

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 644**

51 Int. Cl.:

**G06T 5/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.07.2003 PCT/FR2003/002197**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.01.2004 WO04010377**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2003 E 03750802 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018 EP 1523731**

54 Título: **Procedimiento de procesamiento de una imagen adquirida por medio de una guía compuesta por una pluralidad de fibras ópticas**

30 Prioridad:

**18.07.2002 FR 0209100**

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

**26.10.2018**

73 Titular/es:

**MAUNA KEA TECHNOLOGIES (100.0%)  
9, rue d'Enghien  
75010 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**PERCHANT, AYMERIC;  
LE GOUALHER, GEORGES y  
BERIER, FRÉDÉRIC**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 687 644 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento de procesamiento de una imagen adquirida por medio de una guía compuesta por una pluralidad de fibras ópticas

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de procesamiento de una imagen adquirida por medio de una guía compuesta por una pluralidad de fibras ópticas. Su aplicación es particularmente interesante dentro del campo de la imagen médica. No obstante, la invención tiene un ámbito más amplio, ya que puede ser de aplicación en cualquier campo en el que se realice formación de imágenes por medio de una guía compuesta por una pluralidad de fibras ópticas. La guía de imagen permite obtener una imagen. Tal dispositivo permite trasladar la exploración por láser y la fuente luminosa y el receptor lejos del objeto que ha de observarse. Por ejemplo, en un sistema de exploración por láser con obtención de una imagen confocal, la guía de imagen es un ensamblaje de varios miles de fibras ópticas cuya ordenación espacial es idéntica a la entrada y a la salida. La observación de un objeto a través de esta guía se podría comparar con una observación por intermedio de una rejilla, a causa de la pérdida de información entre las fibras ópticas. Por lo tanto, la visualización está entorpecida a causa de la presencia de las fibras ópticas: el motivo de las fibras ópticas aparece en la imagen adquirida. Esto obliga a un tratamiento específico a fin de eliminar este motivo y mejorar la legibilidad de la imagen.

10 En los actuales sistemas, este tratamiento específico se limita a un filtrado lineal de la imagen adquirida. El documento WO97/42600, designado por D1, describe un método para el procesamiento de una imagen adquirida por medio de un haz de fibras. Este método tiene por objeto eliminar la presencia de la red de los núcleos del haz de fibras. Para conseguir esto, se realiza una normalización de la intensidad de cada núcleo del haz de fibras con respecto a una imagen de referencia. A continuación, se realiza una interpolación de las intensidades de los núcleos, a fin de que la distribución de intensidad de la imagen adquirida sea continua. La interpolación se realiza a partir de un mallado triangular predeterminado.

20 En D1, el procesamiento local sobre cada núcleo del haz de fibras interesa a la etapa de cálculo de la intensidad normalizada en cuyo transcurso se divide la intensidad adquirida por una intensidad de referencia del mismo núcleo en la adquisición de la imagen de referencia.

La presente invención tiene por finalidad proponer un nuevo procedimiento que permite hacer legibles las imágenes adquiridas por medio de una guía de múltiples fibras ópticas.

Es otra finalidad de la invención tener en cuenta los efectos parásitos debidos al aparato de adquisición en el procesamiento de la imagen adquirida.

30 Se logra al menos uno de los antedichos objetivos con un nuevo procedimiento de procesamiento de imagen según la reivindicación 1.

35 Con el procedimiento según la invención, el hecho de aislar las fibras ópticas sobre la imagen equivale a aislar sobre la imagen la zona correspondiente a cada fibra. Cuando quedan aislados los píxeles que representan la inyección mayoritaria en cuanto a superficie (zona de influencia), se pueden efectuar entonces procesamientos locales en cada fibra óptica. La baja diafonía de la guía y los ajustes de la inyección permiten garantizar el hecho de que el contenido informativo de cada fibra no dependa de la fibra vecina, sino únicamente de la coherencia espacial del objeto observado. El aparato que realiza la adquisición de imagen se ajusta a fin de tener suficientes píxeles por fibra: así, se puede estimar de manera precisa la información que es detectada por esa fibra y que está repartida en los píxeles que representan la fibra óptica.

40 De este modo, en lugar de procesar la imagen de manera conjunta realizando un mero filtrado lineal como en la técnica anterior, en el procedimiento según la invención, se aísla cada fibra óptica sobre la imagen adquirida y se procesa la información detectada por cada fibra óptica. Ventajosamente, el aparato que realiza la adquisición de imagen está controlado para garantizar las condiciones mínimas de eficiencia del procedimiento según la invención. Para conseguir esto, se puede modificar la velocidad de muestreo, la calidad de inyección en las fibras ópticas y el ajuste de la cadena de detección con el fin de garantizar un perfil de tipo "huevera", especialmente en la imagen testigo.

Ventajosamente, cuando se aíslan las fibras ópticas sobre la imagen y cuando se procesa cada zona aislada, se pueden contemplar abundantes aplicaciones tales como:

- 50 - la reconstrucción de una imagen sin el motivo de las fibras: las fibras entorpecen la legibilidad y los posteriores procesamientos efectuados sobre la imagen;
- el control de la rugosidad de la superficie de la guía, la rugosidad va a perturbar el fenómeno de inyección para hacerlo espacialmente variante;
- el reajuste de las imágenes, o la estabilización de la imagen; el motivo de las fibras impide cualquier reajuste de las imágenes entre sí, el conocimiento del lugar de las fibras y de la información observada permiten reajustar las imágenes;

- la superresolución: se pueden utilizar escasos movimientos en la adquisición de una secuencia de imágenes para volver a muestrear la imagen con un periodo espacial más bajo y, por tanto, obtener una mejor resolución;

- la cuantificación de las imágenes: se puede extraer con mucha más facilidad y precisión información sobre la imagen sin el motivo de las fibras ópticas,

- 5 - el control temporal de los parámetros internos del aparato de adquisición: el conocimiento del lugar de cada fibra y de sus valores óptimos de inyección permite controlar el desgaste de la guía y las variaciones de ciertos parámetros optoelectrónicos.

