

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 399**

51 Int. Cl.:

G02C 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.01.2018 PCT/EP2018/051729**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.08.2018 WO18138149**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2018 E 18703242 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2020 EP 3574370**

54 Título: **Procedimiento implementado por ordenador para determinar una representación de un borde de una montura de gafas o una representación de los bordes de los cristales de unas gafas**

30 Prioridad:

27.01.2017 EP 17153557

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

23.03.2021

73 Titular/es:

**CARL ZEISS VISION INTERNATIONAL GMBH
(50.0%)**

**Turnstrasse 27
73430 Aalen, DE y
CARL ZEISS AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**NIEUWENHUIS, CLAUDIA;
WOJEK, CHRISTIAN y
SCHWARZ, OLIVER**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 813 399 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento implementado por ordenador para determinar una representación de un borde de una montura de gafas o una representación de los bordes de los cristales de unas gafas

5 La invención se refiere a un procedimiento implementado por ordenador para determinar una representación de un borde de una montura de gafas o una representación de los bordes de los cristales de unas gafas según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Se conocen procedimientos que encuentran para un juego dado de datos de trazadores los contornos correspondientes en tomas de imágenes. En este caso, se emplean procedimientos basados en imágenes como búsqueda de patrones o coincidencia de plantillas. Se hace referencia a modo de ejemplo a la divulgación del documento DE 10 2011 115 239 B4. Una desventaja de esta solución es que se tienen que conocer el juego de datos de trazadores y, por tanto, las gafas sobrepuestas para encontrar los contornos en las imágenes tomadas. Sin embargo, el flujo de trabajo típico en el óptico es tal que se generan datos de trazadores de una montura únicamente cuando el cliente ha seleccionado ya la compra de las gafas. Esto quiere decir que no existen estos datos para todas las gafas en el negocio cuando el cliente se detiene en la tienda. La determinación de los datos de trazadores se realiza también la mayoría de las veces únicamente por la noche cuando el cliente ya ha abandonado la tienda para que no tenga que esperar por ello. Por tanto, en el estado de la técnica se han tenido que generar los datos de trazadores únicamente antes de pueda realizarse el centrado, lo que alteraría el flujo de trabajo del óptico y le cuesta tiempo al cliente. Además, es también engorroso el que cada óptico deba tener disponible el juego de datos de trazadores para cada montura. Estos datos se presentan también casi siempre como solamente bidimensionales, pero en la mayoría de los casos se les necesita en forma tridimensional. Por tanto, el problema de la invención consiste en perfeccionar un procedimiento de la clase citada al principio de tal manera que sea de uso más universal.

Este problema se resuelve según la invención por medio de un procedimiento implementado por ordenador con las características de la reivindicación 1. Perfeccionamientos ventajosos de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

25 La invención se basa en la idea de detectar de manera completamente automática y simultánea en varias vistas el borde de la montura de unas gafas sobre la cabeza de un probando, que se ha registrado en al menos dos tomas mutuamente calibradas, basándose en un modelo paramétrico tridimensional de las gafas. A partir de estas informaciones se pueden calcular seguidamente parámetros de centrado. Se habilitan entonces imágenes calibradas una respecto de otra. Su calibración comprende las propiedades extrínsecas de las cámaras que toman las imágenes o de la cámara que toma sucesivamente las imágenes, como la orientación relativa de sus ejes ópticos y la disposición relativa entre ellos en el espacio, así como sus propiedades intrínsecas, es decir, las propiedades de la propia cámara que definen cómo un punto en el espacio, que se encuentra en el sistema de coordenadas interno de la respectiva cámara, se reproduce sobre las coordenadas de los píxeles de la imagen tomada. Una descripción detallada de la calibración de cámaras se encuentra en el libro de texto "Multiple View Geometry in Computer Vision" de Richard Hartley y Andrew Zisserman, 2ª edición, Cambridge University Press 2004, y allí especialmente en la página 8. Debido a la calibración de las imágenes se puede prescindir de un arco de medida como el que se emplea en el procedimiento según el documento DE 10 2011 115 239 B4. Además, se proporciona un modelo tridimensional de las gafas o de su montura o que se basa en parámetros geométricos que definen la forma de las gafas o de su montura. Estos parámetros geométricos se optimizan para adaptar el modelo a los bordes detectados. Una alteración de los parámetros conduce a una alteración de la forma de las gafas o de su montura.

45 Además, es posible optimizar otros parámetros geométricos, por ejemplo, los que definen la orientación de las gafas o de su montura en el espacio. La representación del borde de la montura de las gafas o la representación de los bordes de los cristales de las gafas se utiliza en general para determinar parámetros de centrado. Se utilizan parámetros de centrado para disponer o centrar correctamente cristales de gafas en una montura de gafas de modo que los cristales de las gafas estén dispuestos en una posición correcta con relación a los ojos de la persona portadora de las gafas. En este caso, se trata en parte de parámetros anatómicos de la persona en cuestión, como, por ejemplo, la distancia entre las pupilas, en parte de parámetros específicos de la montura, como la anchura de las lunas de la montura o la altura de dichas lunas, y en parte de combinaciones de parámetros anatómicos y específicos de la montura, como, por ejemplo, la distancia entre los vértices de las córneas y la altura de transvisión. La norma DIN EN ISO 13666 de octubre de 2013 ofrece una visión general de los parámetros de centrado corrientes.

