imagen), de manera que el tamaño de parche de 10 x 20 se estira hasta un tamaño de parche de 34 x 44. Preferentemente, los parches se estiran antes de proceder a la etapa quinta y final.

Etapa 5: Unión de Parches

La etapa final es la unión sucesiva de parches que se solapan para identificar esos parches (y los segmentos de borde presentes en los mismos) que pertenecen a la misma partícula. El proceso de unión comienza uniendo juntos cualesquiera de los parches creados (y posiblemente expandidos) a partir de la Etapa 4 que se solapan unos con otros compartiendo más de un número predeterminado de píxeles Y. De este modo, para cualesquiera de los dos parches que cumplen ese criterio, se unen los dos parches para dar lugar a un parche individual, donde el parche individual representa el rectángulo más pequeño que puede contener completamente ambos parches que se solapan. Este proceso de unión continúa usando los parches originales de la Etapa 4, los parches unidos de la presente etapa y/o cualesquiera combinaciones de los dos, hasta que no se puedan unir más parches usando los criterios anteriormente descritos.

Las Figuras 8A a 8C ilustran un ejemplo simple de la unión de parches de la Figura 7. En la Figura 7, se solapan dos de los parches (P1 y P2) (que tienen dos píxeles en común). Asumiendo que el número predeterminado de píxeles Y no excede de dos, se unen juntos los parches P1 y P2 como se muestra en la Figura 8A para dar lugar a un parche P5 unido individual. Ahora el parche P5 se solapa con el parche P3, de manera que la Figura 8B ilustra el agente de unión de los parches P5 y P3 que da lugar al parche unido P6. En este ejemplo particular, no tiene lugar más unión, debido a que el parche P6 no se solapa con el parche P4. La Figura 8B es un buen ejemplo de porqué se debería utilizar la etapa de estiramiento de parche opcional, ya que garantiza la inclusión de parches adyacentes, pero distintos de los otros parches de la misma partícula, en el parche unido final. Si se hubiera llevado a cabo el estiramiento de los parches de un píxel individual antes o incluso durante el proceso de unión de parches, se habrían incluido apropiadamente todos los cuatro parches originales (P1, P2, P3, P4), que representan cuatro segmentos de borde de partícula distintos de la misma partícula, en el parche P7 unido final, como queda ilustrado en la Figura 8C.

Una vez que la unión de parche es completa, se asocian aquellos segmentos de borde que se encuentran dentro de uno de los parches finales con una partícula individual (ya que representan la frontera de la partícula individual), y se asocia cualquier segmento(s) de borde que se encuentre fuera del parche final, bien como si no fueran partículas o bien como parte de una partícula adyacente pero distinta. En este momento, se pueden rellenar cualesquiera huecos entre los segmentos de borde en el interior de un parche final con el fin de formar un borde de partícula individual y continuo.

El valor óptimo del número predeterminado de píxeles Y que se requiere para unir dos parches variará de un sistema a otro, y se puede determinar empíricamente. En un analizador de partículas que ha sido reducido a la práctica, se encontró que 50 píxeles (entre 1,4 millones de píxeles totales de la imagen total) es un número Y predeterminado de píxeles compartidos para provocar una unión de parches que se solapan. Una vez que se ha completado el proceso de unión de parches, entonces el parche restante no debe contener más de la imagen de una partícula individual.

Por medio de aislamiento de cada partícula en parches distintos y conocidos, el sistema puede evitar la identificación fiable de partes diferentes de la misma partícula como partículas diferentes, de manera que se puedan rellenar cualesquiera huecos de los bordes de partícula en el interior de cada parche sin el riesgo de unir una parte de borde de una partícula a una parte de borde de otra partícula.

