

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 416**

51 Int. Cl.:

G06F 3/01 (2006.01)

G06T 3/00 (2006.01)

G02B 17/08 (2006.01)

G06F 3/042 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2014 PCT/SE2014/051476**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.06.2016 WO16093750**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2014 E 14824943 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019 EP 3230825**

54 Título: **Dispositivo y método de imagen corneal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.02.2020

73 Titular/es:
**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:
**LAWRENSON, MATTHEW JOHN y
NOLAN, JULIAN CHARLES**

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 742 416 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

Dispositivo y método de imagen corneal

5 **Campo técnico**

La invención se refiere a un dispositivo para imágenes corneales, un método de imágenes corneales realizado por un dispositivo, un programa informático correspondiente y un producto de programa informático correspondiente.

10 **Antecedentes**

El uso de imágenes corneales con dispositivos de mano y otros dispositivos, como teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, tabletas, ordenadores portátiles y similares, requiere que una interfaz basada en imágenes corneales funcione de manera fiable en una variedad de condiciones operativas diferentes, incluyendo cuando el usuario que maneja el dispositivo lleva equipo ocular tal como gafas, anteojos, gafas de sol, gafas protectoras o lentes de contacto.

La imagen corneal es una técnica que utiliza una cámara para obtener imágenes de la córnea de una persona, en particular la del usuario del dispositivo, para recopilar información sobre lo que está frente a la persona y también, debido a la naturaleza esférica del globo ocular humano, para recopilar información sobre objetos en un campo de visión que es más amplio que el campo de visión de la persona. Tales objetos pueden estar potencialmente fuera del campo de visión de la cámara e incluso estar ubicados detrás de la cámara. La técnica es posible debido a la naturaleza altamente reflectante de la córnea humana, y también a la disponibilidad de cámaras de alta definición en dispositivos como teléfonos inteligentes y tabletas. K. Nishino y S. K. Nayar, "Volver a encender los ojos", en ACM SIGGRAPH 2004 Papers (SIGGRAPH '04), ACM, Nueva York, 2004, páginas 704-711 han realizado un análisis de las características del sistema de imágenes corneales.

En "Estimación de objeto enfocado usando imagen de superficie corneal para la interacción basada en el ojo" (Septiembre 2013), K. Takemura, T. Yamakawa, J. Takamatsu, y T. Ogasawara proponen un método para estimar el objeto que el usuario está enfocando usando una cámara de ojo que captura el reflejo en una superficie corneal, que permite extraer simultáneamente información del ojo y del entorno de la imagen de superficie corneal.

El documento US 2014/062868 A1 divulga un dispositivo visual que incluye iluminadores de referencia ocultos que se adaptan para emitir luz invisible para generar reflejos corneoescleral sobre un ojo que mira una superficie de pantalla del dispositivo. El seguimiento de tales reflejos y el centro de la pupila proporciona información para observar el seguimiento.

El documento US 2014/002349 A1 divulga un método para filtrar reflejos procesando una imagen de la córnea de un usuario para obtener las coordenadas de reflejos deseados de una configuración de fuentes de luz. El método se basa en una homografía geométrica y es expediente para la estimación de observación robusta en conexión con, por ejemplo, el seguimiento del ojo.

El documento 2011/085139 A1 divulga un método para determinar un punto de observación de un ojo que mira un dispositivo visual que se controla mediante una señal de visualización. El método comprende generar una señal de visualización para que el dispositivo visual produzca un patrón de pantalla, recibir una señal que codifica una imagen del ojo incluyendo un reflejo corneoescleral del patrón de pantalla, y determinar, basándose en parte en la geometría de dicho reflejo, un punto de observación del ojo. Los iluminadores de referencia pueden usarse, y el patrón de pantalla puede ser entrelazado con un patrón de referencia distintivo.

Las gafas se pueden usar para corregir la visión, por moda, para evitar el deslumbramiento o para protección, y se fabrican con una gama de acabados superficiales que van desde aquellos que buscan evitar los reflejos de la superficie hasta recubrimientos altamente reflectantes, y con varias curvaturas de lentes.

Es probable que el uso de equipo ocular, en particular tal como gafas graduadas o gafas de sol, genere reflejos especulares adicionales que se originan tanto en la córnea del ojo del usuario como en las gafas, o en el caso de gafas con un acabado altamente reflectante solo en las gafas. Esto puede dar como resultado un sistema de imágenes corneales que brinde resultados erróneos.

60 **Sumario**

Es un objeto de la invención proporcionar una alternativa mejorada a las técnicas anteriores y a la técnica anterior.

Más específicamente, es un objeto de la invención proporcionar una solución de imagen corneal mejorada para dispositivos informáticos, y en particular dispositivos de mano, tales como teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, tabletas, ordenadores portátiles y similares.

Estos y otros objetos de la invención se logran mediante diferentes aspectos de la invención, tal como se define en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones de la invención se caracterizan por las reivindicaciones dependientes.

5 De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un dispositivo para la obtención de imágenes corneales. El dispositivo comprende una primera cámara y medios de procesamiento. La primera cámara está configurada para obtener imágenes de una córnea de un usuario del dispositivo, un equipo ocular que lleva el usuario, o ambos. Los medios de procesamiento están operativos para adquirir una primera imagen de la primera cámara, identificar un primer reflejo por la córnea y/o un segundo reflejo por una superficie reflectante del equipo ocular, y determinar una
10 primera transformación óptica que represente el primer reflejo y/o una segunda transformación óptica que representa el segundo reflejo. Los medios de procesamiento están operativos para identificar el primer reflejo y/o el segundo reflejo analizando la primera imagen, es decir, mediante el procesamiento de imágenes.

De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un método de obtención de imágenes corneales. El método lo realiza un dispositivo y comprende adquirir una primera imagen de una primera cámara. La primera cámara está configurada para obtener imágenes de una córnea de un usuario del dispositivo, un equipo ocular que lleva el usuario, o ambas. El método comprende además identificar un primer reflejo por la córnea y/o un segundo reflejo por una superficie reflectante del equipo ocular, y determinar una primera transformación óptica que representa el primer reflejo y/o una segunda transformación óptica que representa el segundo reflejo. El primer reflejo y/o el segundo
15 reflejo se identifican analizando la primera imagen, es decir, por medio del procesamiento de imágenes.

De acuerdo con un tercer aspecto, se proporciona un programa informático. El programa informático comprende instrucciones ejecutables por ordenador para hacer que un dispositivo realice el método de acuerdo con una realización del segundo aspecto de la invención, cuando las instrucciones ejecutables por ordenador se ejecutan en una unidad de procesamiento comprendida en el dispositivo.
25

De acuerdo con un cuarto aspecto, se proporciona un producto de programa informático. El producto de programa informático comprende un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene el programa informático de acuerdo con el tercer aspecto de la invención incorporado en él.
30

La invención hace uso de un entendimiento de que se puede lograr una solución de imagen corneal mejorada para dispositivos informáticos manejados por el usuario, en particular dispositivos de mano, tales como teléfonos móviles, teléfonos inteligentes, tabletas, ordenadores portátiles y similares, teniendo en cuenta los reflejos especulares con equipo ocular que lleva el usuario. Tales reflejos pueden originarse a partir de una o más superficies reflectantes del equipo ocular, por ejemplo una superficie de una lente de gafas. Un reflejo especular es un reflejo de luz similar a un espejo desde una superficie reflectante. En algunos casos, si el equipo ocular está provisto de un recubrimiento superficial altamente reflectante, tal como ciertos tipos de gafas de sol, el reflejo de las gafas puede ser el único reflejo detectado por la interfaz de imagen corneal, y el reflejo de la córnea queda oscurecido por el reflejo del equipo ocular y las gafas oscuras.
35

En general, el equipo ocular consiste en artículos y accesorios que se usan en o sobre los ojos del usuario, por moda o adorno, protección contra el medio ambiente, o para mejorar o aumentar la agudeza visual. Las formas comunes de equipo ocular incluyen gafas, también llamados gafas o anteojos, gafas de sol y lentes de contacto, pero también pueden incluir otras formas de protección para los ojos, como gafas protectoras.
40

Los sistemas de imágenes corneales conocidos no identifican los reflejos causados por el equipo ocular que lleva el usuario y no pueden corregir los reflejos especulares múltiples resultantes tanto de la córnea del usuario como del equipo ocular, lo que provoca resultados erróneos.
45

La presente divulgación proporciona una solución mediante la cual se introducen superficies reflectantes adicionales entre la córnea del usuario y el dispositivo de imágenes, por ejemplo, un teléfono inteligente que está provisto de una cámara delantera configurada para obtener imágenes de una córnea de un usuario del dispositivo y/o el equipo ocular que usa el usuario, se identifican y caracterizan de tal manera que las imágenes reflectantes especulares de la córnea y/o las gafas se pueden usar independientemente o juntas.
50

Al identificar uno o más reflejos en la primera imagen capturada por la primera cámara, como una cámara delantera de la que está provisto el dispositivo, se pueden derivar transformaciones ópticas que representan el reflejo fuera de la córnea del usuario o el equipo ocular que lleva el usuario. A lo largo de esta divulgación, un reflejo de la córnea de un ojo del usuario se denomina primer reflejo, mientras que un reflejo que se origina en una superficie reflectante de un equipo ocular se denomina segundo reflejo. Se apreciará que algunos tipos de equipo ocular, en particular gafas con lentes gruesas, pueden dar lugar a más de un reflejo, pero se supondrá por simplicidad a continuación que solo uno de estos reflejos es prominente en la primera imagen.
55
60

Se pueden prever fácilmente ejemplos que toman en consideración múltiples reflejos del equipo ocular.
65

En el presente contexto, una transformación óptica es una transformación que transforma una imagen de un objeto

de una escena dentro del campo de visión de la córnea, o la del equipo ocular, en un reflejo que es capturado por la primera cámara. Debido a la geometría no plana de las superficies reflectantes de la córnea humana, así como a las formas comunes de equipo ocular, la imagen reflejada se distorsiona en una medida que se rige por la curvatura de la superficie reflectante.