55 Partiendo de esta idea general, se puede simplificar de diferentes maneras el procedimiento según la invención o el modelo tridimensional empleado. Así, se prefiere que las imágenes estén constituidas por píxeles y que a cada píxel se asocie un valor que reproduzca la probabilidad de que el píxel contenga una parte de los bordes de la montura de las gafas o de los cristales. De este modo, se simplifica la detección de los bordes de la montura o de los bordes de los cristales.

Un mapa de probabilidades que reproduce las probabilidades puede calcularse, por ejemplo, por medio de detectores de cantos (filtro de gradiente, detector de bordes de Canny, operador de Laplace, filtro de Gabor, detectores de cantos basados en aprendizaje de máquina que se entrenan a partir de datos de ejemplos). Como alternativa a esto, los

bordes de la montura de gafas o de los cristales pueden detectarse también en las distintas imágenes individuales, por ejemplo, por medio de la transformada de Hough, la congruencia de plantillas o diferentes procedimientos de segmentación del borde de los cristales.

5 Se obtiene una buena aproximación posible para los bordes de la montura o los bordes de los cristales, por ejemplo, cuando los parámetros geométricos para el modelo describen rectas que definen aproximadamente cantos nasales y/o temporales de la montura de las gafas o de los cristales. Con ayuda de estas rectas se pueden ya definir bien las gafas o su montura en una primera aproximación. Otra simplificación del modelo prevé que éste defina cada borde de la montura o cada cristal como situado aproximadamente en un plano.

10 Alternativamente, los cristales pueden aproximarse también por medio de superficies de orden superior, por ejemplo, paraboloides, que describan más exactamente la auténtica forma de los cristales.

15 Según un perfeccionamiento ventajoso de la invención, se generan a partir del modelo, eligiendo diferentes juegos de parámetros del modelo, unas representaciones concretas de la montura de las gafas o de los cristales y se proyectan estas representaciones sobre las imágenes tomadas. En este caso, estas representaciones reproducen zonas especialmente destacadas de la montura de las gafas o de los cristales, como, por ejemplo, los bordes de los cristales o los cantos nasales y/o temporales. La proyección se efectúa con la finalidad de optimizar los parámetros del modelo de modo que éste case con las imágenes tomadas y con los datos generados a partir de ellas, especialmente los valores anteriormente indicados que reproducen las probabilidades o los bordes de la montura o los cristales previamente detectados.

20 Los parámetros geométricos del modelo se optimizan de preferencia estocástica y determinísticamente utilizando una función de costes. Se han desarrollado funciones de costes en el sector de las ciencias económicas para poder representar una correlación entre costes, por un lado, y parámetros, por otro lado. Las funciones de costes se designan también como las llamadas funciones de objetivos, funciones o funcionales de energía, funciones de pérdidas (loss functions), funciones de utilidad (utility functions) o funciones de aptitud (fitness functions).

25 En las ciencias económicas se realiza una optimización de los costes variando para ello los parámetros que confluyen en la función de costes hasta que la función de costes alcance un mínimo. Alternativamente, se puede maximizar también una función de objetivos. Este principio puede transferirse a la presente problemática haciendo para ello que, por ejemplo, la función de costes valore la coincidencia de las representaciones proyectadas sobre las imágenes tomadas. En la función de objetivos confluyen entonces las desviaciones correspondientes. Se puede optimizar después el valor adquirido por la función de costes, denominado valor de coste en lo que sigue.

30 Según la complejidad de la función de costes, se utilizan aquí diferentes procedimientos de optimización. En el caso de funciones de costes complejas, se emplean frecuentemente algoritmos estocásticos, como, por ejemplo, métodos de Markov-Chain-Monte-Carlo o métodos de recocido simulado. En el caso de funciones de costes menos complejas, se emplean casi siempre procedimientos de optimización determinísticos, como, por ejemplo, métodos de descenso de gradientes, procedimientos simplex (por ejemplo, procedimiento de Nelder-Mead), métodos de evolución diferencial, criterios primales-duales, métodos teóricos de grafos o métodos de corte de grafos discretos.

35 En contraste con un procedimiento de optimización estocástico, un procedimiento de optimización determinístico está exento de influencias aleatorias y calcula cada vez la misma solución para el mismo valor de partida.

40 Para simplificar la optimización se pueden determinar parámetros a partir de los datos de imagen y éstos pueden confluir en el modelo. Por ejemplo, mediante una determinación de posición geométrica, en la que puede utilizarse especialmente un procedimiento de triangulación, se puede determinar la posición de los ojos en el espacio, y así pueden confluir en el modelo parámetros que definen la posición de los ojos. Asimismo, se puede simplificar el modelo haciendo que, mediante la prefijación de supuestos respecto de la geometría de la montura de las gafas o de los cristales y/o mediante la prefijación de supuestos o estadísticas respecto de características de la cara o la montura, se puedan restringir los parámetros geométricos en el rango de valores y/o se puedan limitar o reducir éstos en su número.

45 Por ejemplo, se puede partir de una geometría de la montura de las gafas o de los cristales que sea simétrica con respecto a un plano medio. Se puede utilizar también en las imágenes una línea media previamente determinada entre los cristales de las gafas para asegurar la simetría del modelo, por ejemplo, haciendo que la información confluya en el modelo que la recta de intersección de los cristales aproximados como planos tiene que proyectar sobre esta línea media. Como alternativa, se pueden presentar, por ejemplo, estadísticas sobre parámetros de centrado, de las cuales se pueden derivar estadísticas sobre los parámetros geométricos del presente modelo; por ejemplo, las estadísticas sobre la distancia entre los vértices de las córneas pueden ayudar a restringir el posicionamiento de la montura a una pequeña área en el espacio dentro de una distancia determinada a los ojos. Asimismo, las estadísticas sobre el rango de valores de, por ejemplo, ángulos de las lunas de la montura o ángulos de preinclinación pueden ayudar a restringir

50

55 adecuadamente el rango de valores de parámetros individuales del modelo, con lo que se simplifica la optimización de la función de costes debido a que solamente se optimiza sobre parámetros dentro de un determinado rango de

valores típico o debido a que la distribución de probabilidades sobre el rango de valores de los parámetros confluyo también directamente en la optimización (por ejemplo en el procedimiento de Markov-Chain-Monte-Carlo).

