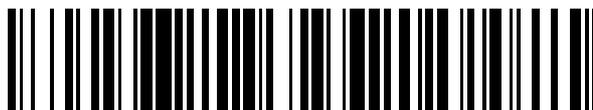


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 512**

51 Int. Cl.:
G03B 21/14 (2006.01)
H04N 7/00 (2011.01)
H04N 5/74 (2006.01)
H04N 9/31 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06715675 .2**
96 Fecha de presentación: **09.03.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1861748**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.12.2007**

54 Título: **MÉTODO Y APARATO PARA AJUSTAR AUTOMÁTICAMENTE LA ALINEACIÓN DE UN PROYECTOR CON RESPECTO A UNA PANTALLA DE PROYECCIÓN.**

30 Prioridad:
21.03.2005 US 84876

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.12.2011

73 Titular/es:
**MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
7-3, MARUNOUCHI 2-CHOME CHIYODA-KU
TOKYO 100-8310, JP**

72 Inventor/es:
**RASKAR, Ramesh y
VAN, BAAR, Jeroen**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 370 512 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

Método y aparato para ajustar automáticamente la alineación de un proyector con respecto a una pantalla de proyección.

5 Campo técnico
Esta invención se refiere en general a proyectores de imágenes, y más particularmente, a la corrección de problemas de distorsión trapezoidal en imágenes visualizadas.

10 Antecedentes de la técnica
Los proyectores de imágenes son comunes. Estos proyectores se apuntan hacia una superficie de visualización vertical para mostrar una presentación de "diapositivas" o un vídeo. Muchos de estos proyectores usan LCD de transmisión, y normalmente tienen una única lente. Los proyectores pueden visualizar las imágenes de una en una o como una secuencia de imágenes.

15 Estos proyectores se diseñan normalmente de modo que se visualizan imágenes sin distorsión sobre la superficie de visualización solamente cuando un eje óptico del proyector está alineado perpendicularmente a un centro de la superficie de visualización. Si la suposición anterior se infringe, entonces la imagen de salida resultante puede no ser rectangular, y será, en el mejor de los casos, un trapecoide y en el peor de los casos, un cuadrilátero arbitrario. Este problema se denomina distorsión trapezoidal.

20 Con los proyectores de la técnica anterior, la única manera de corregir la distorsión trapezoidal es ajustar tediosamente la posición física del proyector cambiándolo de lugar mediante traslación y rotación del proyector hasta que se visualice una imagen rectangular.

25 La patente estadounidense n.º 5.548.357, "Keystoning and focus correction for an overhead projector", concedida a Appel *et al.* el 18 de agosto de 1998, describe un sistema en el que se visualiza una diapositiva de prueba. Un usuario identifica los pares de líneas más paralelos entre sí. La identificación del par de líneas activa un programa de corrección de la distorsión que usa el ángulo oblicuo entre el plano horizontal a través del proyector y la pantalla de visionado.

30 La patente estadounidense n.º 5.795.046, "Method for pre-compensating an asymmetrical picture in a projection system for displaying a picture", concedida a Woo en agosto de 1998, describe un sistema en el que se compensa el ángulo de proyección, y el error trapezoidal, mediante la introducción por parte del usuario de información de posición en el sistema mediante un teclado.

35 La patente estadounidense 6.520.647, "Automatic keystone correction for projectors with arbitrary orientation", concedida a Raskar, el 18 de febrero de 2003, describe un método que corrige la distorsión trapezoidal en un proyector orientado arbitrariamente con respecto a una superficie de visualización. Se miden un ángulo de elevación, un ángulo de alabeo y un ángulo azimutal de un eje óptico del proyector con respecto a la superficie de visualización. Se determina una matriz de transformación proyectiva plana a partir de los ángulos de elevación, alabeo y azimutal. Se deforma una imagen fuente que va a proyectarse mediante el proyector según la transformación proyectiva plana, y entonces se proyecta sobre la superficie de visualización.

45 Sin embargo, deformar digitalmente una imagen da como resultado una degradación de la calidad de la imagen, porque los píxeles tienen que volver a muestrearse, y se desechan algunos píxeles.

50 El documento US 2004/085256 A1 describe la alineación de sistemas de visualización de múltiples proyectores. Se usa una cámara para capturar imágenes de visualización de mosaico basándose en patrones de prueba y se calculan datos de corrección correspondientes. Se usan mapas cámara-mural así como mapas mosaico-cámara. Se extraen parámetros de posición para cada proyector a partir de una correlación de mosaico-coordenadas globales y se usan posicionadores motorizados para variar la alineación, la orientación y el *zoom* de los proyectores correspondientes.

