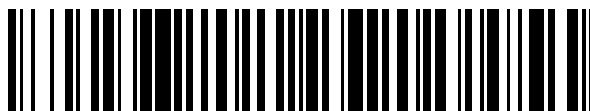


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 452**

51 Int. Cl.:

G06T 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.07.2011 E 11735622 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.12.2014 EP 2609570**

54 Título: **Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto**

30 Prioridad:

27.08.2010 ES 201031291

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

27.03.2015

73 Titular/es:

**TELFÓNICA, S.A. (100.0%)
Gran Vía, 28
28013 Madrid, ES**

72 Inventor/es:

**PUJOL ALCOLADO, JOSÉ CARLOS;
LANDABASO DÍAZ, JOSÉ LUIS;
DIVORRA ESCODA, ÓSCAR y
MARIMÓN SANJUAN, DAVID**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 532 452 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 de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto

Objeto de la invención

5 La presente invención, tal y como se expresa en el título de esta memoria descriptiva, se refiere a un procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto proporcionadas por al menos dos cámaras que toman vistas del objeto. Mediante el procedimiento de la presente invención se pueden obtener representaciones tales como un mapa de profundidad del objeto plano, una representación volumétrica del objeto plano y una representación en malla del objeto plano. El procedimiento de la presente invención está especialmente dirigido al modelado de objetos en tres dimensiones mediante el análisis de vistas en dos dimensiones para su posterior reconstrucción en tres dimensiones. Su aplicación abarca desde la tele-presencia por videoconferencia a la generación de modelos con diversos fines: análisis, educación, recreo, etc.

Antecedentes de la invención

15 El estado de la técnica existente divulga diferentes tipos de procedimientos para modelar un objeto. Dichos procedimientos se clasifican principalmente en procedimientos pasivos y procedimientos activos. En el área de los procedimientos activos, se utilizan sensores tales como láser o escáneres de luz estructurada, o también cámaras del tipo Tiempo-de-Vuelo. Existen otras posibilidades tales como proyectar, con la ayuda de un video proyector, un patrón conocido sobre un objeto y deducir la forma del objeto mediante el análisis de la deformación sufrida por el patrón debida a la forma del objeto.

20 En el área de los procedimientos pasivos, la mayoría de las técnicas explotan la triangulación geométrica que relaciona dos o más vistas del objeto de interés.

Algunos ejemplos de procedimientos para modelar objetos están presentes, entre otros, en las siguientes obras:

25 *BLEYER M ET AL: "A layered stereo matching algorithm using image segmentation and global visibility constraints", ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, AMSTERDAM [U.A.]: ELSEVIER, vol. 59, nº 3, 1 de mayo de 2005 (01.05.2005), páginas 128-150, ISSN: 0924-2716, describe un algoritmo estéreo que aprovecha de la segmentación de la imagen, asumiendo que la disparidad varía suavemente dentro de un segmento de color homogéneo y que las discontinuidades de la intensidad coinciden con los bordes de segmentos. La disparidad dentro de un segmento está representada por una ecuación plana y, para derivar el modelo plano, se genera un mapa de disparidad inicial. Esta técnica consigue buenos resultados en áreas con discontinuidades de la intensidad y oclusiones relacionadas, donde la información en estéreo que se pierde se sustituye por las regiones del entorno.*

30 *SHUM H-Y ET AL: "Interactive 3D modeling from multiple images using scene regularities", LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE/MICCAI 2000, SPRINGER, DE, 1 de junio de 1998 (01-06-1998), páginas 236-252, DOI: 10. 1007/3-540-49437-5_16 ISBN: 978-3-540-24128-7 divulga dos sistemas de modelado en 3D interactivo basado en imágenes. El primer sistema construye modelos en 3D de una colección de mosaicos de imagen panorámica, que consiste en un conjunto de imágenes tomadas con el mismo punto de vista. El segundo sistema extrae estructuras de estéreo representando la escena como una colección de capas planas.*

35 *TREUILLET S ET AL: "Three dimensional Assessment of Skin Wounds using a Standard Digital Camera", IEEE TRANSACTIONS ON MEDICAL IMAGING, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 28, nº 5, 1 de mayo de 2009 (01-05-2009), páginas 752-762, ISSN: 0278-0062 divulga la construcción de modelos en 3D de lesiones en la piel en imágenes en color. Las imágenes son imágenes sin calibrar adquiridas con una cámara digital de bolsillo con distancia focal variable.*