Además, el modelo puede contener una distribución de probabilidades que indique probabilidades para posibles valores de los parámetros. Si el valor de probabilidad para un parámetro está por debajo de un umbral prefijado, puede estar previsto entonces que se rechace este parámetro adquirido en el procedimiento para reducir la dimensión del modelo, es decir, su complejidad.

Preferiblemente, el procedimiento implementado por ordenador según la invención se realiza con un dispositivo como el que se describe básicamente en la reivindicación 15 y con detalle en la descripción siguiente de las figuras.

La representación del borde de los cristales de las gafas o la representación del borde de la montura de las gafas, adquirida según la invención, se aprovecha ventajosamente para determinar parámetros de centrado, y los parámetros de centrado determinados de esta manera se aprovechan ventajosamente para centrar un cristal de gafas en una montura de gafas y/o para esmerilar y ajustar un cristal de gafas en una montura de gafas. En este caso, en un paso del procedimiento se centra el al menos un cristal de gafas con los parámetros de centrado determinados en la montura de gafas o se esmerila y ajusta el al menos un cristal de gafas, basándose en los parámetros de centrado determinados, para disponerlo en la montura de las gafas. De esta manera, se pueden fabricar gafas y sus cristales.

En lo que sigue se explicará la invención con más detalle ayudándose de un ejemplo de realización esquemáticamente representado en el dibujo. Muestran:

Las figuras 1a, b, un dispositivo para determinar parámetros de centrado en una vista en perspectiva y en una vista tomada desde delante;

Las figuras 2a, b, vistas de una cabeza portadora de unas gafas con cantos de montura aproximados proyectados sobre ella, tomadas desde delante y desde un lado; y

La figura 3, un diagrama de flujo para ilustrar un procedimiento según un ejemplo de realización preferido.

El dispositivo 10 representado en el dibujo sirve para determinar parámetros de centrado adecuados para realizar una adaptación de unas gafas. Este dispositivo presenta una columna 12 que lleva de manera regulable en altura un portacámaras rígido 14 que a su vez lleva una pluralidad de cámaras 16a, 16b. El portacámaras 14, visto en planta, está curvado aproximadamente en forma circular y se extiende entre dos extremos libres 18 que están dispuestos a cierta distancia uno de otro. Hacia delante, es decir, hacia la columna 12, y hacia los lados, una superficie interior 20 del portacámaras 14 rodea a un espacio interior 22 en el que se encuentra la cabeza de un probando en el momento de tomar imágenes por medio de las cámaras 16a, 16b. La superficie interior 20 está curvada en forma cóncava en una dirección que discurre entre los extremos libres 18, y presenta, por ejemplo, la forma de una sección de una superficie envolvente de un cilindro, pudiendo tener el cilindro una superficie de base circular u ovalada. Para poder posicionar el portacámaras 14 a la altura correcta con respecto a la cabeza del probando se ha dispuesto en la columna 12 un mecanismo elevador, no representado explícitamente, con el que se puede subir y bajar el portacámaras 14 por medio de un accionamiento motorizado.

Todas las cámaras 16a, 16b están dispuestas en una disposición de cámaras 26 que se extiende entre los extremos libres 18. En el presente ejemplo de realización la disposición de cámaras 26 está configurada como una hilera de cámaras 26 cuyas cámaras 16a, 16b se encuentran todas ellas a la misma altura, estando dirigidos sus ejes ópticos hacia el espacio interior 22. En el presente ejemplo de realización la hilera de cámaras 26 comprende una cámara frontal 16a dispuesta en el centro del portacámaras 14, cuyo eje óptico está frontalmente dirigido hacia la cara del probando, y ocho cámaras laterales 16b dispuestas simétricamente por parejas con respecto a un plano de simetría vertical que discurre a través del eje óptico de la cámara frontal 16a, las cuales están dirigidas hacia la cara del probando a razón de cuatro desde la izquierda y cuatro desde la derecha. Además, las cámaras 16a, 16b están calibradas de modo que puedan tomar simultáneamente imágenes calibradas del probando. La calibración comprende las propiedades extrínsecas, como la orientación relativa de sus ejes ópticos y la disposición relativa entre ellos en el espacio, así como sus propiedades intrínsecas, es decir, las propiedades de las propias cámaras que definen cómo un punto en el espacio, que se encuentra en el sistema de coordenadas interno de la respectiva cámara, se reproduce sobre las coordenadas de los píxeles de la imagen tomada.

El portacámaras 14 rodea al espacio interior 22 solamente hacia delante, hacia la columna 12 y hacia los lados, es decir, a la izquierda y a la derecha de la cabeza del probando. Hacia arriba, hacia abajo y hacia un lado trasero 30, dicho portacámaras está abierto, presentando los extremos libres 18 una distancia entre ellos de al menos 25 cm, con lo que se puede aproximar cómodamente el probando desde el lado trasero. En el ejemplo de realización mostrado la distancia es de 70 a 80 cm.