55 El documento US 6.527395 B1 describe que pueden usarse dos homografías para correcciones de posición. La corrección se basa en una eliminación de la deformación de las imágenes correspondientes.

60 "Smarter Presentations: Exploiting Homography in Camera-Projector Systems" de R. Sukthankar *et al.* en: Proceedings of International Conference on Computer Vision, 2001, describe una homografía cámara-proyector y una homografía proyector-pantalla. Se usa una deformación previa para una corrección de la distorsión trapezoidal de la imagen proyectada.

65 Descripción de invención
La invención ajusta una posición de un proyector con respecto a una superficie de visualización según las reivindicaciones 1 a 9 o la reivindicación 10, respectivamente. Se determina una homografía $H_{D, P}$ entre una

superficie de visualización y un proyector. La homografía $H_{D, P}$ se descompone en parámetros de rotación y traslación que expresan una posición M_P del proyector. Se determina una posición M_0 ideal del proyector correspondiente a una homografía H_0 ideal. Se determina un ajuste M_A de la posición según $M_A = M_0 (M_P)^{-1}$. El ajuste M_A de la posición se descompone en parámetros de ajuste de rotación y traslación. Entonces, el proyector se ajusta mecánicamente a la posición M_0 ideal según los parámetros de ajuste de rotación y traslación.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de proyector según la invención;
 la figura 2 es un diagrama de bloques de un sistema de múltiples proyectores con imágenes contiguas según la invención;
 la figura 3 es un diagrama de flujo de un método para ajustar una posición de un proyector según la invención; y
 la figura 4 es un diagrama de bloques de un sistema de múltiples proyectores con imágenes solapadas según la invención.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

Como se muestra en la figura 1, un sistema 100 de visualización de proyector según la presente invención incluye un proyector 110 que tiene una posición M_P arbitraria en las coordenadas (x, y, z) del mundo real, y una superficie 120 de visualización con sistemas de coordenadas (u, v). Los sistemas de coordenadas pueden tener valores normalizados en el intervalo [0,..., 1], o mediciones físicas reales. Las relaciones de aspecto del proyector y la superficie de visualización coinciden sustancialmente. Por posición, nos referimos específicamente a la rotación y traslación alrededor de los tres ejes. La posición del proyector, con respecto a la superficie de visualización, es arbitraria y desconocida. Por tanto, existe un problema potencial de distorsión trapezoidal, que la invención soluciona mecánicamente.

El sistema también puede incluir sensores ópticos, por ejemplo, los sensores ópticos están montados en una cámara 140 como una cuadrícula CCD. El proyector y la cámara se conectan a un procesador 150 para realizar un método 300 según la invención. Se conocen los parámetros internos y las distorsiones radiales del (de los) proyector(es) y la cámara.

Alternativamente, la pantalla de visualización puede incluir fotosensores 160 montados en posiciones conocidas sobre la superficie de visualización. Los fotosensores se conectan al procesador 150 o bien por cable, por cable de fibra óptica, o bien por un enlace inalámbrico.

La superficie de visualización puede mirarse desde una parte delantera o trasera. La superficie de visualización incluye características distinguibles en posiciones conocidas, tales como esquinas 121 y bordes 122. El proyector puede visualizar una imagen 170 de salida o una secuencia de imágenes, es decir, un vídeo. El proyector está montado sobre una plataforma 130 que permite seis grados externos de libertad que dan como resultado una posición arbitraria del proyector con respecto a la superficie 120. Las articulaciones 131 pueden cambiar la posición M_P del proyector. Las articulaciones 131 pueden accionarse con motores.

Como se expuso anteriormente, la imagen 170 de salida puede ser un cuadrilátero distorsionado arbitrario, no necesariamente alineado con la superficie de visualización. Se desea para corregir esta distorsión de modo que la imagen visualizada sea rectangular y esté alineada con los bordes de la superficie de visualización, sin deformar digitalmente la imagen visualizada.

El proyector 110 visualiza la imagen de salida en un sistema de coordenadas de imagen. El proyector tiene cuatro grados internos de libertad para realizar desplazamiento horizontal, desplazamiento vertical, *zoom* e inclinación. Los desplazamientos de la imagen se realizan habitualmente desplazando la lente, el *zoom* se alcanza desplazando la lente hacia dentro y hacia fuera, y la inclinación mediante desplazamiento horizontal y vertical al mismo tiempo.

Como se muestra en la figura 2, la invención también puede usarse con un sistema 200 de múltiples proyectores. Las imágenes visualizadas por los múltiples proyectores 110-113 pueden o bien ser contiguas como en la figura 2 o bien solaparse como en la figura 4.