5 Para cada uno de los reflejos identificados, la transformación óptica que describe el reflejo puede derivarse basándose en una serie de alternativas, como se explica más adelante. Las transformaciones ópticas derivadas pueden usarse posteriormente para corregir imágenes corneales, o para corregir información extraída de imágenes corneales, por ejemplo, información geométrica perteneciente a una escena capturada en una imagen corneal. A lo
10 largo de esta divulgación, debe entenderse que la noción de imagen corneal incluye imágenes que capturan reflejos no solo de la córnea del usuario sino también del equipo ocular que usa el usuario.

15 Como alternativa a, o además de, derivar una o más transformaciones ópticas que representan el reflejo de la córnea o el equipo ocular del usuario que usa el usuario, las realizaciones de la invención pueden derivar un modelo geométrico de la superficie reflectante que causa un reflejo. Para la córnea humana adulta, por ejemplo, la geometría de su superficie reflectante puede ser aproximada por un elipsoide con parámetros que no varían mucho entre las personas. Sin embargo, la situación es diferente para el equipo ocular, que se fabrica con curvaturas variables de superficies reflectantes, tales como lentes.

20 Las realizaciones de la invención son ventajosas porque funcionan de forma más fiable que los dispositivos convencionales basados en imágenes corneales que no tienen en cuenta los reflejos adicionales del equipo ocular que lleva el usuario.

25 De acuerdo con una realización de la invención, se determina la información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica. La información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica puede, por ejemplo, comprender una primera curvatura de la córnea y/o una segunda curvatura de una superficie reflectante del equipo ocular. Para una superficie reflectante arbitraria, la curvatura es en general una cantidad no escalar que puede, por ejemplo, estar representada por varios parámetros, como una curvatura escalar o radio, y una excentricidad. Alternativamente, la información puede, por ejemplo, ser una descripción matemática adecuada de la primera y/o la segunda transformación óptica y puede basarse en uno o más parámetros geométricos o una o más matrices. La determinación de la información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica es ventajosa porque posteriormente puede usarse para corregir imágenes corneales, o información extraída de imágenes corneales, por ejemplo, información geométrica perteneciente a una escena capturada en una imagen corneal. Opcionalmente, la información se puede proporcionar a una aplicación que se ejecuta en el dispositivo, como una aplicación que utiliza imágenes corneales.
35

40 De acuerdo con una realización de la invención, la primera transformación óptica es una transformación óptica universal que representa el reflejo de la córnea humana. Es decir, en lugar de determinar la primera transformación óptica basada en el análisis de imágenes, puede derivarse de la geometría conocida de la córnea humana que, al menos para los adultos, no afecta mucho a las personas. Ventajosamente, la primera transformación óptica determinada puede usarse para determinar la segunda transformación óptica, como se describe en el presente documento.

45 De acuerdo con una realización de la invención, la información que describe la segunda transformación óptica se recupera de una base de datos basada en una identificación, tal como marca y modelo, del equipo ocular. Ventajosamente, la información que describe la segunda transformación óptica se adquiere de una base de datos que puede estar provista del dispositivo o externa al dispositivo. En el último caso, el dispositivo puede consultar la base de datos a través de una red de comunicaciones, por ejemplo, una red de acceso por radio y/o Internet. Alternativamente, en lugar de recuperar la información que describe la segunda transformación óptica, también se pueden prever realizaciones que recuperen la segunda transformación óptica o un modelo geométrico de una superficie reflectante del equipo ocular. Ventajosamente, la segunda transformación óptica determinada puede usarse para determinar la primera transformación óptica, como se describe en el presente documento.
50

55 De acuerdo con otra realización de la invención, la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica pueden determinarse identificando un reflejo del dispositivo en el primer reflejo y/o el segundo reflejo, y determinar la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica basándose en una forma del dispositivo. Esta realización permite determinar cualquiera de la primera y la segunda transformación óptica por separado basándose en la forma del dispositivo. Esto se logra identificando un reflejo del dispositivo en la primera imagen, ya sea el primer reflejo de la córnea o el segundo reflejo del equipo ocular, y derivando la primera o la
60 segunda transformación óptica como la transformación óptica que transforma la forma conocida del dispositivo, típicamente cerca de un rectángulo de dimensiones conocidas, en la forma distorsionada del reflejo capturado del dispositivo. Opcionalmente, el dispositivo puede comprender además una pantalla que funciona como dispositivo de salida para el dispositivo, y el reflejo del dispositivo es un reflejo de la pantalla. Típicamente, la pantalla se proporciona en la misma cara que la primera cámara. La determinación de la primera y/o la segunda transformación óptica basándose en un reflejo de la pantalla es ventajosa porque los reflejos de la pantalla son prominentes y fáciles de identificar.
65

De acuerdo con una realización de la invención, la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica se determinan determinando una de la primera transformación óptica y la segunda transformación óptica, identificando al menos un objeto que es visible tanto en el primer reflejo como en el segundo reflejo, determinando una tercera transformación óptica entre al menos dicho objeto en el primer reflejo y al menos dicho objeto en el segundo reflejo, y determinando la otra transformación óptica de la primera transformación óptica y la segunda transformación óptica basándose en la transformación óptica determinada y la tercera transformación óptica. Esta realización es ventajosa si un objeto de una escena se captura en ambos reflejos, es decir, en el primer reflejo y el segundo reflejo. Se basa en el entendimiento de que, si se conoce una de la primera transformación óptica o la segunda transformación óptica, o puede determinarse mediante una de las alternativas divulgadas en el presente documento, la otra transformación óptica que aún no se ha determinado puede determinarse basándose en una transformación óptica que transforma el objeto como capturado en el primer reflejo en el objeto como capturado en el segundo reflejo, o viceversa. Esta solución puede usarse ventajosamente si tanto el primer reflejo como el segundo reflejo son prominentes en la primera imagen capturada y pueden separarse, de modo que una transformación óptica, denominada como tercer reflejo óptico, entre el objeto en el primer reflejo y el objeto en el segundo reflejo se puede derivar. Se apreciará que la tercera transformación óptica no representa el reflejo de una superficie reflectante real, sino que es un medio para describir y cuantificar la diferencia en el reflejo fuera de la córnea y el equipo ocular.

De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo comprende además una segunda cámara que tiene un campo de visión que es sustancialmente opuesto al campo de visión de la primera cámara. Tal cámara se proporciona típicamente en una cara del dispositivo que es opuesta a la cara que incluye la pantalla, y con frecuencia se denomina cámara trasera. La primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica se determinan mediante la adquisición de una segunda imagen de la segunda cámara, identificando al menos un objeto que está presente tanto en la primera imagen como en la segunda imagen, determinando una cuarta transformación óptica entre al menos dicho objeto en la primera imagen y al menos dicho objeto en la segunda imagen, y determinando la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica basándose en la cuarta transformación óptica. Esta realización se basa en el entendimiento de que una segunda imagen capturada por una cámara trasera no sufre distorsiones debido al reflejo de la córnea o el equipo ocular. Por consiguiente, al establecer una transformación óptica, denominada en el presente documento la cuarta transformación óptica, entre un objeto capturado en la primera imagen y el mismo objeto capturado en la segunda imagen, se puede determinar la primera o la segunda transformación óptica. Esta realización es ventajosa en situaciones en las que el dispositivo está alineado para capturar el mismo objeto por la primera cámara, mediante reflejo por la córnea y/o el equipo ocular, y por la segunda cámara de manera directa, es decir, sin involucrar el reflejo.

De acuerdo con una realización de la invención, una imagen del primer reflejo, una imagen del segundo reflejo, o ambas se proporciona/se proporcionan. Es decir, en lugar de proporcionar información que describa la primera y/o la segunda transformación óptica a una aplicación que se ejecuta en el dispositivo, para usar esa información con fines de imágenes corneales, las imágenes de la primera y/o el segundo reflejo pueden proporcionarse alternativa o adicionalmente a la aplicación. Opcionalmente, la imagen del primer reflejo y/o la imagen del segundo reflejo pueden corregirse basándose en la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica, respectivamente, para invertir la distorsión impuesta por el reflejo desde una superficie no plana, como la córnea o el equipo ocular.

De acuerdo con una realización de la invención, se proporciona una imagen combinada del primer reflejo y del segundo reflejo. Es decir, en lugar de proporcionar solo una o dos imágenes separadas del primer reflejo y el segundo reflejo, se proporciona una imagen que es una combinación de una imagen corregida del primer reflejo y una imagen corregida del segundo reflejo. La corrección de una imagen debe entenderse como la realización de una transformación óptica que es la inversa de la primera transformación óptica o la segunda transformación óptica, invirtiendo así la distorsión impuesta por el reflejo fuera de una superficie no plana. Esto es ventajoso porque se puede obtener una imagen de calidad mejorada.

De acuerdo con una realización de la invención, se determinan una o más métricas asociadas con los requisitos de una imagen de un reflejo para cada una de las imágenes del primer reflejo y la imagen del segundo reflejo, y la imagen proporcionada se selecciona basándose en la determinada o más métricas. Estas métricas pueden, por ejemplo, estar relacionadas con cualquier, o una combinación, de calidad de imagen, resolución de imagen, visibilidad o presencia de cierto objeto, como una pantalla del dispositivo, etc. Ventajosamente, basándose en la métrica determinada, una de las imágenes de la primera y el segundo reflejo puede seleccionarse para su uso posterior por una aplicación de imagen corneal. De este modo, la aplicación se proporciona con una imagen de suficiente calidad, resolución, capturar un determinado objeto o similar.

De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo comprende además una pantalla que funciona como dispositivo de salida para el dispositivo, y el contenido gráfico se muestra en la pantalla para hacer que el usuario mueva el dispositivo en relación con la cabeza del usuario. Bajo ciertas circunstancias, la primera imagen, y tal vez también la segunda imagen, puede ser de calidad inferior o no capturar un objeto deseado, es decir, un objeto que necesita ser capturado con el fin de realizar imágenes corneales. Por ejemplo, el usuario puede sostener el dispositivo de manera que la primera cámara no capture el reflejo de un objeto deseado, por ejemplo, la pantalla. Al

mostrar el contenido en la pantalla para que el usuario mueva la cabeza y/o el dispositivo, se puede lograr una orientación del dispositivo con respecto a la cabeza del usuario que permite capturar imágenes con propiedades mejoradas. Esto puede lograrse, por ejemplo, mostrando contenido gráfico borroso, o disminuyendo el tamaño del contenido gráfico mostrado, por ejemplo, texto, para que el usuario acerque el dispositivo a sus ojos.

