

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 174**

51 Int. Cl.:

**G06T 5/00** (2006.01)

**G06T 7/00** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2015 E 15151927 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2919188**

54 Título: **Procedimiento y aparato de desenfoco de imágenes**

30 Prioridad:

**14.03.2014 CN 201410095114**

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

**24.07.2017**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)  
Huawei Administration Building, Bantian  
Longgang District , Shenzhen, Guangdong  
518129, CN**

72 Inventor/es:

**YANG, XIAOWEI;  
ZHENG, ZUQUAN y  
XIAO, JINSHENG**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 626 174 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 y aparato de desenfoco de imágenes

## 5 Campo técnico

La presente invención se refiere al campo del procesamiento de imágenes y, en particular, a un procedimiento y un aparato de desenfoco de imágenes y a un dispositivo electrónico.

## 10 Antecedentes

15 Como medio habitual en la fotografía, el desenfoco del fondo permite resaltar rápidamente un objeto y, por lo tanto, es algo muy habitual y usado por la mayoría de los aficionados a la fotografía. Sin embargo, para hacer una fotografía con un efecto de desenfoco del fondo tiene que usarse una cámara réflex profesional de una sola lente, y el efecto deseado solo puede conseguirse tras una compleja operación de ajuste.

20 Para satisfacer las necesidades de un fotógrafo no profesional, existe un procedimiento para obtener un efecto de desenfoco del fondo mediante el procesamiento de una imagen utilizando software: tras capturar una imagen, un usuario abre la imagen usando software de procesamiento de imágenes y selecciona manualmente un área de fondo usando una herramienta incluida en el software de procesamiento de imágenes. El software de procesamiento de imágenes realiza un desenfoco gaussiano en una misma escala o en una escala de gradiente en el área de fondo seleccionada por el usuario y proporciona una imagen con un efecto de desenfoco del fondo.

25 En un proceso de implementación de la presente invención, el inventor ha observado que existe al menos la siguiente desventaja en la técnica anterior:

30 En primer lugar, en un procedimiento de procesamiento de imágenes existente, un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente un área de fondo; además, el área de fondo seleccionada manualmente es imprecisa y el proceso a realizar es complejo, lo que genera un mal efecto de desenfoco y que el usuario pierda mucho tiempo. El documento US 2009/290041 A1 da a conocer un dispositivo de procesamiento de imágenes que incluye: una unidad de obtención de imágenes para obtener una imagen, una unidad de especificación de profundidad de campo para recibir la especificación de una profundidad de campo especificada por un tamaño de imagen, y una unidad de procesamiento de mejora de desenfoco para generar una imagen procesada con un desenfoco mejorado de un objeto incluido en la imagen, donde el desenfoco se mejora según la profundidad de campo especificada.

40 El documento "*Digital shallow depth-of-field adapter for photographs*" de Kyuman Jeong et al., *The Visual Computer, International Journal of Computer Graphics*, Springer, Berlín, vol. 24, n.º 4, 21 de diciembre de 2007, páginas 281 a 294, da a conocer un procedimiento novedoso para sintetizar imágenes con una baja profundidad de campo a partir de dos fotografías de entrada tomadas con diferentes valores de apertura. La idea básica es estimar el mapa de profundidad de una escena dada usando un algoritmo DFD (profundidad a partir del desenfoco) y desenfocar una imagen de entrada según el mapa de profundidad estimado. La información de profundidad estimada por la DFD contiene una gran cantidad de ruido y errores, mientras que la estimación es bastante precisa a lo largo de los bordes de la imagen. Para superar esta limitación, se propone un algoritmo de llenado de mapa de profundidad que usa un conjunto de mapas de profundidad iniciales y una imagen segmentada. Tras el llenado del mapa de profundidad, el mapa de profundidad puede ajustarse de manera precisa aplicando una agrupación por segmentos y la interacción del usuario. Puesto que el procedimiento desenfoca una imagen de entrada según la información de profundidad estimada, genera imágenes resultantes físicamente plausibles con una baja profundidad de campo.

50 El documento "*A fully automatic digital camera image refocusing algorithm*" de James E. Adams, Jr., décimo taller IVMSW del IEEE celebrado en 2011, IEEE, 16 de junio de 2011, páginas 81 a 86, DOI: 10.1109/IVMSW.2011.5970359, da a conocer una solución sujeta actualmente a investigación por muchos fabricantes de cámaras digitales que implica capturar una secuencia de imágenes de enfoque directo y procesarla posteriormente para generar una imagen enfocada deseada. La mayoría de las estrategias requieren una gran cantidad de datos introducidos manualmente para definir una región de interés (ROI) cuyo enfoque quiere optimizarse. Se propone un algoritmo de enfoque directo que divide automáticamente el contenido de una escena en regiones en función del rango y que después determina automáticamente la ROI para un rango dado. Cuando esta ROI se combina con operaciones estándar de fusión de imágenes, este algoritmo genera una imagen con un efecto de profundidad de campo estrecha estéticamente agradable, sin apenas o ningún dato introducido por el usuario, y dentro del limitado entorno informático de una cámara digital.

Sumario

5 Para resolver el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen utilizando software y seleccionar manualmente el área de fondo, las formas de realización de la presente invención proporcionan un procedimiento y un aparato de desenfoque de imágenes y un dispositivo electrónico. Las soluciones técnicas son las siguientes:

10 Según un primer aspecto, se proporciona un procedimiento de desenfoque de imágenes según la reivindicación independiente 1.

Con referencia a una posible manera de implementación del primer aspecto, la fórmula de corrección es:

$$s'(y) = s(y) - (data\_reg + 2\alpha ks(y) - 2\alpha\Delta s(y)),$$

15 donde  $y$  es una coordenada bidimensional de la primera imagen o una segunda imagen;  $s'(y)$  es información de profundidad después de una corrección,  $s(y)$  es información de profundidad antes de la corrección,  $data\_reg$  es un gradiente de valor mínimo, y  $\alpha$  y  $k$  son parámetros de regularización prefijados;  $\Delta s(y)$  representa un operador de Laplace de  $s(y)$ , es decir, una suma cuadrática de derivadas segundas.

20 En otra posible manera de implementación del primer aspecto, la determinación de un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad incluye:

25 determinar una profundidad crítica entre un área en primer plano y un área de fondo según parámetros fotográficos y las respectivas distancias de imagen de la primera imagen y la segunda imagen; y  
determinar que un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a la información de profundidad, donde la profundidad representada por la información de profundidad es mayor que la profundidad crítica, es el área de fondo de la primera imagen.

30 En otra posible manera de implementación del primer aspecto, llevar a cabo el procesamiento de desenfoque en el contenido del área de fondo de la primera imagen incluye:

35 normalizar la información de profundidad para obtener información de profundidad normalizada;  
dividir de manera equitativa un intervalo, en el área de fondo, de la información de profundidad normalizada en  $q$  segmentos para obtener  $q$  intervalos de fondo;  
determinar, según un radio de desenfoque máximo prefijado, parámetros de desenfoque correspondientes a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo, donde los parámetros de desenfoque incluyen un radio de desenfoque y una desviación típica; y  
40 llevar a cabo, según el radio de desenfoque y la desviación típica correspondientes a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo, un procesamiento de desenfoque por separado en un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo.

45 Según un segundo aspecto, se proporciona un aparato de desenfoque de imágenes según la reivindicación independiente 4.

En una posible manera de implementación del segundo aspecto, el módulo de determinación del fondo incluye:

50 una unidad de determinación de profundidad crítica, configurada para determinar una profundidad crítica entre un área en primer plano y un área de fondo según parámetros fotográficos y las respectivas distancias de imagen de la primera imagen y la segunda imagen; y  
una unidad de determinación del fondo, configurada para determinar que un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a la información de profundidad, donde la profundidad representada por la información de profundidad es mayor que la profundidad crítica, es el área de fondo de la primera imagen.

55 En otra posible manera de implementación del segundo aspecto, el módulo de desenfoque incluye:

una unidad de normalización, configurada para normalizar la información de profundidad para obtener información de profundidad normalizada;  
60 una unidad de segmentación, configurada para dividir de manera equitativa un intervalo, en el área de fondo, de la información de profundidad normalizada en  $q$  segmentos para obtener  $q$  intervalos de fondo;  
una unidad de determinación de parámetros, configurada para determinar, según un radio de desenfoque máximo prefijado, parámetros de desenfoque correspondientes a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo, donde los parámetros de desenfoque incluyen un radio de desenfoque y una desviación típica; y  
65 una unidad de desenfoque, configurada para llevar a cabo, según el radio de desenfoque y la desviación típica correspondientes a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo, un procesamiento de desenfoque por

separado en un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a cada uno de los q intervalos de fondo.

Según un ejemplo, se proporciona un dispositivo electrónico, donde el dispositivo electrónico incluye:

- 5 el aparato de desenfoque de imágenes según el segundo aspecto o una cualquiera de las posibles maneras de implementación del segundo aspecto.

