

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 180**

51 Int. Cl.:

G06T 7/64 (2007.01)

G06T 7/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2014 E 14166786 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.02.2019 EP 2800058**

54 Título: **Mejoras en y relacionadas con el diagnóstico por imágenes del ojo**

30 Prioridad:

02.05.2013 GB 201307990

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

20.05.2019

73 Titular/es:

**OPTOS PLC (100.0%)
Queensferry House Carnegie Business Campus
Queensferry Road Dunfermline
Fife KY11 8GR, GB**

72 Inventor/es:

**VAN HEMERT, JANO y
VERHOEK, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 713 180 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

Mejoras en y relacionadas con el diagnóstico por imágenes del ojo

Campo de la invención

5 La invención se refiere a las mejoras relacionadas con el diagnóstico por imágenes del ojo, especialmente en la determinación de las mediciones geométricas del ojo.

Antecedentes

10 Hay diversos tipos de dispositivos de diagnóstico por imágenes que se pueden utilizar para obtener imágenes de un ojo, por ejemplo, oftalmoscopios y cámaras de fondo de ojo. En concreto, dichos dispositivos realizan mediciones de la retina del ojo, que es una estructura tridimensional que se aproxima a una esfera. El resultado de los dispositivos de diagnóstico por imágenes es una imagen bidimensional de la retina tridimensional, ya que las imágenes bidimensionales tienen una serie de ventajas, en particular que se pueden representar en una pantalla de ordenador y obtenerse fotografías, etc. Los dispositivos de diagnóstico por imágenes inspeccionan, por ejemplo escanean, la retina tridimensional y producen imágenes bidimensionales de la retina. Al inspeccionar la retina tridimensional, los dispositivos introducen una distorsión, la cual se determina con las propiedades ópticas y mecánicas de los dispositivos. La distorsión comprende una o más propiedades de las imágenes bidimensionales de la retina, por ejemplo, distancia, área y preservación de ángulo. Si se necesitan las mediciones geométricas de una retina, como la distancia entre dos estructuras de la retina y estas se hacen utilizando una imagen bidimensional producida por dichos dispositivos de diagnóstico de imágenes, los resultados se distorsionarán y serán inexactos.

20 El artículo titulado «Precise modelling of the eye for proton therapy of intra-ocular tumours» de B. Dobler y R. Bendl, Physics in Medicine and Biology, IOP Publishing, Vol. 47, N.º 1, páginas 593-613 (21 de febrero de 2002), describe un procedimiento que permite un modelado preciso de órganos en riesgo y un volumen objetivo para radioterapia de tumores intraoculares. El objetivo es optimizar la distribución de la dosis y así reducir la probabilidad de complicación del tejido normal. Se desarrolló un modelo geométrico 3D basado en formas elípticas que se puede utilizar para una segmentación basada en un modelo multimodal de datos 3D de pacientes. El volumen del tumor no se puede identificar con claridad en datos de TAC y resonancia magnética, mientras que la descripción del tumor se puede discriminar con mucha precisión en fotografías de fondo de ojo. Por tanto, se desarrolló un diagrama de fondo de ojo 2D multimodal, que nos permite correlacionar y mostrar información simultáneamente extraída del modelo de ojo, datos 3D y la fotografía del fondo de ojo. Así, la conexión del diagrama de fondo de ojo y los datos 3D están bien definidos y el volumen 3D se puede calcular directamente desde la descripción del tumor dibujada en la fotografía del fondo de ojo y la altura del tumor medida por ultrasonidos. El procedimiento permite el cálculo de un modelo de ojo 3D preciso del paciente, incluyendo las diferentes estructuras del ojo además del volumen del tumor.

25 La reconstrucción del fondo de ojo por retroproyección basada en el modelo se describe en la tesis doctoral de Arno Dolemeyer (26 de enero de 2005) titulada «Modellbasierte dreidimensionale Fundusrekonstruktion: ein genereller Ansatz zur Integration multi-modaler Daten des menschlichen Augenhintergrundes», en concreto, en el capítulo 5.

Compendio

35 La presente invención proporciona un procedimiento para determinar una medición geométrica de la retina de un ojo según la Reivindicación 1, un medio legible por ordenador según la Reivindicación 13 y un sistema de diagnóstico por imágenes según la Reivindicación 14. Las funciones opcionales se presentan en las reivindicaciones restantes.

40 Se describirá ahora una realización de la invención solamente a modo de ejemplo, en relación con los dibujos anexos, en los que:

La figura 1 es una representación esquemática de un sistema de diagnóstico por imágenes según una realización de la invención y

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra el procedimiento según una realización de la invención.

45 Se describe a continuación un procedimiento para determinar una medición geométrica de una retina de un ojo según una realización, que comprende

obtener una representación bidimensional de, al menos, una parte de la retina del ojo,

derivar en un retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina a una representación tridimensional de la parte de la retina,

50 utilizar una o más coordenadas de la representación bidimensional de la parte de la retina para definir la medición geométrica que se va a tomar de la retina en la representación bidimensional,

utilizar el retrazado geométrico para convertir la, o cada, coordenada de la representación bidimensional de la parte de la retina en una coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina y

utilizar la, o cada, coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina para determinar la medición geométrica de la retina del ojo.

5 Derivar el retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina en una representación tridimensional de la parte de la retina comprende determinar una corrección para la distorsión introducida en la representación bidimensional de la parte de la retina en la producción de la misma. La distorsión se introduce en la representación bidimensional de la parte de la retina en producción tanto de propiedades ópticas como mecánicas de un dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir la representación bidimensional.

Determinar la corrección para la distorsión en la representación bidimensional comprende modelar las propiedades ópticas y mecánicas del dispositivo de diagnóstico por imágenes.

10 Modelar las propiedades ópticas y mecánicas del dispositivo de diagnóstico por imágenes comprende

(i) construir una descripción óptica de un sistema de diagnóstico por imágenes que comprende el dispositivo de diagnóstico por imágenes y un ojo modelo,

(ii) pasar un rayo a través del sistema de diagnóstico por imágenes en una superficie de la retina del ojo modelo,

(iii) calcular una medición real del rayo en la superficie de la retina,

15 (iv) determinar un ángulo de escaneado horizontal y un ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes para el rayo,

(v) calcular una medición esperada del rayo en la superficie de la retina utilizando el ángulo de escaneado horizontal y un ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes,

(vi) repetir los pasos (ii) a (v) para obtener una serie de rayos adicionales y

20 (vii) comparar las mediciones reales de los rayos en la superficie de la retina con las mediciones esperadas correspondientes de los rayos en la superficie de la retina para determinar la corrección para la distorsión en las representaciones de los ojos del dispositivo de diagnóstico por imágenes.