5 Aunque las ventajas de la invención se han descrito en algunos casos con referencia a realizaciones del primer aspecto de la invención, el razonamiento correspondiente se aplica a realizaciones de otros aspectos de la invención.

10 Otros objetivos, características y ventajas de la invención serán evidentes al estudiar la siguiente divulgación detallada, los dibujos y las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

15 Lo anterior, así como los objetos, características y ventajas adicionales de la invención, se entenderán mejor a través de la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitativa de las realizaciones de la invención, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

20 Las figuras 1a y 1b ilustran un dispositivo para la obtención de imágenes corneales, de acuerdo con una realización de la invención.

Las figs. 2a y 2b ilustran un dispositivo para la obtención de imágenes corneales, de acuerdo con otra realización de la invención.

25 La figura 3 muestra una unidad de procesamiento de un dispositivo para la obtención de imágenes corneales, de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 4 muestra un método de obtención de imágenes corneales, de acuerdo con una realización de la invención.

30 La figura 5 muestra una unidad de procesamiento de un dispositivo para la obtención de imágenes corneales, de acuerdo con otra realización de la invención.

Todas las figuras son esquemáticas, no necesariamente a escala, y generalmente solo muestran partes que son necesarias para dilucidar la invención, en donde otras partes pueden omitirse o simplemente sugerirse.

35 Descripción detallada

La invención se describirá ahora más completamente en el presente documento después con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran ciertas realizaciones de la invención. Sin embargo, esta invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones establecidas en el presente documento. Más bien, estas realizaciones se proporcionan a modo de ejemplo para que esta divulgación sea exhaustiva y completa, y transmitirá completamente el alcance de la invención a los expertos en la técnica.

45 En la figura 1a, se muestra un dispositivo 100, de acuerdo con una realización de la invención. El dispositivo 100, en la figura 1, ilustrado como un teléfono inteligente, comprende medios 101 de procesamiento, una pantalla 110 y una primera cámara 121. La pantalla 110 funciona como dispositivo de salida para el dispositivo 100, es decir, para mostrar contenido gráfico como elementos de la interfaz de usuario, por ejemplo, imágenes, fragmentos de texto, campos para introducir o editar texto (como un campo de texto 111), localizadores de recursos uniformes (URL) u otros enlaces, botones o teclas virtuales (como un teclado virtual 112) y similares. La pantalla 110 y los objetos gráficos que se muestran en ella están controlados por medios 101 de procesamiento, por ejemplo, un sistema operativo o aplicación que se ejecuta en los medios 101 de procesamiento. La pantalla 110 puede ser una pantalla convencional de tipo sin pantalla táctil o una pantalla táctil, como se conoce en la técnica. El dispositivo 100 se ilustra como manejado por un usuario 130 y puede ser cualquier tipo de dispositivo informático adecuado para imágenes corneales, como un teléfono móvil, teléfono inteligente, tableta, ordenador portátil o similar.

55 A lo largo de esta divulgación, se entiende que un usuario de un dispositivo es una persona ubicada para poder hacer funcionar el dispositivo, por ejemplo, sostener el dispositivo, sentarse frente a una mesa en la que se coloca el dispositivo o sentarse al lado de una persona que sostiene el dispositivo. Debe entenderse además que el usuario puede controlar el dispositivo y/o introducir información, por ejemplo, tocando los elementos de la interfaz de usuario que se muestran en una pantalla táctil del dispositivo.

60 La primera cámara 121 tiene un campo de visión que se dirige en la misma dirección que la dirección de visualización de la pantalla 110. La primera cámara 121 y la pantalla 110 se proporcionan preferiblemente en la misma cara del dispositivo 100, es decir, la cámara 121 es una cámara delantera. Opcionalmente, el dispositivo 100 puede comprender múltiples cámaras delanteras y también una cámara trasera 122 en una cara del dispositivo 100 que es opuesta a la cara en la que se proporcionan la pantalla 110 y la cámara 121.

La cámara delantera 121 está configurada para obtener imágenes de una córnea 162 de un ojo 160 del usuario 130 del dispositivo 100 y/o un equipo ocular 170 que lleva el usuario 130, en la figura 1 ilustrada como gafas 170. En general, el equipo ocular consiste en artículos y accesorios que se usan sobre o sobre los ojos, por moda o adorno, protección contra el entorno y para mejorar o aumentar la agudeza visual. En el contexto actual, el equipo ocular puede incluir formas comunes de equipo ocular, tales como gafas, también llamados gasas o anteojos, gafas de sol y lentes de contacto, y formas más utilitarias de protección para los ojos, como gafas protectoras.

Con referencia a la figura 1b, que muestra una vista ampliada del ojo 160 del usuario 130 y del equipo ocular 170 que lleva el usuario 130, los medios 101 de procesamiento del dispositivo 100 están operativos para adquirir una primera imagen de la cámara delantera 121, identificar un primer reflejo 163 por la córnea 162 y, adicional o alternativamente, un segundo reflejo 173 por una superficie reflectante 172 de equipo ocular 170. El primer reflejo 163 y/o el segundo reflejo 173 se identifican analizando la primera imagen, es decir, mediante el procesamiento de imágenes, como se conoce en la técnica.

Un algoritmo de procesamiento de imágenes para separar el primer reflejo 163 y el segundo reflejo 173 puede, por ejemplo, basarse en el efecto de paralaje. Como la córnea 162 y la lente 172 están a una distancia diferente de la cámara delantera 121, cualquier movimiento lateral dará como resultado un desplazamiento mayor para el segundo reflejo 173, porque la lente 172 está probablemente más cerca de la cámara delantera 121, en comparación con el primer reflejo 163, ya que la córnea 162 está probablemente más lejos de la cámara delantera 121. Al rastrear el movimiento de los objetos, por ejemplo, objetos completos, objetos parciales o secciones de color, a medida que se desplaza la posición lateral relativa de la primera cámara 121 y la córnea 162 o la lente 172, se puede determinar que esos objetos pertenecen al primer reflejo 163 o segundo reflejo 173. Se apreciará que el desplazamiento lateral en la posición relativa puede deberse a un movimiento natural de la mano y/o cabeza del usuario 130, o inducido al mostrar estímulos visuales en la pantalla 110, modificando el contenido gráfico que se muestra en la pantalla 110, o por medio de una señal táctil que induce al usuario 130 a mover y/o rotar el dispositivo 100. Tal cambio en la posición relativa también se puede utilizar para capturar múltiples imágenes de la lente 172 y luego combinar estas múltiples imágenes en una imagen 3D, de la cual se puede derivar un modelo geométrico o la curvatura de la lente 172.

Un cambio del primer reflejo 163 y/o el segundo reflejo 173 en la primera imagen también se puede detectar por medio de una ampliación de video euleriana, como lo describen H. Wu, M. Rubinstein, E. Shih, J. Guttag, F. Durand, y WT Freeman, "Aumento de video euleriano para revelar cambios sutiles en el mundo", en ACM Transactions on Graphics (Proc. SIGGRAPH 2012), 2012, vol. 31.

Además, en caso de que la cámara delantera 121 sea capaz de enfocar la primera imagen postcaptura, la primera imagen se puede ajustar de manera que el primer reflejo 163 y el segundo reflejo 173 puedan estar enfocados en momentos separados, facilitando así la identificación por separado del primer reflejo 163 y segundo reflejo 173 en la primera imagen.

Con respecto al primer reflejo 163, que se origina en la córnea 162 del usuario 130, se observa que la luz se refleja principalmente por la córnea del ojo humano, y que es más fácil detectar reflejos en la región oscura del iris en comparación con la esclera blanca que rodea el iris. La técnica de obtención de imágenes corneales es posible gracias a la naturaleza esférica del globo ocular humano que permite recopilar información sobre objetos en un campo de visión 161 que puede ser más amplio que el campo de visión del usuario 130. Las imágenes corneales pueden, por ejemplo, usarse para capturar imágenes del entorno del usuario 130 o para proporcionar una interfaz de usuario táctil que utiliza la cámara delantera 121 para capturar una vista de arriba hacia abajo del dispositivo 100, y en particular la pantalla táctil 110 del dedo 151 y los elementos de interfaz de usuario mostrados. Al analizar una imagen que captura los reflejos del dispositivo 100 y el dedo 151, se puede inferir información sobre una interacción del usuario 130, usando su dedo 151, con el dispositivo 100. Por ejemplo, el dispositivo 100 puede configurarse para predecir qué elemento de la interfaz de usuario se muestra en la pantalla 110 que el usuario 130 pretendía tocar con el dedo 151, además de, o en lugar de, detectar una ubicación táctil mediante la pantalla táctil 110, tal como se conoce en la técnica.

Las interfaces de usuario y otras soluciones que se basan en imágenes corneales pueden sufrir reflejos especulares que se originan a partir de equipo ocular 170 que lleva el usuario 130. El segundo reflejo 173, que se ilustra en la figura 1b, puede originarse a partir de una superficie reflectante de equipo ocular 170, por ejemplo una superficie exterior de una lente 172 de gafas 170 o la de una lente de contacto. En general, pueden surgir múltiples reflejos del equipo ocular 170, por ejemplo de las dos superficies de la lente 172. En aras de la simplicidad, aquí se supone que solo uno de estos reflejos múltiples es prominente en la primera imagen adquirida de la cámara 121. El número de reflejos del equipo ocular 170 que son prominentes en la primera imagen también puede depender del tipo de equipo ocular y cualquier recubrimiento de superficie aplicado al equipo ocular, tales como recubrimientos reflectantes que son populares con gafas de sol o recubrimientos antirreflectantes que se aplican con frecuencia a lentes usados para aumentar la agudeza visual.

También se apreciará que solo uno del primer reflejo 163 y el segundo reflejo 173 pueden ser prominentes en la

primera imagen. Por ejemplo, si la lente 172 está provista de un recubrimiento antirreflectante, solo el primer reflejo 163 puede ser prominente en la primera imagen, mientras que solo el segundo reflejo 173 puede ser prominente en la primera imagen si la lente 172 está provista de un recubrimiento altamente reflectante.