10 Efectos beneficiosos conseguidos por las soluciones técnicas proporcionadas en las formas de realización de la presente invención son los siguientes:

15 Se adquiere una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor; la información de profundidad se adquiere según la primera imagen y la segunda imagen; un área de fondo de la primera imagen se determina según la información de profundidad; y el desenfoque se realiza en el área de fondo. La información de profundidad en cada píxel de las imágenes se obtiene según las dos imágenes enfocadas respectivamente en un primer plano y un fondo, y un área de fondo se determina según la información de profundidad, de manera que el procesamiento de desenfoque finaliza automáticamente, solucionándose así el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente el área de fondo, por lo que se consigue un efecto de desenfoque mejorado, se simplifican las operaciones realizadas por el usuario y se consigue que el usuario ahorre tiempo.

Breve descripción de los dibujos

25 Para describir con mayor claridad las soluciones técnicas de las formas de realización de la presente invención, a continuación se introducen brevemente los dibujos adjuntos necesarios para describir las formas de realización. Evidentemente, los dibujos adjuntos de la siguiente descripción muestran simplemente algunas formas de realización de la presente invención, y los expertos en la técnica pueden obtener otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos sin realizar investigaciones adicionales.

30 La FIG. 1 es un diagrama de flujo de procedimiento de un procedimiento de desenfoque de imágenes según una forma de realización de la presente invención.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo de procedimiento de un procedimiento de desenfoque de imágenes según otra forma de realización de la presente invención.

35 La FIG. 3 es un diagrama de estructura de aparato de un aparato de desenfoque de imágenes según una forma de realización de la presente invención.

La FIG. 4 es un diagrama de estructura de aparato de un aparato de desenfoque de imágenes según otra forma de realización de la presente invención.

40 La FIG. 5 es un diagrama de composición de dispositivo de un dispositivo electrónico según una forma de realización de la presente invención.

La FIG. 6 es un diagrama de composición de dispositivo de un dispositivo electrónico según otra forma de realización de la presente invención.

La FIG. 7 es un diagrama de composición de dispositivo de un dispositivo electrónico según otra forma de realización adicional de la presente invención.

45 Descripción de las formas de realización

Para entender mejor los objetivos, las soluciones técnicas y las ventajas de la presente invención, a continuación se describe en detalle las formas de realización de la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

50 Haciendo referencia a la FIG. 1, la FIG. 1 muestra un diagrama de flujo de procedimiento de un procedimiento de desenfoque de imágenes según una forma de realización de la presente invención. El procedimiento de desenfoque de imágenes se usa en un dispositivo electrónico para realizar un desenfoque del fondo en una imagen, donde el dispositivo electrónico puede ser un teléfono móvil, una cámara digital, un ordenador de tipo tableta o similar. El procedimiento de desenfoque de imágenes puede incluir:

- 55 Etapa 102: Adquirir una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor, donde una distancia de imagen de la primera imagen es inferior a una distancia de imagen de la segunda imagen;
- 60 Etapa 104: Adquirir información de profundidad según la primera imagen y la segunda imagen, donde la información de profundidad se usa para representar una distancia entre una escena en cada píxel de la

primera imagen y un punto de captura y una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura;

Etapa 106: Determinar un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad; y

Etapa 108: Realizar un procesamiento de desenfoque en el contenido del área de fondo de la primera imagen.

En conclusión, según el procedimiento de desenfoque de imágenes proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, se adquiere una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor; la información de profundidad se adquiere según la primera imagen y la segunda imagen; un área de fondo de la primera imagen se determina según la información de profundidad; y el desenfoque se realiza en el área de fondo. La información de profundidad en cada píxel de las imágenes se obtiene según las dos imágenes enfocadas respectivamente en un primer plano y un fondo, y un área de fondo se determina según la información de profundidad, de manera que el procesamiento de desenfoque finaliza automáticamente, solucionándose así el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente el área de fondo, por lo que se consigue un efecto de desenfoque mejorado, se simplifican las operaciones realizadas por el usuario y se consigue que el usuario ahorre tiempo.

Haciendo referencia a la FIG. 2, la FIG. 2 muestra un diagrama de flujo de procedimiento de un procedimiento de desenfoque de imágenes según otra forma de realización de la presente invención. El procedimiento de desenfoque de imágenes se usa en un dispositivo electrónico para realizar un desenfoque del fondo en una imagen, donde el dispositivo electrónico puede ser un teléfono móvil, una cámara digital, un ordenador de tipo tableta o similar. En un ejemplo en el que el dispositivo electrónico es un dispositivo electrónico que incluye una unidad de recogida de imágenes, el procedimiento de desenfoque de imágenes puede incluir:

Etapa 202: Adquirir una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor.

Una distancia de imagen de la primera imagen es menor que una distancia de imagen de la segunda imagen.

El dispositivo electrónico puede recoger un grupo de imágenes multifoco usando la unidad de recogida de imágenes (es decir, una cámara del dispositivo electrónico) incluida en el dispositivo electrónico, adquirir, a partir del grupo de imágenes multifoco, una imagen enfocada en primer plano (una distancia de imagen relativamente corta) y otra imagen enfocada en segundo plano (una distancia de imagen relativamente larga), y usar la imagen en primer plano como la primera imagen y la imagen en segundo plano como la segunda imagen.

Etapa 204: Adquirir información de profundidad de la primera imagen y la segunda imagen según la primera imagen y la segunda imagen.

La información de profundidad se usa para representar una distancia entre una escena en cada píxel de la primera imagen y un punto de captura y una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura. Puesto que la primera imagen y la segunda imagen se toman a partir del mismo grupo de imágenes multifoco capturadas por una misma cámara, una distancia entre una escena en cada píxel de la primera imagen y un punto de captura es coherente con una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura, es decir, la información de profundidad obtenida mediante los cálculos no es solo información de profundidad de la primera imagen, sino también información de profundidad de la segunda imagen.

El dispositivo electrónico puede adquirir parámetros fotográficos de la cámara en el dispositivo electrónico, donde los parámetros fotográficos incluyen: una longitud focal calibrada, un diámetro de lente y un parámetro de relación, donde el parámetro de relación se usa para representar una relación entre un tamaño de apertura de la cámara y la borrosidad de una imagen desenfocada; el dispositivo electrónico determina información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos y las distancias de imagen respectivas de la primera imagen y la segunda imagen; el dispositivo electrónico realiza N cálculos iterativos en la información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos, la primera imagen y la segunda imagen, donde N es un entero positivo y  $N \geq 2$ ; y el dispositivo electrónico adquiere un resultado obtenido por el enésimo cálculo iterativo y usa el resultado como la información de profundidad.

Cuando se realiza un primer cálculo, el dispositivo electrónico determina un coeficiente de difusión del primer cálculo y un área de difusión del primer cálculo según la información de profundidad inicializada y los parámetros fotográficos; según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del primer cálculo y el área de difusión del primer cálculo, determina ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del primer cálculo; determina una ecuación de valor mínimo en el primer cálculo, donde la ecuación de valor mínimo se usa para representar un valor mínimo de la suma de una primera diferencia y una segunda diferencia, donde la primera diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la primera imagen, y la segunda diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de

una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la segunda imagen; según la ecuación de valor mínimo del primer cálculo, obtiene un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el primer cálculo; según una fórmula de corrección prefijada, realiza n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el primer cálculo es superior a un umbral de gradiente prefijado, y obtiene información de profundidad después del primer cálculo, donde n es un entero positivo y  $n \geq 2$ ; y cuando realiza un p-ésimo cálculo, el dispositivo electrónico determina un coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y un área de difusión del p-ésimo cálculo según la información de profundidad obtenida tras un (p-1)-ésimo cálculo y los parámetros fotográficos; según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y el área de difusión del p-ésimo cálculo, determina ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del p-ésimo cálculo; determina una ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo; según la ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo, obtiene un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el p-ésimo cálculo; según la fórmula de corrección prefijada, realiza n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el p-ésimo cálculo es superior al umbral de gradiente prefijado, y obtiene información de profundidad tras el p-ésimo cálculo, donde  $2 \leq p \leq N$ .

La fórmula de corrección es:

$$s'(y) = s(y) - (data\_reg + 2\alpha k s(y) - 2\alpha \Delta s(y)),$$

donde  $s'(y)$  es información de profundidad tras una corrección,  $s(y)$  es información de profundidad antes de la corrección,  $data\_reg$  es un gradiente mínimo, y  $\alpha$  y  $k$  son parámetros de regularización prefijados.

Una imagen de escena captura por una cámara es simplemente una distribución de energía de intensidad luminosa de una escena. Esta distribución de energía se describe usando una difusión de calor en una placa metálica, donde la temperatura de un punto dado representa la intensidad, y después un proceso de formación de imágenes multifoco puede modelarse usando una teoría de difusión de calor.