Para iluminar el espacio interior 22 se han previsto un equipo de iluminación con una regleta luminosa superior 32, que discurre por encima de la hilera de cámaras 26, y una regleta luminosa inferior 34 que discurre por debajo de la hilera de cámaras 26, cuyas regletas presentan cada una de ellas como medios luminiscentes una multiplicidad de

LEDs. La regleta luminosa superior 32 y la regleta luminosa inferior 34 se extiende cada una de ellas en forma continua o con interrupciones a lo largo de una longitud que es al menos tan grande como la magnitud de la longitud de la hilera de cámaras 26 medida en dirección periférica entre los extremos libres 18. Esta longitud corresponde a un ángulo periférico de al menos 160 grados. Cerca de los extremos libres 18 la regleta luminosa superior 32 y la regleta luminosa inferior 34 están unidas entre ellas por medio de sendas regletas luminosas adicionales 36 que discurren en dirección vertical. Por tanto, la hilera de cámaras 26 queda completamente enmarcada por al menos una hilera de LEDs. El dispositivo 10 presenta, además, un equipo de control o regulación, no explícitamente representado en el dibujo, con el cual se puede controlar o regular la intensidad luminosa irradiada por los LEDs en función de la intensidad luminosa detectada por las cámaras 16a, 16b. Los LEDs de las regletas luminosas 32, 34, 36 están agrupados aquí en sectores cuyas intensidades luminosas irradiadas se pueden controlar o regular por separado una de otra. Además, se ha previsto que las intensidades luminosas irradiadas por los distintos LEDs individuales puedan ser controladas o reguladas por separado una de otra por medio del equipo de control o regulación.

Para poder posicionar correctamente al probando en el espacio interior 22, las dos cámaras laterales 16b más próximas a la cámara frontal 16a están preparadas para medir la distancia de la cabeza del probando al centro 38 del portacámaras 14. Por medio de una unidad de visualización no explícitamente representada se le indica al probando si está correctamente situado o no. La unidad de visualización presenta varias fuentes de luz de colores diferentes que están dispuestas en hilera. La fuente de luz central luce en verde cuando el probando está correctamente situado. Partiendo de la fuente de luz central existen en cada dirección en esta secuencia una fuente de luz amarilla, otra naranja y otra roja que, según el color, indican si el probando está un poco alejado, claramente alejado o demasiado alejado del centro 38 del portacámaras 14 o bien está un poco cerca, claramente cerca o demasiado cerca del centro 38. Para asegurar, al determinar los parámetros de centrado, que la dirección de visualización del probando está dirigida hacia el infinito se ha previsto un equipo de fijación 42 que está dispuesto en el portacámaras 14 y que genera un patrón de fijación para el probando en forma de un patrón moteado. El patrón de fijación está dispuesto a una altura algo mayor que la de la cámara frontal 16a de modo que el probando mire más allá de ésta. Se puede registrar así su cara en la mayor cuantía posible.

El dispositivo 10 es adecuado especialmente también para crear un avatar de la cabeza del probando que puede aprovecharse para determinar los parámetros de centrado. A este fin, se toman imágenes de la cabeza del probando calibradas por las cámaras 16a, 16b, sin gafas ni montura de las mismas. Por medio de un proceso adecuado de determinación de posición geométrica, como, por ejemplo, una triangulación, se confecciona un perfil de profundidad de la cabeza que la reproduce aproximadamente muy bien. Se reproduce la cabeza por medio de una multiplicidad de puntos que se pueden unir uno con otro por medio de un patrón de reticulación o bien se almacenan como una nube de puntos. En la determinación subsiguiente de los parámetros de centrado se puede aprovechar el avatar así adquirido para determinar parámetros de centrado que, debido a las propiedades geométricas de las gafas o de su montura que lleva el probando, no pueden determinarse en absoluto o solo pueden serlo aproximadamente. Por ejemplo, un arco ancho de la montura puede ocultar el ojo en una toma lateral hasta tal grado que no pueda determinarse la distancia entre los vértices de las córneas o bien solo pueda hacerse con mucha inexactitud. Además, unos cristales tintados o fuertemente reflectantes pueden no dejar que se reconozcan los ojos o que solo lo sean muy deficientemente. Para hacer frente a esto se proyecta el perfil de profundidad del avatar sobre las imágenes del probando portador de las gafas o de su montura, tomadas por las cámaras 16a, 16b, y se determinan por medio de los datos de imagen del avatar los parámetros de centrado que solo puede determinarse insuficientemente debido a la visión restringida por las gafas o su montura. En este caso, se puede efectuar una adaptación del avatar a las imágenes del probando portador de las gafas o de su montura para minimizar las desviaciones.

Como alternativa o adicionalmente a la creación del avatar, el dispositivo 10 puede emplearse como sigue para realizar un procedimiento implementado por ordenador destinado a determinar una representación de un borde de una montura de gafas o una representación de los bordes de los cristales de unas gafas.