25 Construir una descripción óptica del sistema de diagnóstico por imágenes que comprende el dispositivo de diagnóstico por imágenes y el ojo modelo puede comprender determinar propiedades de la ruta óptica del ojo modelo y concatenar las propiedades de la ruta óptica para dar propiedades de la ruta óptica del sistema de diagnóstico por imágenes. Determinar las propiedades de la ruta óptica del dispositivo de diagnóstico por imágenes puede comprender la verificación de componentes del dispositivo de diagnóstico por imágenes que tienen efecto en la ruta óptica, verificando el orden de los componentes en el dispositivo de diagnóstico por imágenes, estableciendo una función matemática que describe las propiedades de la ruta óptica con el paso del tiempo de cada componente, verificando para que las propiedades de la ruta óptica de los componentes proporcionen las propiedades de ruta óptica del dispositivo de diagnóstico por imágenes. Determinar las propiedades de la ruta óptica del ojo modelo puede comprender la verificación de componentes del ojo modelo que tienen efecto en la ruta óptica, verificando el orden de los componentes en el ojo modelo, estableciendo una función matemática que describe las propiedades de la ruta óptica de cada componente, verificando para que las propiedades de la ruta óptica de los componentes proporcionen las propiedades de la ruta óptica del ojo modelo.

30

35

40 Pasar los rayos a través del sistema de diagnóstico por imágenes en la superficie de la retina del ojo modelo puede comprender utilizar un sistema de trazado de rayos. El sistema de trazado de rayos puede ser un sistema de trazado de rayos disponible comercialmente como el Zemax. Utilizar el sistema de trazado de rayos puede comprender cargar la descripción óptica del sistema de diagnóstico por imágenes en el sistema de trazado de rayos y determinar una ruta a través del sistema de diagnóstico por imágenes para cada uno de los rayos. Calcular la medición real de cada rayo en la superficie de la retina puede comprender calcular coordenadas de un punto de intersección de cada rayo con la superficie de la retina.

45 Determinar el ángulo de escaneado horizontal para cada rayo puede comprender verificar una posición angular de un elemento de escaneado horizontal del dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir el rayo y utilizarlo para calcular el ángulo de escaneado horizontal del rayo. Determinar el ángulo de escaneado vertical del sistema para un rayo puede comprender verificar una posición angular de un elemento de escaneado vertical del dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir el rayo y utilizarlo para calcular el ángulo de escaneado vertical del rayo.

50 Calcular la medición esperada de cada rayo en la superficie de la retina puede comprender utilizar el ángulo de escaneado horizontal y el ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes para calcular coordenadas de un punto de intersección de cada rayo con la superficie de la retina.

Determinar la corrección para la distorsión en las representaciones del ojo del dispositivo de diagnóstico por imágenes puede comprender derivar una transformación analítica que mapea las mediciones reales de los rayos en la superficie de retina del ojo modelo en las mediciones esperadas correspondientes de los rayos en la superficie de retina del ojo

modelo. Determinar la corrección para la distorsión en las representaciones del ojo del dispositivo de diagnóstico por imágenes puede comprender construir una tabla de consulta de corrección (LUT) que comprende, para cada uno de los rayos, una localización real del rayo en la superficie de la retina del ojo modelo contra una localización esperada del rayo en la superficie de la retina del ojo modelo.

5 El procedimiento para determinar la corrección de la distorsión en la representación bidimensional puede comprender además determinar la corrección para la distorsión en las representaciones del ojo del dispositivo de diagnóstico por imágenes para una pluralidad de ángulos de observación no nula del ojo modelo, para cada ángulo de observación no nula, esto puede comprender además medir el ángulo de observación utilizando una localización foveal del ojo modelo. Una corrección LUT se puede construir para cada uno de los ángulos de observación no nula.

10 Determinar la corrección de la distorsión en la representación bidimensional puede, en un antecedente que no forma una realización, comprender

crear un objetivo,

computar una imagen del objetivo,

15 utilizar un dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir la representación bidimensional para escanear el objetivo para crear una imagen distorsionada del objetivo, y

comparar la imagen computada del objetivo con la imagen distorsionada del objetivo para determinar la corrección de la distorsión de la imagen del dispositivo de diagnóstico por imágenes.

20 Calcular la imagen del objetivo puede comprender calcular coordenadas de una serie de puntos de la imagen del objetivo. Escanear el objetivo puede comprender pasar una serie de rayos a través del dispositivo para diagnóstico por imágenes para determinar las coordenadas de una serie de puntos de la imagen distorsionada del objetivo.

Comparar la imagen computada del objetivo con la imagen distorsionada del objetivo puede comprender comparar puntos de la imagen computada del objetivo con puntos correspondientes de la imagen distorsionada del objetivo.

25 Determinar la corrección de la distorsión de la imagen del dispositivo de diagnóstico por imágenes puede comprender derivar una transformación analítica que mapea coordenadas de puntos de la imagen distorsionada del objetivo en coordenadas de puntos correspondientes de la imagen computada del objetivo. Determinar la corrección para la distorsión de la imagen del dispositivo de diagnóstico por imágenes puede comprender construir una tabla de consulta de corrección que comprende, para cada una de los múltiples posibles puntos de la imagen distorsionada del objetivo, coordenadas del correspondiente punto de la imagen computada del objetivo.

El objetivo puede comprender múltiples formas de contraste. El objetivo puede tener un modelo predefinido en este.

30 Determinar la corrección para la distorsión en la representación bidimensional puede comprender recibir una imagen de un ojo y transformar la imagen hasta que se registre sustancialmente con una imagen del ojo producida por un dispositivo de diagnóstico por imágenes para la que ya se conoce la corrección de la distorsión.

Determinar la corrección para la distorsión en la representación bidimensional puede comprender una tercera parte que determine la corrección y que reciba la corrección de la tercera parte.

35 El retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina en una representación tridimensional de la parte de la retina puede tomar la forma de una ecuación analítica que transforma coordenadas de la representación bidimensional en coordenadas equivalentes de la representación tridimensional. El retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina en una representación tridimensional de la parte de la retina puede tomar la forma de una tabla de consulta que enumera las coordenadas de la representación bidimensional equivalente a las coordenadas de la representación tridimensional. Las coordenadas de la representación tridimensional pueden ser coordenadas cartesianas o pueden ser coordenadas esféricas.