Un proceso de formación de imágenes de una imagen multifoco se modela usando una teoría de difusión de calor anisotrópica, que convierte la extracción de información de profundidad en un problema de valor extremo de una energía funcional con un término de regularización, y una profundidad de campo, es decir, la información de profundidad de la primera imagen y la segunda imagen, se obtiene de manera iterativa. Etapas de cálculo específicas son las siguientes:

1) Adquirir dos imágenes multifoco  $I_1$  e  $I_2$  capturadas por el dispositivo electrónico, y adquirir parámetros de cámara calibrados requeridos, incluidos una longitud focal  $f$  de la cámara, distancias de imagen  $v_1$  y  $v_2$  de las dos imágenes multifoco, un diámetro de lente  $D$  y un parámetro de relación  $\gamma$ . El dispositivo electrónico puede leer la longitud focal  $f$ , distancias objetivo  $d_1$  y  $d_2$ , y un valor de apertura  $F$  directamente a partir de cabeceras de archivos de imágenes. Después, las distancias de imagen  $v_1$  y  $v_2$  pueden obtenerse usando  $f$  y  $d_1$  y  $d_2$  según una fórmula (2.1); y el diámetro de lente  $D=f/F$ . Si los parámetros anteriores no pueden adquirirse a partir de las cabeceras de archivos de imágenes, pueden usarse los siguientes parámetros por defecto:  $f=12$  mm,  $F=2,0$  y  $d_1$  y  $d_2$  valen 0,52 m y 0,85 m respectivamente.

$$v_1 = \frac{f \cdot d_1}{d_1 - f}, \quad v_2 = \frac{f \cdot d_2}{d_2 - f}; \quad (2.1)$$

2) Fijar un umbral de gradiente  $\epsilon$ , un tiempo virtual  $\Delta t$ , parámetros de regularización  $\alpha$  y  $k$ , un longitud de etapa de corrección  $\beta$  y el número de iteraciones  $N$ .

3) Obtener información de profundidad inicializada:

$$s_0(y) = \frac{(v_1 + v_2)f}{v_1 + v_2 - 2f},$$

y en este caso, un valor de profundidad inicial de cada píxel en las imágenes de este valor, donde  $y$  es una coordenada bidimensional de la imagen  $I_1$  o  $I_2$ .

4) Según la información de profundidad  $s(y)$ , calcular un coeficiente de difusión correspondiente  $c(y)$  y áreas de difusión  $\Omega+$  and  $\Omega-$  usando las siguientes fórmulas:

$$c(\mathbf{y}) = \frac{\gamma^2 D^2}{8\Delta t} \left( v_2^2 \left( \frac{1}{f} - \frac{1}{v_2} - \frac{1}{s(\mathbf{y})} \right)^2 - v_1^2 \left( \frac{1}{f} - \frac{1}{v_1} - \frac{1}{s(\mathbf{y})} \right)^2 \right); \quad (2.2)$$

$$\begin{cases} \Omega_+ = \{ \mathbf{y} \in \mathbb{R}^2 | c(\mathbf{y}) > 0 \} \\ \Omega_- = \{ \mathbf{y} \in \mathbb{R}^2 | c(\mathbf{y}) \leq 0 \} = \Omega - \Omega_+; \end{cases} \quad (2.3)$$

5) Simular las siguientes ecuaciones hacia delante de difusión de calor de las dos imágenes usando los parámetros obtenidos en las etapas anteriores:

$$\begin{cases} \frac{\partial u(\mathbf{y}, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (c(\mathbf{y}) \nabla u(\mathbf{y}, t)), & \mathbf{y} \in \Omega_+ \quad t \in (0, \infty) \\ u(\mathbf{y}, 0) = I_1(\mathbf{y}), & \forall (\mathbf{y}) \in \Omega_+ \end{cases}; \quad (2.4)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial u(\mathbf{y}, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (c(\mathbf{y}) \nabla u(\mathbf{y}, t)), & \mathbf{y} \in \Omega \quad t \in (0, \infty) \\ u(\mathbf{y}, 0) = I_2(\mathbf{y}), & \forall (\mathbf{y}) \in \Omega \end{cases}; \quad (2.5)$$

En las ecuaciones,  $I_1(\mathbf{y})$  es la imagen de entrada  $I_1$ ,  $I_2(\mathbf{y})$  es la imagen de entrada  $I_2$ , un coeficiente de difusión

$$c(\mathbf{y}) = \frac{\sigma_2^2(\mathbf{y}) - \sigma_1^2(\mathbf{y})}{2I} \cdot \nabla \text{ es un operador de gradiente } \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial y_1} & \frac{\partial u}{\partial y_2} \end{bmatrix}^T, \text{ y } \nabla \cdot \text{ es un operador de divergencia } \sum_{i=1}^2 \frac{\partial}{\partial y_i}.$$

6) Resolver las ecuaciones de difusión de calor 2.4 y 2.5 de la etapa 5) por separado para obtener sus respectivas imágenes de difusión de calor  $u_1(\mathbf{y}, \Delta t)$  y  $u_2(\mathbf{y}, \Delta t)$  después del tiempo  $\Delta t$ , y después usar las imágenes de difusión de calor  $u_1(\mathbf{y}, \Delta t)$  y  $u_2(\mathbf{y}, \Delta t)$  para simular las siguientes ecuaciones parabólicas de difusión de calor:

$$\begin{cases} \frac{\partial w_1(\mathbf{y}, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (c(\mathbf{y}) \nabla w_1(\mathbf{y}, t)) & t \in (0, \infty) \\ w_1(\mathbf{y}, 0) = u_1(\mathbf{y}, \Delta t) - I_2(\mathbf{y}) & \forall \mathbf{y} \in \hat{\Omega}_+; \end{cases} \quad (2.6)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial w_2(\mathbf{y}, t)}{\partial t} = \nabla \cdot (-c(\mathbf{y}) \nabla w_2(\mathbf{y}, t)) & t \in (0, \infty) \\ w_2(\mathbf{y}, 0) = u_2(\mathbf{y}, \Delta t) - I_1(\mathbf{y}) & \forall \mathbf{y} \in \hat{\Omega}_-; \end{cases} \quad (2.7)$$

7) Resolver las ecuaciones de la etapa 6) para obtener  $w_1(\mathbf{y}, \Delta t)$  y  $w_2(\mathbf{y}, \Delta t)$ , con el fin de obtener un valor mínimo de una fórmula (2.8):

$$\hat{s} = \arg \min_s (E_1(s) + E_2(s)); \quad (2.8)$$

En la fórmula,

$$E_1(s) = \int H(c(\mathbf{y})) |u(\mathbf{y}, \Delta t) - I_2(\mathbf{y})|^2 d\mathbf{y}; \quad (2.9)$$

$$E_2(s) = \int H(-c(\mathbf{y})) |u(\mathbf{y}, \Delta t) - I_1(\mathbf{y})|^2 d\mathbf{y}; \quad (2.10)$$

calcular un gradiente para la fórmula (2.8):

$$\frac{\partial s}{\partial \tau} = -M(s)(E_1'(s) + E_2'(s)) \quad ; \quad (2.11)$$

En la fórmula (2.11),

5

$$E_1'(s) = \left( -2H(c(\mathbf{y})) \int_0^{\Delta t} \nabla u(\mathbf{y}, t) \cdot \nabla w_1(\mathbf{y}, \Delta t - t) dt + \delta(c(\mathbf{y}))(u_1(\mathbf{y}, \Delta t) - I_2(\mathbf{y}))^2 \right) \cdot c'(s) \quad ;$$

(2.12)

$$E_2'(s) = \left( 2H(-c(\mathbf{y})) \int_0^{\Delta t} \nabla u(\mathbf{y}, t) \cdot \nabla w_2(\mathbf{y}, \Delta t - t) dt + \delta(c(\mathbf{y}))(u_2(\mathbf{y}, \Delta t) - I_1(\mathbf{y}))^2 \right) \cdot c'(s) \quad ;$$

(2.13)

10 En la fórmulas anteriores,  $H(\cdot)$  representa una función de Heaviside (función de escalón unitario), y  $\delta(\cdot)$  representa una función de Dirac (función de impulso unitario).  $u_1(\mathbf{y}, \Delta t)$  y  $u_2(\mathbf{y}, \Delta t)$  se obtienen resolviendo las ecuaciones de la etapa 5),  $w_1(\mathbf{y}, \Delta t)$  y  $w_2(\mathbf{y}, \Delta t)$  se obtienen resolviendo las ecuaciones de la etapa 6), y  $c'(s)$  es un valor de gradiente de un coeficiente de difusión de calor y puede obtenerse mediante cálculos según la fórmula (2.2) de la siguiente manera:

15

$$c'(s) = \frac{\gamma^2 D^2 (v_2 - v_1)}{4s^2 \Delta t} \left[ (v_1 + v_2) \cdot \left( \frac{1}{F} - \frac{1}{s} \right) - 1 \right] \quad ; \quad (2.14)$$

Una fórmula computacional de  $M(s)$  es la siguiente:

$$M(s) = \frac{1}{2 \left[ H(c(\mathbf{y})) \cdot I_2(\mathbf{y}) \cdot u_1'(\mathbf{y}, \Delta t) + H(-c(\mathbf{y})) \cdot I_1(\mathbf{y}) \cdot u_2'(\mathbf{y}, \Delta t) \right]} \quad ;$$

20

(2.15)

Un gradiente mínimo de un resultado obtenido resolviendo la fórmula (2.11) se denota como  $data\_reg$ , es decir,

$$data\_reg = \frac{\partial s}{\partial \tau} \quad ;$$

y después  $data\_reg$  se compara con un umbral de gradiente prefijado:

25

si  $data\_reg \leq \epsilon$ , la estimación de profundidad de un píxel es relativamente precisa y no se requiere ninguna corrección; y

si  $data\_reg > \epsilon$ , la estimación de profundidad de un píxel es imprecisa y es necesario realizar una corrección del valor de profundidad.