5 Los medios 101 de procesamiento están operativos además para determinar una primera transformación óptica que representa el primer reflejo 163 y, adicional o alternativamente, una segunda transformación óptica que representa el segundo reflejo 173. En el presente contexto, una transformación óptica debe entenderse como la transformación que describe el mapeo del entorno, por ejemplo, uno o más objetos en el entorno del usuario 130, en el plano de imagen de la primera cámara 121. Este mapeo depende de la geometría de la superficie reflectante, la córnea 162 o
10 una superficie reflectante 172 de equipo ocular 170, respectivamente, y su posición en relación con la primera cámara 121. Tal transformación óptica puede expresarse en términos matemáticos, por ejemplo, usando una notación matricial. Por ejemplo, si P representa una imagen no distorsionada capturada por la primera cámara 121, es decir, una imagen del entorno del usuario 130 que ha sido reflejada por una superficie reflectante plana ficticia en la ubicación de la córnea 162, la distorsión impuesta a P tras el reflejo por la córnea 162 en lugar de la superficie
15 reflectante plana ficticia puede describirse mediante una matriz T_1 , la primera transformación óptica, de modo que

$$P'_1 = T_1 \cdot P \quad (1),$$

donde P'_1 representa una imagen de primer reflejo 163.

20 En consecuencia, la segunda transformación óptica T_2 puede definirse como

$$P'_2 = T_2 \cdot P \quad (2),$$

25 donde P'_2 representa una imagen del segundo reflejo 173 capturada por la primera cámara 121. T_2 describe la distorsión impuesta a P tras el reflejo por la lente 172 en lugar de la superficie reflectante plana ficticia que ha sido reflejada por una superficie reflectante plana ficticia en la ubicación de la lente 172.

30 En general, la primera imagen capturada por la primera cámara 121 puede comprender ambos reflejos P'_1 y P'_2 , pero uno de los reflejos puede ser más prominente dependiendo de las propiedades reflectantes de la superficie reflectante 172 del equipo ocular 170. Téngase en cuenta que, debido al campo de visión de la primera cámara 121, el primer reflejo 163 y el segundo reflejo 173, representadas por P'_1 y P'_2 , respectivamente, típicamente constituyen solo una pequeña porción de la primera imagen.

35 La primera imagen capturada por la primera cámara 121 es típicamente un mapa de bits o un mapa de píxeles, es decir, una matriz bidimensional de píxeles que transportan información de intensidad y/o color. En consecuencia, cada una del primer reflejo 163 y el segundo reflejo 173, representadas por P'_1 y P'_2 , respectivamente, constituye una sección de mapa de bits o mapa de píxeles que representa la primera imagen. Estas secciones pueden identificarse mediante el procesamiento de imágenes de la primera imagen, como se conoce en la técnica. Por ejemplo, el primer
40 reflejo 163 y/o el segundo reflejo 173 pueden identificarse en la primera imagen identificando primero una cara del usuario 130, y posteriormente identificando el equipo ocular 170 que lleva el usuario 130 y/o el ojo 160 o la córnea 162 del usuario 130. El primer reflejo 163 y/o el segundo reflejo 173 identificados pueden extraerse opcionalmente de la primera imagen, por ejemplo, recortando la primera imagen, para su posterior procesamiento.

45 Los medios 101 de procesamiento están operativos además para determinar la información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica. La información puede, por ejemplo, comprender matrices T_1 y/o T_2 , respectivamente, que describen la distorsión impuesta por el reflejo fuera la córnea 162 o la superficie reflectante 172, en lugar de una superficie reflectante plana ficticia. Alternativamente, la información que describe la primera y/o segunda transformación óptica también puede describir la geometría de la córnea 162 y/o la
50 superficie reflectante 172. Tal información puede, por ejemplo, derivarse basándose en la primera y segunda transformación óptica, representadas por las matrices T_1 y T_2 . Por ejemplo, la información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica pueden comprender una primera curvatura de la córnea y/o una segunda curvatura de una superficie reflectante del equipo ocular. Opcionalmente, la información puede comprender adicionalmente una excentricidad, si la superficie reflectante de la córnea o el equipo ocular puede
55 aproximarse mediante un elipsoide. Como otra alternativa más, la información puede basarse en una notación matricial que describe la geometría de la superficie de reflejo de la córnea 162 o la superficie reflectante 172.

A continuación, se describen soluciones para determinar la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica, de acuerdo con realizaciones de la invención.

60 Por ejemplo, las realizaciones de la invención pueden usar una transformación óptica universal que representa el reflejo por la córnea humana como la primera transformación óptica T_1 , que representa el reflejo por la córnea 162. La primera transformación óptica puede usarse posteriormente para determinar la segunda transformación óptica T_2 ,

que representa el reflejo por la superficie reflectante 172 del equipo ocular 170, como se describe más adelante. El uso de la transformación óptica universal es ventajoso en el uso de recursos asociados con el procesamiento de imágenes que se reduce. Se basa en el entendimiento de que la córnea humana adulta puede ser modelada por un elipsoide con parámetros que no varía mucho entre las personas. La información que describe la transformación óptica universal puede basarse en una notación matricial, correspondiente a T_1 como se define en la ecuación (1), o puede comprender parámetros que describen un elipsoide que se usa para aproximarse a la córnea humana adulta, como el radio, la curvatura, la excentricidad o similares.

De acuerdo con una realización de la invención, los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos además para recuperar la información que describe la segunda transformación óptica T_2 de una base de datos basándose en una identificación del equipo ocular. La base de datos puede ser proporcionada en el dispositivo 100 o accesible por el dispositivo 100 a través de una red de comunicaciones. Por ejemplo, el dispositivo 100 puede configurarse para acceder a la base de datos a través de una red de acceso de radio (RAN), como una red móvil celular o una red de área local inalámbrica (WLAN) como se describe más adelante con referencia a las figuras 3 y 5, e Internet. La información que describe la segunda transformación óptica se obtiene al consultar la base de datos, es decir, al enviar una solicitud que comprende información que identifica la marca y el modelo del equipo ocular 170. Esto puede, por ejemplo, se logra mediante la identificación de la marca y modelo de equipo ocular procesando la imagen de la primera imagen y transmitiendo la marca y modelo con la solicitud. Alternativamente, la primera imagen, o una parte recortada de la primera imagen que captura el equipo ocular 170 o al menos los rasgos característicos del equipo ocular 170, puede transmitirse con la solicitud. Opcionalmente, la primera imagen o la parte recortada de la primera imagen se puede procesar antes de transmitir la solicitud, por ejemplo, para reducir el tamaño de la imagen. La segunda transformación óptica puede usarse posteriormente para determinar la primera transformación óptica T_1 que representa el reflejo por la córnea 162, como se describe más adelante.

Como otra alternativa más, los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos para determinar la primera transformación óptica o la segunda transformación óptica, o ambas, identificando un reflejo del dispositivo 100 en el primer reflejo 163 o el segundo reflejo 173, representado por P'_1 y P'_2 , respectivamente, y determinando la primera transformación óptica T_1 y/o la segunda transformación óptica T_2 basándose en una forma del dispositivo 100. Esto es ventajoso porque cualquiera de las transformaciones ópticas T_1 y T_2 puede determinarse independientemente de cada una de ellas, y sin depender de identificar el equipo ocular y consultar información de una base de datos, o confiar en una transformación óptica universal para la córnea humana. Para este fin, los medios de procesamiento están operativos para identificar el dispositivo 100, o cualquier rasgo característico del dispositivo 100, como su pantalla 110, y determinar la primera y/o la segunda transformación óptica basándose en el primer 163 y/o segundo reflejo 173 capturado en la primera imagen y la forma conocida del dispositivo 100 o pantalla 110. La utilización de la pantalla 110 es particularmente ventajosa ya que típicamente tiene un área rectangular que es claramente visible en la primera imagen.

De acuerdo con una realización de la invención, los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos para determinar una de las transformaciones ópticas, es decir, la primera transformación óptica T_1 o la segunda transformación óptica T_2 . Los medios 101 de procesamiento están operativos además para identificar al menos un objeto que es visible tanto en el primer reflejo 163 como en el segundo reflejo 173, representadas por P'_1 y P'_2 , y determinar una tercera transformación óptica T_3 entre al menos dicho objeto en el primer reflejo y al menos dicho objeto en el segundo reflejo 173, por ejemplo,

$$P'_2 = T_3 \cdot P'_1 \quad (3).$$

Los medios 101 de procesamiento están operativos además para determinar la otra transformación óptica de la primera transformación óptica y la segunda transformación óptica, es decir, la transformación óptica que todavía tiene que ser determinada, basándose en la transformación óptica ya determinada y la tercera transformación óptica.

Por ejemplo, si la primera transformación óptica T_1 se determina primero, de acuerdo con una de las soluciones descritas en el presente documento, por ejemplo, usando una transformación óptica universal para la córnea humana adulta, se puede determinar la segunda transformación óptica T_2 , ya que, combinando las ecuaciones (2) y (3),

$$P'_2 = T_3 \cdot T_1 \cdot P \quad (4),$$

resulta que

$$T_2 = T_3 \cdot T_1 \quad (5).$$

En consecuencia, si la segunda transformación óptica T_2 se determina primero, por ejemplo, al recuperar información que describe la segunda transformación óptica de una base de datos, la primera transformación óptica T_1 se puede determinar como

$$T_1 = T_3^{-1} \cdot T_2 \quad (6),$$

donde T_3^{-1} es la transformación inversa de T_3 .

Por lo tanto, si se conoce una de las transformaciones ópticas, la otra transformación óptica puede establecerse basándose en uno o más objetos que se capturan tanto en el primer reflejo 163 como en el segundo reflejo 173.

A continuación, se describe una realización adicional del dispositivo 100 con referencia a la figura 2a, que ilustra una vista lateral.