Técnica basada en cámara

Un rectángulo de visualización deseado es D. El rectángulo de visualización D puede ser toda o parte de la superficie 120 de visualización. Para una posición M_0 ideal del proyector, la imagen 170 de salida básicamente coincide con la superficie 120 de visualización, y un eje óptico del proyector está alineado perpendicularmente con un centro de la superficie de visualización.

Esto puede realizarse mediante un ajuste a escala, rotación y traslación del proyector según una homografía H_0 ideal. Si el proyector y la superficie de visualización tienen la misma relación de aspecto, entonces el ajuste a escala a lo largo del eje z puede realizarse mediante *zoom*. La traslación es a lo largo del eje x y el eje y. La rotación puede ser a lo largo de cualquier eje.

Como se muestra en la figura 3 para un método según la presente invención, se capta 310 una imagen 180 de entrada de la superficie 120 de visualización mientras se visualiza la imagen 170 de salida. La imagen de salida incluye un patrón distintivo.

A partir de la imagen de entrada, se detectan las características de la superficie de visualización, por ejemplo, las cuatro esquinas 121, o los bordes 122. También se detectan características en el patrón de la imagen 170 de salida, que incluyen las cuatro ubicaciones 171-174, a partir de la imagen 180 de entrada. Debe entenderse que tres características y ubicaciones son suficientes, pero cuatro mejoran la precisión.

Basándose en las características y ubicaciones detectadas y usando técnicas muy conocidas, convencionales, se determina 320 una homografía $H_{C, D}$ 321 entre la cámara y la superficie de visualización y una homografía $H_{C, P}$ 322 entre la cámara y el proyector.

Usando las homografías 321 y 322, se relacionan las coordenadas (u, v) de la superficie de visualización con las coordenadas (x, y) del proyector según:

$$[wx \ wy \ w]^T = H_{D, P} [u \ v \ 1]^T = H_{C, D} (H_{C, P})^{-1} [u \ v \ 1]^T,$$

donde w es el coeficiente homogéneo de las coordenadas proyectivas, T indica una transposición y $H_{D, P}$ es una homografía entre la superficie de visualización y el proyector.

A continuación se descompone la homografía $H_{D, P}$ en parámetros de rotación y traslación que expresan una posición M_P 331 del proyector 110 tal como sigue. Para un dispositivo estenopeico, una matriz P_P de proyección de perspectiva proyecta puntos en 3D sobre un plano de imagen en 2D según:

$$P_P = A_P [R \ | \ t] = A_P [r_1 \ r_2 \ r_3 \ | \ t] = A_P M_P,$$

donde A_P es una matriz de 3 x 3 que incluye los parámetros internos del proyector, es decir, la longitud focal y un punto principal, y R y t son los parámetros externos del proyector y M_P expresa la posición, es decir, la rotación y traslación del proyector. La matriz R es una matriz de rotación de 3 x 3 que tiene las columnas r_1 , r_2 , y r_3 como los parámetros de rotación, y t es el parámetro de traslación.

Si se expresa un punto en 3D sobre la superficie de visualización en términos del sistema de coordenadas del proyector, y R y t se expresan en relación a ese sistema de coordenadas, entonces puede expresarse una proyección de ese punto desde el proyector sobre el plano de imagen como:

$$[wx \ wy \ w]^T \cong A_P [r_1 \ r_2 \ r_3 \ | \ t][X \ Y \ Z \ 1]^T,$$

donde '≅' significa definido a escala y X, Y y Z son las coordenadas de un punto en el espacio 3D.

Se define la superficie de visualización como un plano en el espacio 3D. Sin pérdida de generalidad, se supone que el plano en 3D es coplanario con $Z = 0$, es decir, los puntos pueden expresarse como: $(U, V, 0, 1)^T$. Usando estos puntos en la ecuación anterior, se obtiene:

$$\begin{aligned} [wx \ wy \ w]^T &\cong A_P [r_1 \ r_2 \ r_3 \ | \ t][U \ V \ 0 \ 1]^T \\ &\cong A_P [r_1 \ r_2 \ | \ t][U \ V \ 1]^T \\ &\cong H_{D, P} [U \ V \ 1]^T \end{aligned}$$

En otras palabras, se obtiene $H_{D, P} = A_P [r_1 \ r_2 \ | \ t]$. Dado que se conoce la matriz A_P , se obtiene:

$$(A_P)^{-1} H_{D, P} = (A_P)^{-1} A_P [r_1 \ r_2 \ | \ t] = [r_1 \ r_2 \ | \ t],$$

y r_3 puede determinarse a partir de $r_1 \times r_2$.