La presente invención pertenece al campo de los procedimientos pasivos que incluyen los siguientes enfoques de modelado de objetos basados en vistas:

- 45 • Estructura desde Movimiento, SfM, que consiste en estimar el modelo de la escena enfrente de una cámara en movimiento. Sin embargo, la técnica es sólo aplicable a un conjunto de múltiples cámaras estáticas. Generalmente, un algoritmo SfM establece la correspondencia entre las vistas de un conjunto de puntos en la escena. Mediante el establecimiento de esta correspondencia, es posible triangular la posición de los puntos en las tres dimensiones del espacio enfrente de una o varias cámaras. Desde este punto, existen varias posibilidades para generar un modelo de un objeto. Una posibilidad es aprovechar la triangulación para calibrar la posición de la cámara a lo largo de su movimiento o la posición de cada cámara estática. Un modelo denso de la forma de la escena puede obtenerse, por ejemplo, por medio de la Forma-desde-Estéreo. Otra posibilidad es asumir que la superficie entre tres puntos cualesquiera es localmente plana. Este modelo se obtiene, por lo tanto, conectando puntos en grupos de tres, por un triángulo. El conjunto de triángulos en 3D forma una malla que representa la forma del objeto. En este sentido son conocidos del estado de la técnica procedimientos que reconstruyen partes del objeto plano. En primer lugar, se establecen correspondencias entre segmentos planos. Se encuentran cuatro puntos por segmento o región y después se induce una homografía. Esta homografía

permite establecer la geometría epipolar entre las vistas. Finalmente, el conjunto de segmentos puede posicionarse en 3D.

- 5 • Reconstrucción volumétrica en 3D. Esta aproximación abarca desde el menos hasta el más preciso modelado. Por ejemplo, la caja que delimita el objeto real sería un modelo demasiado tosco. Existen modelos más precisos tales como la Envoltura Convexa (CH), la Envoltura Visual (VH) y la Foto Envoltura (PH). Uno de los modelos volumétricos más extendidos debido a su buena relación entre precisión y bajo coste computacional es la Envoltura Visual (VH). La Envoltura Visual se obtiene mediante un procedimiento denominado Forma-desde-Silueta (SfS). En una primera fase, la Forma-desde-Silueta extrae las entidades activas de la escena (siluetas del objeto) mediante un conjunto de cámaras. La Envoltura Visual se corresponde, por lo tanto, con el volumen dentro de la intersección de los conos que van desde el centro óptico de las cámaras a través de las siluetas en los planos ópticos de las cámaras. El conjunto de cámaras debe calibrarse intrínsecamente y extrínsecamente de antemano. De este modo, la calibración puede obtenerse usando el conjunto de puntos de control cuyas coordenadas se conocen automáticamente como un conjunto de puntos característicos clave, como en la aproximación de la Estructura desde Movimiento.
- 10
- 15 • Forma desde Sombreado, "SfSh", se ocupa de recuperar la forma desde una variación gradual del sombreado en la vista. La idea que está detrás de la Forma desde Sombreado es que la intensidad del color pueda describirse como una función de la superficie, la forma, y la dirección de la fuente de luz. La mayoría de los algoritmos SfSh asumen que la dirección de la fuente de luz es conocida.

20 Los procedimientos pasivos anteriormente descritos presentan varios inconvenientes en función del procedimiento utilizado. En el caso de los procedimientos basados en Estructura desde Movimiento (SfM), los inconvenientes surgen de los objetos sin textura. De hecho, en ausencia de textura sobre la superficie del objeto, el modelo resultante es muy tosco. En el caso de textura muy limitada pero con suficientes puntos para calibrar el conjunto de cámaras, se puede utilizar el procedimiento Forma-desde-Estéreo. Sin embargo, el resultado del procedimiento anterior presenta el inconveniente de que no es capaz de aislar el objeto de los objetos que forman el fondo o que rodean al objeto que se está modelando. En el caso particular de los procedimientos descritos anteriormente y que se basan en encontrar cuatro puntos de un segmento y generar una homografía, todo el proceso de calibración depende de la posibilidad de establecer correspondencia entre los planos detectados, lo cual no es viable para objetos sin textura.