10 En el procedimiento según la invención, para aislar cada zona, se puede aplicar una máscara, correspondiente al motivo de las fibras, sobre la imagen adquirida. Esta máscara, correspondiente a una imagen de las componentes conexas que representan cada fibra, se obtiene a lo largo de una etapa de detección de las fibras a partir de una imagen testigo.

15 La imagen testigo es una imagen que permite distinguir bien unas de otras las fibras ópticas. Puede proceder de la observación de un espejo, de un medio difusor homogéneo, de un medio fluorescente homogéneo, puede también provenir de la retrodifusión propia en el interior del paquete de fibras ópticas. Pero todavía puede ser la imagen adquirida. Por lo tanto, en la salida de la detección, se obtiene una imagen de las componentes conexas (segmentos) que representan cada fibra óptica. Cada nivel de gris representa un índice único que designa una fibra óptica en la guía.

De acuerdo con la invención, la etapa de detección de las fibras puede comprender las siguientes etapas:

- 20 - prefiltrado de la imagen testigo,  
 - segmentación por región, utilizando el algoritmo de "cuenca",  
 - corrección de segmentos que presentan una superficie anormalmente grande y  
 - corrección de segmentos que presentan una superficie anormalmente pequeña.

Las dos etapas de corrección son permutables, y se pueden realizar de manera iterativa.

25 Ventajosamente, la etapa de prefiltrado puede comprender una etapa de apertura morfológica seguida de una etapa de inversión de imagen. Con la apertura morfológica digital, se pretende eliminar los máximos parásitos situados sobre las fibras ópticas. Es un preprocesamiento tradicional del algoritmo de "cuenca" efectuado en la segmentación por región.

En la salida del prefiltrado, se obtiene una imagen de las fibras ópticas filtradas de sus máximos locales, y suavizadas en las zonas entre fibras.

30 La etapa de inversión de imagen puede venir precedida de una etapa de difusión anisotrópica de tipo escalar.

De acuerdo con la invención, el prefiltrado puede comprender además una etapa en cuyo transcurso se realiza una interpolación del vecino más próximo para duplicar el tamaño de la imagen en vertical y en horizontal.

35 Con esta etapa de interpolación, se pretende simular elementos estructurantes de morfología matemática con un radio inferior a uno. La imagen es duplicada para que la apertura morfológica que sigue no toque los máximos aislados, sino solamente los que son 8-conexos, pero no 4-conexos (vecinos mediante una diagonal). El interés está en hacer una selección de los máximos eliminados mediante la apertura.

Por otro lado, en presencia de una pluralidad de imágenes de adquisición, el prefiltrado puede comprender además una etapa de filtrado temporal.

40 Ventajosamente, el procesamiento local de cada zona puede consistir en calcular el flujo de fotón detectado para cada zona (correspondiente a una fibra dada) de la imagen adquirida, y en corregir el sesgo sobre cada valor de flujo así calculado.

45 Preferentemente, se realiza el cálculo de flujo por medio de un estimador del máximo de verosimilitud calculado sobre un perfil específico de inyección de cada fibra. Más concretamente, se puede utilizar el estimador del máximo de verosimilitud sobre la distribución de amplitud del perfil específico de inyección en cada fibra óptica. El perfil es una curva que representa el porcentaje de inyección en función del alejamiento de la luz con respecto al centro de la sección transversal en el extremo de la fibra óptica. En muchos casos, este perfil es modelizado mediante una gaussiana.

50 Según una forma de puesta en práctica de la invención, aplicando asimismo la máscara sobre una imagen que representa un fondo parásito, se calcula asimismo el flujo de fotón detectado para cada zona de la imagen de fondo, y se resta a cada valor de flujo de cada zona de la imagen adquirida el valor de flujo de cada zona de la imagen de

fondo correspondiente, y se realiza la corrección de sesgo sobre el resultado de esta resta.

5 La imagen de fondo puede ser las reflexiones parásitas sobre los sistemas ópticos del aparato de adquisición y, por tanto, inclusive en la salida de la guía de imagen, pero también puede ser el desplazamiento, el ruido electrónico, de la cadena de digitalización del aparato de adquisición. El desplazamiento se corresponde con el término comúnmente denominado "offset". Si el offset es dominante en la imagen, no se puede obtener el fondo sin más que retirar la imagen, ya que el offset depende del contenido y, por tanto, no es el mismo. En este caso, se utiliza para estimarlo un cuantil del histograma. El histograma es el de la imagen adquirida en la medición en tiempo real, y el de una imagen de calibración en una etapa de calibración como se verá a continuación.

El fondo parásito puede provenir del fondo de la imagen o de un offset de la cadena de detección.

10 De acuerdo con la invención, la corrección de sesgo puede consistir en separar espacialmente las fibras en diferentes bloques, en estimar el valor de sesgo dentro de cada bloque, en interpolar los valores de los sesgos a fin de obtener un valor de sesgo para cada fibra y en dividir, para cada zona, el valor obtenido de flujo en la etapa precedente por el correspondiente valor de sesgo así obtenido.

15 La reconstrucción de la imagen adquirida puede hacer intervenir una etapa de graduación para graduar el flujo de la imagen adquirida, previo procesamiento local, y una etapa de reconstrucción mosaico. Se pueden utilizar otros tipos de reconstrucción, tales como por interpolación o con bases de funciones radiales.

Por otro lado, la presente invención puede ser llevada a la práctica sin las etapas de calibración y de graduación. En este caso, la imagen testigo puede ser la imagen adquirida.

20 Para la graduación y para cada zona de la imagen adquirida, se puede dividir el valor del flujo obtenido previo procesamiento local por un valor obtenido de flujo a continuación de una etapa de calibración. Esta operación de inyección permite compensar las inyecciones defectuosas en ciertas fibras ópticas.