Alternativamente, puede determinarse la mejor matriz ortogonal para hallar los parámetros de rotación r_1 , r_2 , y r_3 . Esta es toda la información que se necesita para determinar 330 la posición 331 $M_P = [r_1 \ r_2 \ r_3 \ | \ t]$ 331 del proyector en términos de los parámetros de rotación y traslación.

Para la posición M_0 ideal, la homografía es H_0 . Conociendo los parámetros internos A_P del proyector, puede determinarse la posición M_0 ideal para que el proyector visualice un rectángulo con una homografía H_0 entre el proyector y la superficie de visualización. La posición ideal es:

$$M_0 = (A_P)^{-1} H_0.$$

Conociendo la posición arbitraria M_P , se determina un ajuste M_A de rotación y traslación 341 para transformar la posición M_P arbitraria a la posición M_0 ideal. Con $M_0 = M_A M_P$, es decir, se determina 340 $M_A = M_0 (M_P)^{-1}$.

Se descompone M_A en ángulos de rotación y parámetros de traslación para las articulaciones 131 motorizadas para ajustar 350 directamente el proyector 110 montado sobre la plataforma 130 con seis grados de libertad usando las articulaciones 131 motorizadas.

En este punto, puede captarse otra imagen de entrada para verificar 360 la precisión del ajuste, y las etapas 310, 320, 330 y 340 pueden repetirse 355 hasta que se alcance 361 un resultado con una precisión deseada.

Técnica basada en fotosensores

En lugar de la cámara 140, pueden usarse los fotosensores 160 montados en posiciones conocidas en la pantalla 120 de visualización.

Una extensión de la imagen 170 de salida visualizada cubre todos los fotosensores. Aunque tres sensores son suficientes para determinar las homografías 321 y 322, se usan cuatro para mejorar la precisión del resultado.

Al igual que con la técnica basada en cámara descrita anteriormente, se detectan cuatro ubicaciones en la imagen 170 de salida usando los sensores 160, véase la solicitud de patente estadounidense número de serie 10/635.404, "Method and System for Calibrating Projectors to Arbitrarily Shaped Surfaces with Discrete Optical Sensors", presentada por Lee *et al.* el 6 de agosto de 2003.

Es decir, se iluminan los fotosensores con una secuencia de denominados patrones de código binario usando el proyector. Los patrones de código binario contienen segmentos negros y blancos alternos. Se ilumina una vez con una secuencia horizontal, y una vez con una secuencia vertical. Durante la secuencia de proyecciones, los fotosensores registran si se detectaron segmentos blancos (alta intensidad) o segmentos negros (baja intensidad). Como resultado, se obtiene una secuencia de números binarios para las secuencias horizontales y verticales. Las secuencias de números binarios codifican las ubicaciones de los píxeles del proyector.

Entonces, se aplica el método 300 como se describió anteriormente para determinar las homografías, y se procesa de manera correspondiente.

Visualizaciones con múltiples proyectores

En el caso de sistemas de visualización de múltiples proyectores, se distingue entre dos casos: las imágenes de salida son contiguas tal como se muestra en la figura 2, y las imágenes de salida se solapan tal como se muestra en la figura 4.

Si las imágenes de salida son contiguas, tal como en la figura 2, entonces el rectángulo asociado con cada una de las imágenes de salida está predefinido, y puede aplicarse el método 300 para cada proyector, de manera independiente.

En el caso de imágenes de salidas solapadas, tal como en la figura 4, se ajusta un aumento en el brillo en las zonas 400 de solapamiento. Esto puede realizarse de dos maneras.

En primer lugar, pueden modificarse digitalmente las intensidades de los píxeles en una memoria 151 intermedia de trama para el proyector, véanse las patentes estadounidenses 6.677.956 y 6.781.591.

En segundo lugar, pueden colocarse filtros 410-413 de reducción de intensidad enfrente de la lente de cada cámara respectiva. Para la segunda técnica, los rectángulos de visualización deseados están predeterminados, y los filtros se diseñan de manera correspondiente. Por ejemplo, algunas zonas de las imágenes de salida se solapan sólo con una imagen adyacente, mientras que otras zonas se solapan con múltiples imágenes de salida.

Como una ventaja, los filtros ópticos modifican las intensidades de los píxeles de modo que el nivel de negro en las zonas de solapamiento es el mismo que el nivel de negro en las zonas sin solapamiento. En la técnica anterior, tales filtros se han usado en sistemas de simulador de vuelo de múltiples proyectores. Los filtros también pueden montarse sobre plataformas con seis grados de libertad para alinear correctamente el filtro para producir las sombras deseadas.