30 Por otro lado, la Envoltura Visual (Visual Hull) obtenida con un procedimiento genérico SfS depende principalmente de dos aspectos. En primer lugar, las posiciones de las cámaras determinan el rendimiento del procedimiento SfS. Otra limitación de la aplicabilidad de este procedimiento es que las siluetas se extraen por comparación con un fondo estático conocido. Esto implica que el objeto no puede estar presente en la escena cuando se captura el fondo. Consecuentemente, este procedimiento sólo es válido para objetos que pueden obtenerse o introducirse fácilmente en la escena, pero no para modelar una parte de una habitación, tal como una pared o un tablero fijo.

35 Por lo tanto, sería deseable encontrar un procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto que no dependiera de la textura del objeto a modelar ni de la consecuente limitación que implica la correcta calibración de las cámaras, así como de la capacidad de trasladar el objeto a modelar respecto del fondo o de la ubicación en la que se encuentre el objeto.

Descripción de la invención

40 Para lograr los objetivos y evitar los inconvenientes indicados anteriormente, la presente invención consiste en un procedimiento para la generación de un modelo de un objeto plano a partir de las vistas del objeto. Dicho procedimiento está basado en dos conceptos: la geometría epipolar y la segmentación de la imagen. La geometría epipolar establece las relaciones geométricas entre dos o más cámaras que capturan la misma escena. La segmentación de la imagen consiste en generar segmentos (regiones) o áreas de una imagen que tienen características similares: tales como el color.

45 La presente invención cubre un procedimiento que genera un modelo volumétrico de un objeto plano. El procedimiento de la presente invención aprovecha las relaciones de la geometría epipolar entre dos o más cámaras, y la segmentación de la superficie del objeto visto por dichas cámaras. El procedimiento está separado en dos grandes etapas. La primera etapa consiste en calcular la ecuación del plano en 3D que define la superficie del objeto plano. Para ello, el procedimiento de la presente invención utiliza la triangulación de tres puntos que pertenecen al objeto plano. La segunda etapa consiste en encontrar el segmento (región), en una o más vistas, que mejor representa al objeto. Con la calibración de las cámaras es posible encontrar el rayo definido por cada punto de imagen (pixel) que pertenece al segmento. Finalmente, la representación volumétrica del objeto se determina por la intersección de todos los rayos con el plano definido por la ecuación del plano en tres dimensiones.

55 El procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano, a partir de vistas del objeto de la presente invención, genera una representación seleccionada de entre un mapa de profundidades del objeto plano, una representación tridimensional del objeto plano y una representación en malla del objeto plano, mediante al menos las siguientes etapas:

- i) calibrar al menos una primera cámara y una segunda cámara;
- ii) calcular unas coordenadas en 3D de al menos tres puntos que pertenecen a un plano del objeto plano;
- iii) calcular una ecuación del plano comprendido en el objeto plano;
- iv) seleccionar al menos una región que represente la superficie del objeto plano, en al menos un plano óptico o de imagen proporcionado por al menos una cámara; y,
- v) calcular la intersección entre la región seleccionada que representa la superficie del objeto y la ecuación del plano.

5

La etapa i) adicionalmente comprende calcular los parámetros extrínsecos e intrínsecos de al menos la primera cámara y la segunda cámara resolviendo las ecuaciones para tantos puntos en 2D/3D, como grados de libertad comprendan las cámaras.

10

La etapa ii) adicionalmente comprende:

- seleccionar un punto y un primer punto de imagen, en el que el primer punto de imagen representa el punto seleccionado en el plano de la imagen proporcionada por la primera cámara, y en el que el punto seleccionado está comprendido en el objeto plano;
- calcular un primer rayo que une el centro de la primera cámara con el primer punto de imagen, y también con el punto seleccionado. (Obviamente, el centro de la primera cámara, el primer punto de imagen y el punto seleccionado, están alineados).
- calcular la proyección del punto seleccionado sobre el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara.
- calcular al menos un segundo rayo por medio de al menos el plano de imagen de la segunda cámara, que conecta el centro de la segunda cámara con el segundo punto de imagen, y también con el punto seleccionado;
- determinar las coordenadas en 3D del punto seleccionado mediante el cálculo del punto de intersección entre el primer rayo y el al menos un segundo rayo;
- repetir las etapas anteriores para al menos dos puntos más, obteniendo al menos las coordenadas en 3D de tres puntos que pertenecen al plano del objeto plano.

15

20

25

La proyección mencionada anteriormente del punto seleccionado sobre el plano de imagen de la segunda cámara se calcula por medio de una opción de cálculo seleccionada entre manual y semi-automática.