5 Se describe la unión de parches como se ha descrito anteriormente y se ilustra en los dibujos, con respecto a las fronteras de solapamiento de los parches. No obstante, se puede llevar a cabo la unión de los parches de cualquier forma que mida la proximidad de los parches, en la cual los parches se unen si cumplen un umbral de proximidad particular. La proximidad se puede medir simplemente por medio del solapamiento de las fronteras de parche que
10 contienen distintos segmentos de borde de partícula, como se ilustra y se describe anteriormente. Pero además, se podrían usar otras medidas de proximidad, tales como la distancia medida o las distancias entre las partes de frontera de parche (por ejemplo, la distancia entre las partes más próximas de frontera de parche, la distancia entre las partes más lejanas de frontera de parche, etc.) o un criterio de atracción de tipo gravitacional basado en los tamaños de parche y la distancia(s) de separación (por ejemplo, considerar el tamaño total de los parches y la
15 distancia entre los centros de parche), que es análogo al análisis de masa y fuerza gravitacional), de manera que los parches "grandes" se podrían unir, pero los parches grandes y pequeños con separación similar no se podrían unir. De este modo, el umbral de proximidad podría ser un número particular de píxeles compartidos por medio de dos parches que se solapan, o podría ser la distancia(s) entre segmentos de frontera de dos parches, o podría ser un valor basado en los tamaños de los parches dividido entre la distancia que existe entre las fronteras de parche o los
20 centros de parche.

Debe entenderse que la presente invención no está limitada a la realización(es) descrita anteriormente e ilustrada en el presente documento, sino que engloba cualesquiera y todas las variaciones que se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, como resulta evidente a partir de las reivindicaciones y de la memoria
25 descriptiva, no es necesario llevar a cabo todas las etapas del método en el orden exacto en el que se ilustran o reivindican, sino en cualquier orden que permita un aislamiento apropiado de las partículas en parches separados y distintos. Además, la forma de los parches no necesariamente tiene que ser rectangular, y puede variar en cuanto a forma y orientación con el fin de optimizar su comportamiento de unión. Algunas formas, tal como rectángulos, "capturan" más agresivamente los parches adyacentes, mientras que otras tales como círculos u óvalos minimizan la
30 captura de los objetos adyacentes, asumiendo que todos los objetos sean inherentemente convexos. Además, mientras que el sistema preferentemente asocia de manera automática todos los segmentos de borde presentes en el parche unido a una representación de la frontera del objeto, no necesariamente se requiere que lo haga. En lugar de ello, se pueden presentar simplemente los segmentos de borde resultantes presentes en el parche unido al usuario para el análisis, o se pueden usar por parte del sistema con otros fines de análisis.
35