Aunque la invención se ha descrito a modo de ejemplos de las realizaciones preferidas, ha de entenderse que pueden realizarse diversas otras adaptaciones y modificaciones dentro del alcance de la invención según se reivindica. Por tanto, el objetivo de las reivindicaciones adjuntas es abarcar todas las variaciones y modificaciones que entren dentro del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Método implementado por ordenador para ajustar la posición de un proyector (110) con respecto a una superficie (120) de visualización, que comprende las etapas de:

visualizar, con el proyector (110), una imagen (170) de salida sobre la superficie (120) de visualización, teniendo la superficie (120) de visualización características (121, 122) detectables en posiciones conocidas, e incluyendo la imagen (170) de salida un patrón distintivo;
 captar (310) una imagen (180) de entrada de la superficie (120) de visualización y de la imagen de salida con una cámara (140);
 detectar, a partir de la imagen (180) de entrada, las características (121, 122) de la superficie de visualización y las ubicaciones (171-174) en el patrón de la imagen (170) de salida;
 determinar (320) una homografía $H_{C, D}$ (321) entre la cuadrícula de los sensores ópticos de la cámara (140) y la superficie (120) de visualización y una homografía $H_{C, P}$ (322) entre la cuadrícula de los sensores ópticos de la cámara (140) y las coordenadas (x, y) del proyector a partir de las características (121, 122) detectadas y las ubicaciones (171-174);
 usar las homografías $H_{C, D}$ (321) y $H_{C, P}$ (322) determinadas para determinar una homografía $H_{D, P}$ que relaciona las coordenadas (u, v) de la superficie (120) de visualización con las coordenadas (x, y) del proyector y descomponer la homografía $H_{D, P}$ en parámetros de rotación y traslación que expresan (330) una posición M_P (331) del proyector; en el que las coordenadas de la superficie de visualización se relacionan con las coordenadas del proyector según

$$[wx \ wy \ w]^T = H_{D, P} [u \ v \ 1]^T = H_{C, D} (H_{C, P})^{-1} [u \ v \ 1]^T$$

donde w es un coeficiente homogéneo de las coordenadas proyectivas, donde T indica una transposición y donde una matriz P_P de proyección de perspectiva proyecta puntos en 3D sobre un plano de imagen en 2D según

$$P_P = A_P [R \ | \ t] = A_P [r_1 \ r_2 \ r_3 \ | \ t] = A_P M_P,$$

donde A_P es una matriz de 3x3 que incluye parámetros internos del proyector (110) y un punto principal y donde R y t son parámetros externos del proyector (110), siendo R una matriz de rotación de 3x3 que tiene columnas r_1 , r_2 y r_3 como los parámetros de rotación y siendo t el parámetro de traslación;
 determinar una posición M_0 ideal del proyector (110) correspondiente a una homografía H_0 ideal y determinar (340) un ajuste M_A (341) de la posición para transformar la posición M_P del proyector a la posición M_0 ideal según $M_A = M_0 M_P^{-1}$, donde $M_0 = (A_P)^{-1} H_0 = M_A M_P$;
 descomponer el ajuste M_A de la posición en parámetros de ajuste de rotación y traslación; y
 ajustar mecánicamente (350) el proyector a la posición M_0 ideal según los parámetros de ajuste de rotación y traslación.

2. Método según la reivindicación 1, que comprende además:

repetir (355) las etapas de captar (310) una imagen de entrada, detectar las características (121, 122) y las ubicaciones (171-174), determinar las homografías $H_{C, D}$, $H_{C, P}$ y $H_{D, P}$ y descomponer $H_{D, P}$, determinar el ajuste M_A de la posición, descomponer el ajuste M_A de la posición y ajustar mecánicamente el proyector a la posición M_0 ideal según los parámetros de ajuste de rotación y traslación hasta que el ajuste mecánico alcance (361) una precisión predeterminada.

3. Método según la reivindicación 1, en el que el proyector (110) está montado sobre una plataforma (130) con seis grados de libertad, que incluye articulaciones (131) motorizadas, y que comprende además:

proporcionar los parámetros de ajuste de rotación y traslación a las articulaciones motorizadas para ajustar el proyector a la posición M_0 ideal.

4. Método según la reivindicación 1, en el que la superficie (120) de visualización se mira desde una parte delantera.

5. Método según la reivindicación 1, en el que la superficie (120) de visualización se mira desde una parte trasera.

6. Método según la reivindicación 1, en el que hay una pluralidad de proyectores (110-113) que visualizan imágenes contiguas y cada proyector se ajusta de manera independiente.