40 La única o más coordenadas de la representación bidimensional de la parte de la retina utilizada para definir la medición geométrica puede definir uno o más puntos en la representación bidimensional. El o cada punto de la representación bidimensional se puede identificar utilizando un espacio de coordenadas cartesianas. El o cada punto de la representación bidimensional se puede identificar en una pantalla utilizando un dispositivo señalador como un ratón.

45 Utilizar el retrazado geométrico para convertir una o más coordenadas de la representación bidimensional de la parte de la retina en una coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina puede comprender utilizar el retrazado geométrico para mapear coordenadas de uno o más puntos de la representación bidimensional en coordenadas de uno o más puntos equivalentes de la representación tridimensional.

50 La o cada coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina puede comprender uno o más puntos en la representación tridimensional. El o cada punto de la representación tridimensional se puede identificar utilizando un espacio de coordenadas cartesianas. El o cada punto de la representación tridimensional se

puede identificar utilizando un espacio de coordenadas esféricas.

5 La medición geométrica de la parte de la retina puede comprender una medición de distancia de una estructura de la parte de la retina. La medición geométrica de la distancia se puede definir en la representación bidimensional de la parte de la retina utilizando coordenadas de los primeros y segundos puntos de la representación bidimensional. El retrazado geométrico se puede utilizar para convertir el primer y el segundo punto de la representación bidimensional de la parte de la retina en puntos primeros y segundos equivalentes de la representación tridimensional de la parte de la retina. Utilizar los puntos primeros y segundos equivalentes de la representación tridimensional para determinar la medición geométrica de la distancia puede comprender utilizar el primer punto de la representación tridimensional para definir una posición de inicio de la medición y utilizar el segundo punto de la representación tridimensional para definir una posición de acabado de la medición y medir la distancia entre el primer punto y el segundo punto de la representación tridimensional. La representación tridimensional de la parte de la retina se puede considerar que es una esfera y la distancia entre el primer y el segundo punto medido como la menor distancia entre el primer y el segundo punto de la esfera.

10 La distancia más corta entre el primer y el segundo punto de la esfera se puede medir en unidades relativas a la esfera (grados o radianes) utilizando una norma esférica de procedimiento de cosenos, concretamente

$$\Delta\sigma = \arccos(\sin\Phi_s \sin\Phi_f + \cos\Phi_s \cos\Phi_f \cos\Delta\lambda)$$

en donde $\Delta\sigma$ es el ángulo central entre los puntos, $\lambda_s\Phi_s$ y $\lambda_f\Phi_f$ son la longitud y la latitud respectivamente del primer y el segundo punto y $\Delta\lambda$ es la diferencia absoluta de las longitudes.

15 La distancia más corta entre el primer y el segundo punto en la esfera medida en unidades relativas a la esfera se puede convertir en unidades físicas (mm) utilizando

$$d = r\Delta\sigma$$

en donde d es la distancia entre los puntos, r es el radio de la esfera y $\Delta\sigma$ es el ángulo central entre los puntos y se da en radianes.

20 La distancia más corta entre el primer y el segundo punto de la esfera se puede medir en unidades relativas a la esfera (grados o radianes) utilizando las fórmulas de Vincenty, en concreto

$$\Delta\sigma = \arctan\left(\frac{\sqrt{(\cos\Phi_f \sin\Delta\lambda)^2 + (\cos\Phi_s \sin\Phi_f - \sin\Phi_s \cos\Phi_f \cos\Delta\lambda)^2}}{\sin\Phi_s \sin\Phi_f + \cos\Phi_s \cos\Phi_f \cos\Delta\lambda}\right)$$

en donde $\Delta\sigma$ es el ángulo central entre los puntos, $\lambda_s\Phi_s$ y $\lambda_f\Phi_f$ son la longitud y la latitud respectivamente del primer y el segundo punto y $\Delta\lambda$ es la diferencia absoluta de las longitudes.

25 La distancia más corta entre el primer y el segundo punto en la esfera medida en unidades relativas a la esfera se puede convertir en unidades físicas (mm) utilizando

$$d = r\Delta\sigma$$

en donde d es la distancia entre los puntos, r es el radio de la esfera y $\Delta\sigma$ es el ángulo central entre los puntos y se da en radianes.

30 La medición geométrica de la distancia puede darse como resultado a un usuario. La medición geométrica de la distancia se puede representar en la representación bidimensional de la parte de la retina. La distancia más corta entre el primer y el segundo punto de la esfera tridimensional (geodésica) no se corresponderá necesariamente con una línea recta en la representación bidimensional de la parte de la retina. Representar la medición geométrica de la distancia en la representación bidimensional puede comprender parametrizar la distancia entre el primer y el segundo punto en la esfera, calculando una pluralidad de puntos intermedios y utilizar los puntos para representar la medición geométrica de la distancia en la representación bidimensional.

35 La medición geométrica de la parte de la retina puede comprender un ángulo entre la primera y la segunda estructura de la parte de la retina. La medición geométrica del ángulo se puede definir en la representación bidimensional de la parte de la retina utilizando coordenadas de un primer y un segundo punto de la representación bidimensional para marcar la primera estructura y utilizando coordenadas del primer y el tercer punto de la representación bidimensional para marcar la segunda estructura. El retrazado geométrico se puede utilizar para convertir el primer, el segundo y el tercer punto de la representación bidimensional de la parte de la retina en el primer, el segundo y el tercer punto equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina. Utilizar los puntos equivalentes de la representación tridimensional para determinar la medición geométrica del ángulo puede comprender utilizar el primer y el segundo punto de la representación tridimensional para marcar la primera estructura y utilizar el primer punto y el tercer punto de la representación tridimensional para marcar la segunda estructura y medir el ángulo entre el segundo y el tercer punto a través del primer punto en la representación tridimensional. El ángulo, C, se puede medir utilizando la ley de los haversines, en concreto

$\text{haversin}(c) = \text{haversin}(a - b) + \sin(a) \sin(b) \text{haversin}(C)$

en donde $\text{haversin}(x) = \sin^2(x/2)$, x_1 y x_2 son el primer y el segundo punto de la representación tridimensional que marcan la primera estructura, x_1 y x_3 son los puntos de la representación tridimensional que marcan la segunda estructura, a es la longitud del arco del geodésico entre x_1 y x_2 , b es la longitud del arco del geodésico entre x_1 y x_3 y c es la longitud del arco del geodésico entre x_2 y x_3 .

La medición geométrica del ángulo puede darse como resultado a un usuario. La medición geométrica del ángulo se puede representar en la representación bidimensional de la parte de la retina representando lados del ángulo (el geodésico entre x_1 y x_2 y el geodésico entre x_1 y x_3) de la representación bidimensional.