La opción de cálculo manual comprende que un usuario, mediante un interfaz gráfico de usuario que muestra al menos el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara, selecciona el punto de imagen que mejor representa al punto previamente seleccionado mediante el plano de imagen proporcionado por la primera cámara.

30

La opción de cálculo semi-automático se selecciona de entre un conjunto de niveles semi-automáticos comprendido por un nivel bajo, un nivel medio y un nivel alto.

Para calcular la proyección por el nivel bajo de la opción de cálculo semi-automático, se realizan las siguientes etapas:

35

- calcular una línea epipolar en al menos el plano de imagen proporcionado por una segunda cámara, donde la línea epipolar es la línea dibujada sobre el plano de imagen de la segunda cámara que representa el primer rayo por medio de la calibración de las cámaras;
- representar la línea epipolar por medio de la interfaz gráfica de usuario; y

40

- seleccionar un segundo punto de imagen sobre la interfaz gráfica de usuario, donde el segundo punto de imagen es el punto seleccionado a lo largo de la línea epipolar que mejor representa el punto seleccionado por medio del plano de imagen proporcionado por la primera cámara.

Para calcular la proyección por el nivel medio de la opción de cálculo semi-automático, se realizan las siguientes etapas:

45

- a) determinar una primera área de la imagen que contiene al menos el primer punto de imagen y almacenar al menos un valor de información de puntos de imagen seleccionado de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos, de al menos el primer punto de imagen y cada uno de los puntos de imagen que rodean al primer punto de imagen;

- b) calcular una línea epipolar en al menos el plano de imagen proporcionado por una segunda cámara, donde la línea epipolar es la línea dibujada sobre el plano de imagen de la segunda cámara que representa el primer rayo por medio de la calibración de las cámaras;
- 5 c) determinar una segunda área de la imagen que comprenda al menos un punto de imagen comprendido en la línea epipolar, y almacenar al menos un valor de información del punto de imagen seleccionado de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos, de al menos el punto de imagen contenido en la línea epipolar y cada uno de los puntos de imagen que rodean el punto de imagen contenido en la línea epipolar;
- d) comparar el valor de información del punto de imagen de la primera área de imagen con el valor de información del punto de imagen de la segunda área de imagen;
- 10 e) repetir las etapas c) y d) para cada uno de los puntos de imagen que forman la línea epipolar; y
- f) seleccionar un segundo punto de imagen de entre un grupo de puntos de imagen formado por los puntos de imagen obtenidos en cada repetición por medio de una opción seleccionada entre manual y automática. La forma automática comprende seleccionar el segundo punto de imagen como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar, para lo que la segunda área de imagen del punto de imagen comprende un índice de reproducción de la primera área de imagen mayor que un umbral. La forma manual comprende resaltar con un color predeterminado el segundo punto de imagen, que se selecciona como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar, para lo que la segunda área de imagen del segundo punto de imagen comprende un índice de reproducción de la primera área de imagen superior a un umbral, y seleccionar un punto de entre los puntos resaltados por la interfaz gráfica del usuario.
- 15
- 20 Para calcular la proyección por el nivel alto de la opción de cálculo semiautomático, se realizan las siguientes etapas:
- a) determinar un grupo de puntos característicos en al menos los planos de imagen proporcionados por la primera cámara y la segunda cámara. Siendo estos puntos característicos los localizados en las esquinas y los bordes de cualquier objeto (plano o no plano), y, sobre la superficie de objetos con textura, los puntos obtenidos por el algoritmo de detección de esquinas seleccionado entre el algoritmo de detección de esquinas de Moravec, el algoritmo de detección de esquinas de Harris y Stephens/Plessey, el operador multi-escalas de Harris, el algoritmo de detección de esquinas de Shi y Tomasi, la aproximación de la curvatura de la curva de nivel, la detección característica de DoH (Determinante de Hessianos), DoG (Diferencia de Gaussianos) y LaG (Laplaciana de Gaussianos), el algoritmo de detección de esquinas de Brady y Wang, el algoritmo de detección de esquinas de SUSAN, el algoritmo de detección de esquinas de Hedley y Trajkovic, el detector de características FAST, el detector de puntos de síntesis automático con programación genética, los operadores de puntos de interés con afinidad adaptada y cualquier otro del estado de la técnica;
- 25
- 30 b) emparejar el primer punto de imagen con un punto característico determinado anteriormente;
- c) determinar una primera área de imagen que contiene al menos el primer punto de imagen y almacenar al menos un valor de información del punto de imagen seleccionado de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos para al menos el primer punto de imagen y cada uno de los puntos de imagen que rodean al primer punto de imagen;
- 35
- d) calcular una línea epipolar en al menos el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara, donde la línea epipolar es la línea dibujada sobre el plano de imagen de la segunda cámara que representa el primer rayo por medio de la calibración de las cámaras;
- 40
- e) determinar una segunda área de la imagen que comprende al menos un punto de imagen comprendido en la línea epipolar, y almacenar al menos un valor de información del punto de imagen seleccionado de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos, de al menos el punto de imagen contenido en la línea epipolar y cada uno de los puntos de imagen que rodean el punto de imagen contenido en la línea epipolar;
- 45
- f) comparar el valor de información del punto de imagen de la primera área de imagen con el valor de información del punto de imagen de la segunda área de imagen;
- g) repetir las etapas e) y f) para cada uno de los puntos de imagen que forman la línea epipolar; y
- f) seleccionar un segundo punto de imagen de entre un grupo de puntos de imagen formado por los puntos de imagen obtenidos en cada repetición por medio de una opción seleccionada entre manual y automática. La forma automática comprende seleccionar el segundo punto de imagen como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar, para lo que la segunda área de imagen del punto de imagen comprende un índice de reproducción de la primera área de imagen mayor que un umbral. La forma manual comprende resaltar con un color predeterminado el segundo punto de imagen, que se selecciona como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar, para el que la segunda área de
- 50