De acuerdo con una característica ventajosa de la invención, la etapa de calibración consiste en:

- aislar cada zona de una imagen de calibración aplicando la máscara, correspondiente al motivo de las fibras, sobre esta imagen de calibración,
- 25 - calcular el flujo de fotón detectado para cada zona de la imagen de calibración y
- corregir el sesgo sobre cada valor de flujo así calculado.

La imagen obtenida al término de la calibración permite servir de patrón para la imagen adquirida a fin de obtener una imagen adquirida para la cual todas las fibras ópticas de la guía habrían sido inyectadas de la misma manera.

30 Preferentemente, se realiza el cálculo de flujo por medio de un estimador del máximo de verosimilitud calculado sobre el perfil específico de inyección de cada fibra. Por otro lado, aplicando asimismo la máscara sobre una imagen que representa un fondo parásito, se puede calcular el flujo de fotón detectado para cada zona de la imagen de fondo, se puede restar a cada valor de flujo de cada zona de la imagen de calibración el valor de flujo de cada zona de la imagen de fondo correspondiente, y se puede realizar la corrección de sesgo sobre el resultado de esta resta.

35 Dicho de otro modo, a lo largo de la etapa de calibración, se realizan las mismas operaciones que en la medición, es decir, en el procesamiento de una imagen adquirida en tiempo real. Solo que con la calibración se hace uso de una imagen de calibración que pone ampliamente de manifiesto el motivo de las fibras ópticas. La calibración permite, previa detección de las fibras sobre la imagen testigo, generar una imagen en la que el porcentaje de inyección va a servir de patrón en la medición en tiempo real. A lo largo de la medición, se corrige asimismo el porcentaje de inyección en la imagen adquirida, y se gradúa el flujo observado en función de la imagen patrón a fin de reconstruir una imagen adquirida sin motivo de las fibras ópticas.

Por sesgo, se entiende una componente de baja frecuencia, pudiendo provenir esta componente de causas diversas.

45 La corrección de sesgo se puede efectuar en la calibración y en la medición en tiempo real. Para el primer caso, esto puede venir del hecho de que la calibración se lleva a cabo, por ejemplo, sobre un espejo plano, y de que la curvatura de campo va a reducir la calidad de inyección de vuelta en los bordes (que están desenfocados). Sobre el objeto de medida, o en un medio difusor homogéneo, la inyección no deja de ser menos buena que en los bordes, y ello se traduce en un sesgo similar al primero en lo que respecta a su forma. El sesgo puede provenir asimismo de un problema de viñeteado. Generalmente, el sesgo tiene una simetría cuasi circular. La estimación del sesgo se lleva a cabo dividiendo la imagen en NxN bloques de tamaño fijo, con posterior estimación del sesgo en cada bloque. Para ello, hay que considerar la naturaleza del objeto observado. En el caso de un objeto homogéneo, el sesgo se puede adquirir tomando el valor promedio o mediano en el bloque. Cuando hay un objeto, hay que saber si ese objeto es más oscuro o más claro que el resto de la imagen. A título de ejemplo, el sesgo puede ser multiplicativo y, por tanto, se toma un operador de promedio o de mediana (con respecto a un máximo o mínimo para un sesgo aditivo). Entonces se obtiene una imagen de tamaño NxN que es utilizada, previa interpolación, para

hallar el valor del sesgo visto por cada fibra. Se puede utilizar, por ejemplo, una interpolación bilineal.

La reconstrucción mosaico consiste en repartir, por toda la superficie de cada zona de la imagen adquirida, el valor de flujo de cada zona obtenido a continuación de la etapa de graduación. A continuación se puede realizar un filtrado recursivo paso bajo a fin de suavizar la imagen adquirida reconstruida.

- 5 De acuerdo con una forma de puesta en práctica ventajosa de la invención, la imagen testigo y la imagen de calibración son idénticas.

Otras ventajas y características de la invención se irán poniendo de manifiesto con la detenida observación de la descripción detallada de una forma de puesta en práctica, en absoluto limitativa, y de los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- 10 - la figura 1 es una vista esquemática de conjunto del procedimiento de procesamiento de imagen según la invención;
- la figura 2 es un organigrama que detalla las principales etapas de un proceso de calibración según la invención;
- la figura 3 es un organigrama que detalla las principales etapas de un proceso de medición según la invención; y
- 15 - la figura 4 es un organigrama que detalla las etapas finales que tienen en cuenta los procesos de calibración y de medición para la reconstrucción de una imagen adquirida sin fibras ópticas aparentes según la invención.

En la figura 1 se representa un esquema de conjunto del procedimiento según la invención.

- 20 El procedimiento se puede escindir en cuatro partes: una parte 1 referente a la detección de las fibras, una parte 2 de calibración, una parte 3 de medición y una parte 4 de reconstrucción. Las partes 1 y 2 corresponden al diagrama de la figura 2, mientras que la parte 3 corresponde al diagrama de la figura 3 y la parte 4 corresponde al diagrama de la figura 4.

- 25 En la figura 1, de acuerdo con la invención, cuando se desea adquirir una serie de imágenes, primero se realiza una etapa de calibración. Para conseguir esto, se considera una imagen testigo 5 a la que hay que hacer pasar por una etapa de detección de las fibras 6 a fin de obtener una imagen 7 de las componentes conexas que representan cada fibra. La imagen testigo 5 es una imagen adquirida por medio de un sistema que comprende una guía constituida a partir de una pluralidad de fibras ópticas, de 10 000 a 30 000 por ejemplo. La imagen testigo 5 se obtiene de manera tal que se distingue el motivo de las fibras ópticas, es decir, de tipo "huevera": traduciéndose una fibra, en el perfil de la imagen, en una pequeña montaña rodeada por puerto y por valle. La imagen testigo 5 experimenta una operación de detección de las fibras a fin de obtener una especie de máscara que representa el motivo de las fibras ópticas. Esta máscara es la imagen 7 de las componentes conexas que representan cada fibra. Cada nivel de gris
- 30 representa un índice único que designa una fibra óptica en la guía.