La medición geométrica de la parte de la retina puede comprender un área de una estructura de la parte de la retina. La medición geométrica del área se puede definir en la representación bidimensional de la parte de la retina utilizando coordenadas de una pluralidad de puntos de la representación bidimensional. El retrazado geométrico se puede utilizar para convertir la pluralidad de puntos de la representación bidimensional de la parte de la retina en una pluralidad equivalente de puntos de la representación tridimensional de la parte de la retina. Utilizar la pluralidad equivalente de puntos de la representación tridimensional para determinar la medición geométrica del área puede comprender utilizar la pluralidad de puntos de la representación tridimensional para definir una forma de la estructura y medir el área de la forma en la representación tridimensional. La representación tridimensional de la parte de la retina se puede considerar que es una esfera y la forma de la estructura se puede definir como un polígono y el área del polígono se puede medir utilizando

$$A = r^2 \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i - (n - 2)\pi \right)$$

en donde A es el área del polígono, α_i para $i = 1, \dots, n$ son los n ángulos interiores en el polígono y r es el radio de la esfera. Esto produce un resultado en unidades físicas (p.ej., mm^2 si r se da en mm). Si r^2 se omite en la fórmula anterior, se obtiene un resultado en unidades relativa a la esfera, en estereorradianes (sr), la unidad de ángulo sólido.

Utilizar la pluralidad equivalente de puntos de la representación tridimensional para determinar la medición geométrica del área puede comprender utilizar la pluralidad de puntos de la representación tridimensional para definir una forma de la estructura y medir el área de la forma sumando las áreas de los píxeles. Las áreas de los píxeles en la representación tridimensional se puede calcular asumiendo que cada píxel es un polígono con cuatro puntos, cada punto representando una esquina del píxel.

Cuando la representación tridimensional de la parte de la retina se considera que es una esfera, el radio de la esfera se puede determinar midiendo el diámetro del ojo. Cuando la representación tridimensional de la parte de la retina se considera que es una esfera, el radio de la esfera se puede establecer en el radio medio del ojo humano, que es aproximadamente de 12 mm. Incluso si no se conoce el radio del ojo o no se puede aproximar, las medidas relativas con respecto al tamaño de la esfera de la retina se puede hacer asumiendo que el ojo es una unidad-esfera. Las distancias de la esfera se pueden medir en radianes o grados y áreas en estereorradianes o grados cuadrados.

Obtener la representación bidimensional de al menos una parte de la retina del ojo puede comprender utilizar un dispositivo de diagnóstico por imágenes para producir la representación bidimensional. Obtener la representación bidimensional de al menos una parte de la retina del ojo puede comprender recibir una representación bidimensional ya producida por un dispositivo de diagnóstico por imágenes.

Obtener la representación bidimensional de al menos una parte de la retina del ojo puede comprender recibir una representación tridimensional corregida de la distorsión de la parte de la retina y utilizar una proyección para obtener la representación bidimensional de la representación tridimensional. Se puede escoger la proyección desde una pluralidad de proyecciones conocidas. La proyección puede ser cualquiera de una proyección conformal, preservando ángulos en la representación bidimensional, una proyección equidistante, preservando distancias en la representación bidimensional, una proyección preservando el área, preservando áreas en la representación bidimensional. Derivar el retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina en una representación tridimensional de la parte de la retina puede comprender determinar lo contrario de la proyección utilizada para obtener la representación bidimensional de la parte de la retina.

También se describen instrucciones del programa de almacenamiento de soportes legibles por ordenador que, cuando se ejecutan, llevan a cabo el procedimiento de una realización de la invención.

También se describe un sistema de diagnóstico por imágenes para determinar medidas geométricas de la retina del ojo, que comprende

un dispositivo de diagnóstico por imágenes que obtiene una representación bidimensional de al menos una parte de la retina del ojo,

un elemento de derivación que deriva en un retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina en una representación tridimensional de la parte de la retina,

un elemento de definición de medición que utiliza una o más coordenadas de la representación bidimensional de la parte de la retina para definir la medición geométrica de la retina en la representación bidimensional,

5 un elemento de retrazado que utiliza el retrazado geométrico para convertir la, o cada, coordenada de la representación bidimensional de la parte de la retina en una coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina y

un elemento de determinación de medición que utiliza la, o cada, coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina para determinar la medición geométrica de la retina del ojo.

10 El elemento de definición de la medición se puede proporcionar como *software* o *software* y *hardware* en el dispositivo de diagnóstico por imágenes. El elemento de derivación, el elemento de retrazado y el elemento de determinación de medición se puede proporcionar como *software* en el dispositivo de diagnóstico por imágenes.

15 El mismo ojo observado en los diferentes dispositivos de diagnóstico por imágenes convencionales producirá representaciones de retina que no se pueden comparar directamente ni ser superpuestas. Esto también es cierto para representaciones del mismo ojo producidas por el mismo dispositivo de diagnóstico de imágenes convencional, pero con diferentes ángulos de observación. Una vez transformado en la representación esférica tridimensional, es posible medir las estructuras de la retina en unidades físicas que sean equivalentes a través de dispositivos de diagnóstico por imágenes y, por lo tanto, permiten la comparación directa y las derivaciones de relaciones. Por ejemplo, medir la distancia entre el centro de la papila del nervio óptico y la fovea en las dos imágenes del mismo ojo producidas por diferentes dispositivos de diagnóstico por imágenes debería dar como resultado la misma distancia. Cada dispositivo de diagnóstico por imágenes tendrá una distorsión diferente debido a componentes ópticos y mecánicos diferentes además debido al ángulo de observación durante el diagnóstico por imágenes. Midiendo la distancia en la misma representación esférica es posible compensar estas diferencias.

Las mediciones geométricas de la parte de la retina del ojo se pueden utilizar para:

- clasificación de enfermedad/productos de trauma en la parte de la retina,
- 25 - comparación de mediciones de estructuras de la parte de la retina a través de diferentes dispositivos de diagnóstico por imágenes,
- seguimiento longitudinal de cambios geométricos (p.ej., cambios en tamaño, dirección, distancia) en estructuras y patologías anatómicas en la parte de la retina del ojo,
- desarrollo de planificación del tratamiento basado en las mediciones geométricas,
- 30 - entrega directa de tratamiento, como fotocoagulación, basada en coordenadas geométricas derivadas de mediciones geométricas,
- creación de bases de datos normativas basadas en la distribución de mediciones geométricas de estructuras anatómicas sobre las poblaciones.