REIVINDICACIONES

1. Un método para localizar automáticamente una frontera de un objeto de interés en un campo de visión, que comprende:
 - 5 formar una imagen electrónica del campo de visión que contiene el objeto, donde la imagen electrónica está formada por una pluralidad de píxeles de imagen; identificar grupos de píxeles de imagen que representan segmentos de borde del objeto; formar primeros parches alrededor de los grupos de píxeles de imagen, donde se dimensiona y se localiza cada primer parche para que contenga completamente uno de los respectivos grupos de píxeles de imagen; llevar a cabo un proceso de unión de parches que una cualesquiera dos de los primeros parches juntos que cumplan un umbral de proximidad predeterminado, uno con respecto al otro, para formar un parche unido que se dimensione y localice de manera que contenga completamente los dos primeros parches, donde el proceso continúa para cualesquiera de los parches primeros y/o unidos que cumpla el umbral de proximidad predeterminado hasta que no haya parches que cumplan el umbral de proximidad predeterminado; y asociar todos los segmentos de borde presentes en el interior de uno de los parches unidos restantes como representación de la frontera del objeto.
- 20 2. El método de la reivindicación 1, donde el umbral de proximidad predeterminado es un número predeterminado de píxeles de imagen compartido por cualquiera de los parches primeros y/o unidos que se solapan uno con otro.
3. El método de la reivindicación 1, donde el umbral de proximidad predeterminado es una distancia predeterminada entre cualquiera de los parches primeros y/o unidos.
- 25 4. El método de la reivindicación 3, donde la distancia predeterminada se mide a partir de las fronteras de los parches primeros y/o unidos.
5. El método de la reivindicación 3, donde la distancia predeterminada se mide desde las partes de centro de los parches primero y/o unidos.
- 30 6. El método de la reivindicación 1, donde el umbral de proximidad predeterminado se calcula a partir de los tamaños y distancias de separación de los parches primeros y/o unidos.
- 35 7. El método de la reivindicación 1, donde la formación del parche además comprende dimensionar cada uno de los parches de la manera más pequeña posible, al tiempo que todavía contengan completamente uno de los grupos de píxeles de imagen.
8. El método de la reivindicación 7, donde tras el dimensionado de los parches de la manera más pequeña posible, la formación de los parches además comprende: expandir cada uno de los parches moviendo las partes de las paredes del parche a partir del centro del parche una distancia predeterminada.
- 40 9. El método de la reivindicación 8, donde cada uno de los parches tiene una forma rectangular.
- 45 10. El método de la reivindicación 1, donde la identificación de los grupos de píxeles de imagen que representan los segmentos de borde del objeto comprende: formar una imagen de nivel de fondo del campo de visión, donde la imagen de nivel de fondo está formada por una pluralidad de píxeles de nivel de fondo, que corresponden cada uno en cuanto a localización de uno de los píxeles de imagen y que tienen cada uno un valor de píxel; clasificar como píxel de objeto cada uno de los píxeles de imagen que tenga un valor de píxel que varíe en al menos una cantidad predeterminada a partir del valor de píxel del correspondiente píxel de nivel de fondo; e identificar cuales de los píxeles de objeto corresponden a un borde del objeto.
- 50 11. El método de la reivindicación 10, donde la formación de la imagen de nivel de fondo del campo de visión además comprende: formar N imágenes electrónicas de fondo del campo de visión que no contengan ningún objeto de interés, donde cada una de las imágenes electrónicas de fondo está formada por una pluralidad de píxeles de fondo, que corresponden cada uno en cuanto a localización a uno de los píxeles de nivel de fondo y teniendo cada uno un valor de píxel, y donde N es un número entero positivo; y generando cada uno de los píxeles de nivel de fondo por medio del cálculo de un valor medio de los valores de píxel para los píxeles de fondo que corresponde al píxel de nivel de fondo.
- 55 12. El método de la reivindicación 11, donde la formación de N imágenes electrónicas de fondo del campo de visión incluye hacer fluir un fluido transparente a través del campo de visión.
- 60 13. El método de la reivindicación 11, donde la formación de la imagen de nivel de fondo del campo de visión además comprende: normalizar valores medios de los valores de píxel de fondo para cada una de las N imágenes electrónicas de fondo antes de la generación de los píxeles de nivel de fondo.
- 65