- 35 La imagen 7 es utilizada a continuación para la calibración 2 del sistema de adquisición de imagen. La calibración tiene por finalidad determinar una imagen de los porcentajes de inyección de fotones fibra por fibra. Esta etapa de calibración es necesaria por cuanto que cada fibra presenta unas propiedades físicas ligeramente diferentes de las demás fibras. Por tanto, existe una cierta disparidad en lo referente a la capacidad de cada fibra óptica para conducir un mismo flujo de fotón.

- 40 Para realizar la calibración 2, se considera una imagen 8, en adelante denominada imagen especular, obtenida ubicando el espejo delante del sistema óptico de la guía de imagen. Esta imagen puede ser asimismo la de un medio difusor homogéneo, de un medio fluorescente homogéneo, o de la retrodifusión propia en el interior del paquete de fibras ópticas. Esta imagen 8 puede ser asimismo la misma imagen utilizada en 5, es decir, la imagen testigo. Se utiliza la máscara 7 para determinar el flujo de fotón de la imagen especular 8 vista por cada fibra óptica a lo largo de la etapa 9. Con carácter facultativo, asimismo se puede determinar el flujo de fotón visto por cada fibra a lo largo de la etapa 11 para una imagen de fondo parásita 10. Esta imagen 10 puede corresponder a reflexiones parásitas sobre las ópticas del sistema de adquisición, pero también al offset y/o al ruido electrónico debido a la cadena de digitalización del sistema de adquisición. El cálculo de flujo de la etapa 11 hace intervenir asimismo la
- 45 máscara 7 a fin de identificar la zona correspondiente a cada fibra. En la etapa 12, para cada fibra óptica, se resta el valor de fotón de la imagen especular 8 por el valor de flujo de fotón de la imagen de fondo 10. En la etapa 13, se estima que, para cada fibra óptica, la diferencia obtenida en la etapa 12 corresponde a un porcentaje de inyección patrón para cada fibra (etapa 13).

- 50 En la etapa 14, se realiza una corrección de sesgo sobre la imagen de la etapa 13. Por lo tanto, la imagen dimanada de la etapa 14 es una imagen que presenta, para cada zona correspondiente a una fibra óptica, un valor de flujo de fotón patrón y corregido. Esta imagen dimanada de la etapa 14 va a servir de referencia para una serie de imágenes adquiridas en tiempo real por el sistema de adquisición. Las imágenes adquiridas y procesadas en tiempo real experimentan el procesamiento ilustrado en las partes 3 y 4.

La parte 3 de medición recibe una imagen adquirida 15, típicamente la imagen de un objeto de medición. Como se

- ha realizado en la parte calibración 2, se calcula asimismo en este punto, en la etapa 18, el flujo de fotón visto por cada fibra en lo referente a la imagen adquirida 15. Para conseguir esto, se utiliza la máscara 7 a fin de identificar, sobre la imagen adquirida 15, la zona correspondiente a cada fibra óptica. Con carácter facultativo, se considera una imagen de fondo parásita 16 al igual que anteriormente, que puede ser una imagen real, es decir, correspondiente al fondo de la imagen adquirida 15, o si no una imagen estimada correspondiente al parásito del sistema de adquisición. Esta imagen de fondo 16 experimenta asimismo una etapa 17 por medio de la máscara 7 a fin de determinar el flujo de fotón visto por cada fibra. En la etapa 19, se realiza una resta. El resultado de la resta es una imagen que presenta, para cada zona correspondiente a una fibra óptica dada, un flujo de fotón útil. La etapa 21 es una etapa facultativa en cuyo transcurso se realiza una corrección de sesgo sobre la imagen 20.
- La parte 4 de reconstrucción recibe, por una parte, la imagen 20 corregida y, por otra parte, la imagen 13 corregida (insesgada) a fin de efectuar una operación de graduación 22 dividiendo los flujos del objeto observado (elemento dimanado de la etapa 21) por los flujos patrones (elemento dimanado de la etapa 14). En la etapa 22, se realiza asimismo una reconstrucción a fin de obtener una imagen reconstruida 23 sin motivo aparente de las fibras ópticas.
- En la figura 2, se ve con mayor detalle el proceso de detección de las fibras 1 y el proceso de calibración 2. La operación de detección de las fibras 6 hace intervenir cuatro operaciones:
- un prefiltrado,
  - una "cuenca" correspondiente a una segmentación por región;
  - una corrección de los segmentos que tienen una superficie anormalmente grande; y
  - una corrección de los segmentos que tienen una superficie anormalmente pequeña.
- Las dos operaciones de corrección son permutables, y asimismo se puede efectuarlas en bucle.
- La operación de prefiltrado 61 recibe como entrada la imagen testigo 5 y genera una imagen de las fibras filtradas de esos máximos locales, y suavizadas en las zonas entre fibras. El prefiltrado hace intervenir una operación de apertura morfológica, ocasionalmente seguida de una difusión anisotrópica de tipo escalar, con posterior inversión de la imagen. Cuando nos hallamos ante varias imágenes de un mismo objeto fijo, se puede efectuar un filtrado temporal de las imágenes. Cabe asimismo efectuar una interpolación del vecino más próximo para duplicar el tamaño de la imagen en vertical y horizontal.
- La imagen generada mediante el prefiltrado 61 experimenta a continuación una operación de cuenca 62, que permite la obtención de una imagen de las componentes conexas de las fibras detectadas. La operación de cuenca, de tipo convencional, va a permitir localizar segmentos que se encuentran en el borde la imagen a fin de retirarlos del resultado final. A continuación se calculan las características de estos segmentos obtenidos (tamaño promedio, desviación típica, vecindad). La imagen dimanada de la operación 62 va a experimentar dos correcciones 63 y 64 sucesivas. La operación 63 es una corrección de los segmentos que tienen una superficie anormalmente grande. Para conseguir esto, se seleccionan los segmentos que a la vez son demasiado gruesos con respecto a un tamaño promedio y que tienen demasiados vecinos con respecto a una superficie normal de las fibras. Estos segmentos son resegmentados con una cuenca, bien en la imagen primitiva, o bien en una imagen de mapa de distancia en el interior de los segmentos detectados (en un segmento, distancia entre cada píxel y el borde del segmento). Seguidamente, se calculan las características de los segmentos obtenidos (tamaño promedio, desviación típica de los tamaños).
- En 64, se corrigen los segmentos que tienen una superficie anormalmente pequeña. También se calcula el grafo de adyacencia de los segmentos, y luego se decide qué fibras se tienen que fusionar obligatoriamente y aquellas que solo son candidatas. En todos los casos, el conjunto de las fusiones posibles es el conjunto de las fusiones con cada vecina. Para las fibras fusionadas obligatoriamente, se toma la fusión posible que da el valor de compacidad más pequeño. Para las demás que son solo candidatas, se utilizan sucesivamente tres filtros para eliminar las fusiones que dan malos resultados. El primer filtro verifica que el tamaño tras la fusión no es demasiado grande. El segundo filtro verifica que la compacidad tras la fusión no sobrepasa un valor máximo. El último filtro verifica que la fusión mejora la compacidad. Si quedan varias fusiones, se conservan aquellas que dan un resultado de mejor compacidad (la más pequeña). Una vez efectuadas todas las fusiones sobre el grafo de adyacencia, se repercuten los resultados en la imagen de las componentes conexas, a la salida. Seguidamente, se calculan las características de los segmentos obtenidos (tamaño promedio, desviación típica de los tamaños). La segunda corrección 64 permite generar la imagen de las componentes conexas que va a servir de máscara para la calibración 2 y la medición 3.
- La parte derecha de la figura 2 concierne a un proceso de calibración 2 tal y como se representa en la figura 1, pero de manera simplificada. En efecto, en la figura 2 no aparecen las operaciones opcionales 10 y 11.
- La etapa de enmascaramiento 91 consiste en localizar, en la imagen especular 8, la zona o superficie correspondiente a cada fibra óptica de la guía. La imagen 7 de las componentes conexas sirve de máscara. En la etapa 92, para cada fibra óptica, se calcula el flujo proveniente del objeto observado. El flujo se calcula merced al estimador del máximo de verosimilitud determinado sobre el perfil específico de inyección de cada fibra óptica. En la