30

8) Realizar una corrección en un valor de profundidad que es necesario corregir en la etapa 7) en la longitud de etapa de tiempo prefijada  $\beta$  (es decir, realizar una corrección de profundidad  $\beta$  veces), y actualizar un mapa de profundidad. Suponiendo que:

$$E_3'(s) = -2\alpha \Delta s(\mathbf{y}) + 2\alpha \kappa s(\mathbf{y}) \quad ; \quad (2.16)$$

35

$\Delta s(\mathbf{y})$  representa un operador de Laplace de  $s(\mathbf{y})$ , es decir, una suma cuadrática de derivadas segundas. Según  $data\_reg$  obtenido mediante los cálculos de la etapa 7), puede obtenerse una profundidad corregida  $s'(\mathbf{y})$  en una longitud de etapa unitaria:

$$s'(\mathbf{y}) = s(\mathbf{y}) - (data\_reg + 2\alpha \kappa s(\mathbf{y}) - 2\alpha \Delta s(\mathbf{y})) \quad ; \quad (2.17)$$

40

La iteración se realiza  $\beta$  veces en un valor de profundidad  $s(\mathbf{y})$  para obtener un valor de profundidad final corregido.

9) Usar un valor de profundidad corregido obtenido en cada píxel como un valor de profundidad inicial y volver a la etapa 4) y proseguir con la ejecución N veces hasta finalizar la iteración. Un valor de profundidad corregido obtenido finalmente de cada píxel es la información de profundidad de la primera imagen y la segunda imagen.

5 Debe observarse que para facilitar el anterior cálculo de la información de profundidad, la primera imagen y la segunda imagen tienen que transformarse con anterioridad desde un modelo RGB (rojo, verde, azul) a un modelo HSI (matiz, saturación, intensidad).

Etapa 206: Determinar un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad.

10 El dispositivo electrónico puede determinar una profundidad crítica entre un área de primer plano y un área de fondo según los parámetros fotográficos y las respectivas distancias de imagen de la primera imagen y la segunda imagen, y determinar que un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a la información de profundidad, donde la profundidad representada por la información de profundidad es mayor que la profundidad crítica, es el área de fondo de la primera imagen.

15 Específicamente, usando una fórmula que representa un límite de difusión:

$$\partial\Omega = \{ \mathbf{y} \in R^2 \mid c(\mathbf{y}) = 0 \};$$

20 el dispositivo electrónico puede obtener una profundidad de un límite entre nitidez y borrosidad:

$$s_0 = \frac{(v_1 + v_2)f}{v_1 + v_2 - 2f}$$

25 Después, el primer plano y el fondo pueden dividirse directamente según la información de profundidad, como se muestra en la siguiente fórmula:

$$I(\mathbf{y}) = \begin{cases} \text{Primer plano} & S < S_0 \\ \text{Fondo} & S \geq S_0 \end{cases}$$

30 Etapa 208: Dividir en capas el área de fondo de la primera imagen y determinar parámetros de desenfoque de cada capa del área de fondo.

35 Específicamente, el dispositivo electrónico puede normalizar la información de profundidad para obtener información de profundidad normalizada; dividir de manera equitativa un intervalo, en el área de fondo, de la información de profundidad normalizada en q segmentos para obtener q intervalos de fondo; y determinar, según un radio de desenfoque máximo prefijado, parámetros de desenfoque correspondientes a cada uno de los q intervalos de fondo, donde los parámetros de desenfoque incluyen un radio de desenfoque y una desviación típica.

40 En lo que respecta al fondo, se determina una escala de desenfoque gaussiano en el fondo.

En primer lugar, un mapa de profundidad obtenido se normaliza en un intervalo de 0 a 255 de la siguiente manera:

$$u = \left\lfloor \frac{s}{s_{\max} - s_{\min}} \times 255 \right\rfloor;$$

45 según la información de profundidad normalizada, en un ejemplo en el que un valor de q es 2, una escala de desenfoque se divide en tres segmentos. Suponiendo que:

$$u_0 = \lfloor 255 \times s_0 \rfloor;$$

50 un área de fondo  $[u_0, 255]$  se divide de manera equitativa en dos segmentos en la forma de realización de la presente invención, que es específicamente como sigue:

$$i = \begin{cases} 1, & u \in [u_0, u_0 + (255 - u_0) / 2] \\ 2, & u \in (u_0 + (255 - u_0) / 2, 255] \end{cases};$$

5 Un área de primer plano en la primera imagen (la primera imagen está enfocada por defecto en el área de primer plano) no se modifica, y los otros dos segmentos son áreas de fondo, y se seleccionan dos escalas de desenfoque crecientes.

10 Un procedimiento para seleccionar una escala en esta forma de realización incluye en primer lugar determinar un radio de desenfoque máximo  $j$ , donde  $j$  puede determinarse según un tamaño de apertura a simular de una cámara. Generalmente, un tamaño de apertura más grande da como resultado un efecto de desenfoque del fondo más acentuado, y el valor de  $m$  es mayor; y un tamaño de apertura más pequeño da como resultado un efecto de desenfoque del fondo más suave, y el valor de  $m$  es menor.

15 Después, un radio de desenfoque  $r_i$  de cada segmento se determina según una regla decreciente seleccionando 2 como número cardinal:

$$r_i = k - 2(2 - i) \quad i \in [1, 2];$$

20 cuando una aproximación discreta de una función gaussiana se calcula en una aplicación práctica, según propiedades de distribución de la función gaussiana, en comparación, los valores ponderados de los píxeles más allá de una distancia de  $3\sigma$  aproximadamente son extremadamente pequeños y, por lo tanto, puede omitirse el cálculo de esos píxeles. Por tanto, puede determinarse que una desviación típica gaussiana es:

$$\sigma = \frac{r}{3}.$$

25 Etapa 210: Realizar un desenfoque por separado en cada capa del área de fondo según los parámetros de desenfoque de cada capa del área de fondo.

30 El dispositivo electrónico puede realizar, según el radio de desenfoque y la desviación típica correspondientes a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo, un procesamiento de desenfoque por separado en un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo.

35 Después de obtener un radio y una desviación típica de una función gaussiana, puede realizarse un procesamiento de desenfoque en una imagen usando un filtrado gaussiano. Un procesamiento de convolución se realiza en una imagen fuente y la función gaussiana, y puede obtenerse entonces una imagen desenfocada:

$$g[x, y] \otimes f[x, y] = \sum_{k=0}^{m-1} \sum_{l=0}^{n-1} g[k, l] \cdot f[x-k, y-l];$$

40 donde  $g[x, y]$  es la imagen fuente en la que es necesario realizar el procesamiento de desenfoque,  $f[x, y]$  es una función gaussiana bidimensional, y 'x' e 'y' son coordenadas de la imagen; y 'm' y 'n' son, respectivamente, un radio de desenfoque gaussiano horizontal y un radio de desenfoque gaussiano vertical y, en esta memoria descriptiva, un valor  $r_i$  se asigna a 'm' y 'n'.

La función gaussiana bidimensional se define de la siguiente manera:

$$45 \quad f(x, y) = Ae^{-\left(\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{2\sigma_y^2}\right)};$$

en la fórmula,  $(x_0, y_0)$  es un píxel central de filtrado;  $\sigma_x$  y  $\sigma_y$  son, respectivamente, una desviación típica en una dirección horizontal y una desviación típica en una dirección vertical de una varianza gaussiana y, en esta memoria

50 descriptiva, un valor  $\sigma$  está asignado a  $\sigma_x$  y  $\sigma_y$ ; y A es un parámetro normalizado, y  $A = \frac{1}{2\pi\sigma}$ .

En conclusión, según el procedimiento de desenfoque de imágenes proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, se adquiere una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen la misma cobertura de visor; la información de profundidad se adquiere según la primera imagen y la

segunda imagen; un área de fondo de la primera imagen se determina según la información de profundidad; y el desenfoque se realiza en el área de fondo. La información de profundidad en cada píxel de las imágenes se obtiene según las dos imágenes enfocadas respectivamente en un primer plano y un fondo, y un área de fondo se determina según la información de profundidad, de manera que el procesamiento de desenfoque finaliza automáticamente, solucionándose así el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente el área de fondo, por lo que se consigue un efecto de desenfoque mejorado, se simplifican las operaciones realizadas por el usuario y se consigue que el usuario ahorre tiempo.

Además, en el procedimiento de desenfoque de imágenes proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, el área de fondo de la primera imagen se divide en capas según la información de profundidad, y se realiza un procesamiento de desenfoque en cada capa del área de fondo según diferentes parámetros de desenfoque, lo que mejora adicionalmente el efecto de desenfoque.