14. El método de la reivindicación 13, donde la normalización de los valores medios de los valores de píxel de fondo además comprende: crear un histograma para cada una de las N imágenes electrónicas de fondo, donde cada uno de los histogramas tiene un valor pico que corresponde al valor más dominante de los valores de píxel de fondo para una de las N imágenes electrónicas de fondo; seleccionar un valor de píxel de normalización predeterminado; y
 5 ajustar los valores de píxel de fondo para las N imágenes electrónicas de fondo de manera que sus histogramas tengan todos valores pico iguales al valor de píxel de normalización predeterminado.
15. El método de la reivindicación 14, donde el valor de píxel de normalización predeterminado está seleccionado de tal forma que los valores de píxel de fondo ajustados no excedan su valor de píxel máximo.
 10
16. El método de la reivindicación 10, donde la clasificación como píxel de objeto además incluye: crear una imagen binaria de la imagen electrónica del campo de visión que contiene el objeto, donde la imagen binaria está formada por una pluralidad de píxeles binarios, correspondiendo cada uno, en cuanto a localización a uno de los píxeles de imagen, donde se asigna un primer valor a cada uno de los píxeles binarios si el correspondiente valor de píxel de imagen varía en al menos una cantidad predeterminada a partir del valor de píxel del correspondiente píxel de nivel de fondo, y se asigna un segundo valor si el correspondiente valor de píxel de imagen no varía en al menos la cantidad predeterminada a partir de un valor de píxel del correspondiente píxel de nivel de fondo.
 15
17. El método de la reivindicación 16, donde la identificación en la cual los píxeles de objeto corresponden a un borde del objeto incluye: re-asignar un segundo valor a cualquiera de los píxeles binarios a los cuales se asignó un primer valor, que están rodeados por otros píxeles binarios a todos los cuales se asignó originalmente el primer valor.
 20
18. El método de la reivindicación 1, donde cada uno de los píxeles de imagen tiene un valor, y donde la formación de la imagen electrónica del campo de visión que contiene el objeto además comprende: crear un histograma para la imagen electrónica que contiene el objeto, donde el histograma tiene un valor pico que corresponde al valor más dominante de los valores de píxel de imagen; seleccionar un valor de píxel de normalización predeterminado; y ajustar los valores de píxel de imagen de manera que el histograma tenga un valor pico igual al valor de píxel de normalización predeterminado.
 25
 30
19. Un aparato para localizar automáticamente una frontera de un objeto de interés en un campo de visión, comprendiendo el aparato:
 35 un sistema (2) de formación de imágenes para formar una imagen eléctrica del campo de visión que contiene el objeto, donde la imagen electrónica está formada por una pluralidad de píxeles de imagen; y al menos un procesador (4) para identificar grupos de píxeles de imagen que representan segmentos de borde del objeto, formando primeros parches alrededor de los grupos de píxeles de imagen, donde cada uno de los primeros parches está dimensionado y posicionado para contener completamente uno de los respectivos grupos de píxeles de imagen, y llevar a cabo un proceso de unión de parche que una cualesquiera dos de los parches primeros juntos que cumplan un umbral de proximidad predeterminado, uno con respecto al otro, para formar un parche unido que se dimensiona y posiciona para contener completamente los dos primeros parches, donde el proceso de unión continua para cualquiera de los parches primeros y/o unidos que cumplan el umbral de proximidad predeterminado, y dicho procesador (4) asocia todos los segmentos de borde presentes en el interior de uno de los parches unidos restantes para representar la frontera del objeto.
 40
 45
20. El aparato de la reivindicación 19, donde el umbral de proximidad predeterminado es un número predeterminado de píxeles de imagen compartido por cualquiera de los parches primeros y/o unidos que se solapan unos con otros.
- 50 21. El aparato de la reivindicación 19, donde el umbral de proximidad predeterminado es una distancia predeterminada entre cualquiera de los parches primeros y/o unidos.
22. El aparato de la reivindicación 21, donde la distancia predeterminada se mide a partir de las fronteras de los parches primeros y/o unidos.
 55
23. El aparato de la reivindicación 22, donde la distancia predeterminada se mide a partir de las partes centrales de los parches primeros y/o unidos.
24. El aparato de la reivindicación 19, donde el umbral de proximidad predeterminado se calcula a partir de los tamaño y distancias de separación de los parches primeros y/o unidos.
 60
25. El aparato de la reivindicación 19, donde la formación de los primeros parches por medio de al menos un procesador además comprende: dimensionar cada uno de los parches primeros de la manera más pequeña posible al tiempo que todavía contengan completamente uno de los grupos de píxeles de imagen.
 65