etapa 14, se realiza una corrección de sesgo según se verá con mayor detalle en la figura 3. En la salida de la etapa 14, se obtiene en 24, para cada fibra óptica, un valor patrón del porcentaje de inyección de fotones.

5 En la figura 3, se distingue el proceso de medición según la invención. Este proceso se lleva a cabo en tiempo real. En la imagen adquirida 15, se localiza la zona correspondiente a cada fibra óptica efectuando una operación de enmascaramiento 181 por medio de la máscara 7. A continuación se calcula, en 182, para cada fibra, el flujo proveniente del objeto observado. Al igual que anteriormente, el cálculo se realiza merced al estimador del máximo de verosimilitud determinado sobre el perfil específico de inyección de cada fibra óptica. Se efectúan las mismas operaciones de enmascaramiento 171 y de cálculo de flujo 172 sobre una imagen de fondo parásita 16.

10 En la etapa 19, para cada zona correspondiente a una fibra óptica, se resta el flujo de fondo (172) al flujo de la imagen adquirida (182).

Si no se proporciona la imagen de fondo y este fondo existe, hay que restarlo, entonces se calcula un offset y/o ruido electrónico del sistema de medición merced a un cuantil en el histograma de la imagen adquirida 15.

15 A continuación se puede realizar, en la etapa 21, una corrección de sesgo sobre la imagen dimanada de la resta 19. En este caso, se separan espacialmente en 211 las zonas correspondientes a las fibras en diferentes bloques. En cada uno de estos bloques, se calcula en 212 el valor del sesgo merced a un operador dado. Seguidamente, en 213, se interpolan los valores del sesgo con el fin de obtener un valor para cada fibra. Se realiza entonces, en 214, una división del valor del flujo visto por cada fibra por el valor del sesgo obtenido.

Al término de la etapa 21, se genera una imagen 25 que representa el flujo observado para cada fibra.

20 La última etapa de reconstrucción tiene en cuenta la imagen del porcentaje de inyección patrón 24 y la imagen de flujo observado 25. La operación de graduación tiene por finalidad compensar las pérdidas de inyección igualando el porcentaje de inyección de todas las fibras ópticas a fin de tener una imagen de la cual todas las fibras se han inyectado de la misma manera. Para ello, se divide en 221 la imagen de flujo observado 25 por la imagen del porcentaje de inyección 24.

25 A continuación se realiza una reconstrucción mosaico repartiendo, en la etapa 222, por toda la superficie correspondiente a cada fibra, el valor obtenido tras la graduación (división). Con objeto de dar un aspecto más regular, se puede efectuar un filtrado paso bajo gaussiano 223, por ejemplo.