7. Método según la reivindicación 1, en el que hay una pluralidad de proyectores (110-113) que visualizan imágenes solapadas, y que comprende además:

ajustar un aumento del brillo en la zona de solapamiento.

8. Método según la reivindicación 7, en el que el ajuste de la intensidad se realiza digitalmente en una memoria intermedia de trama del proyector (110).

9. Método según la reivindicación 7, en el que el ajuste de la intensidad se realiza de manera óptica con filtros de reducción de la intensidad.

10. Aparato para ajustar una posición de un proyector (110) con respecto a una superficie (120) de visualización, que comprende:

una plataforma (130) con seis grados de libertad que incluye articulaciones (131) motorizadas;
 un proyector (110) montado sobre la plataforma (130) con seis grados de libertad;
 la superficie (120) de visualización;
 medios para visualizar, con el proyector (110), una imagen (170) de salida sobre la superficie (120) de visualización, teniendo la superficie (120) de visualización características (121, 122) detectables en posiciones conocidas e incluyendo la imagen (170) de salida un patrón distintivo;
 medios para captar (310) una imagen (180) de entrada de la superficie (120) de visualización y de la imagen de salida con una cámara (140);
 medios para detectar, a partir de la imagen (180) de entrada, las características (121, 122) de la superficie de visualización y las ubicaciones (171-174) en el patrón de la imagen (170) de salida;
 medios para determinar (320) una homografía $H_{C,D}$ (321) entre la cuadrícula de los sensores ópticos de la cámara (140) y la superficie (120) de visualización y una homografía $H_{C,P}$ (322) entre la cuadrícula de los sensores ópticos de la cámara (140) y las coordenadas (x, y) del proyector a partir de las características (121, 122) detectadas y las ubicaciones (171-174);
 medios para usar las homografías $H_{C,D}$ (321) y $H_{C,P}$ (322) determinadas para determinar una homografía $H_{D,P}$ que relaciona las coordenadas (u, v) de la superficie (120) de visualización con las coordenadas (x, y) del proyector y para descomponer la homografía $H_{D,P}$ en parámetros de rotación y traslación que expresan (330) una posición M_P (331) del proyector; en el que las coordenadas de la superficie de visualización se relacionan con las coordenadas del proyector según

$$[wx \ wy \ w]^T = H_{D,P} [u \ v \ 1]^T = H_{C,D} (H_{C,P})^{-1} [u \ v \ 1]^T$$

donde w es un coeficiente homogéneo de las coordenadas proyectivas, donde T indica una transposición y donde una matriz P_P de proyección de perspectiva proyecta puntos en 3D sobre un plano de imagen en 2D según

$$P_P = A_P [R \ | \ t] = A_P [r_1 \ r_2 \ r_3 \ | \ t] = A_P M_P,$$

donde A_P es una matriz de 3x3 que incluye parámetros internos del proyector (110) y un punto principal y donde R y t son parámetros externos del proyector (110), siendo R una matriz de rotación de 3x3 que tiene columnas r_1 , r_2 y r_3 como los parámetros de rotación y siendo t el parámetro de traslación;
 medios para determinar una posición M_0 ideal del proyector (110) correspondiente a una homografía H_0 ideal y para determinar (340) un ajuste M_A (341) de la posición para transformar la posición M_P del proyector a la posición M_0 ideal según $M_A = M_0 M_P^{-1}$, donde $M_0 = (A_P)^{-1} H_0 = M_A M_P$;
 medios para descomponer el ajuste M_A de la posición en parámetros de ajuste de rotación y traslación; y
 medios para ajustar mecánicamente (350) el proyector a la posición M_0 ideal según los parámetros de ajuste de rotación y traslación.