En primer lugar, se toman imágenes de un probando desde delante (figura 2a) o desde un lado (figura 2b) por medio de la cámara frontal 16a y al menos una de las cámaras laterales 16b, llevando el probando unas gafas o una montura de las mismas. Por montura de gafas se entiende aquí también la montura de unas gafas sin bordes o unas gafas de bordes parciales que, en lugar de cristales de gafas, llevan lunas de apoyo. Se proporcionan estas imágenes en el procedimiento según la invención y también se habilita un modelo tridimensional, basado en parámetros geométricos, de las gafas o de su montura. Se inicializa el modelo con parámetros de cualquier clase, pero que parezcan razonables, y se adquieren tridimensionalmente en el modelo los bordes de la montura o los bordes de los cristales. Los bordes adquiridos de la montura o los cristales se proyectan las imágenes tomadas o sobre una representación que reproduce en las imágenes la probabilidad con la que unos píxeles correspondientes pertenecen a un borde de la montura o de los cristales. Se valoran los parámetros del modelo por medio de una función de costes y se varían éstos en un proceso de optimización subsiguiente, en el que se optimiza la función de costes, hasta que la función de costes adopta un mínimo. En este caso, se puede partir primero, simplificando en el modelo, de una geometría de la montura o de las gafas como la que se ha descrito con relación a las figuras 2a, 2b por medio de cantos temporales y nasales 50, 52. Mediante cada canto temporal 50 y el canto nasal correspondiente 52, como se ilustra en la figura 2a, se puede colocar aproximadamente un plano del cristal que reproduzca aproximadamente el cristal de las gafas en el modelo.

Aplicando un método de Markov-Chain-Monte-Carlo (MCMC) se puede reproducir el desarrollo del procedimiento, por ejemplo, como se ilustra en la figura 3.

5 Como modelo se eligen dos planos que son simétricos con respecto a un plano medio de la montura o de las gafas. Además, se proporcionan informaciones adicionales, como las cajas de los cristales en la imagen frontal, los mapas de probabilidades para los cantos en las imágenes laterales basándose en un detector de cantos entrenado con ayuda de datos de ejemplos y la posición 3D de los ojos (paso 60). A partir de una cantidad de datos de entrenamiento (por ejemplo, a partir de una multiplicidad de pedidos de gafas conocidos) se conocen parámetros de centrado para una cantidad relativamente grande de gafas. A partir de estos datos de entrenamiento se pueden calcular estadísticas sobre los parámetros de centrado. Las estadísticas de los parámetros de centrado pueden transferirse a los parámetros del modelo teniendo en cuenta los datos geométricos adicionales prefijados (por ejemplo, posición de los ojos, simetría de los planos de los cristales). Es así posible muestrear parámetros a partir de una distribución dada (paso 62) y calcular la probabilidad para esta combinación de parámetros. (1^{er} paso en la optimización MCMC). Si, por ejemplo, se presentan un par de planos muestreados y las cajas 54 de los cristales (véase la figura 2a) en la imagen frontal, se pueden proyectar las cajas 54 de los cristales sobre los planos y se pueden obtener así las cajas 54 de los cristales en coordenadas tridimensionales. Se pueden proyectar ahora los cantos de las cajas tridimensionales 54 de los cristales en las imágenes laterales (paso 64). Se pueden comparar entonces los cantos proyectados con los cantos realmente detectados en la imagen lateral, por ejemplo, por medio de aprendizaje de máquina (bosque aleatorio, aprendizaje profundo, etc.) o con ayuda de métricas de distancia (por ejemplo, distancia entre biseles). Cuanto mejor casen los cantos proyectados con los detectados tanto mayor será la probabilidad de que el modelo muestreado corresponda realmente a la montura. Este valor se denomina puntuación (2^o paso de la optimización MCMC, paso 66). Se puede rechazar este resultado (paso 68), por ejemplo, cuando sea demasiado pequeña la probabilidad de los parámetros muestreados o del modelo muestreado y/o de la puntuación.

25 El algoritmo MCMC funciona de tal modo que se genere un gran número de muestras de planos que simule la función de densidad de probabilidades del modelo (basándose en la probabilidad de parámetros y la puntuación). Se presentan especialmente muchas muestras allí donde son altas la probabilidad de los parámetros y la puntuación. Para obtener finalmente el mejor modelo a partir de esta densidad de probabilidades para el juego de datos actual se detectan los modos de esta distribución, por ejemplo, con el algoritmo de desplazamiento medio (paso 70). A partir del juego de parámetros del resultado se pueden leer entonces directamente en las imágenes laterales los parámetros de centrado y los cantos idóneos para el modelo elegido.