Claro es que la invención no queda limitada a los ejemplos que se acaban de describir, y que, en estos ejemplos, se pueden introducir numerosas adecuaciones sin salir del ámbito de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de procesamiento de imagen adquirida por medio de una guía constituida por una pluralidad de fibras ópticas, que incluye las siguientes etapas:  
para cada fibra óptica,
  - 5 - se aísla en la imagen adquirida una zona correspondiente a esa fibra óptica aplicando una máscara correspondiente al motivo de la pluralidad de fibras ópticas, correspondiendo dicha máscara, además, a una imagen de las componentes conexas que representan cada fibra y obteniéndose a lo largo de una etapa de detección de las fibras a partir de una imagen testigo;
    - se procesa localmente cada zona de manera individual realizando las dos siguientes etapas:
      - 10 - cálculo del flujo detectado dentro de cada zona de la imagen adquirida,
      - cálculo del flujo detectado dentro de cada zona de un conjunto de imágenes de referencia que incluyen una imagen de fondo parásita y una imagen de calibración, y luego
    - se gradúa el flujo de la imagen adquirida a partir de los flujos de las imágenes de referencia, y luego
    - se reconstruye la imagen adquirida eliminando el motivo debido a las fibras ópticas;
- 15 caracterizado por que dicha etapa de detección de las fibras comprende las siguientes etapas:
  - prefiltrado de la imagen testigo,
  - segmentación por región,
  - corrección de segmentos que presentan una superficie anormalmente grande, y corrección de segmentos que presentan una superficie anormalmente pequeña, y por que la corrección de segmentos comprende las siguientes etapas:
    - 20 - selección de los segmentos anormalmente grandes y que tienen demasiados vecinos con respecto a una superficie normal de las fibras;
    - resegmentación con una cuenca, bien en la imagen primitiva, o bien en una imagen de mapa de distancia en el interior de los segmentos detectados;
    - 25 - cálculo del grafo de adyacencia de los segmentos anormalmente pequeños, antes de decidir qué fibras se tienen que fusionar obligatoriamente, con cada vecina, y aquellas que solo son candidatas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que las dos etapas de corrección son permutables.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que las dos etapas de corrección se realizan de manera iterativa.
- 30 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la etapa de prefiltrado comprende una etapa de apertura morfológica seguida de una etapa de inversión de imagen.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que la etapa de inversión de imagen viene precedida de una etapa de difusión anisotrópica de tipo escalar.
- 35 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que el prefiltrado comprende además una etapa en cuyo transcurso se realiza una interpolación del vecino más próximo para duplicar el tamaño de la imagen en vertical y en horizontal.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que, en presencia de una pluralidad de imágenes de adquisición, el prefiltrado comprende además una etapa de filtrado temporal.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el procesamiento local de cada zona comprende una corrección de sesgo sobre cada valor calculado del flujo de fotón detectado para cada zona de la imagen adquirida.
- 40 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que se realiza el cálculo de flujo por medio de un estimador del máximo de verosimilitud calculado sobre un perfil específico de inyección de cada fibra.
- 45 10. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que, aplicando asimismo la máscara sobre una imagen que representa un fondo parásito, se calcula asimismo el flujo de fotón detectado para cada zona de la imagen de fondo, y se resta a cada valor de flujo de cada zona de la imagen adquirida el valor de flujo de cada zona

de la imagen de fondo correspondiente, y se realiza la corrección de sesgo sobre el resultado de esta resta.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que el fondo parásito proviene del fondo de la imagen.
- 5 12. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que el fondo parásito proviene del cálculo de un desplazamiento de la cadena de detección.
13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, caracterizado por que la corrección de sesgo consiste en separar espacialmente las fibras en diferentes bloques, en estimar el valor de sesgo dentro de cada bloque, en interpolar los valores de los sesgos a fin de obtener un valor de sesgo para cada fibra y en dividir, para cada zona, el valor obtenido de flujo en la etapa precedente por el correspondiente valor de sesgo así obtenido.
- 10 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la reconstrucción de la imagen adquirida hace intervenir una etapa de reconstrucción mosaico.
- 15 15. Procedimiento según la reivindicación 14, caracterizado por que, para la graduación y para cada zona de la imagen adquirida, se divide el valor obtenido del flujo tras el procesamiento local por un valor obtenido de flujo a continuación de una etapa de calibración.
16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por que la etapa de calibración consiste en:
  - aislar cada zona de una imagen de calibración aplicando la máscara, correspondiente al motivo de las fibras, sobre esta imagen de calibración,
  - calcular el flujo de fotón detectado para cada zona de la imagen de calibración y
  - corregir el sesgo sobre cada valor de flujo así calculado.
- 20 17. Procedimiento según la reivindicación 16, caracterizado por que se realiza el cálculo de flujo por medio de un estimador del máximo de verosimilitud calculado sobre el perfil específico de inyección de cada fibra.
18. Procedimiento según la reivindicación 17 ó 16, caracterizado por que, aplicando asimismo la máscara sobre una imagen que representa un fondo parásito, se calcula asimismo el flujo de fotón detectado para cada zona de la imagen de fondo, se resta a cada valor de flujo de cada zona de la imagen de calibración el valor de flujo de cada zona de la imagen de fondo correspondiente, y se realiza la corrección de sesgo sobre el resultado de esta resta.
- 25 19. Procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado por que el fondo parásito proviene del fondo de la imagen.
20. Procedimiento según la reivindicación 18, caracterizado por que el fondo parásito proviene del cálculo de un desplazamiento y del ruido de la cadena de detección.
- 30 21. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 20, caracterizado por que la reconstrucción mosaico consiste en repartir, por toda la superficie de cada zona de la imagen adquirida, el valor de flujo de cada zona obtenida a continuación de la etapa de graduación.
22. Procedimiento según la reivindicación 21, caracterizado por que se realiza un filtrado paso bajo a fin de hacer más regular la imagen adquirida reconstruida.
- 35 23. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizado por que la imagen testigo es una imagen obtenida situando un espejo frente a la guía.
24. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizado por que la imagen testigo es una imagen obtenida a partir de un medio difusor homogéneo.
- 40 25. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizado por que la imagen testigo es una imagen obtenida a partir de un medio fluorescente homogéneo.
26. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizado por que la imagen testigo es una imagen obtenida a partir de la retrodifusión en el interior del paquete de fibras ópticas que constituyen la guía.
27. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, caracterizado por que la imagen testigo es la imagen adquirida.
- 45 28. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 27, caracterizado por que la imagen testigo y la imagen de calibración son idénticas.
29. Aparato de adquisición de imagen por medio de una guía constituida por una pluralidad de fibras ópticas, configurado para llevar a la práctica un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes,

para cada fibra, comprendiendo el aparato:

- medios para aislar en la imagen adquirida una zona correspondiente a esa fibra óptica aplicando una máscara, correspondiente al motivo de la pluralidad de fibras ópticas, correspondiendo además dicha máscara a una imagen de las componentes conexas que representan cada fibra;

5 - medios configurados para obtener dicha imagen de las componentes conexas a lo largo de una etapa de detección de las fibras a partir de una imagen testigo;

comprendiendo además:

- medios para procesar localmente cada zona de manera individual realizando las dos siguientes etapas:

- cálculo del flujo detectado dentro de cada zona de la imagen adquirida,

10 - cálculo del flujo detectado dentro de cada zona de un conjunto de imágenes de referencia que incluyen una imagen de fondo parásita y una imagen de calibración,

- medios de graduación del flujo de la imagen adquirida a partir de los flujos de las imágenes de referencia, y

- medios para reconstruir la imagen adquirida eliminando el motivo debido a las fibras ópticas;

caracterizado por que los medios para obtener dicha imagen de las componentes conexas comprenden:

15 - medios de prefiltrado de la imagen testigo;

- medios de segmentación por región;

- medios de corrección de segmentos que presentan una superficie anormalmente grande, y

- medios de corrección de segmentos que presentan una superficie anormalmente pequeña que comprenden:

20 - medios de selección de los segmentos anormalmente grandes y que tienen demasiados vecinos con respecto a una superficie normal de las fibras;

- medios de resegmentación con una cuenca, bien en la imagen primitiva, o bien en una imagen de mapa de distancia en el interior de los segmentos detectados;

- medios de cálculo del grafo de adyacencia de los segmentos anormalmente pequeños;

25 - medios para decidir qué fibras se tienen que fusionar obligatoriamente, con cada vecina, y aquellas que solo son candidatas.

30. Aparato según la reivindicación 29, caracterizado por comprender medios para modificar la velocidad de muestreo, la calidad de inyección en las fibras ópticas y el ajuste de una cadena de detección con el fin de garantizar un perfil "huevera".