imagen del segundo punto de imagen comprende un índice de reproducción de la primera área de imagen superior a un umbral, y seleccionar un punto de entre los puntos resaltados por la interfaz gráfica del usuario.

5 El primer punto de imagen y al menos el segundo punto de imagen, permiten definir los dos rayos mencionados anteriormente en la segunda sub-etapa y la cuarta sub-etapa de la etapa ii). Un rayo (primer rayo) se define por tres puntos (centro de la cámara, primer punto de imagen y el punto seleccionado) que pertenecen a una línea. El otro al menos un rayo (uno por cámara) está definido por tres puntos (centro de la cámara, segundo punto de imagen, y el punto seleccionado) que pertenecen a una línea.

10 De esta forma, el rayo que conecta el centro de la primera cámara con el punto seleccionado y el rayo que conecta el centro de la segunda cámara con el punto seleccionado se definen por las ecuaciones de línea respectivas por medio de las siguientes etapas:

- obtener la localización en 3D del centro de la cámara del sistema de coordenadas calibrado;
- obtener la localización en 3D del primer punto de imagen y de los segundos puntos de imagen que representan el mismo punto seleccionado en al menos el plano de imagen de la primera cámara y el plano de imagen de la segunda cámara respectivamente;
- 15 • determinar al menos una primera ecuación de línea y una segunda ecuación de línea. La primera ecuación de la línea está descrita por el vector que conecta la localización en 3D del centro de la primera cámara con la localización en 3D del primer punto de imagen y la segunda ecuación de la línea se describe por el vector que conecta la localización en 3D del centro de la segunda cámara con la localización en 3D del segundo punto de imagen.

20 A continuación, para determinar las coordenadas de al menos un punto de 3D mediante el cálculo del punto de intersección entre los al menos dos rayos comprende además:

- establecer las coordenadas de al menos un punto en 3D cuando el punto de intersección entre los dos rayos pertenece simultáneamente a la primera ecuación y la segunda ecuación que determinan los dos rayos;
- calcular las coordenadas de un punto en 3D cuya distancia al primer rayo y al menos el segundo rayo es mínima cuando no existe un punto de intersección entre el primer rayo y al menos el segundo rayo.

25 Por otra parte, la etapa iii) del procedimiento de la presente invención adicionalmente comprende calcular la expresión del plano determinado por la siguiente ecuación:

$$a_N \cdot (x - x_D) + b_N \cdot (y - y_D) + c_N \cdot (z - z_D) = 0$$

30 en la que X_D , Y_D y Z_D son las coordenadas de un punto en 3D que pertenece al plano del objeto y a_N , b_N y c_N son las coordenadas de un vector N normal al plano. El vector N normal al plano es el producto vectorial de dos vectores pertenecientes al plano y definidos por al menos tres puntos en el plano del objeto plano.