35 En referencia a la Figura 1, el sistema de diagnóstico por imágenes comprende un dispositivo de diagnóstico por imágenes 10, un elemento de derivación 26, un elemento de definición de medición 28, un elemento de retrazado 30 y un elemento de determinación de medición 32. En esta realización, el elemento de definición de medición se proporciona como *software* y *hardware* y el elemento de derivación, el elemento de retrazado geométrico y el elemento de determinación de medición se proporcionan como *software* en el dispositivo de diagnóstico por imágenes.

40 El dispositivo de diagnóstico por imágenes 10 comprende un oftalmoscopio. El oftalmoscopio comprende una fuente luminosa 12 que emite un rayo de luz 13, escanea elementos de relé que comprenden un primer elemento de escaneado 14, un segundo elemento de escaneado 16, un elemento de compensación de análisis 18 y un elemento de transferencia de análisis 20. El primer elemento de escaneado 14 comprende un espejo poligonal giratorio y el segundo elemento de escaneado 16 comprende un espejo llano oscilante. El elemento de compensación de análisis 18 comprende un espejo elipsoidal y el elemento de transferencia de análisis 20 comprende un espejo esférico.

45 La fuente luminosa 12 dirige un haz luminoso incidente 13 en el primer elemento de escaneado 14. Esto produce un análisis del haz (representado por rayos A, B y C) en una primera dirección vertical. El haz incidente afecta al elemento de compensación de análisis 18 y se refleja desde allí en el segundo elemento de análisis 16. Esto produce un análisis del haz incidente en una segunda dirección horizontal. El haz incidente entonces afecta al elemento de transferencia de análisis 20, que tiene dos focos, el segundo elemento de escaneado 16 se proporciona en un primer foco y un ojo 22 de un sujeto se proporciona en el segundo foco. El haz incidente desde el segundo elemento de escaneado 16 que afecta al elemento de transferencia de análisis 20 se dirigirá al ojo 22 y afectará a una parte de la retina del ojo. La fuente luminosa 12 y los elementos de relé de análisis del oftalmoscopio 10 se combinan para proporcionar un análisis bidimensional del haz luminoso incidente 13 desde un punto de origen aparente a la retina del ojo. Cuando el haz luminoso incidente se escanea sobre la retina, se reflejará desde allí para producir un haz luminoso reflejado que se transmite de nuevo a través de los elementos del oftalmoscopio 10 y recibidos por uno o más detectores (no mostrado).

50 Para adquirir una representación de la parte de la retina del ojo del sujeto 22, el haz luminoso incidente desde la fuente

55

12 se escanea sobre la parte de la retina en un modelo de análisis de trama, producido por el primer y el segundo elemento de escaneado 14, 16 operando perpendicularmente entre sí y el haz luminoso reflejado recibido por uno o más detectores.

5 En referencia a las Figuras 1 y 2, el dispositivo de diagnóstico por imágenes 10 obtiene una representación bidimensional de una parte de la retina del ojo tridimensional 22 (paso 34). El elemento de derivación 26 recibe la representación bidimensional de la parte de la retina y lo utiliza para derivar un retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina a una representación tridimensional de la parte de la retina (paso 36). Derivar el retrazado geométrico comprende determinar una corrección para la distorsión introducida en la representación bidimensional de la parte de la retina por propiedades ópticas y mecánicas de un dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir la representación bidimensional.

10 En la presente realización, determinar la corrección para la distorsión en la representación bidimensional comprende modelar las propiedades ópticas y mecánicas del dispositivo de diagnóstico por imágenes 10. Esto comprende los siguientes pasos. Se construye primero una descripción óptica de un sistema de diagnóstico por imágenes que comprende el sistema de diagnóstico por imágenes 10 y un ojo modelo. Esto comprende determinar propiedades de ruta ópticas del dispositivo de diagnóstico por imágenes 10, determinar propiedades de rutas ópticas del ojo modelo y concatenar las propiedades de ruta ópticas para dar propiedades de ruta ópticas del sistema de diagnóstico por imágenes. Determinar las propiedades de la ruta óptica del dispositivo de diagnóstico por imágenes 10 comprende verificar componentes del dispositivo de diagnóstico por imágenes 10 que tiene un efecto de ruta óptica, verificar el orden de los componentes en el dispositivo de diagnóstico por imágenes 10, establecer una función matemática que describe las propiedades de la ruta óptica con el paso del tiempo de cada componente, concatenar en orden las propiedades de la ruta óptica de los componentes para dar las propiedades de la ruta óptica del dispositivo de diagnóstico por imágenes 10. Determinar las propiedades de la ruta óptica del ojo modelo comprende verificar componentes del ojo modelo que tienen un efecto de ruta óptica, verificar el orden de los componentes en el ojo modelo, establecer una función matemática que describe las propiedades de ruta óptica de cada componente, verificar en orden las propiedades de ruta óptica de los componentes para dar las propiedades de la ruta óptica del ojo modelo.

15 La descripción óptica del sistema de diagnóstico por imágenes se carga en un sistema de trazado de rayos, como el Zemax, un rayo pasa por el sistema de diagnóstico por imágenes en una superficie de retina del ojo modelo y una ruta a través del sistema de diagnóstico por imágenes para la que se determina el rayo. Se calcula la medición real del rayo en la superficie de la retina como coordenadas de un punto de intersección del rayo con la superficie de la retina.

20 A continuación, se determina un ángulo de escaneado horizontal y un ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes del rayo. Esto comprende verificar una posición angular de un elemento de escaneado horizontal del dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir el rayo y utilizarlo para calcular el ángulo de escaneado horizontal del rayo y verificar una posición angular de un elemento de escaneado vertical del dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir el rayo y utilizarlo para calcular el ángulo de escaneado vertical del rayo.

25 Se calcula una medición esperada del rayo en la superficie de la retina utilizando el ángulo de escaneado horizontal y el ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes. Esto comprende utilizar el ángulo de escaneado horizontal y el ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes para calcular coordenadas de un punto de intersección del rayo con la superficie de la retina.

30 Los pasos anteriores se repiten entonces durante una pluralidad de rayos adicionales. Las medidas reales de los rayos en la superficie de la retina se comparan con las correspondientes mediciones esperadas de los rayos en la superficie de la retina para determinar la corrección para la distorsión en las representaciones del ojo del dispositivo de diagnóstico por imágenes 10. La corrección de distorsión puede tener la forma de una transformación analítica que mapea las mediciones reales de los rayos en la superficie de la retina del ojo modelo en las correspondientes mediciones esperadas de los rayos en la superficie de la retina del ojo modelo, o una tabla de consulta de corrección (LUT) que comprende, para cada uno de los rayos, una localización real del rayo en la superficie de la retina del ojo modelo contra una localización esperada del rayo en la superficie de la retina del ojo modelo. Determinar la corrección de la distorsión puede comprender además determinar la corrección de la distorsión para una pluralidad de ángulos de observación del ojo modelo.