30 Como alternativa, se pueden utilizar también otros procedimientos de optimización. Se puede emplear aquí, por ejemplo, la distribución de probabilidades sobre los parámetros para encontrar un calor de partida idóneo (por ejemplo, el valor medio o la mediana de la distribución) y valores límite idóneos para los parámetros a optimizar.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento implementado por ordenador para determinar una representación de un borde de una montura de gafas o una representación de los bordes de los cristales de unas gafas, en el que se habilitan al menos dos imágenes de una cabeza portadora de las gafas o de su montura, tomadas desde direcciones diferentes, en el que las al menos dos imágenes están calibradas una con respecto a otra, en el que la calibración comprende las propiedades extrínsecas e intrínsecas de la cámara o cámaras que toman las imágenes, y en el que se determinan en cada imagen datos para al menos partes de los bordes de la montura de las gafas o de los bordes de los cristales, **caracterizado** por que se habilita un modelo tridimensional de las gafas o de su montura que se basa en parámetros geométricos, y por que se optimizan los parámetros geométricos para adaptar el modelo a los bordes detectados.
2. Procedimiento implementado por ordenador según la reivindicación 1, **caracterizado** por que se optimizan parámetros que definen la forma de las gafas o de su montura y la orientación de las gafas o de su montura en el espacio.
3. Procedimiento implementado por ordenador según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por que se habilitan al menos dos imágenes calibradas de una cabeza portadora de las gafas o de su montura, tomadas al mismo tiempo desde direcciones visuales diferentes.
4. Procedimiento implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que las imágenes están constituidas por píxeles y por que se asocia a cada píxel un valor que reproduce la probabilidad de que el píxel contenga una parte de los bordes de la montura de las gafas o de los cristales.
5. Procedimiento implementado por ordenador según la reivindicación 4, **caracterizado** por que se calcula por medio de aprendizaje de máquina un mapa de probabilidades que reproduce los valores de probabilidad.
6. Procedimiento implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que los parámetros geométricos del modelo describen rectas que definen aproximadamente cantos nasales y/o temporales de la montura de las gafas o de los cristales.
7. Procedimiento implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el modelo define cada borde de la montura o cada cristal como situado aproximadamente en un plano o puede representarse como situado en una superficie de orden n o como una combinación lineal de superficies de orden n, especialmente como una combinación lineal que comprende al menos un plano y/o al menos un paraboloide o representa una estría.
8. Procedimiento implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que se generan a partir del modelo representaciones de la montura de las gafas o de los cristales y se proyectan éstas sobre las imágenes tomadas.
9. Programa informático con código de programa para realizar todos los pasos del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 cuando se carga el programa informático en un ordenador y se le ejecuta en un ordenador.
10. Uso de un dispositivo (10) para realizar un procedimiento implementado por ordenador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el dispositivo (10) presenta un portacámaras (14) que rodea al menos parcialmente a un espacio interior (22) abierto hacia arriba, hacia abajo y hacia el lado trasero (30) y que lleva al menos tres cámaras (16a, 16b) que están dispuestas entre dos extremos libres (18) del portacámaras (14) y dirigidas hacia el espacio interior (22), y en el que el portacámaras (14) presenta un equipo de iluminación (32, 34, 36) para iluminar el espacio interior (22).
11. Dispositivo para determinar una representación de un borde de una montura de gafas o una representación de los bordes de los cristales de unas gafas, que comprende una primera cámara para tomar una primera imagen desde una primera dirección visual, al menos una segunda cámara calibrada con respecto a la primera cámara y destinada a tomar una segunda imagen desde una segunda dirección visual diferente de la primera dirección visual, comprendiendo la calibración las propiedades extrínsecas e intrínsecas de las cámaras, y un ordenador que comprende una memoria en la que está almacenado un programa informático que presenta un código de programa para realizar los pasos de procedimiento siguientes:
 - i. determinar en cada imagen datos para al menos partes de los bordes de la montura de las gafas o los bordes de los cristales,
 - ii. habilitar al menos dos imágenes de una cabeza portadora de las gafas o de su montura, tomadas desde direcciones visuales diferentes,
 - iii. habilitar un modelo de las gafas o de su montura que se basa en parámetros geométricos,

iv. optimizar los parámetros geométricos para adaptar el modelo a los bordes detectados,

comprendiendo el ordenador un procesador para ejecutar el programa informático almacenado en la memoria.

5 12. Procedimiento para centrar al menos un cristal de unas gafas en una montura de las mismas, **caracterizado** por que en un primer paso del procedimiento se determinan parámetros de centrado para el cristal de las gafas, comprendiendo la determinación de los parámetros de centrado la adquisición de la representación del borde del cristal de las gafas o la representación del borde de la montura de las gafas con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, y por que en un segundo paso del procedimiento se centra el al menos un cristal de las gafas en la montura de las gafas con los parámetros de centrado determinados en el primer paso del procedimiento.

10 13. Procedimiento de esmerilado y ajuste de al menos un cristal de unas gafas en una montura de las mismas, **caracterizado** por que en un primer paso del procedimiento se determinan parámetros de centrado para el cristal de las gafas, comprendiendo la determinación de los parámetros de centrado la adquisición de la representación del borde del cristal de las gafas o la representación del borde de la montura de las gafas con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, y por que en un segundo paso del procedimiento se esmerila y ajusta el al menos un cristal de las gafas, basándose en los parámetros de centrado determinados en el primer paso del procedimiento,
15 para disponerlo en la montura de las gafas.

14. Procedimiento para fabricar unas gafas, **caracterizado** por el paso de procedimiento consistente en esmerilar y ajustar el cristal de las gafas en una montura de gafas según el procedimiento de la reivindicación 13.

15. Procedimiento para fabricar unas gafas, **caracterizado** por que se emplea un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14.