26. El aparato de la reivindicación 25, donde tras el dimensionado de los primeros parches de la manera más pequeña posible, la formación de los parches primeros por medio de al menos un procesador además comprende: expandir cada uno de los primeros parches moviendo las partes de las paredes del parche desde el centro del parche una distancia predeterminada.
- 5 27. El aparato de la reivindicación 26, donde cada uno de los parches tiene una forma rectangular.
28. El aparato de la reivindicación 19, donde se identifican los grupos de píxeles de imagen que representan segmentos de borde del objeto por medio de al menos un procesador: formando una imagen de nivel de fondo del campo de visión, donde la imagen de nivel de fondo está formada por una pluralidad de píxeles de nivel de fondo, correspondiendo cada uno en cuanto a localización, a uno de los píxeles de imagen y teniendo cada uno un valor de píxel; clasificando como píxel de objeto cada uno de los píxeles de imagen que tienen un valor de píxel que varía en al menos una cantidad predeterminada a partir del valor de píxel del correspondiente píxel de nivel de fondo; e identificando cual de los píxeles de objeto corresponde a un borde del objeto.
- 10 29. El aparato de la reivindicación 28, donde el sistema forma la imagen de nivel de fondo del campo de visión: formando N imágenes electrónicas de fondo del campo de visión que no contienen ninguno de los objetos de interés, donde cada una de las imágenes electrónicas de fondo está formada por una pluralidad de píxeles de fondo, correspondiendo cada uno, en cuanto a localización, a uno de los píxeles de nivel de fondo y teniendo cada uno un valor de píxel, y donde N es un número entero positivo, y generando cada uno de los píxeles de nivel de fondo calculando un valor medio de los valores de píxel para los píxeles de fondo que corresponden al píxel de nivel de fondo.
- 15 30. El aparato de la reivindicación 29, donde el sistema hace fluir un fluido transparente a través del campo de visión para formar N imágenes electrónicas de fondo del campo de visión.
- 20 31. El aparato de la reivindicación 29, donde al menos un procesador forma la imagen de nivel de fondo del campo de visión: normalizando los valores medios de los valores de píxeles de fondo para cada una de las N imágenes electrónicas de fondo antes de la generación de los píxeles de nivel de fondo.
- 30 32. El aparato de la reivindicación 31, donde al menos un procesador normaliza los valores medios de los valores de píxeles de fondo: creando un histograma para cada una de las N imágenes electrónicas de fondo, donde cada uno de los histogramas tiene un valor pico que corresponde al valor más dominante de los valores de píxeles de fondo para una de las N imágenes electrónicas de fondo; seleccionando un valor de píxel de normalización predeterminado; y ajustando los valores de píxeles de fondo para las N imágenes electrónicas de fondo de manera que sus histogramas tengan todos valores de pico iguales al valor de píxel de normalización predeterminado.
- 35 33. El aparato de la reivindicación 32, donde al menos un procesador selecciona el valor de píxel de normalización predeterminado de manera que los valores de píxel de fondo ajustados no excedan su valor de píxel máximo.
- 40 34. El aparato de la reivindicación 28, donde al menos un procesador clasifica los píxeles de objeto: creando una imagen binaria de la imagen electrónica del campo de visión que contiene el objeto, donde la imagen binaria está formada por una pluralidad de píxeles binarios, correspondiendo cada uno, en cuanto a localización, a uno de los píxeles de imagen, donde se asigna un primer valor a cada uno de los píxeles binarios si el correspondiente valor de píxel de imagen varía en al menos una cantidad predeterminada a partir del valor de píxel del correspondiente píxel de nivel de fondo, y se asigna un segundo valor si el correspondiente valor de píxel de imagen no varía en al menos la cantidad predeterminada a partir del valor de píxel del correspondiente píxel de nivel de fondo.
- 45 35. El aparato de la reivindicación 34, donde al menos un procesador identifica cual de los píxeles de objeto corresponde a un borde del objeto: re-asignando un segundo valor a cualquiera de los píxeles binarios a los cuales se asignó un primer valor, que están rodeados por otros píxeles binarios a todos los cuales se asignó originalmente el primer valor.
- 50 36. El aparato de la reivindicación 19, donde cada uno de los píxeles de imagen tiene un valor, y donde al menos un procesador forma la imagen electrónica del campo de visión que contiene el objeto además: creando un histograma para la imagen electrónica que contiene el objeto, donde el histograma tiene un valor pico que corresponde al valor más dominante de los valores de píxel de imagen; seleccionar un valor de píxel de normalización predeterminado; y ajustar los valores de píxel de imagen de manera que el histograma tenga un valor pico igual al valor de píxel de normalización predeterminado.
- 55 60