Además, la etapa iv) del procedimiento de la presente invención se realiza por medio de una opción seleccionada entre manual y automática;

La opción manual comprende al menos las siguientes etapas:

- 35 • calcular una sub-región que comprende seleccionar cada uno de los puntos de imagen que rodean un punto de imagen seleccionado por medio de la interfaz gráfica del usuario. Estos puntos de imagen cumplen con un criterio de similitud. El criterio de similitud es una comparación predeterminada entre valores de información de los puntos de imagen seleccionados de entre el color, la intensidad de color y los valores de información de los puntos de imagen seleccionados entre el color y la intensidad de color de cada uno de dichos puntos de imagen
- 40 • repetir la etapa anterior para tantas sub-regiones como establezca el usuario: y
- formar una región del objeto plano mediante la conexión de las subregiones calculadas anteriormente.

45 Por otra parte, la opción automática comienza con el cálculo del punto seleccionado, el primer punto de imagen y al menos el segundo punto de imagen definido anteriormente en la opción de cálculo semi-automático para calcular la proyección del punto seleccionado sobre el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara (tercera sub-etapa de la etapa ii del procedimiento). La opción automática comprende al menos las etapas siguientes:

- seleccionar al menos dos puntos de imagen en un mismo plano de imagen que mejor representen los al menos dos puntos del objeto plano, en el que estos dos puntos de imagen se seleccionan de entre los dos primeros

puntos de imagen en el plano de imagen de la primera cámara y los dos segundos puntos de imagen del plano de imagen de al menos la segunda cámara;

- 5 • almacenar los valores de la información del punto de imagen seleccionados de entre el color y la intensidad de color de los puntos de imagen comprendidos en el segmento de línea que conecta los dos puntos de imagen seleccionados en la etapa anterior;
- 10 • calcular un histograma de dos dimensiones que represente en una dimensión todos los posibles valores de información del punto de imagen que ha dado el punto de imagen en el dominio del espacio, y en la otra dimensión, el número de veces que un cierto valor de información del punto de imagen seleccionado entre el color y la intensidad de color ha aparecido en el segmento de línea. Por lo tanto, el histograma presenta picos para los valores de la información del punto de imagen seleccionado entre el color y la intensidad de color más repetidos;
- 15 • identificar, para cada pico del histograma, los puntos de imagen, que comprendidos en el segmento de línea, tienen los valores de información del punto de imagen de color e intensidad de color representados en cada uno de los picos;
- calcular una sub-región para cada uno de los puntos de imagen identificadores que se forman por los puntos de imagen que rodean al punto de imagen identificador y que cumplen con el criterio de similitud;
- repetir la etapa anterior para tantas sub-regiones como puntos de imagen identificadores que se hayan identificado; y
- formar una región del objeto plano mediante la conexión de las subregiones calculadas anteriormente.

20 Para calcular la intersección entre la región que representa la superficie del objeto y la ecuación del plano, el procedimiento de la presente invención adicionalmente comprende las siguientes cuatro sub-etapas:

- 25 • encontrar, para cada región formada en el plano de imagen de la primera cámara, al menos un rayo que pasa a través del centro de la primera cámara y de un punto comprendido en cada región;
- encontrar el punto de intersección entre dicho al menos un rayo y el plano. Este punto de intersección representa las coordenadas en 3D de un punto que pertenecen a un objeto plano real;
- repetir las dos sub-etapas anteriores para cada punto que forma la región y formar una nube de puntos cuando se forma la región para al menos dos puntos;
- unir los puntos de intersección encontrados por al menos la primera cámara dentro de la región seleccionada.

30 Las cuatro sub-etapas anteriores se repiten opcionalmente reemplazando la primera cámara con la al menos segunda cámara. Además, las cuatro sub-etapas mencionadas anteriormente se ejecutan sólo una vez con al menos la segunda cámara. Por lo tanto la primera cámara puede reemplazarse con la segunda cámara o cualquier otra cámara comprendida en un sistema basado en dos o más cámaras.

35 Con todas las etapas y sub-etapas del procedimiento de la presente invención descritas de esta forma, los elementos para generar cualquiera de las representaciones seleccionadas se obtienen desde un mapa de profundidad del plano del objeto, una representación volumétrica (también conocida como representación tridimensional) del objeto y una representación de malla del plano del objeto.