Haciendo referencia a la FIG. 3, la FIG. 3 muestra un diagrama de estructura de aparato de un aparato de desenfoque de imágenes según una forma de realización de la presente invención. El aparato de desenfoque de imágenes está configurado en un dispositivo electrónico para realizar un desenfoque del fondo en una imagen, donde el dispositivo electrónico puede ser un teléfono móvil, una cámara digital, un ordenador de tipo tableta o similar. El aparato de desenfoque de imágenes puede incluir:

un módulo de adquisición de imágenes 301, configurado para adquirir una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor, donde una distancia de imagen de la primera imagen es inferior a una distancia de imagen de la segunda imagen;

un módulo de adquisición de información de profundidad 302, configurado para adquirir información de profundidad según la primera imagen y la segunda imagen, donde la información de profundidad se usa para representar una distancia entre una escena en cada píxel de la primera imagen y un punto de captura y una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura;

un módulo de determinación de fondo 303, configurado para determinar un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad; y

un módulo de desenfoque 304, configurado para realizar un procesamiento de desenfoque en el contenido del área de fondo de la primera imagen.

En conclusión, según el aparato de desenfoque de imágenes proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, se adquiere una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor; la información de profundidad se adquiere según la primera imagen y la segunda imagen; un área de fondo de la primera imagen se determina según la información de profundidad; y el desenfoque se realiza en el área de fondo. La información de profundidad en cada píxel de las imágenes se obtiene según las dos imágenes enfocadas respectivamente en un primer plano y un fondo, y un área de fondo se determina según la información de profundidad, de manera que el procesamiento de desenfoque finaliza automáticamente, solucionándose así el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente el área de fondo, por lo que se consigue un efecto de desenfoque mejorado, se simplifican las operaciones realizadas por el usuario y se consigue que el usuario ahorre tiempo.

Haciendo referencia a la FIG. 4, la FIG. 4 muestra un diagrama de estructura de aparato de un aparato de desenfoque de imágenes según una forma de realización de la presente invención. El aparato de desenfoque de imágenes está configurado en un dispositivo electrónico para realizar un desenfoque del fondo en una imagen, donde el dispositivo electrónico puede ser un teléfono móvil, una cámara digital, un ordenador de tipo tableta o similar. El aparato de desenfoque de imágenes puede incluir:

un módulo de adquisición de imágenes 401, configurado para adquirir una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor, donde una distancia de imagen de la primera imagen es inferior a una distancia de imagen de la segunda imagen;

un módulo de adquisición de información de profundidad 402, configurado para adquirir información de profundidad según la primera imagen y la segunda imagen, donde la información de profundidad se usa para representar una distancia entre una escena en cada píxel de la primera imagen y un punto de captura y una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura;

un módulo de determinación del fondo 403, configurado para determinar un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad; y

un módulo de desenfoque 404, configurado para realizar un procesamiento de desenfoque en el contenido del área de fondo de la primera imagen.

El módulo de adquisición de información de profundidad 402 incluye:

una primera unidad de adquisición 402a, configurada para adquirir parámetros fotográficos de la cámara, donde los parámetros fotográficos incluyen: una longitud focal calibrada, un diámetro de lente y un parámetro

de relación, donde el parámetro de relación se usa para representar una relación entre un tamaño de apertura de la cámara y la borrosidad de una imagen desenfocada;

5 una unidad de inicialización 402b, configurada para determinar información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos y las distancias de imagen respectivas de la primera imagen y la segunda imagen;

una unidad de cálculo 402c, configurada para realizar N cálculos iterativos en la información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos, la primera imagen y la segunda imagen, donde N es un entero positivo y  $N \geq 2$ ; y

10 una segunda unidad de adquisición 402d, configurada para adquirir un resultado obtenido por el enésimo cálculo iterativo y usar el resultado como la información de profundidad.

La unidad de cálculo 402c está configurada para, cuando se realiza un primer cálculo, determinar un coeficiente de difusión del primer cálculo y un área de difusión del primer cálculo según la información de profundidad inicializada y los parámetros fotográficos; según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del primer cálculo y el área de difusión del primer cálculo, determinar ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del primer cálculo; determinar una ecuación de valor mínimo en el primer cálculo, donde la ecuación de valor mínimo se usa para representar un valor mínimo de la suma de una primera diferencia y una segunda diferencia, donde la primera diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la primera imagen, y la segunda diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la segunda imagen; según la ecuación de valor mínimo del primer cálculo, obtener un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el primer cálculo; según una fórmula de corrección prefijada, realizar n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el primer cálculo es superior a un umbral de gradiente prefijado, y obtener información de profundidad después del primer cálculo, donde n es un entero positivo y  $n \geq 2$ ; y la unidad de cálculo 402c está configurada para, cuando se realiza un p-ésimo cálculo, determinar un coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y un área de difusión del p-ésimo cálculo según la información de profundidad obtenida tras un (p-1)-ésimo cálculo y los parámetros fotográficos; según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y el área de difusión del p-ésimo cálculo, determinar ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del p-ésimo cálculo; determinar una ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo; según la ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo, obtener un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el p-ésimo cálculo; según la fórmula de corrección prefijada, realizar n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el p-ésimo cálculo es superior al umbral de gradiente prefijado, y obtener información de profundidad tras el p-ésimo cálculo, donde  $2 \leq p \leq N$ .

El módulo de determinación de fondo 403 incluye:

40 una unidad de determinación de profundidad crítica 403a, configurada para determinar una profundidad crítica entre un área de primer plano y un área de fondo según los parámetros fotográficos y las respectivas distancias de imagen de la primera imagen y la segunda imagen; y

una unidad de determinación del fondo 403b, configurada para determinar que un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a la información de profundidad, donde la profundidad representada por la información de profundidad es mayor que la profundidad crítica, es el área de fondo de la primera imagen.

45 El módulo de desenfoco 404 incluye:

una unidad de normalización 404a, configurada para normalizar la información de profundidad para obtener información de profundidad normalizada;

una unidad de segmentación 404b, configurada para dividir de manera equitativa un intervalo, en el área de fondo, de la información de profundidad normalizada en q segmentos para obtener q intervalos de fondo;

50 una unidad de determinación de parámetros 404c, configurada para determinar, según un radio de desenfoco máximo prefijado, parámetros de desenfoco correspondientes a cada uno de los q intervalos de fondo, donde los parámetros de desenfoco incluyen un radio de desenfoco y una desviación típica; y

55 una unidad de desenfoco 404d, configurada para llevar a cabo, según el radio de desenfoco y la desviación típica correspondientes a cada uno de los q intervalos de fondo, un procesamiento de desenfoco por separado en un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a cada uno de los q intervalos de fondo.

En conclusión, según el aparato de desenfocado de imágenes proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, se adquiere una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor; la información de profundidad se adquiere según la primera imagen y la segunda imagen; un área de fondo de la primera imagen se determina según la información de profundidad; y el desenfocado se realiza en el área de fondo. La información de profundidad en cada píxel de las imágenes se obtiene según las dos imágenes enfocadas respectivamente en un primer plano y un fondo, y un área de fondo se determina según la información de profundidad, de manera que el procesamiento de desenfocado finaliza automáticamente, solucionándose así el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente el área de fondo, por lo que se consigue un efecto de desenfocado mejorado, se simplifican las operaciones realizadas por el usuario y se consigue que el usuario ahorre tiempo.

Además, en el aparato de desenfocado de imágenes proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, el área de fondo de la primera imagen se divide en capas según la información de profundidad, y se realiza un procesamiento de desenfocado en cada capa del área de fondo según diferentes parámetros de desenfocado, lo que mejora adicionalmente el efecto de desenfocado.

Haciendo referencia a la FIG. 5, la FIG. 5 muestra un diagrama de composición de dispositivo de un dispositivo electrónico según una forma de realización de la presente invención. El dispositivo electrónico puede ser un teléfono móvil, una cámara digital, un ordenador de tipo tableta o similar. El dispositivo electrónico puede incluir:

una unidad de recogida de imágenes 001 y un aparato de desenfocado de imágenes 002 mostrados en la FIG. 3 o la FIG. 4 anteriores.

En conclusión, según el dispositivo electrónico proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, se adquiere una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor; la información de profundidad se adquiere según la primera imagen y la segunda imagen; un área de fondo de la primera imagen se determina según la información de profundidad; y el desenfocado se realiza en el área de fondo. La información de profundidad en cada píxel de las imágenes se obtiene según las dos imágenes enfocadas respectivamente en un primer plano y un fondo, y un área de fondo se determina según la información de profundidad, de manera que el procesamiento de desenfocado finaliza automáticamente, solucionándose así el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente el área de fondo, por lo que se consigue un efecto de desenfocado mejorado, se simplifican las operaciones realizadas por el usuario y se consigue que el usuario ahorre tiempo.

Además, en el dispositivo electrónico proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, el área de fondo de la primera imagen se divide en capas según la información de profundidad, y se realiza un procesamiento de desenfocado en cada capa del área de fondo según diferentes parámetros de desenfocado, lo que mejora adicionalmente el efecto de desenfocado.