35 En un ejemplo de antecedentes, determinar la corrección para la distorsión en la representación bidimensional comprende los siguientes pasos. En primer lugar se crea un objetivo que comprende una pluralidad de formas de contraste. Se computa entonces una imagen del objetivo. El dispositivo de diagnóstico por imágenes 10 utilizado para producir la representación bidimensional se utiliza para escanear el objetivo para crear una imagen distorsionada del objetivo. Finalmente la imagen computada del objetivo se compara con la imagen distorsionada del objetivo para determinar la corrección para la distorsión de la imagen del dispositivo de diagnóstico por imágenes 10.

40 La corrección de la distorsión se utiliza entonces para derivar el retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina en la representación tridimensional de la parte de la retina. El retrazado geométrico toma la forma de una ecuación analítica que mapea coordenadas de la representación bidimensional en coordenadas equivalentes de la representación tridimensional.

- 5 La representación bidimensional de la parte de la retina es solicitada por el elemento de definición de la medición 28 y una medición geométrica de distancia se define en la representación bidimensional de la parte de la retina utilizando coordenadas de primero y segundo punto de la representación bidimensional (paso 38). Esto comprende visualizar la representación bidimensional de la parte de la retina a un usuario, que identifica el primer y el segundo punto en la representación bidimensional utilizando un dispositivo señalador como un ratón.
- 10 El elemento de retrazado 30 entonces utiliza el retrazado geométrico para convertir el primer y el segundo punto de la representación bidimensional de la parte de la retina en puntos primeros y segundos equivalentes de la representación tridimensional de la parte de la retina (paso 40). Esto comprende utilizar la transformación para mapear coordenadas de los puntos de la representación bidimensional en coordenadas de puntos equivalentes de la representación tridimensional. Los puntos de la representación tridimensional se pueden identificar utilizando un espacio de coordenadas esféricas.
- 15 El elemento de determinación de medición 32 utiliza entonces los puntos primeros y segundos equivalentes de la representación tridimensional para determinar la medición geométrica de distancia (paso 40). Esto comprende utilizar el primer punto de la representación tridimensional para definir una posición de inicio de la medición y utilizar el segundo punto de la representación tridimensional para definir una posición de acabado de la medición y medir la distancia entre el primer y el segundo punto de la representación tridimensional, que es la longitud de la estructura de la retina del ojo 22. Se considera que la representación tridimensional de la parte de la retina es una esfera y la distancia entre el primer y el segundo punto medido como la distancia más corta entre el primer y el segundo punto de la esfera.
- 20 La distancia más corta entre el primer y el segundo punto de la esfera se mide en unidades relativas a la esfera (grados o radianes) utilizando un procedimiento de ley de los cosenos esféricas, en concreto
- $$\Delta\sigma = \arccos(\sin\Phi_s \sin\Phi_f + \cos\Phi_s \cos\Phi_f \cos\Delta\lambda)$$
- en donde $\Delta\sigma$ es el ángulo central entre los puntos, $\lambda_s\Phi_s$ y $\lambda_f\Phi_f$ son la longitud y la latitud respectivamente del primer y el segundo punto y $\Delta\lambda$ es la diferencia absoluta de las longitudes.
- 25 La distancia más corta entre el primer y el segundo punto en la esfera medida en unidades relativas a la esfera se puede convertir en unidades físicas (mm) utilizando
- $$d = r\Delta\sigma$$
- en donde d es la distancia entre los puntos, r es el radio de la esfera y $\Delta\sigma$ es el ángulo central entre los puntos y se da en radianes.
- 30 La medición geométrica de la distancia se representa en la representación bidimensional de la parte de la retina, parametrizando la distancia entre el primer y el segundo punto en la esfera, calculando una pluralidad de puntos intermedios y proyectando los puntos para representar la medición geométrica de la distancia en la representación bidimensional. La medición geométrica de la distancia representada en la representación bidimensional de la parte de la retina se muestra a continuación al usuario.
- 35

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de determinar una medición geométrica de una retina de un ojo, que comprende obtener una representación bidimensional de al menos una parte de la retina del ojo,
 - 5 derivar un retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina a una representación tridimensional de la parte de la retina, en donde derivar el retrazado geométrico comprende determinar una corrección para la distorsión introducida en la representación bidimensional de la parte de la retina en producción de la misma, la distorsión siendo introducida en la representación bidimensional de la parte de la retina por propiedades ópticas y mecánicas de un dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizados para producir la representación bidimensional, y en donde determinar la corrección para la distorsión en la representación bidimensional comprende
 - 10 modelar las propiedades ópticas y mecánicas del dispositivo de diagnóstico por imágenes:
 - (i) construir una descripción óptica de un sistema de diagnóstico por imágenes que comprende el dispositivo de diagnóstico por imágenes y un ojo modelo;
 - (ii) pasar un rayo a través del sistema de diagnóstico por imágenes en una superficie de la retina del ojo modelo;
 - (iii) calcular una medición real de la localización del rayo en la superficie de la retina;
 - 15 (iv) determinar un ángulo de escaneado horizontal y un ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes para el rayo;
 - (v) calcular una medición esperada de la localización del rayo en la superficie de la retina utilizando el ángulo de escaneado horizontal y el ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes;
 - (vi) repetir pasos (ii) a (v) para obtener una serie de rayos adicionales, y
 - 20 (vii) comparar las mediciones reales del paso (iii) de los rayos en la superficie de la retina con mediciones esperadas correspondientes del paso (v) de los rayos en la superficie de la retina para determinar la corrección para la distorsión en las representaciones de los ojos del dispositivo de diagnóstico por imágenes,
 - utilizar una o más coordenadas de la representación bidimensional de la parte de la retina para definir la medición geométrica que se va a tomar de la retina en la representación bidimensional,
 - 25 utilizar el retrazado geométrico para convertir la, o cada, coordenada de la representación bidimensional de la parte de la retina en una coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina y
 - utilizar la, o cada, coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina para determinar la medición geométrica de la retina del ojo.
- 30 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que determinar el ángulo de escaneado horizontal para un rayo comprende verificar una posición angular de un elemento de escaneado horizontal del dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir el rayo y utilizando esto para calcular el ángulo de escaneado horizontal del rayo.
- 35 3. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que determinar el ángulo de escaneado vertical para un rayo comprende verificar una posición angular de un elemento de escaneado vertical del dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizado para producir el rayo y utilizando esto para calcular el ángulo de escaneado vertical del rayo.
4. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, que comprende además determinar la corrección para la distorsión en las representaciones del ojo del dispositivo de diagnóstico por imágenes para una pluralidad de ángulos de visualización no nula del ojo modelo.
- 40 5. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en la que una o más coordenadas de la representación bidimensional de la parte de la retina utilizada para definir la medición geométrica puede definir uno o más puntos en la representación bidimensional.
- 45 6. Un procedimiento según la reivindicación 5, en el que utilizar el retrazado geométrico para convertir una o más coordenadas de la representación bidimensional de la parte de la retina en una coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina comprende utilizar el retrazado geométrico para mapear coordenadas de uno o más puntos de la representación bidimensional en coordenadas de uno o más puntos equivalentes de la representación tridimensional.
- 50 7. Un procedimiento según cualquier reivindicación anterior, en el que la medición geométrica de la parte de la retina comprende una medición de la distancia de una estructura de la parte de la retina que se define en la representación bidimensional de la parte de la retina utilizando coordenadas de primer y segundo punto de la representación bidimensional.