Además de lo que se ha descrito anteriormente en el presente documento, el dispositivo 100 puede comprender además una segunda cámara 122 que tiene un campo de visión 124 que es sustancialmente opuesto al campo de visión 122 de la primera cámara 121, comúnmente conocido como cámara trasera. Además, los medios 101 de procesamiento están operativos para determinar la primera transformación óptica T_1 o la segunda transformación óptica T_2 , o ambas, adquiriendo una segunda imagen de la segunda cámara 122 e identificando al menos un objeto 201 (en la figura 2a ilustrada como un dibujo en una pared frente al usuario 130; en aras de la claridad, el dibujo 201 no se muestra en una vista en perspectiva) que está presente tanto en la primera imagen 210 como en la segunda imagen 220. Esto se ilustra en la figura 2b, que muestra la primera imagen 210, capturada por la cámara delantera 121, que contiene un reflejo distorsionado 211 del objeto 201, debido al reflejo por la córnea 162 o la superficie reflectante 172, y la segunda imagen 220, capturada por la cámara trasera 122, que presenta una imagen 221 sin distorsiones del objeto 201. Téngase en cuenta que el reflejo 211 puede ser el primer reflejo 163 o el segundo reflejo 173, dependiendo de si se determina la primera transformación óptica T_1 o la segunda transformación óptica T_2 .

Los medios 101 de procesamiento están operativos además para determinar una cuarta transformación óptica T_4 entre al menos dicho objeto en la primera imagen (211 en la figura 2b) y al menos dicho objeto en la segunda imagen (221 en la figura 2b) y determinar la primera transformación óptica T_1 y/o la segunda transformación óptica T_2 basándose en la cuarta transformación óptica T_4 . Más específicamente, si el objeto 201 como se presenta en la segunda imagen 220 está representado por P'_4 (221 en la figura 2b), se deduce que

$$P'_4 = P \quad (7),$$

dado que la imagen P'_4 del objeto 201 capturada por la cámara trasera 122 no sufre ninguna distorsión inducida por el reflejo de una superficie no plana. En consecuencia, se puede establecer la primera transformación óptica T_1 , basándose en la ecuación (1), de

$$P'_1 = T_1 \cdot P'_4 \quad (8).$$

En consecuencia, se puede establecer la segunda transformación óptica T_2 , basándose en la ecuación (2), de

$$P'_2 = T_2 \cdot P'_4 \quad (9).$$

Determinar la primera y/o la segunda transformación óptica utilizando imágenes capturadas por la cámara trasera 122 es ventajoso porque estas imágenes no sufren distorsión debido al reflejo de superficies no planas como la córnea 162 o la superficie reflectante 172, por ejemplo, una lente. En particular, la primera transformación óptica T_1 puede establecerse como la transformación óptica que transforma P'_4 en P'_1 , y la segunda transformación óptica T_2 puede establecerse como la transformación óptica que transforma P'_4 en P'_2 . Téngase en cuenta que la primera transformación óptica y la segunda transformación óptica se pueden establecer independientemente una de la otra.

Opcionalmente, los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos para proporcionar la información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica a una aplicación que se ejecuta en el dispositivo 100, por ejemplo, en los medios 101 de procesamiento. En particular, esta puede ser una aplicación que utiliza la obtención de imágenes corneales. De este modo, la aplicación puede realizar una tarea basándose en imágenes corneales que se implementa de manera mejorada. Por ejemplo, una aplicación para capturar imágenes del entorno del usuario 130 utilizando imágenes corneales puede usar la información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica para procesar la primera imagen adquirida por la cámara delantera 121 para corregir la distorsión impuesta por reflejo fuera de la córnea 162 o superficie reflectante 172, lo que da como resultado una imagen mejorada.

Los métodos para corregir la distorsión impuesta por el reflejo fuera de la córnea 162, es decir, para reconstruir una escena capturada por medio de imágenes corneales, se describen en K. Nishino y SK Nayar, "Sistema de obtención de imagen corneal: entorno desde los ojos", en International Journal of Computer Vision, 2006, vol. 70, páginas 23-

40, y C. Nitschke, A. Nakazawa y H. Takemura, "Obtención de imagen corneal revisitada: un resumen de aplicaciones y análisis de reflejo corneal", en IPSJ Transactions on Computer Vision and Applications, 2013, vol. 5, páginas 1-18. Se apreciará que tales métodos también pueden aplicarse, con las modificaciones correspondientes, para corregir la distorsión impuesta por el reflejo fuera de la lente 172.

5 Opcionalmente, los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos además para proporcionar una imagen del primer reflejo 163, es decir, una imagen que contiene P'_1 , y/o una imagen del segundo reflejo 173, es decir, y una imagen que contiene P'_2 . Por ejemplo, la aplicación puede generar una imagen corregida del primer reflejo 163 y/o el segundo reflejo 173 basándose en una imagen del primer reflejo 163 y/o una imagen del segundo reflejo 173, en combinación con la información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica. La aplicación puede, por ejemplo, ser una aplicación para capturar imágenes del entorno del usuario 130 utilizando imágenes corneales. También se apreciará que los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos para corregir la imagen del primer reflejo 163, es decir, una imagen que contiene P'_1 , y/o la imagen del segundo reflejo 173, P'_2 , basándose en la primera transformación óptica T_1 y/o la segunda transformación óptica T_2 , respectivamente. Por lo tanto, en lugar de proporcionar imágenes del entorno del usuario 130 que al menos en parte están distorsionadas por el reflejo de una superficie no plana, como la córnea 162 o la superficie reflectante 172, una realización del dispositivo 100 puede estar operativa para corregir las imágenes de los reflejos 163 y 173 basándose en las ecuaciones (1) y (2), que dan como resultado imágenes corregidas que representan P . Más específicamente, la imagen corregida del primer reflejo 163 puede obtenerse como

$$P_1 = T_1^{-1} \cdot P'_1 \quad (10),$$

y la imagen corregida del segundo reflejo 173 se puede obtener correspondientemente como

$$P_2 = T_2^{-1} \cdot P'_2 \quad (11).$$

25 Téngase en cuenta que si tanto el primer reflejo 163 como el segundo reflejo 173 se capturan en la primera imagen, se puede derivar una imagen corregida para cada una de ellas. Las dos imágenes corregidas, P_1 y P_2 , pueden diferir, por ejemplo, en calidad, pero también con respecto a qué parte del entorno del usuario 130 capturan, debido al diferente campo de visión de la combinación de la primera cámara 121 y la córnea 162 (es decir, P'_1), así como la primera cámara 121 y la superficie reflectante 172 (es decir, P'_2), respectivamente.

30 Además, opcionalmente, los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos para proporcionar una imagen combinada del primer reflejo 163 y del segundo reflejo 173. Esto se puede lograr corrigiendo primero las imágenes capturadas del primer reflejo 163 y el segundo reflejo 173, P'_1 y P'_2 , y luego combinando, o superponiendo, las imágenes corregidas P_1 y P_2 . Ventajosamente, la imagen combinada puede ser de calidad superior a las dos imágenes corregidas P_1 y P_2 .

40 Los medios 101 de procesamiento pueden opcionalmente estar operativos además para determinar, para cada una de las imágenes del primer reflejo y la imagen del segundo reflejo, una o más métricas asociadas con los requisitos de una imagen de un reflejo. La determinación puede realizarse para las imágenes capturadas P'_1 y P'_2 , o para las imágenes corregidas P_1 y P_2 . Las métricas pueden relacionarse con cualquiera de una calidad de imagen, una resolución de imagen, una visibilidad de cierto objeto en la imagen, como la pantalla 110, y así sucesivamente. Los medios 101 de procesamiento están aún más operativos para seleccionar una imagen para su uso posterior o procesamiento basándose en las métricas determinadas o una combinación de las métricas determinadas. Por ejemplo, una realización del dispositivo 100 puede estar operativa para seleccionar la imagen de las imágenes capturadas P'_1 y P'_2 que es más adecuada para establecer una de las transformaciones ópticas T_1 y T_2 basándose en la forma conocida del dispositivo 100 o la pantalla 110, como fue descrito anteriormente.

50 Opcionalmente, los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos para proporcionar una o más de las imágenes descritas anteriormente en el presente documento, es decir, una o más de P_1 , P_2 , P'_1 , P'_2 y una imagen combinada, a una aplicación que se ejecuta en el dispositivo, y en particular, una aplicación basada en imágenes corneales.

55 Una realización del dispositivo 100, que comprende la pantalla 110 que funciona como dispositivo de salida para el dispositivo 100, los medios 101 de procesamiento pueden estar operativos además para mostrar contenido gráfico en la pantalla 110 para hacer que el usuario 130 mueva el dispositivo 100 en relación con la cabeza del usuario 130. Esto puede lograrse, por ejemplo disminuyendo el tamaño del contenido gráfico visualizado o mostrando contenido gráfico borroso, de modo que el usuario 130 se ve obligado a mover el dispositivo 100 más cerca de su ojo 160. Esto es ventajoso porque las imágenes capturadas por la cámara delantera 121 pueden mejorarse, por ejemplo, en respuesta a la determinación de que una o más de las métricas determinadas asociadas con los requisitos en una imagen de un reflejo no cumplen los requisitos impuestos por una aplicación de obtención de imágenes de córnea. Por ejemplo, si se requiere una imagen de un reflejo del dispositivo 100 o la pantalla 110 para establecer la primera y/o la segunda transformación óptica, un requisito en la primera imagen capturada por la cámara delantera 121

5 puede estar relacionado con la presencia o visibilidad del dispositivo 100 o pantalla 110 en la primera imagen. Si se determina que tal requisito no se cumple con una primera imagen capturada, es decir, el dispositivo 100 o la pantalla 110 no son visibles, el contenido gráfico puede mostrarse en la pantalla 110 para hacer que el usuario 130 mueva el dispositivo 100 para mejorar la visibilidad del dispositivo 100 o la pantalla 110 en un reflejo capturado por la cámara delantera 121.