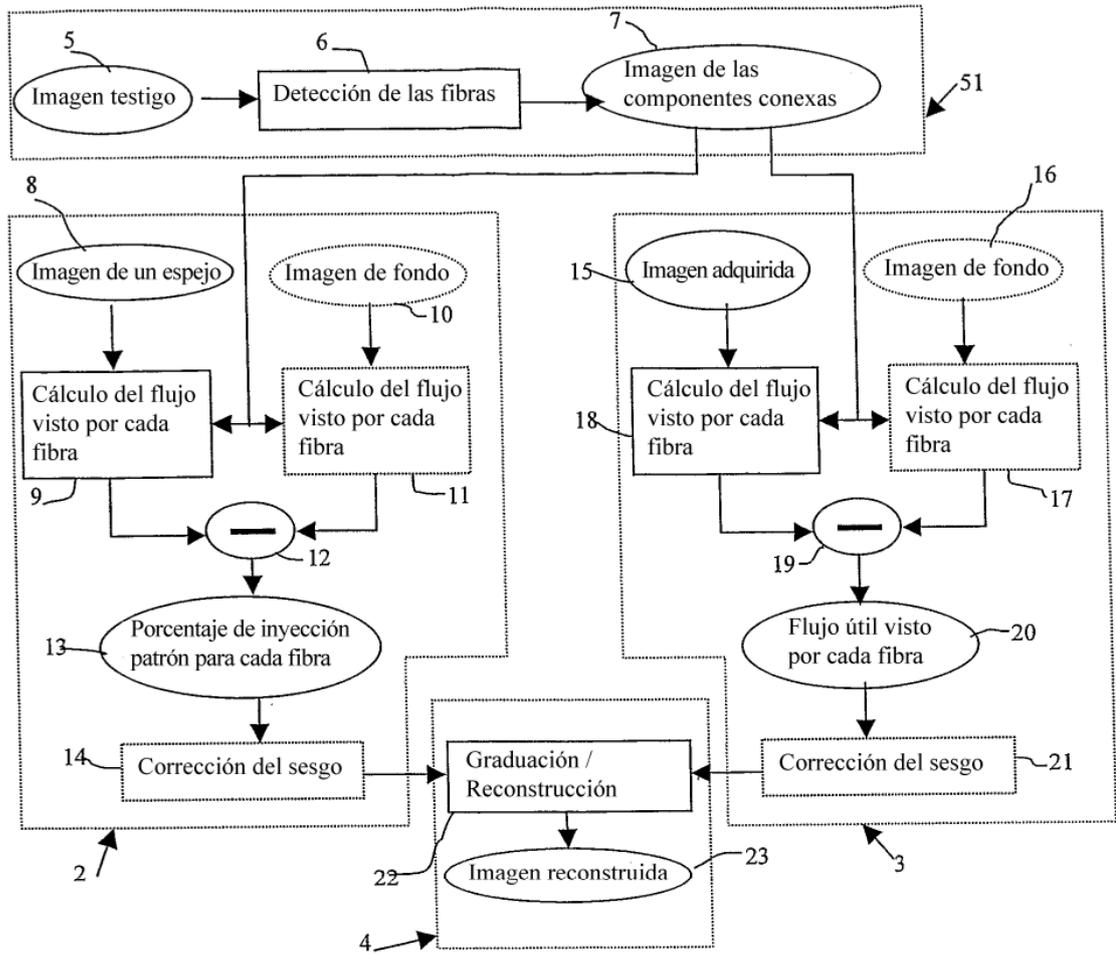


FIGURA 1

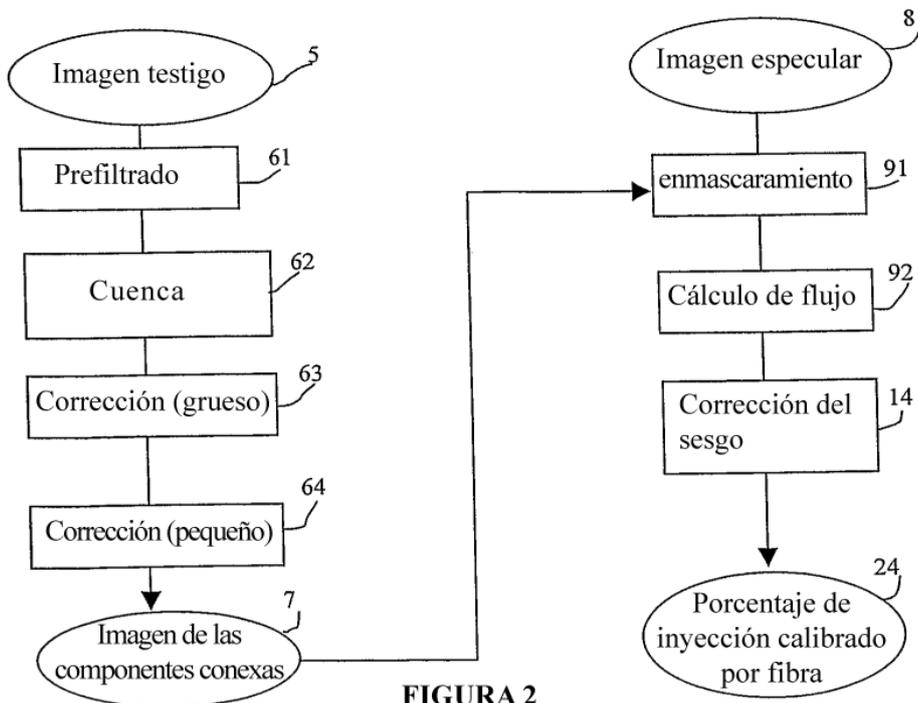
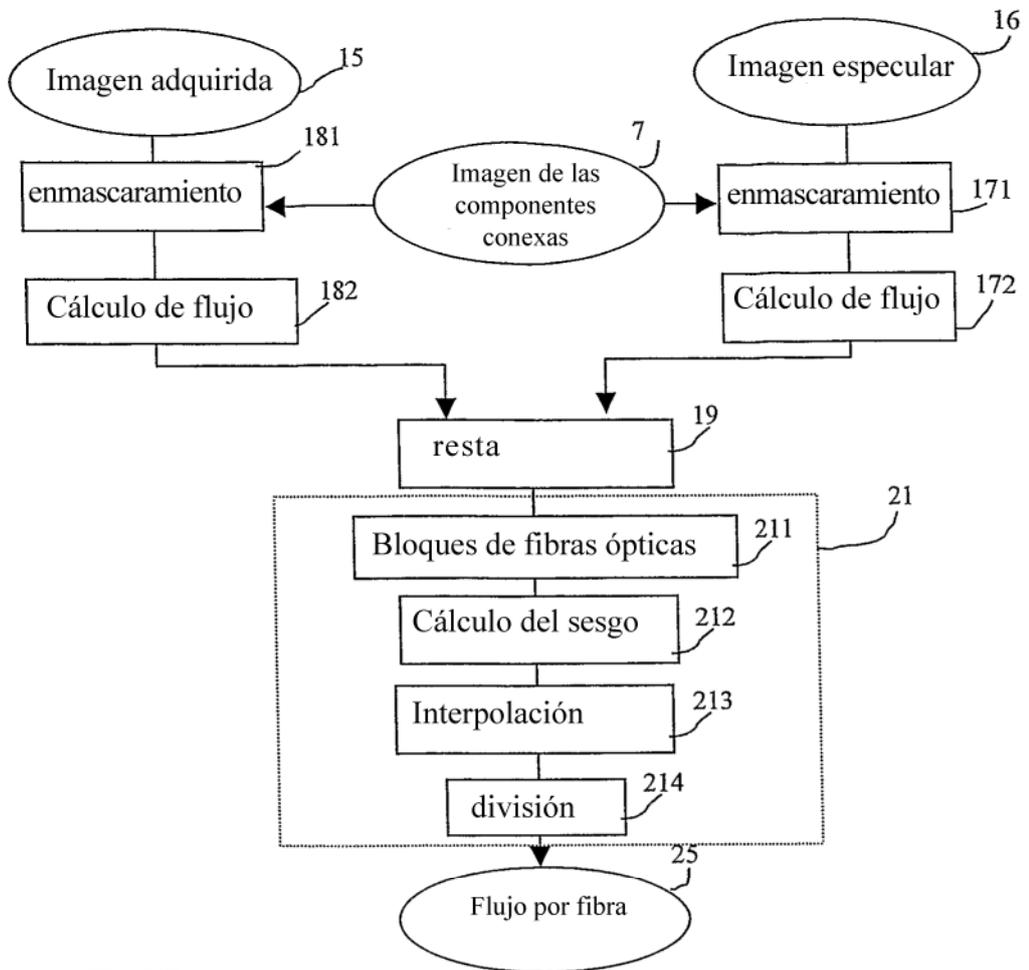
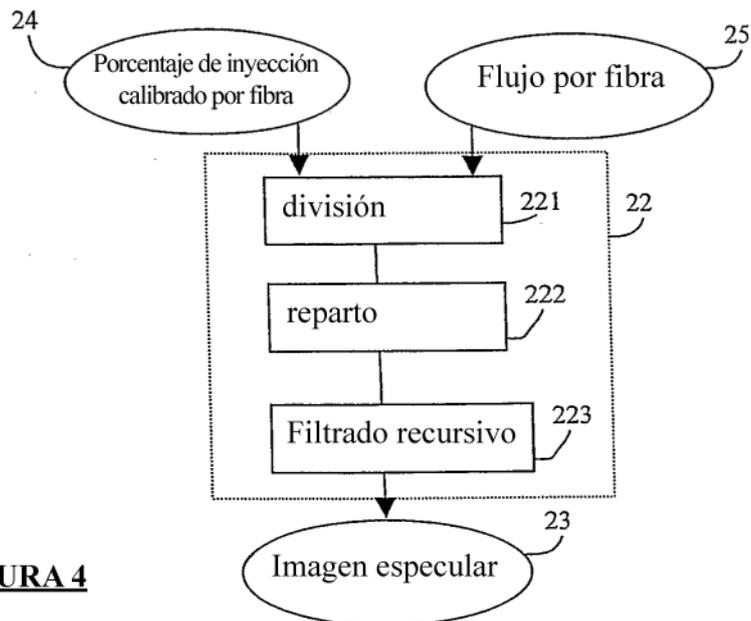


FIGURA 2



**FIGURA 3**



**FIGURA 4**