8. Un procedimiento según la reivindicación 7, en el que el retrazado geométrico se utiliza para convertir el primer y el segundo punto de la representación bidimensional de la parte de la retina en primer y segundo puntos equivalentes de la representación tridimensional de la parte de la retina y el primer y segundo puntos equivalentes de la representación tridimensional son utilizados para determinar la medición geométrica de la distancia.

5 9. Un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la medición geométrica de la parte de la retina comprende un ángulo entre la primera y la segunda estructura de la parte de la retina que se define en la representación bidimensional de la parte de la retina utilizando coordenadas de un primer y un segundo punto de la representación bidimensional para marcar la primera estructura y utilizando coordenadas del primer y el tercer punto de la representación bidimensional para marcar la segunda estructura.

10 10. Un procedimiento según la reivindicación 9, en el que el retrazado geométrico se utiliza para convertir el primer, el segundo y el tercer punto de la representación bidimensional de la parte de la retina en primer, segundo y tercer puntos equivalentes de la representación tridimensional de la parte de la retina y el primer, el segundo y el tercer punto equivalentes de la representación tridimensional son utilizados para determinar la medición geométrica del ángulo.

15 11. Un procedimiento según cualquier reivindicación 1 a 6, en el que la medición geométrica de la parte de la retina comprende un área de una estructura de la parte de la retina que se define en la representación bidimensional de la parte de la retina utilizando coordenadas de una pluralidad de puntos de la representación bidimensional.

20 12. Un procedimiento según la reivindicación 11, en el que el retrazado geométrico se utiliza para convertir la pluralidad de puntos de la representación bidimensional de la parte de la retina en una pluralidad de puntos equivalentes de la representación tridimensional de la parte de la retina y la pluralidad de puntos equivalentes de la representación tridimensional son utilizados para determinar la medición geométrica del área.

13. Instrucciones de programa de almacenamiento de soportes legibles por ordenador que, cuando se ejecutan, llevan a cabo el procedimiento de cualquier reivindicación precedente.

25 14. Un sistema de diagnóstico por imágenes para determinar mediciones geométricas de la retina del ojo, que comprende

un dispositivo de diagnóstico organizado para obtener una representación bidimensional de al menos una parte de la retina del ojo,

30 un elemento de derivación dispuesto para derivar un retrazado geométrico que convierte la representación bidimensional de la parte de la retina a una representación tridimensional de la parte de la retina, el elemento de derivación estando dispuesto para derivar el retrazado geométrico determinando una corrección para la distorsión introducida en la representación bidimensional de la parte de la retina en producción de la misma, la distorsión siendo introducida en la representación bidimensional de la parte de la retina por propiedades ópticas y mecánicas de un dispositivo de diagnóstico por imágenes utilizados para producir la representación bidimensional, el elemento de derivación estando dispuesto para determinar la corrección para la distorsión modelando las propiedades ópticas y mecánicas del dispositivo de diagnóstico por imágenes por un proceso que comprende:

(i) construir una descripción óptica de un sistema de diagnóstico por imágenes que comprende el dispositivo de diagnóstico por imágenes y un ojo modelo;

(ii) pasar un rayo a través del sistema de diagnóstico por imágenes en una superficie de la retina del ojo modelo;

(iii) calcular una medición real de la localización del rayo en la superficie de la retina;

40 (iv) determinar un ángulo de escaneado horizontal y un ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes para el rayo;

(v) calcular una medición esperada de la localización del rayo en la superficie de la retina utilizando el ángulo de escaneado horizontal y el ángulo de escaneado vertical del sistema de diagnóstico por imágenes;

(vi) repetir pasos (ii) a (v) para obtener una serie de rayos adicionales y

45 (vii) comparar las mediciones reales del paso (iii) de los rayos en la superficie de la retina con mediciones esperadas correspondientes del paso (v) de los rayos en la superficie de la retina para determinar la corrección para la distorsión en las representaciones de los ojos del dispositivo de diagnóstico por imágenes,

un elemento de definición de medición dispuesto para utilizar una o más coordenadas de la representación bidimensional de la parte de la retina para definir la medición geométrica de la retina en la representación bidimensional,

50 un elemento de retrazado dispuesto para utilizar el retrazado geométrico para convertir la, o cada, coordenada de la representación bidimensional de la parte de la retina en una coordenada equivalente de la representación

tridimensional de la parte de la retina y

un elemento de determinación de medición dispuesto para utilizar la, o cada, coordenada equivalente de la representación tridimensional de la parte de la retina para determinar la medición geométrica de la retina del ojo.