10 A continuación, se describe una realización 300 de los medios 101 de procesamiento con referencia a la figura 3. Los medios 300 de procesamiento comprenden un procesador 301, por ejemplo, un procesador de propósito general o un procesador de señal digital (DPS), una memoria 302 que contiene instrucciones, es decir, un programa informático 303, y una o más interfaces 304 ("I/O" en la figura 3) para recibir información y controlar la pantalla 110, primera cámara (delantera) 121 y la segunda cámara (trasera) 122 opcional. El programa informático 303 es ejecutable por el procesador 301, por lo que el dispositivo 100 está operativo para funcionar de acuerdo con las realizaciones de la invención, como se describe anteriormente en el presente documento con referencia a las figuras 15 1 y 2. Los medios 300 de procesamiento pueden comprender además una interfaz 306 de red que está operativa para acceder a una base 310 de datos que almacena información que describe la segunda transformación óptica para diferentes tipos, marcas y modelos de equipo ocular. Los medios 300 de procesamiento pueden recuperar la información que describe la segunda transformación óptica para un equipo ocular específico, tal como el equipo ocular 170 ilustrado en las figuras 1 y 2, enviando una solicitud que comprende información que identifica el equipo ocular, como una marca y modelo del equipo ocular, o una sección de una imagen adquirida desde la primera 20 cámara 121 y que captura el equipo ocular, en la base 310 de datos. Alternativamente, en lugar de recuperar información que describe la segunda transformación óptica para un equipo ocular específico de una base 310 de datos externa, las realizaciones de la invención pueden recuperar dicha información de una base de datos local cuyo dispositivo 100 está provisto de, por ejemplo, una base 305 de datos almacenada en la memoria 302.

25 En la figura 4, se muestra un diagrama de flujo que ilustra una realización 400 del método de obtención de imágenes corneales realizado por un dispositivo, tal como un teléfono móvil, un teléfono inteligente, una tableta, un ordenador portátil o similar. El método 400 comprende adquirir 401 una primera imagen de una primera cámara configurada para obtener imágenes de una córnea de un usuario del dispositivo, un equipo ocular que usa el usuario, o ambas, e identificar 402 un primer reflejo por la córnea, un segundo reflejo por una superficie reflectante del equipo ocular, o 30 ambas. El equipo ocular puede ser, por ejemplo, gafas, anteojos, gafas de sol, gafas protectoras o lentes de contacto. El primer reflejo y/o el segundo reflejo se identifican mediante el análisis de la primera imagen, es decir, mediante el procesamiento de imágenes. El método 400 comprende además determinar 403 una primera transformación óptica que representa el primer reflejo, una segunda transformación óptica que representa el segundo reflejo, o ambas, como se describe anteriormente en el presente documento con referencia a las figuras 1 y 35 2.

40 Por ejemplo, determinar 403 la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica puede comprender identificar un reflejo del dispositivo en el primer reflejo y/o el segundo reflejo, y determinar la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica basándose en una forma del dispositivo. El reflejo del dispositivo puede, por ejemplo, ser un reflejo de una pantalla del dispositivo.

45 Como otro ejemplo, determinar 403 la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica puede comprender determinar una de la primera transformación óptica y la segunda transformación óptica, identificar al menos un objeto que es visible tanto en el primer reflejo como en el segundo reflejo, determinar una tercera transformación óptica entre al menos dicho objeto en el primer reflejo y al menos dicho objeto en el segundo reflejo, y determinar la otra transformación óptica de la primera transformación óptica y la segunda transformación óptica basándose en la transformación óptica determinada y la tercera transformación óptica.

50 Como otro ejemplo más, determinar 403 la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica puede comprender la adquisición de una segunda imagen de una segunda cámara que tiene un campo de visión que es sustancialmente opuesto a un campo de visión de la primera cámara, identificar al menos un objeto que está presente tanto en la primera imagen como en la segunda imagen, determinar una cuarta transformación óptica entre al menos dicho objeto en la primera imagen y al menos dicho objeto en la segunda imagen, y determinar la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica basándose en la cuarta transformación óptica.

55 Opcionalmente, el método 400 puede comprender además determinar 404 información que describe la primera transformación óptica, la segunda transformación óptica o ambas. Por ejemplo, la información que describe la segunda transformación óptica puede recuperarse 405 de una base de datos, basándose en una identificación del equipo ocular.

60 Opcionalmente, el método 400 puede comprender además determinar 406, para cada una de las imágenes del primer reflejo y la imagen del segundo reflejo, una o más métricas asociadas con los requisitos de una imagen de un reflejo, y seleccionar 407 una imagen de la imagen del primer reflejo y la imagen del segundo reflejo basándose en la métrica determinada o más.

65 Opcionalmente, el método 400 puede comprender además proporcionar 408 la información que describe la primera

transformación óptica y/o la segunda transformación óptica, o una o más imágenes del primer reflejo y/o el segundo reflejo, a una aplicación que se ejecuta en el dispositivo. La imagen del primer reflejo y/o la imagen del segundo reflejo pueden corregirse opcionalmente, basándose en la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica, respectivamente, y siendo combinadas opcionalmente.

5 Opcionalmente, el método 400 puede comprender además mostrar 409 contenido gráfico en una pantalla que funciona como dispositivo de salida para el dispositivo para hacer que el usuario mueva el dispositivo en relación con la cabeza del usuario.

10 Se apreciará que el método 400 puede comprender pasos adicionales o modificados de acuerdo con lo que se describe anteriormente en el presente documento. Una realización del método 400 puede implementarse como software, tal como el programa informático 303, para ser ejecutado por un procesador comprendido en el dispositivo (tal como el procesador 301 descrito con referencia a la figura 3), por lo que el dispositivo está operativo para funcionar de acuerdo con realizaciones de la invención.

15 En la figura 5, se muestra una realización alternativa 500 de los medios 101 de procesamiento. Los medios 500 de procesamiento comprenden uno o más módulos de interfaz 507 ("I/O" en la figura 7) para recibir información y controlar la pantalla 110, la primera cámara 121 (delantera) y la segunda cámara (trasera) 122 opcional. Los medios 500 de procesamiento comprenden además un módulo 501 de adquisición de imagen configurado para adquirir una primera imagen de la primera cámara 121, un módulo 502 de análisis de imagen configurado para identificar, analizando la primera imagen, un primer reflejo por la córnea y/o un segundo reflejo por una superficie reflectante del equipo ocular y un módulo 503 de transformación óptica configurado para determinar una primera transformación óptica que representa el primer reflejo y/o una segunda transformación óptica que representa el segundo reflejo.

25 El módulo 503 de transformación óptica puede configurarse además para determinar información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica.

Los medios 500 de procesamiento pueden comprender además una interfaz 506 de red que está operativa para acceder a una base 510 de datos que almacena información que describe la segunda transformación óptica para diferentes tipos, marcas y modelos de equipo ocular. El módulo 503 de transformación óptica puede recuperar la información que describe la segunda transformación óptica para un equipo ocular específico, tal como el equipo ocular 170 ilustrado en las figuras 1 y 2, enviando una solicitud que comprende información que identifica el equipo ocular, tal como una marca y modelo del equipo ocular, o una sección de una imagen adquirida desde la primera cámara 121 y que captura el equipo ocular, en la base 510 de datos. Alternativamente, en lugar de recuperar información que describe la segunda transformación óptica para un equipo ocular específico de la base 510 de datos externa, las realizaciones de la invención pueden recuperar dicha información de un módulo de base de datos con el que está provisto el dispositivo 100 (no mostrado en la figura 5).

30 Como ejemplo, el módulo 502 de análisis de imagen y el módulo 503 de transformación óptica pueden configurarse para determinar la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica identificando un reflejo del dispositivo en el primer reflejo y/o el segundo reflejo, y determinando la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica basándose en una forma del dispositivo, respectivamente. El reflejo del dispositivo puede ser un reflejo de la pantalla.

45 Como otro ejemplo, el módulo 502 de análisis de imagen y el módulo 503 de transformación óptica pueden configurarse para determinar la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica determinando una de la primera transformación óptica y la segunda transformación óptica, identificando al menos un objeto que es visible tanto en el primer reflejo como en el segundo reflejo, determinando una tercera transformación óptica entre al menos dicho objeto en el primer reflejo y al menos dicho objeto en el segundo reflejo, y determinando la otra transformación óptica de la primera transformación óptica y la segunda transformación óptica basándose en la transformación óptica determinada y la tercera transformación óptica.

50 Como otra alternativa más, el módulo 502 de análisis de imagen y el módulo 503 de transformación óptica pueden configurarse para determinar la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica adquiriendo una segunda imagen de la segunda cámara, identificando al menos un objeto que está presente tanto en la primera imagen como en la segunda imagen, determinando una cuarta transformación óptica entre al menos dicho objeto en la primera imagen y al menos dicho objeto en la segunda imagen, y determinando la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica basándose en la cuarta transformación óptica.

60 Los medios 400 de procesamiento pueden comprender además un módulo 504 de aplicación configurado para proporcionar la información que describe la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica, o una o más imágenes del primer reflejo y/o el segundo reflejo, a una aplicación que se ejecuta en el dispositivo. La imagen del primer reflejo y/o la imagen del segundo reflejo pueden corregirse opcionalmente, basándose en la primera transformación óptica y/o la segunda transformación óptica, respectivamente, y siendo combinadas
65 opcionalmente.

ES 2 742 416 T3

El módulo 504 de aplicación puede configurarse además para determinar, para cada una de la imagen del primer reflejo y la imagen del segundo reflejo, una o más métricas asociadas con los requisitos de una imagen de un reflejo, y seleccionar una imagen basándose en la métrica determinada o más.