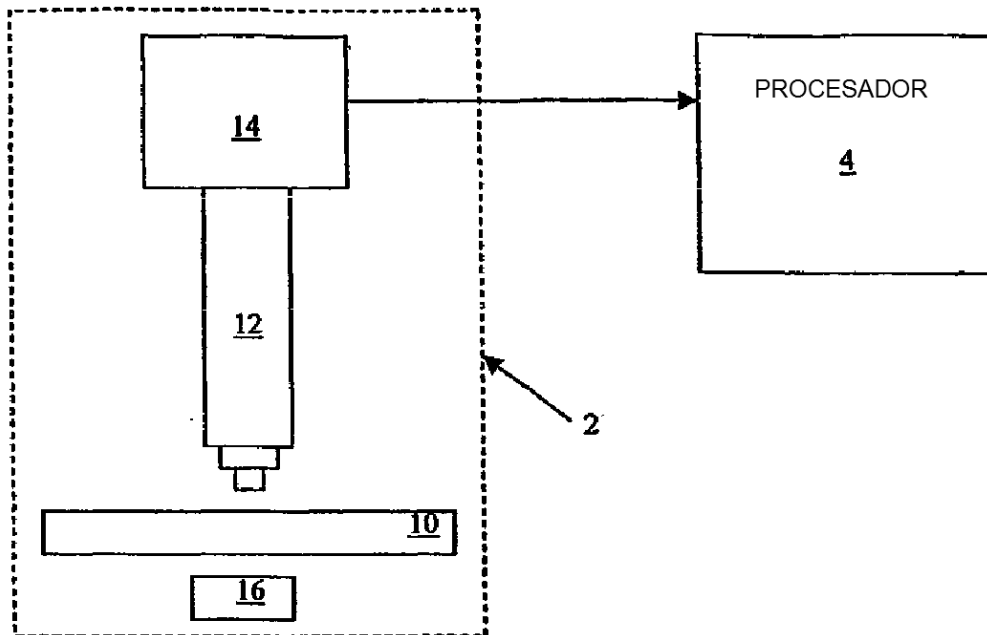


FIG. 1

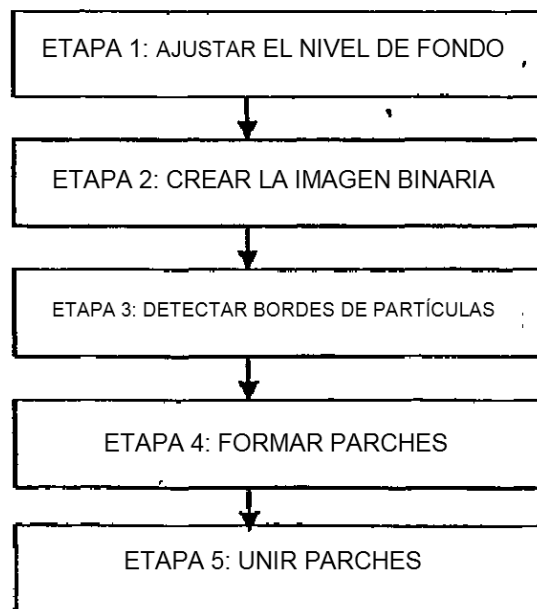


FIG. 2