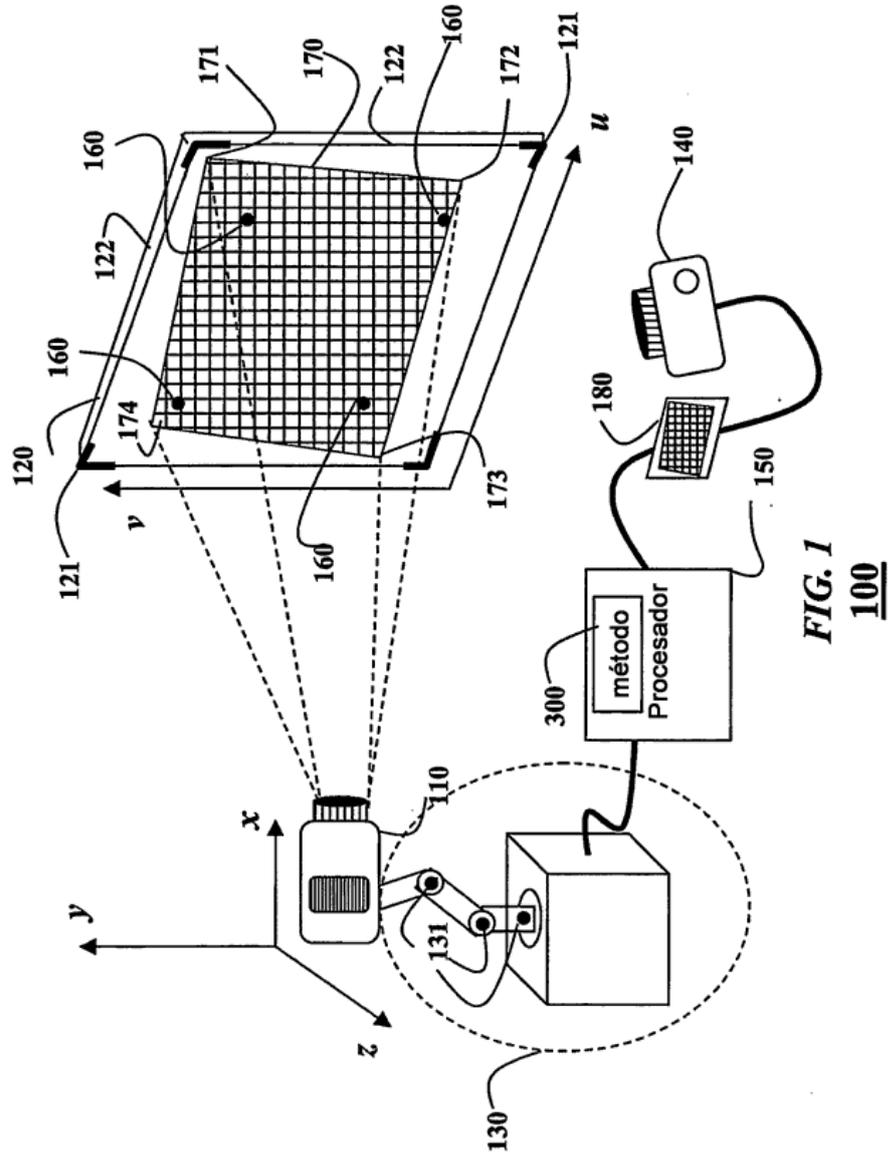
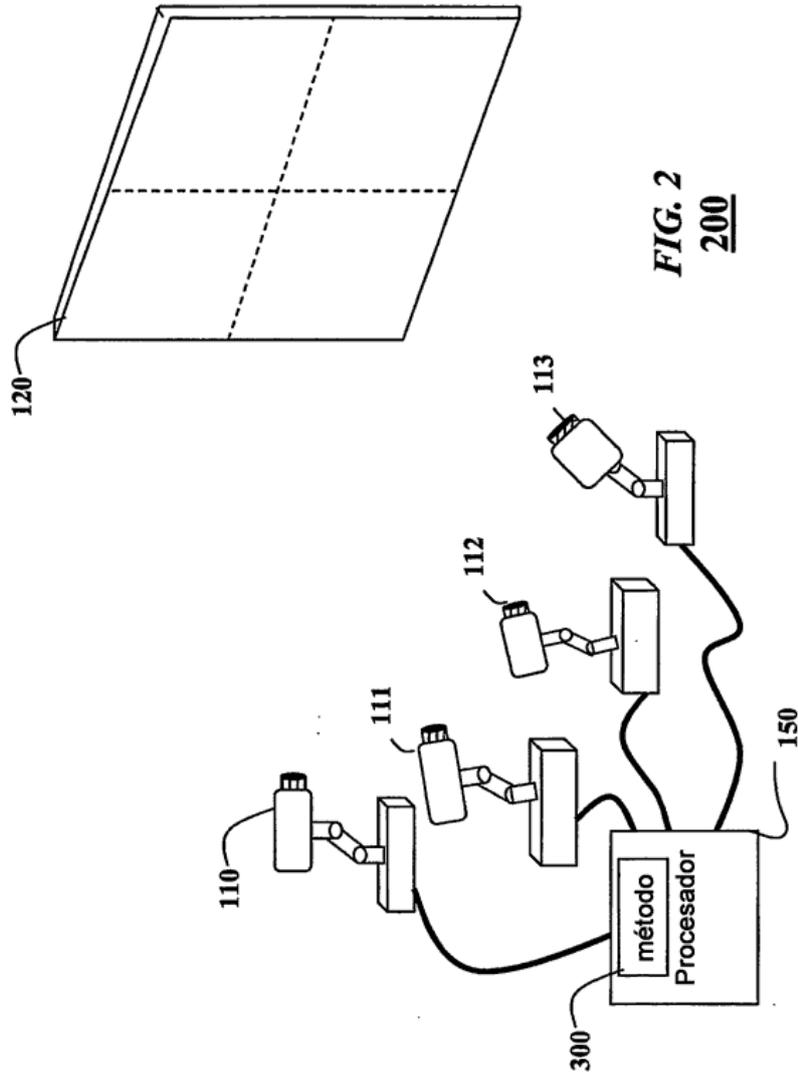