20

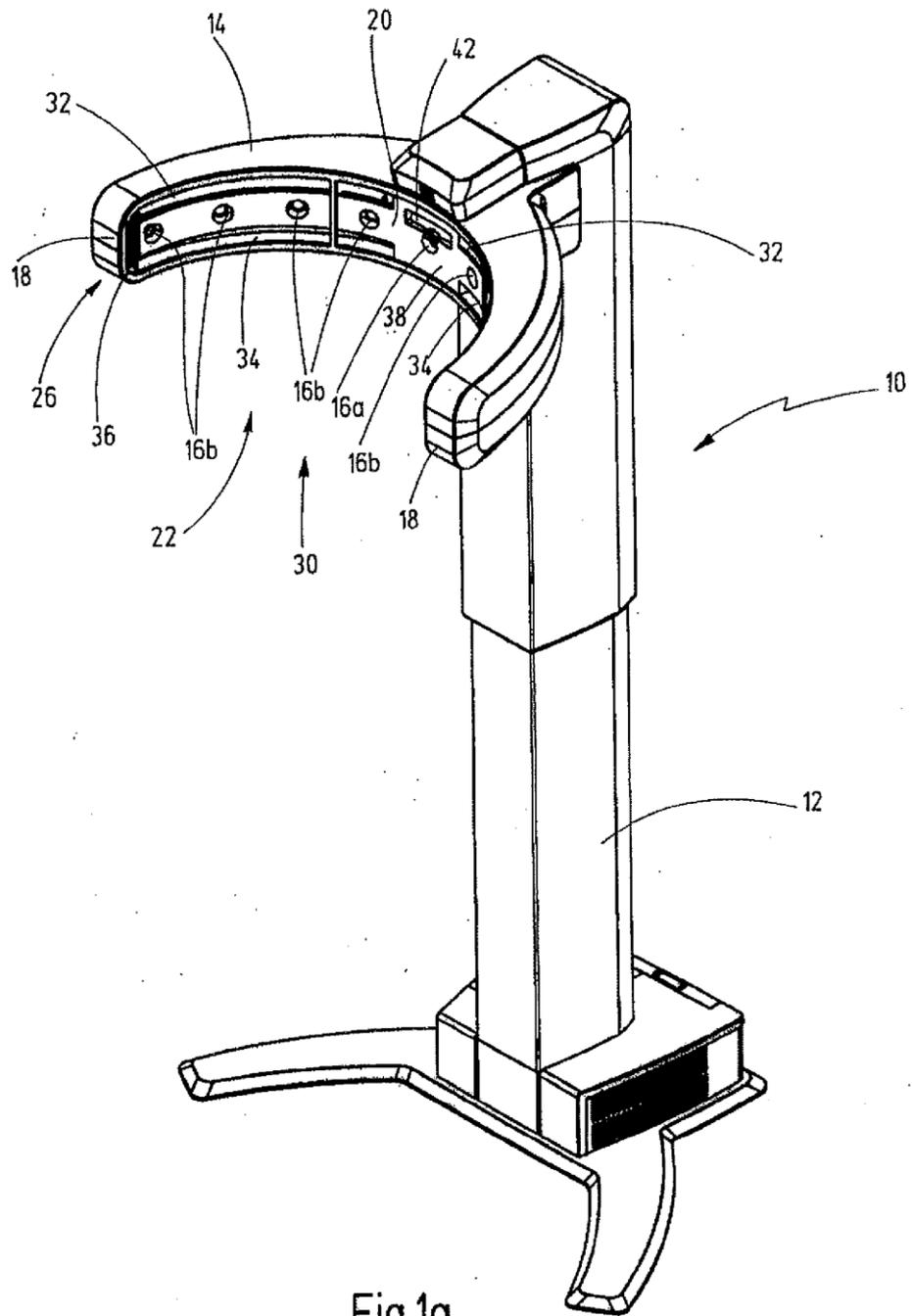


Fig.1a

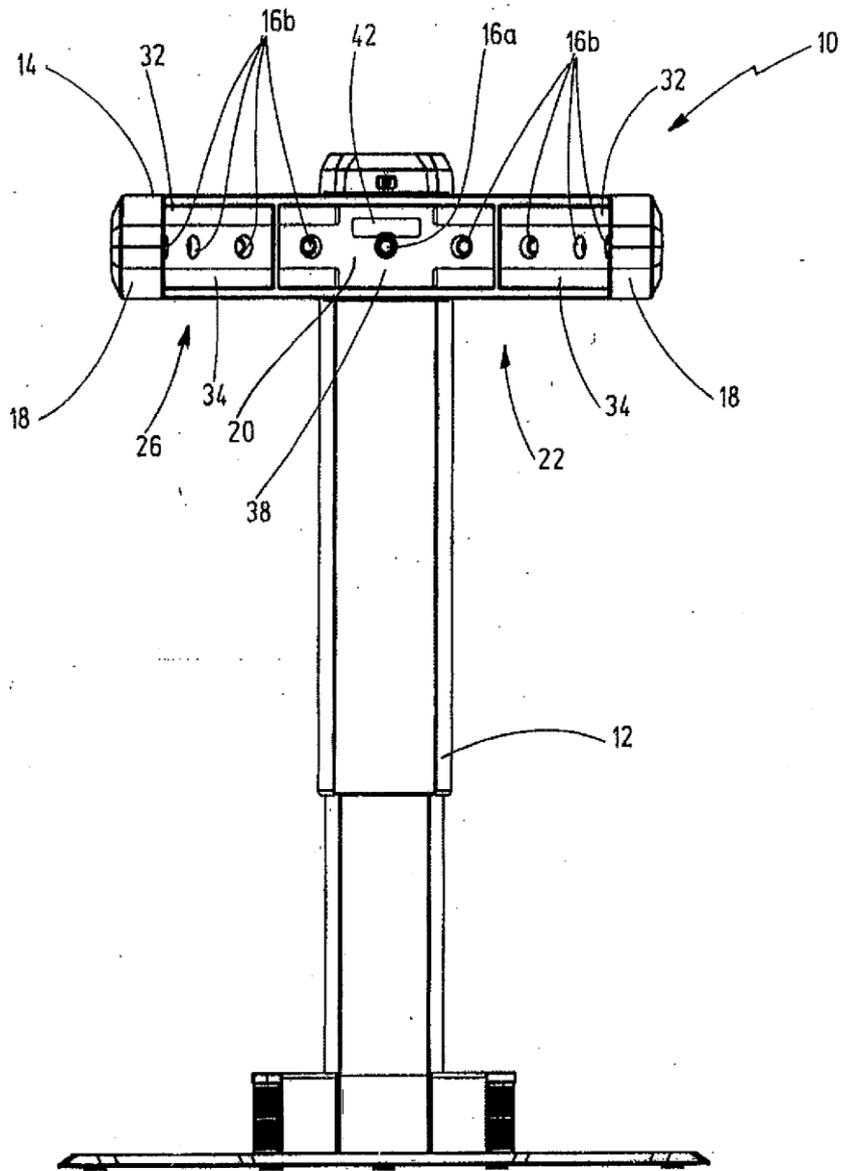


Fig.1b

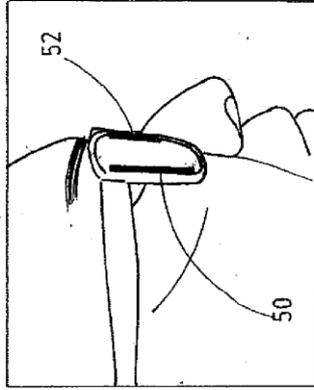