- 5 Los medios 500 de procesamiento pueden comprender además un módulo 505 de visualización configurado para mostrar contenido gráfico en la pantalla para hacer que el usuario mueva el dispositivo en relación con la cabeza del usuario.
- 10 Se apreciará que los módulos 501-510, y cualquier módulo adicional comprendido en los medios 500 de procesamiento, pueden implementarse mediante cualquier tipo de circuitería electrónica, por ejemplo, cualquiera o una combinación de circuitería electrónica analógica, circuitería electrónica digital y medios de procesamiento que ejecutan un programa informático adecuado.
- 15 El experto en la técnica se da cuenta de que la invención de ninguna manera está limitada a las realizaciones descritas anteriormente. Por el contrario, son posibles muchas modificaciones y variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un dispositivo (100) para la obtención de imágenes de reflejos especulares procedentes de una córnea (162) de un usuario (130) del dispositivo y procedentes de un artículo ocular (170) que lleva el usuario, comprendiendo el dispositivo:
- una primera cámara (121) configurada para capturar una imagen de la córnea (162) y el equipo ocular (170),
 - medios (101; 300; 500) de procesamiento que están operativos para:
adquirir una primera imagen de la primera cámara,
identificar, analizando la primera imagen, un reflejo (163) por la córnea y/o un reflejo (173) por una superficie reflectante (172) del equipo ocular, y
determinar una transformación óptica que representa el reflejo por la córnea y/o una transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular.
- 2.- El dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea es una transformación óptica universal que representa el reflejo por la córnea humana.
- 3.- El dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, estando operativos los medios de procesamiento además para recuperar información que describe la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular de una base (310; 510) de datos basándose en una identificación del equipo ocular.
- 4.- El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además una pantalla (110) que funciona como dispositivo de salida para el dispositivo, estando los medios de procesamiento operativos para determinar al menos una de las transformaciones ópticas que representan el reflejo por la córnea y la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular:
identificando un reflejo de la pantalla en al menos uno del reflejo por la córnea y el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular, respectivamente, y
determinando al menos dicha transformación óptica basándose en una forma de la pantalla.
- 5.- El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, estando los medios de procesamiento operativos para determinar la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea:
determinando una de las transformaciones ópticas que representan el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea,
identificando al menos un objeto que es visible tanto en el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y el reflejo por la córnea,
determinando una tercera transformación óptica entre al menos dicho objeto en el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y al menos dicho objeto en el reflejo por la córnea, y
determinando la otra transformación óptica de la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea basándose en la transformación óptica determinada y la tercera transformación óptica.
- 6.- El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además una segunda cámara (122) que tiene un campo (124) de visión que es sustancialmente opuesto al campo (123) de visión de la primera cámara (121), estando los medios de procesamiento operativos para determinar una de las transformaciones ópticas que representan el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea:
adquiriendo una segunda imagen de la segunda cámara,
identificando al menos un objeto (201) que está presente tanto en la primera imagen como en la segunda imagen,
determinando una cuarta transformación óptica entre al menos dicho objeto (211) en la primera imagen (210) y al menos dicho objeto (221) en la segunda imagen (220), y
determinando al menos dicha transformación óptica basándose en la cuarta transformación óptica.

7.- El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, estando los medios de procesamiento operativos además para:

5 corregir la imagen del reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y/o la imagen del reflejo por la córnea basándose en la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea, respectivamente, y

10 proporcionar una imagen combinada del reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y del reflejo por la córnea.

8.- El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, estando los medios de procesamiento operativos además para:

15 determinar, para cada una de la imagen del reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y una imagen del reflejo por la córnea, una o más métricas asociadas con los requisitos en una imagen de un reflejo, y

20 proporcionar una de la imagen del reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la imagen del reflejo por la córnea basándose en la métrica determinada o más.

25 9.- El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una pantalla (110) que funciona como dispositivo de salida para el dispositivo, estando los medios de procesamiento además operativos para disminuir el tamaño del contenido gráfico mostrado en la pantalla, para hacer que el usuario mueva el dispositivo más cerca del ojo (160) del usuario.

10.- El dispositivo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el equipo ocular es cualquiera de gafas, anteojos, gafas de sol, gafas protectoras o lentes de contacto.

30 11.- Un método (400) realizado por un dispositivo (100) para obtener imágenes de reflejos especulares procedentes de una córnea (162) de un usuario (130) del dispositivo y procedentes de un equipo ocular (170) que lleva el usuario, comprendiendo el método:

35 adquirir (401) una primera imagen de una primera cámara (121) configurada para capturar una imagen de la córnea (162) y el equipo ocular (170),

identificar (402), analizando la primera imagen, un reflejo (163) por la córnea y/o un reflejo (173) por una superficie reflectante (172) del equipo ocular, y

40 determinar (403) una transformación óptica que representa el reflejo por la córnea y una transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular.

45 12.- El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que al menos una de determinar la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea y la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular comprende:

identificar un reflejo de una pantalla del dispositivo en al menos uno del reflejo por la córnea y el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular, respectivamente, y

50 determinar al menos dicha transformación óptica basándose en una forma de la pantalla.

13.- El método de acuerdo con las reivindicaciones 11 o 12, en el que determinar la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea comprende:

55 determinar una de la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea,

60 identificar al menos un objeto que es visible tanto en el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular como en el reflejo por la córnea,

determinar una tercera transformación óptica entre al menos dicho objeto en el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y al menos dicho objeto en el reflejo por la córnea, y

65 determinar la otra transformación óptica de la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea basándose en la transformación óptica determinada y la tercera transformación óptica.

14.- El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 o 12, en el que al menos una de la transformación óptica que representa el reflejo por la superficie reflectante del equipo ocular y la transformación óptica que representa el reflejo por la córnea se determina:

5
adquiriendo una segunda imagen de una segunda cámara (122) que tiene un campo (124) de visión que es sustancialmente opuesto a un campo (123) de visión de la primera cámara (121),

10
identificando al menos un objeto (201) que está presente tanto en la primera imagen como en la segunda imagen, determinando una cuarta transformación óptica entre al menos dicho objeto (211) en la primera imagen (210) y al menos dicho objeto (221) en la segunda imagen (220), y

15
determinando al menos dicha transformación óptica basándose en la cuarta transformación óptica.

15.- Un programa informático (303) que comprende instrucciones ejecutables por ordenador para hacer que un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10 realice el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, cuando las instrucciones ejecutables por ordenador se ejecutan en una unidad (301) de procesamiento comprendida en el dispositivo.

20
16.- Un producto de programa informático que comprende un medio (302) de almacenamiento legible por ordenador, teniendo el medio de almacenamiento legible por ordenador el programa informático (301) de acuerdo con la reivindicación 15 incorporado en el mismo.

Fig. 1a

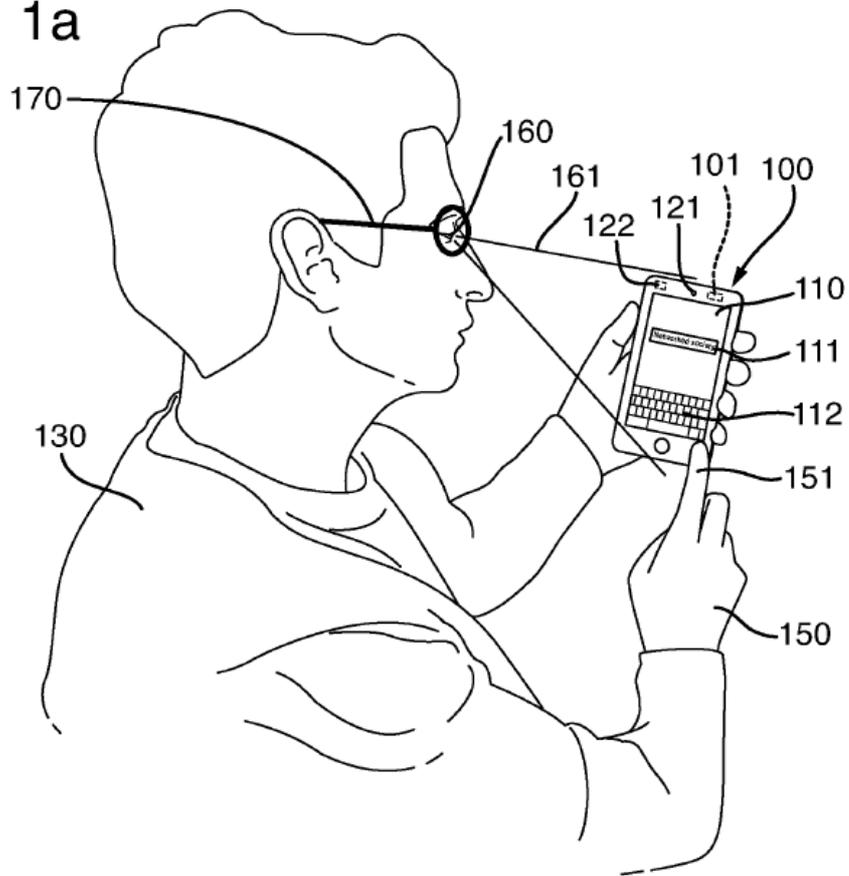
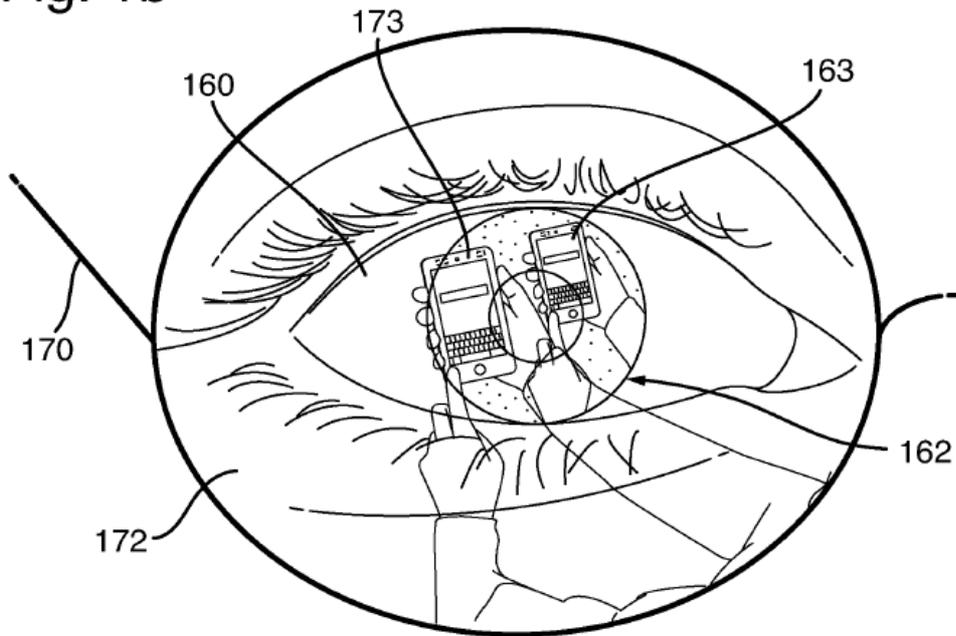