FIG. 1
100



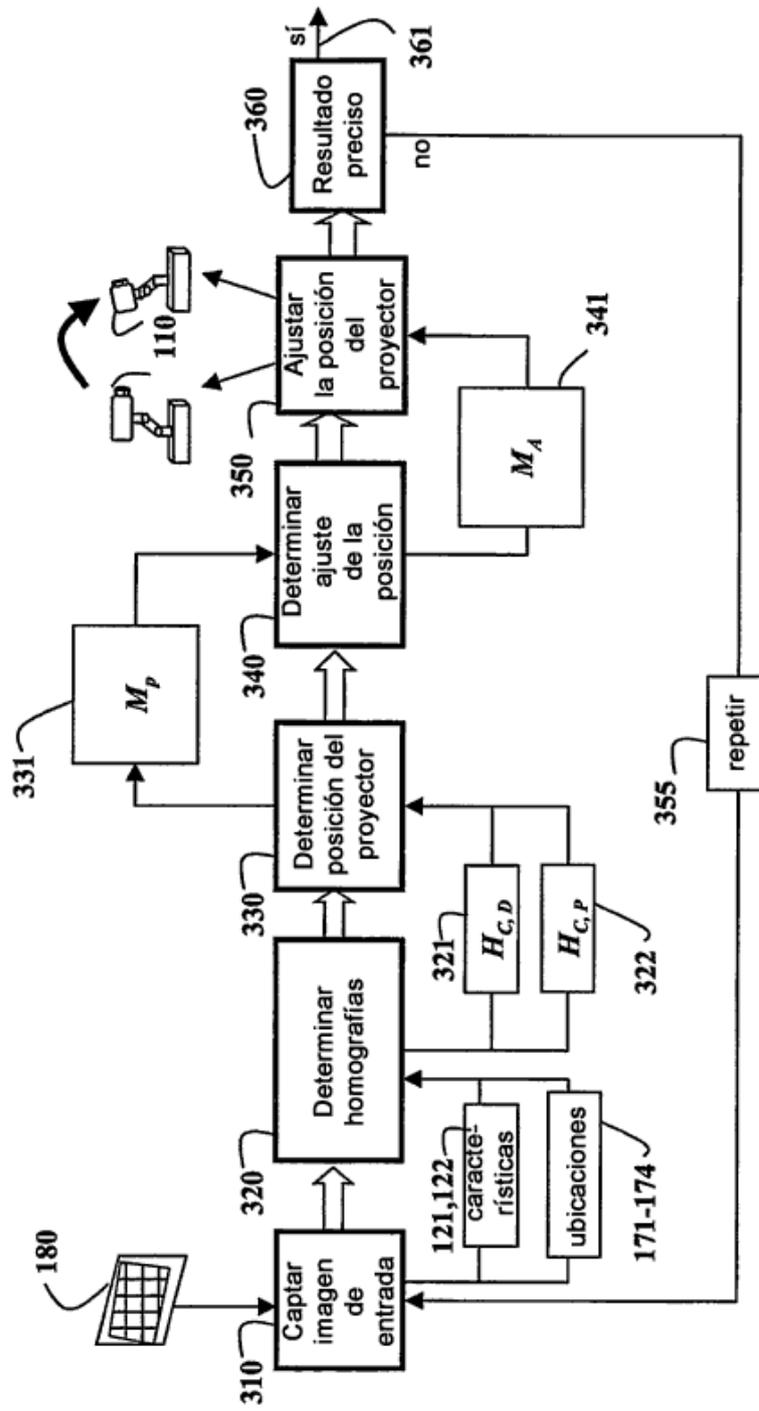


FIG. 3
300