El procedimiento adicionalmente comprende las siguientes etapas para realizar la representación del mapa de profundidad del objeto plano:

- 40 • seleccionar una región plana perteneciente al objeto a modelar;
- analizar en un plano de imagen de una cámara específica, los puntos de imagen de la región correspondientes a dicha región plana;
- calcular, para cada punto, la distancia desde el centro de la cámara a cada punto de la región plana;
- repetir las dos etapas anteriores para cada punto perteneciente a la región plana; y,
- 45 • representar el mapa de profundidad con las distancias anteriormente calculadas y otorgando un valor seleccionado entre cero y un primer valor predeterminado a todos los puntos que estén comprendidos en la región plana seleccionada. Para todos los puntos que no están comprendidos en la región plana seleccionada, pero que pertenecen al plano de imagen, se asigna un segundo valor predeterminado.

El procedimiento comprende las siguientes etapas para realizar la representación volumétrica del objeto plano:

- definir un sistema común de coordenadas mediante la calibración de una disposición de cámaras formado por al menos dos cámaras;
 - definir una caja delimitante que comprenda el objeto a modelar con referencia al sistema de coordenadas definido;
- 5
- dividir la caja delimitante en pequeños elementos de volumen denominados vóxeles;
 - determinar para cada vóxel comprendido en la caja delimitante si dicho vóxel está ocupado mediante un algoritmo seleccionado entre un algoritmo sencillo y un algoritmo perfeccionado; y,
 - representar la representación volumétrica mediante la representación de los vóxeles ocupados.

El algoritmo sencillo comprende realizar las siguientes sub-etapas:

- 10
- calcular las coordenadas del centroide de cada vóxel;
 - calcular la distancia desde el centroide a un punto de la nube de puntos; y,
 - etiquetar el vóxel como "ocupado" si la distancia calculada anteriormente entre el centroide y el punto de la nube de puntos es inferior a un umbral predeterminado, y etiquetar el vóxel como "no ocupado" si la distancia calculada anteriormente es superior al umbral predeterminado.

15 Mientras que el algoritmo perfeccionado comprende realizar las siguientes sub-etapas:

- calcular las coordenadas del centroide de cada vóxel;
 - calcular la distancia desde el centroide al centro de la cámara;
 - identificar el punto en la nube de puntos con la distancia mínima al centroide y la longitud del rayo que pasa a través del vóxel y el centro de la cámara;
- 20
- calcular la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara; etiquetando el vóxel como "ocupado" si la distancia calculada anteriormente entre el centroide y el centro de la cámara es mayor o igual que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara y en caso contrario etiquetar el vóxel con "no ocupado"; y
 - aplicar mejoras sobre al algoritmo mejorado mediante unas mejoras seleccionadas entre:

- 25
- una intersección por volúmenes que se obtiene mediante las dos siguientes sub-etapas:
 - determinar la ocupación de los vóxeles que usan el centro de la cámara proporcionado por la primera cámara y al menos la segunda cámara independientemente; y,
 - etiquetar el vóxel como "ocupado" si y sólo si está etiquetado como 'ocupado' en cada una de las vistas proporcionadas por la primera cámara y la al menos segunda cámara;

30

- una ocupación por grosor, que comprende las siguientes sub-etapas:

- seleccionar el grosor "T" del objeto plano;
 - calcular las coordenadas del centroide de cada vóxel;
 - calcular la distancia desde el centroide al centro de la cámara;
- 35
- identificar el punto en la nube de puntos con la distancia mínima al centroide y la longitud del rayo que pasa a través del vóxel y el punto en el centro de la cámara;
 - calcular la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara; y
 - etiquetar el vóxel como ocupado si la distancia calculada anteriormente entre el centroide y el centro de la cámara es mayor o igual que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara, y más pequeño que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara más el grosor "T" y en caso contrario etiquetar el vóxel como "no ocupado";
- 40

o intersección por volúmenes con ocupación por el grosor que obtiene la intersección de los diferentes volúmenes mediante las siguientes sub-etapas:

- determinar la ocupación de los vóxeles usando el centro de la cámara proporcionado por la primera cámara y al menos la segunda cámara independientemente;