Fig. 1b



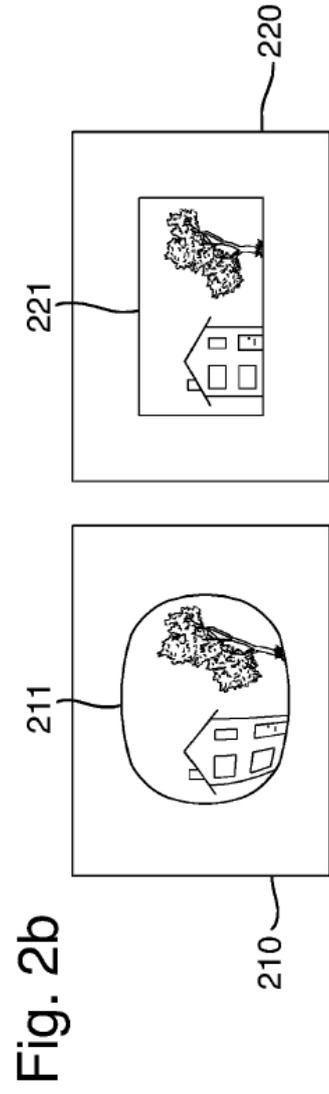
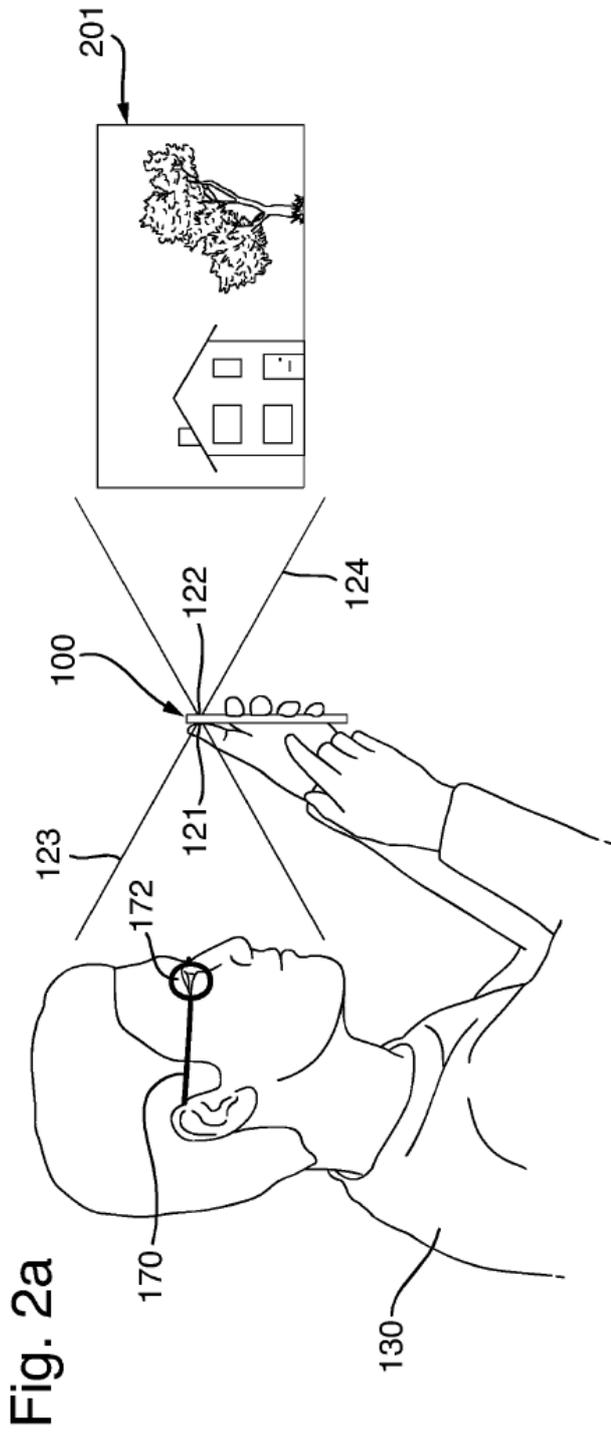


Fig. 3

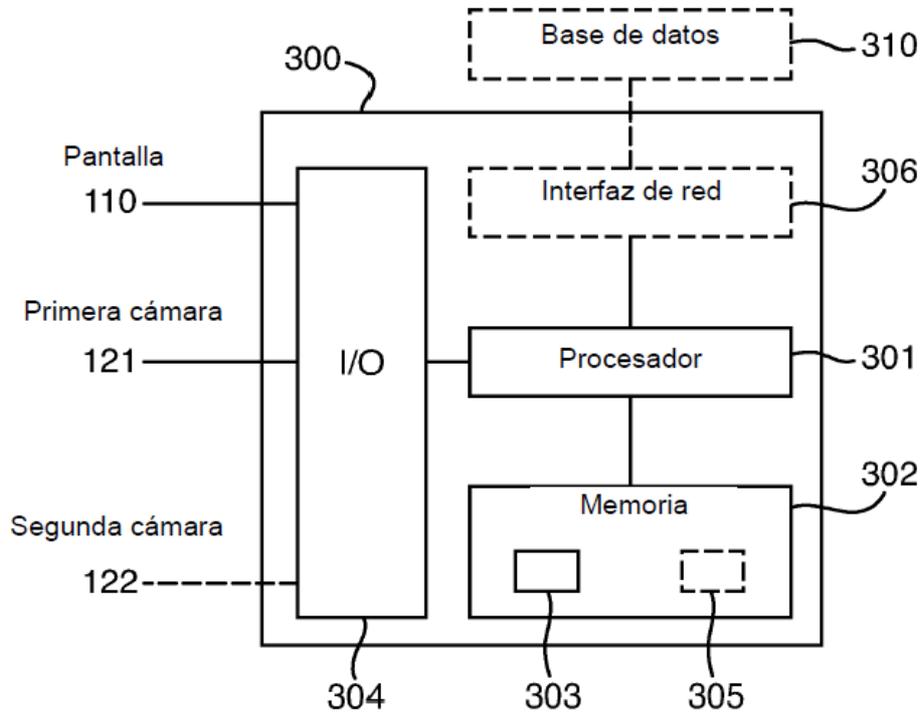


Fig. 4

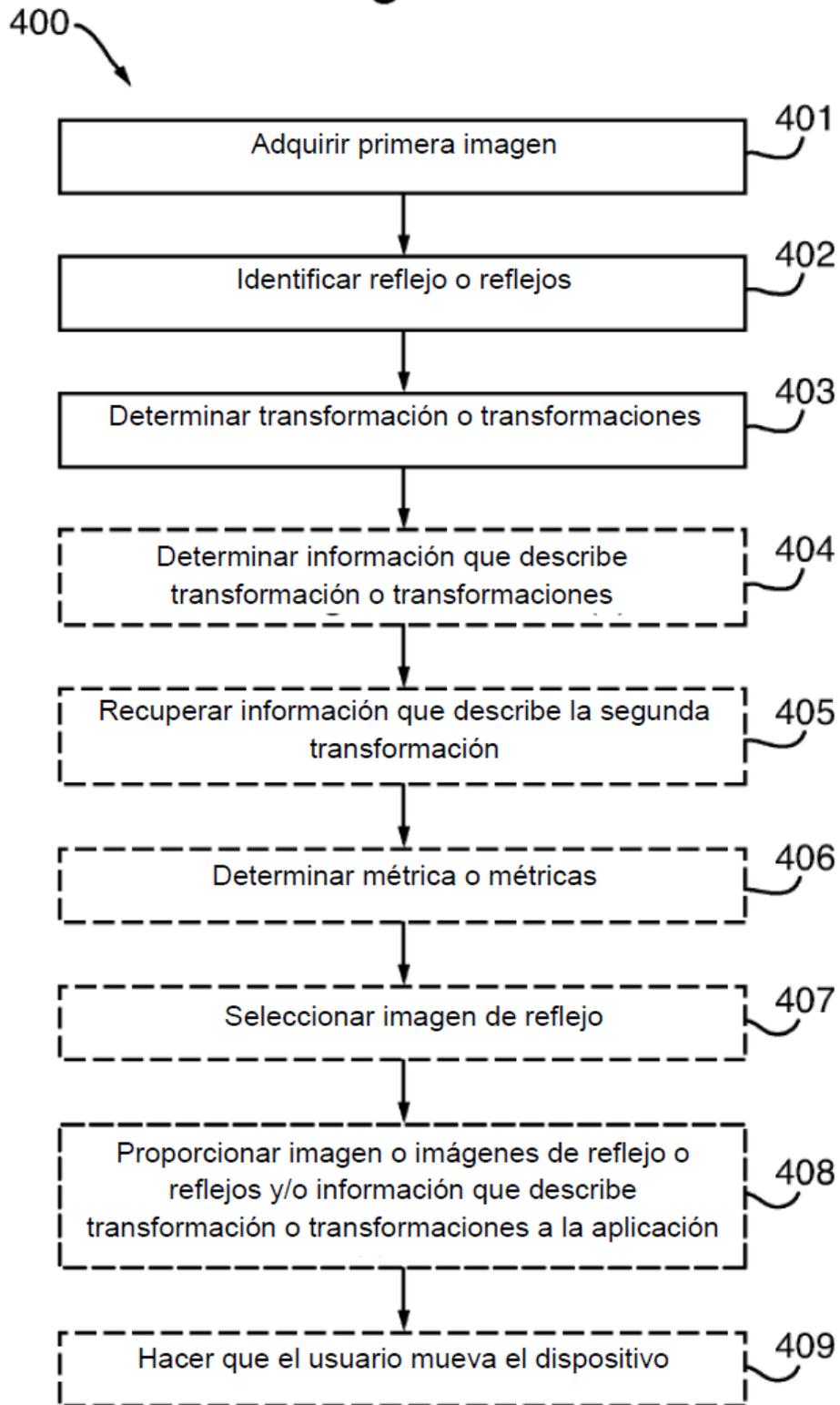


Fig. 5