Haciendo referencia a la FIG. 6, la FIG. 6 muestra un diagrama de composición de dispositivo de un dispositivo electrónico según otra forma de realización de la presente invención. El dispositivo electrónico puede ser un teléfono móvil, una cámara digital, un ordenador de tipo tableta o similar. El dispositivo electrónico puede incluir:

un procesador 50; y  
una memoria 60 que está configurada para almacenar una instrucción ejecutable por el procesador 50.

El procesador 50 está configurado para adquirir una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor, donde una distancia de imagen de la primera imagen es inferior a una distancia de imagen de la segunda imagen.

El procesador 50 está configurado para adquirir información de profundidad según la primera imagen y la segunda imagen, donde la información de profundidad se usa para representar una distancia entre una escena en cada píxel de la primera imagen y un punto de captura y una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura.

El procesador 50 está configurado para determinar un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad.

El procesador 50 está configurado para realizar un procesamiento de desenfocado en el contenido del área de fondo de la primera imagen.

En conclusión, según el dispositivo electrónico proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, se adquiere una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor; la información de profundidad se adquiere según la primera imagen y la segunda imagen; un área de fondo de la primera imagen se determina según la información de profundidad; y el desenfocado se realiza en

el área de fondo. La información de profundidad en cada píxel de las imágenes se obtiene según las dos imágenes enfocadas respectivamente en un primer plano y un fondo, y un área de fondo se determina según la información de profundidad, de manera que el procesamiento de desenfoque finaliza automáticamente, solucionándose así el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente el área de fondo, por lo que se consigue un efecto de desenfoque mejorado, se simplifican las operaciones realizadas por el usuario y se consigue que el usuario ahorre tiempo.

Haciendo referencia a la FIG. 7, la FIG. 7 muestra un diagrama de composición de dispositivo de un dispositivo electrónico según otra forma de realización adicional de la presente invención. El dispositivo electrónico puede ser un teléfono móvil, una cámara digital, un ordenador de tipo tableta o similar. El dispositivo electrónico puede incluir:

un procesador 70; y  
una memoria 80 que está configurada para almacenar una instrucción ejecutable por el procesador 70.

El procesador 70 está configurado para adquirir una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor, donde una distancia de imagen de la primera imagen es inferior a una distancia de imagen de la segunda imagen.

El procesador 70 está configurado para adquirir información de profundidad según la primera imagen y la segunda imagen, donde la información de profundidad se usa para representar una distancia entre una escena en cada píxel de la primera imagen y un punto de captura y una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura.

El procesador 70 está configurado para determinar un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad.

El procesador 70 está configurado para realizar un procesamiento de desenfoque en el contenido del área de fondo de la primera imagen.

El procesador 70 está configurado para adquirir parámetros fotográficos de la cámara, donde los parámetros fotográficos incluyen: una longitud focal calibrada, un diámetro de lente y un parámetro de relación, donde el parámetro de relación se usa para representar una relación entre un tamaño de apertura de la cámara y la borrosidad de una imagen desenfocada.

El procesador 70 está configurado para determinar información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos y las distancias de imagen respectivas de la primera imagen y la segunda imagen.

El procesador 70 está configurado para realizar N cálculos iterativos en la información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos, la primera imagen y la segunda imagen, donde N es un entero positivo y  $N \geq 2$ .

El procesador 70 está configurado para adquirir un resultado obtenido por el enésimo cálculo iterativo y usar el resultado como la información de profundidad.

El procesador 70 está configurado para, cuando se realiza un primer cálculo, determinar un coeficiente de difusión del primer cálculo y un área de difusión del primer cálculo según la información de profundidad inicializada y los parámetros fotográficos; según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del primer cálculo y el área de difusión del primer cálculo, determinar ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del primer cálculo; determinar una ecuación de valor mínimo en el primer cálculo, donde la ecuación de valor mínimo se usa para representar un valor mínimo de la suma de una primera diferencia y una segunda diferencia, donde la primera diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la primera imagen, y la segunda diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la segunda imagen; según la ecuación de valor mínimo del primer cálculo, obtener un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el primer cálculo; según una fórmula de corrección prefijada, realizar n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el primer cálculo es superior a un umbral de gradiente prefijado, y obtener información de profundidad después del primer cálculo, donde n es un entero positivo y  $n \geq 2$ ; y el procesador 70 está configurado para, cuando se realiza un p-ésimo cálculo, determinar un coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y un área de difusión del p-ésimo cálculo según la información de profundidad obtenida tras un (p-1)-ésimo cálculo y los parámetros fotográficos; según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y el área de difusión del p-ésimo cálculo, determinar ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del p-ésimo cálculo; determinar una ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo; según la ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo, obtener un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el p-ésimo cálculo; según la fórmula de corrección prefijada, realizar n correcciones iterativas en la información de profundidad

correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el p-ésimo cálculo es superior al umbral de gradiente prefijado, y obtener información de profundidad tras el p-ésimo cálculo, donde  $2 \leq p \leq N$ .

5 El procesador 70 está configurado para determinar una profundidad crítica entre un área de primer plano y un área de fondo según los parámetros fotográficos y las respectivas distancias de imagen de la primera imagen y la segunda imagen.

10 El procesador 70 está configurado para determinar que un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a la información de profundidad, donde la profundidad representada por la información de profundidad es mayor que la profundidad crítica, es el área de fondo de la primera imagen.

El procesador 70 está configurado para normalizar la información de profundidad para obtener información de profundidad normalizada.

15 El procesador 70 está configurado para dividir de manera equitativa un intervalo, en el área de fondo, de la información de profundidad normalizada en q segmentos para obtener q intervalos de fondo.

20 El procesador 70 está configurado para determinar, según un radio de desenfoque máximo prefijado, parámetros de desenfoque correspondientes a cada uno de los q intervalos de fondo, donde los parámetros de desenfoque incluyen un radio de desenfoque y una desviación típica.

25 El procesador 70 está configurado para llevar a cabo, según el radio de desenfoque y la desviación típica correspondientes a cada uno de los q intervalos de fondo, un procesamiento de desenfoque por separado en un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a cada uno de los q intervalos de fondo.

30 En conclusión, según el dispositivo electrónico proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, se adquiere una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor; la información de profundidad se adquiere según la primera imagen y la segunda imagen; un área de fondo de la primera imagen se determina según la información de profundidad; y el desenfoque se realiza en el área de fondo. La información de profundidad en cada píxel de las imágenes se obtiene según las dos imágenes enfocadas respectivamente en un primer plano y un fondo, y un área de fondo se determina según la información de profundidad, de manera que el procesamiento de desenfoque finaliza automáticamente, solucionándose así el problema de la técnica anterior de que la selección en forma de recuadro de un área de fondo es imprecisa y de que el proceso a realizar es complejo debido a que un usuario tiene que abrir una imagen usando software y seleccionar manualmente el área de fondo, por lo que se consigue un efecto de desenfoque mejorado, se simplifican las operaciones realizadas por el usuario y se consigue que el usuario ahorre tiempo.

40 Además, en el dispositivo electrónico proporcionado en esta forma de realización de la presente invención, el área de fondo de la primera imagen se divide en capas según la información de profundidad, y se realiza un procesamiento de desenfoque en cada capa del área de fondo según diferentes parámetros de desenfoque, lo que mejora adicionalmente el efecto de desenfoque.

45 Un experto en la técnica puede entender que todas o parte de las etapas de las formas de realización pueden implementarse mediante hardware o un programa que da instrucciones a hardware asociado. El programa puede almacenarse en un medio de almacenamiento legible por ordenador. El medio de almacenamiento puede incluir: una memoria de solo lectura, un disco magnético o un disco óptico.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de desenfoque de imágenes, donde el procedimiento comprende:

- 5 adquirir (102) una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor, donde una distancia de imagen de la primera imagen es menor que una distancia de imagen de la segunda imagen; una imagen enfocada en primer plano, es decir, la distancia de imagen es relativamente corta, se usa como la primera imagen y una imagen enfocada en segundo plano, es decir, la distancia de imagen es relativamente larga, se usa como la segunda imagen;
- 10 adquirir (104) información de profundidad según la primera imagen y la segunda imagen, donde la información de profundidad se usa para representar una distancia entre una escena en cada píxel de la primera imagen y un punto de captura y una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura;
- determinar (106) un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad; y
- 15 realizar (108) un procesamiento de desenfoque en el contenido del área de fondo de la primera imagen;
- donde adquirir información de profundidad según la primera imagen y la segunda imagen comprende:
- 20 adquirir parámetros fotográficos de la cámara, donde los parámetros fotográficos comprenden: una longitud focal calibrada, un diámetro de lente y un parámetro de relación, donde el parámetro de relación se usa para representar una relación entre un tamaño de apertura de la cámara y la borrosidad de una imagen desenfocada;
- determinar información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos y las distancias de imagen respectivas de la primera imagen y la segunda imagen;
- 25 caracterizado por realizar N cálculos iterativos en la información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos, la primera imagen y la segunda imagen, donde N es un entero positivo y  $N \geq 2$ ; y adquirir un resultado obtenido por el enésimo cálculo iterativo y usar el resultado como la información de profundidad, donde la primera imagen y la segunda imagen tienen que transformarse con anterioridad desde un modelo RGB (rojo, verde, azul) a un modelo HSI (matiz, saturación, intensidad); donde realizar N cálculos iterativos en la información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos, la primera imagen y la segunda imagen comprende:
- 30 cuando se realiza un primer cálculo, determinar un coeficiente de difusión del primer cálculo y un área de difusión del primer cálculo según la información de profundidad inicializada y los parámetros fotográficos;
- 35 según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del primer cálculo y el área de difusión del primer cálculo, determinar ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del primer cálculo; determinar una ecuación de valor mínimo en el primer cálculo, donde la ecuación de valor mínimo se usa para representar un valor mínimo de la suma de una primera diferencia y una segunda diferencia, donde la primera diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la primera imagen, y la segunda diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la segunda imagen; según la ecuación de valor mínimo del primer cálculo, obtener un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el primer cálculo; según una fórmula de corrección prefijada, realizar n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el primer cálculo es superior a un umbral de gradiente prefijado, y obtener información de profundidad después del primer cálculo, donde n es un entero positivo y  $n \geq 2$ ; y
- 45 cuando se realiza un p-ésimo cálculo, determinar un coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y un área de difusión del p-ésimo cálculo según la información de profundidad obtenida tras un (p-1)-ésimo cálculo y los parámetros fotográficos; según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y el área de difusión del p-ésimo cálculo, determinar ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del p-ésimo cálculo; determinar una ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo; según la ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo, obtener un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el p-ésimo cálculo; según la fórmula de corrección prefijada, realizar n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el p-ésimo cálculo es superior al umbral de gradiente prefijado, y obtener información de profundidad tras el p-ésimo cálculo, donde  $2 \leq p \leq N$ .