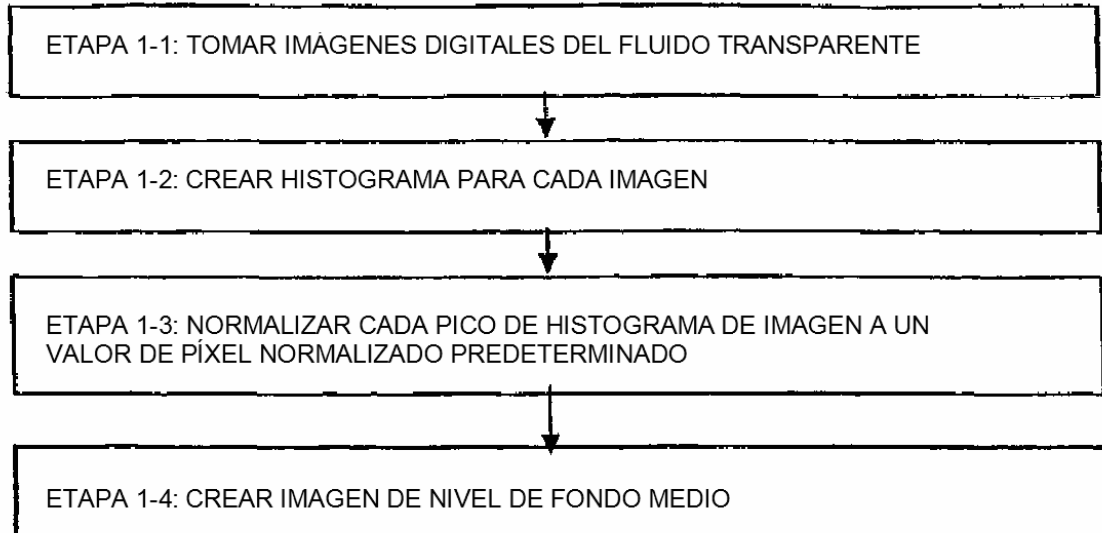


FIG. 3

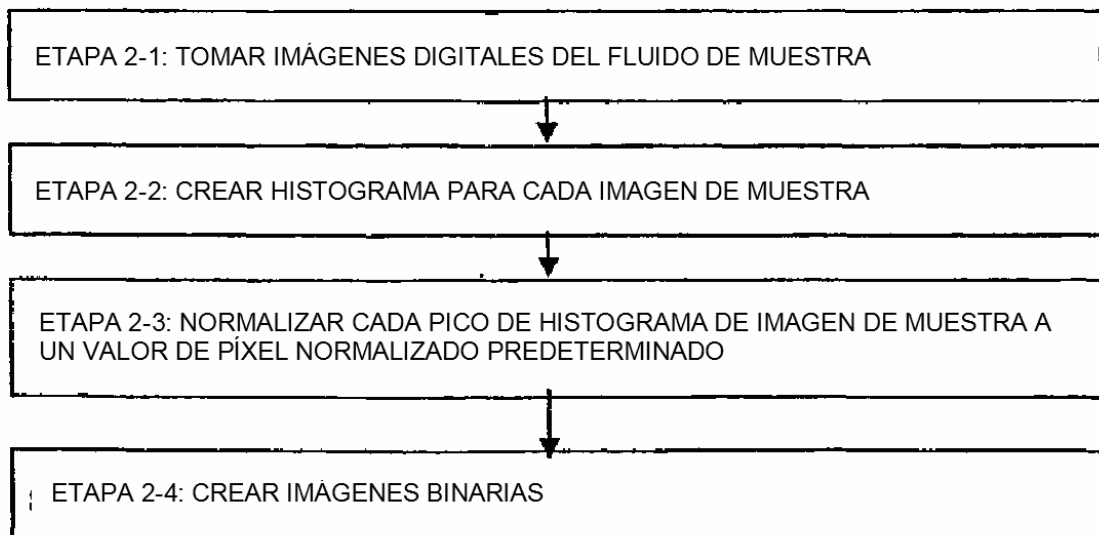


FIG. 4