Fig.2b

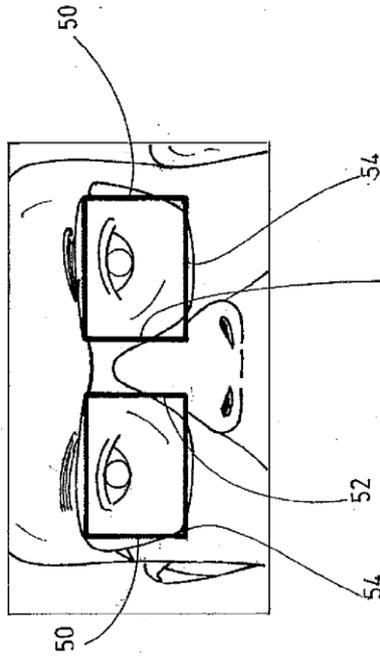


Fig.2a

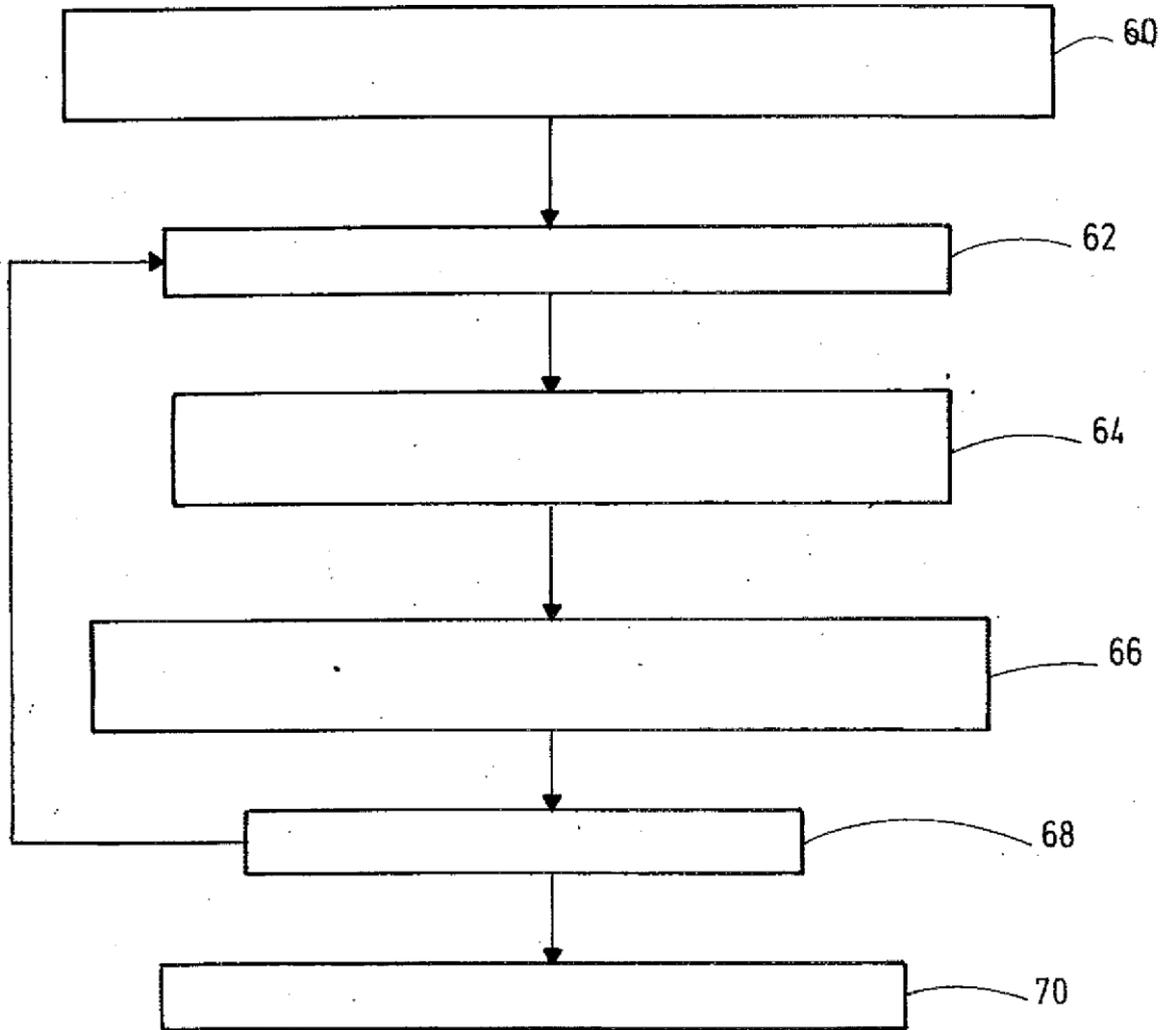


Fig.3