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la fórmula de corrección es:

$$s'(y) = s(y) - (data\_reg + 2\alpha k s(y) - 2\alpha \Delta s(y)),$$

5 donde  $y$  es una coordenada bidimensional de la primera imagen o la segunda imagen;  $s'(y)$  es información de profundidad después de una corrección,  $s(y)$  es información de profundidad antes de la corrección,  $data\_reg$  es un gradiente mínimo, y  $\alpha$  y  $k$  son parámetros de regularización prefijados;  $\Delta s(y)$  representa un operador de Laplace de  $s(y)$ , es decir, una suma cuadrática de derivadas segundas.

10 3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que realizar un procesamiento de desenfoque en el contenido del área de fondo de la primera imagen comprende:

15 normalizar la información de profundidad para obtener información de profundidad normalizada; dividir de manera equitativa un intervalo, en el área de fondo, de la información de profundidad normalizada en  $q$  segmentos para obtener  $q$  intervalos de fondo;

determinar, según un radio de desenfoque máximo prefijado, parámetros de desenfoque correspondientes a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo, donde los parámetros de desenfoque comprenden un radio de desenfoque y una desviación típica; y

20 llevar a cabo, según el radio de desenfoque y la desviación típica correspondientes a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo, un procesamiento de desenfoque por separado en un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a cada uno de los  $q$  intervalos de fondo.

4. Un aparato de desenfoque de imágenes, donde el aparato comprende:

25 un módulo de adquisición de imágenes (301), configurado para adquirir una primera imagen y una segunda imagen capturadas por una misma cámara y que tienen una misma cobertura de visor, donde una distancia de imagen de la primera imagen es menor que una distancia de imagen de la segunda imagen; una imagen enfocada en primer plano, es decir, la distancia de imagen es relativamente corta, se usa como la primera imagen y una imagen enfocada en segundo plano, es decir, la distancia de imagen es relativamente larga, se usa como la segunda imagen;

30 un módulo de adquisición de información de profundidad (302 , 402), configurado para adquirir información de profundidad según la primera imagen y la segunda imagen, donde la información de profundidad se usa para representar una distancia entre una escena en cada píxel de la primera imagen y un punto de captura y una distancia entre una escena en cada píxel de la segunda imagen y el punto de captura;

35 un módulo de determinación del fondo (303), configurado para determinar un área de fondo de la primera imagen según la información de profundidad; y

un módulo de desenfoque (304), configurado para realizar un procesamiento de desenfoque en el contenido del área de fondo de la primera imagen;

40 donde el módulo de adquisición de información de profundidad (302 , 402) comprende:

una primera unidad de adquisición (402a), configurada para adquirir parámetros fotográficos de la cámara, donde los parámetros fotográficos comprenden: una longitud focal calibrada, un diámetro de lente y un parámetro de relación, donde el parámetro de relación se usa para representar una relación entre un tamaño de apertura de la cámara y la borrosidad de una imagen desenfocada;

45 una unidad de inicialización (402b), configurada para determinar información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos y las distancias de imagen respectivas de la primera imagen y la segunda imagen;

50 caracterizado por una unidad de cálculo (402c), configurada para realizar  $N$  cálculos iterativos en la información de profundidad inicializada según los parámetros fotográficos, la primera imagen y la segunda imagen, donde  $N$  es un entero positivo y  $N \geq 2$ ; y

55 una segunda unidad de adquisición (402d), configurada para adquirir un resultado obtenido por el enésimo cálculo iterativo y usar el resultado como la información de profundidad, donde la primera imagen y la segunda imagen tienen que transformarse con anterioridad desde un modelo RGB (rojo, verde, azul) a un modelo HSI (matiz, saturación, intensidad); la unidad de cálculo está configurada para, cuando se realiza un primer cálculo, determinar un coeficiente de difusión del primer cálculo y un área de difusión del primer cálculo según la información de profundidad inicializada y los parámetros fotográficos; según la

5 primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del primer cálculo y el área de difusión del primer cálculo, determinar ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del primer cálculo; determinar una ecuación de valor mínimo en el primer cálculo, donde la ecuación de valor mínimo se usa para representar un valor

10 mínimo de la suma de una primera diferencia y una segunda diferencia, donde la primera diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la primera imagen, y la segunda diferencia es una diferencia entre un valor de salida real y un valor de salida teórico de una ecuación hacia delante de difusión de calor correspondiente a la segunda imagen; según la ecuación de valor mínimo del primer cálculo, obtener un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el primer cálculo; según una fórmula de corrección prefijada, realizar n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el primer cálculo es superior a un umbral de gradiente prefijado, y obtener información de profundidad después del primer cálculo, donde n es un entero positivo y  $n \geq 2$ ; y

15 la unidad de cálculo está configurada para, cuando se realiza un p-ésimo cálculo, determinar un coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y un área de difusión del p-ésimo cálculo según la información de profundidad obtenida tras un (p-1)-ésimo cálculo y los parámetros fotográficos; según la primera imagen, la segunda imagen, el coeficiente de difusión del p-ésimo cálculo y el área de difusión del

20 p-ésimo cálculo, determinar ecuaciones hacia delante de difusión de calor que corresponden respectivamente a la primera imagen y la segunda imagen del p-ésimo cálculo; determinar una ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo; según la ecuación de valor mínimo en el p-ésimo cálculo, obtener un gradiente mínimo de cada píxel de la primera imagen y la segunda imagen en el p-ésimo cálculo; según la fórmula de corrección prefijada, realizar n correcciones iterativas en la información de profundidad correspondiente a un píxel cuyo gradiente mínimo en el p-ésimo cálculo es superior al umbral de gradiente prefijado, y obtener información de profundidad tras el p-ésimo cálculo, donde  $2 \leq p \leq N$ .

25

5. El aparato según la reivindicación 4, en el que el módulo de desenfoque comprende:

30 una unidad de normalización, configurada para normalizar la información de profundidad para obtener información de profundidad normalizada;

una unidad de segmentación, configurada para dividir de manera equitativa un intervalo, en el área de fondo, de la información de profundidad normalizada en q segmentos para obtener q intervalos de fondo;

35 una unidad de determinación de parámetros, configurada para determinar, según un radio de desenfoque máximo prefijado, parámetros de desenfoque correspondientes a cada uno de los q intervalos de fondo, donde los parámetros de desenfoque comprenden un radio de desenfoque y una desviación típica; y

una unidad de desenfoque, configurada para llevar a cabo, según el radio de desenfoque y la desviación típica correspondientes a cada uno de los q intervalos de fondo, un procesamiento de desenfoque por separado en un área de píxeles, en la primera imagen, correspondiente a cada uno de los q intervalos de fondo.