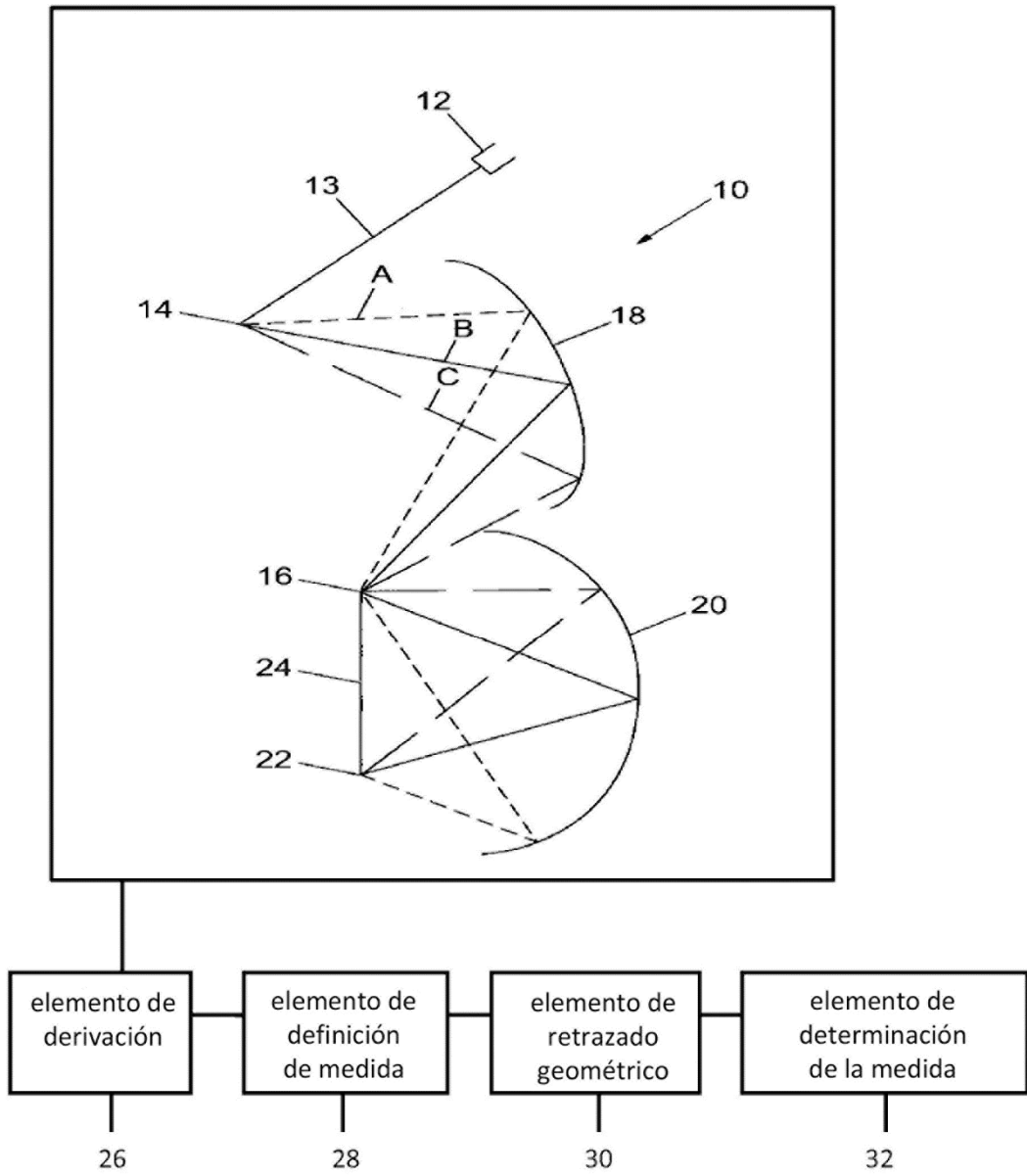


Fig. 1

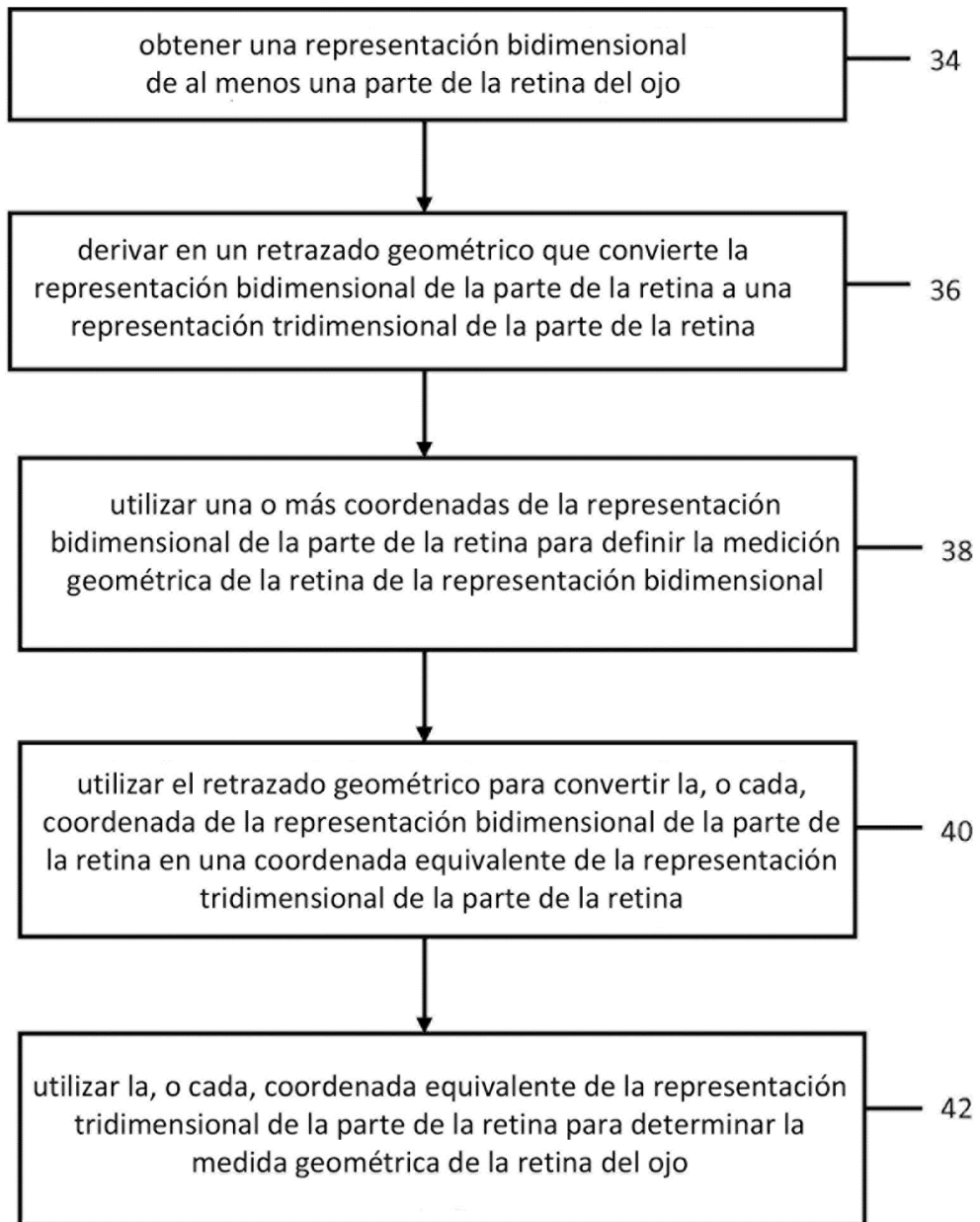


Fig. 2