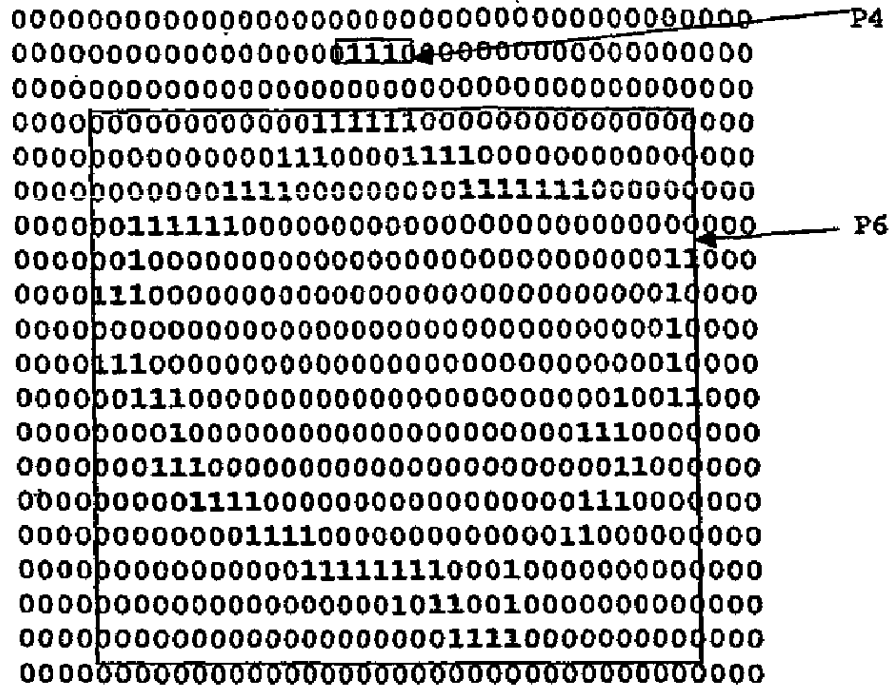


FIG. 8B

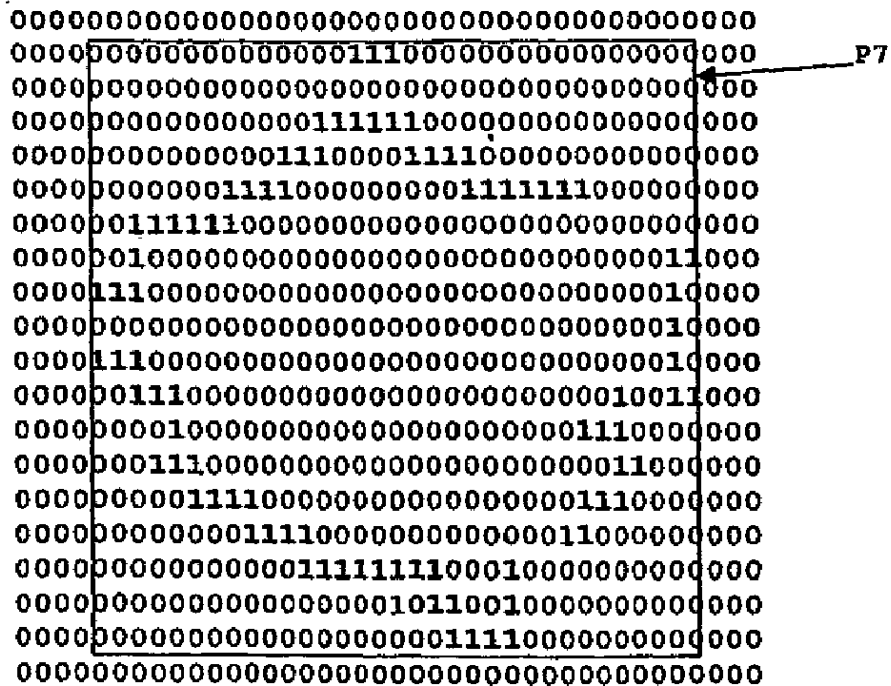


FIG. 8C