40

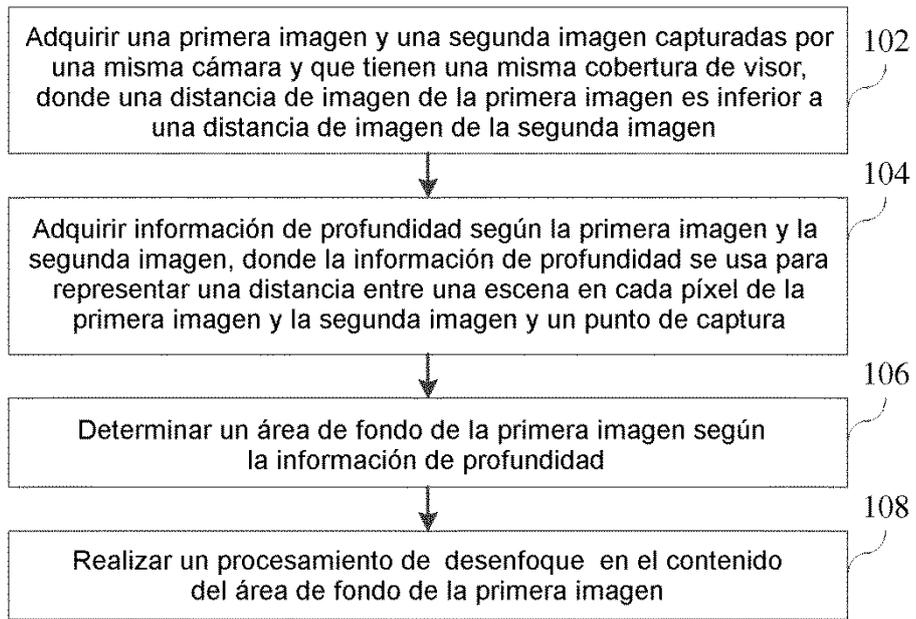


FIG. 1

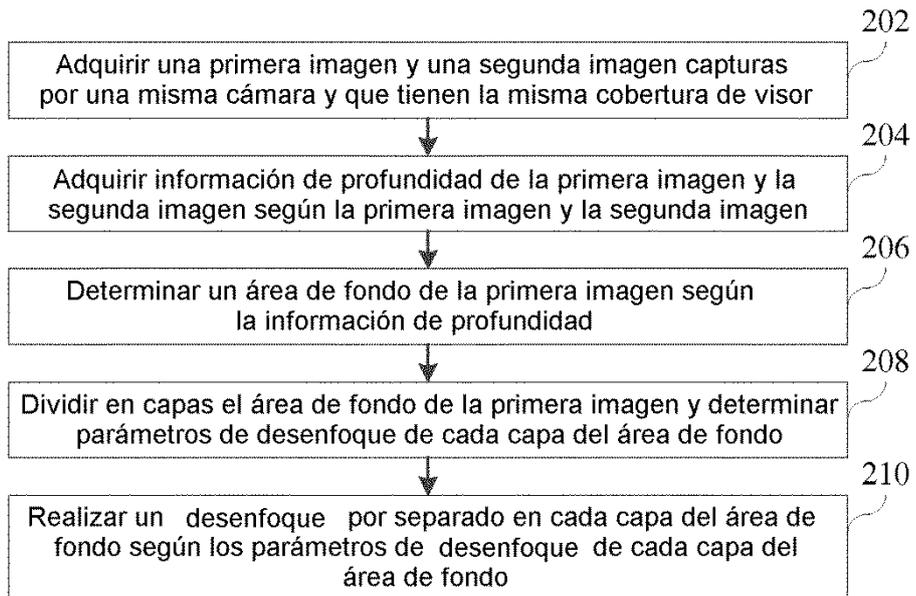


FIG. 2

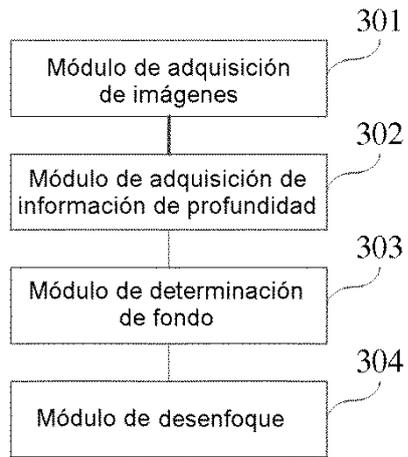


FIG. 3

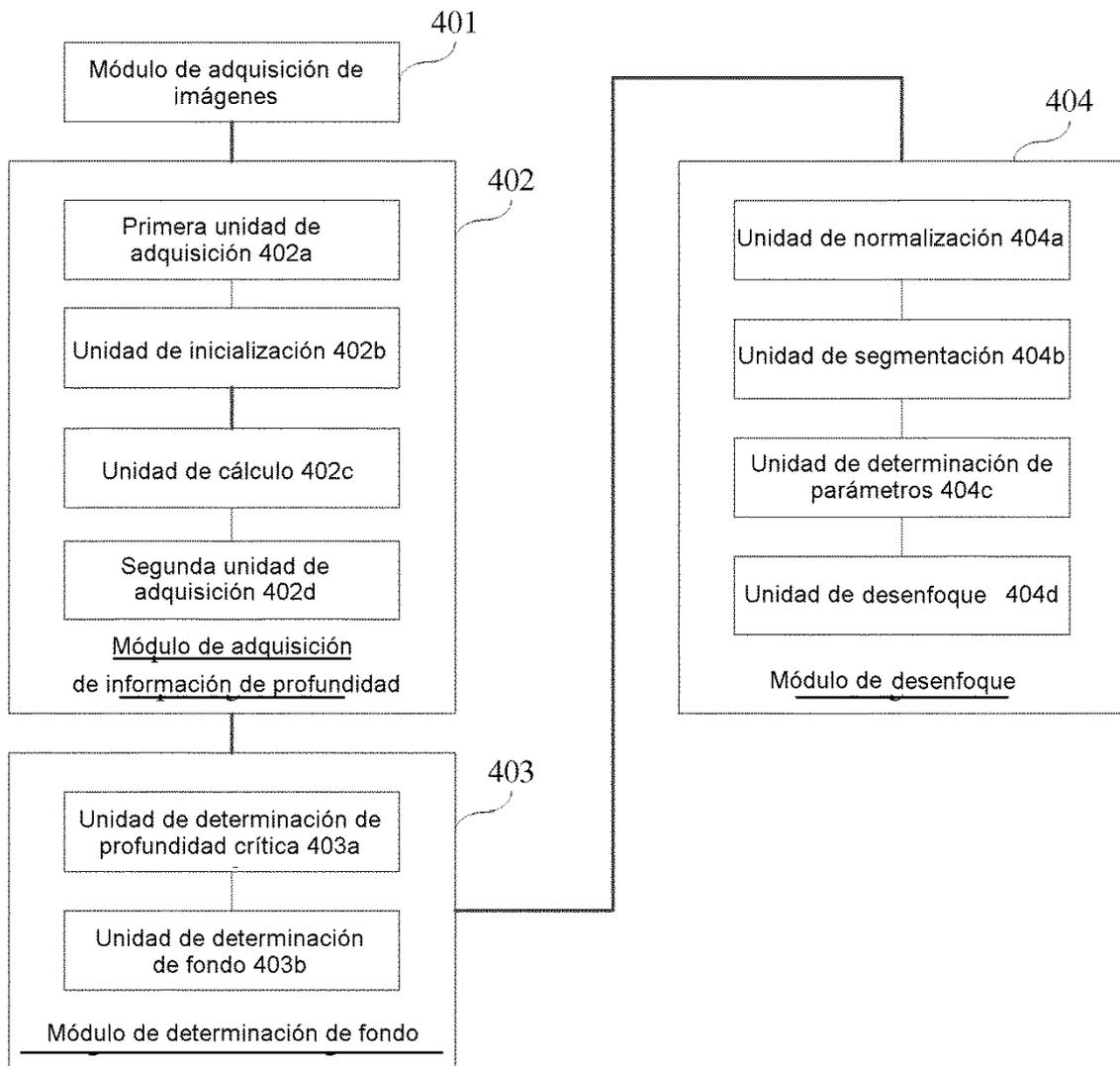


FIG. 4

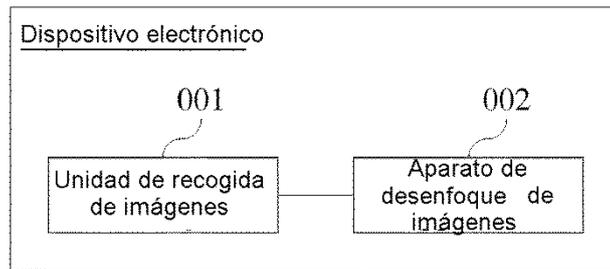


FIG. 5

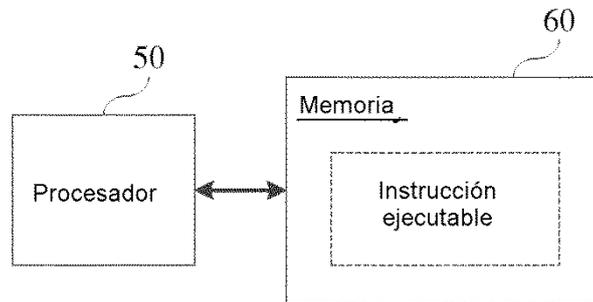


FIG. 6

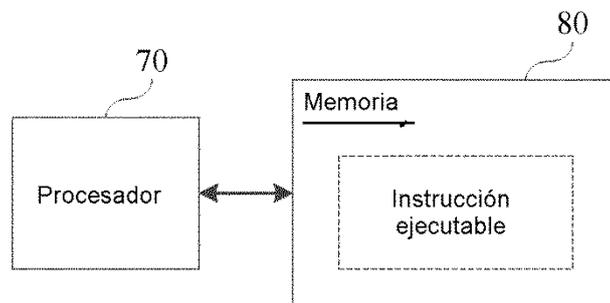


FIG. 7