- seleccionar el grosor "T" del objeto plano;
- calcular las coordenadas del centroide de cada vóxel;
- calcular la distancia desde el centroide al centro de la cámara;
- 5 • identificar el punto en la nube de puntos con la distancia mínima al centroide y la longitud del rayo que pasa a través del vóxel y el punto en el centro de la cámara;
- calcular la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara;
- etiquetar, en cada vista proporcionada por la primera cámara y la segunda cámara el vóxel como "ocupado" si la distancia calculada anteriormente entre el centroide y el centro de la cámara es mayor o igual que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara y menor que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara más el grosor "T" y etiquetar el vóxel como "no ocupado" en caso contrario; y,
- 10 • etiquetar el vóxel como "ocupado" si y sólo si está etiquetado como "ocupado" en cada una de las vistas proporcionadas por la primera cámara y la al menos segunda cámara;

Por otra parte, para realizar la representación en malla del objeto plano se realizan las siguientes etapas:

- 15 • determinar tres puntos por cada superficie localmente plana comprendida en el objeto plano;
- unir los tres puntos formando un triángulo;
- unir los triángulos obtenidos formando una malla; y,
- representar la malla.

20 La descripción de este modo descrita se ha realizado principalmente en base a dos cámaras, extendiéndose a cualquier número de cámaras donde las referencias a la segunda cámara y el plano de imagen producido por la segunda cámara se reemplazan por la tercera cámara y el plano de imagen de la tercera cámara, la cuarta cámara y el plano de imagen de la cuarta cámara, etc. Lo mismo que ocurriría con el segundo punto de imagen.

25 Un modelado rápido de cualquier objeto que comprende segmentos planos se obtiene por las etapas descritas anteriormente del procedimiento de la presente invención. Esto se debe al proceso de calibración que es fácil y sólo se realiza una vez para una configuración determinada de cámaras.

30 El modelado de objetos por medio de técnicas basadas en vistas está estrechamente relacionado con los procedimientos SfS y SfM. La gran ventaja de la presente invención sobre dichos procedimientos es que hace posible seleccionar la superficie del objeto manualmente o automáticamente, haciendo posible superar la limitación de la textura que tiene el procedimiento SfM. La presente invención puede aplicarse sobre una estancia no preparada con muebles estáticos, que implica una limitación del procedimiento SfM. Dichos procedimientos basados en las técnicas SfS sólo pueden usarse después de la selección manual de los segmentos. No es posible determinar el plano, y, por lo tanto, se obtiene una representación tosca de la Envoltura Visual.

35 La presente invención incluye dos modos para obtener un modelo de un objeto, manual o semi-automático. La presente invención permite el control en cada etapa de un proceso semi-automático en contraposición con los procedimientos de la técnica anterior basados en las técnicas SfM o SfS, permitiendo un resultado más controlado del procedimiento.

Breve descripción de las figuras

40 La figura 1 muestra un diagrama de flujo del procedimiento de la presente invención en el que se muestran las principales etapas del procedimiento.

La figura 2 muestra una implementación del procedimiento de la presente invención en el que se muestran un objeto plano, un punto "P" comprendido en el objeto plano, tres cámaras y un sistema global de coordenadas.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo del procedimiento de la presente invención para calcular las coordenadas en tres dimensiones de tres puntos que pertenecen al mismo plano.

45 La figura 4 muestra una implementación del procedimiento de la presente invención en el que se muestra la opción manual para seleccionar la proyección de un punto.

La figura 5 muestra una implementación para las etapas del procedimiento de la presente invención correspondiente al nivel bajo de cálculo semi-automático de la proyección de un punto.

La figura 6 muestra una realización para las etapas del procedimiento de la presente invención para un nivel medio y alto de la totalidad de niveles semiautomáticos para el cálculo de la proyección del punto seleccionado.

La figura 7 muestra una realización del procedimiento de la presente invención para calcular las regiones y sub-regiones comprendidas en el objeto plano por medio de un modo automático.

- 5 La figura 8 muestra una realización del procedimiento de la presente invención aplicada al cálculo del objeto plano.

Descripción de un ejemplo de realización de la invención

En adelante en este documento se realiza, con carácter ilustrativo y no limitativo, una descripción de varias realizaciones de la invención, haciendo referencia a la numeración utilizada en las figuras.

- 10 La figura 1 muestra un diagrama de flujo del procedimiento de la presente invención en el que se muestran las principales etapas del procedimiento. Las etapas del procedimiento son: calibrar al menos dos cámaras (1), calcular las coordenadas en 3D de al menos tres puntos que pertenecen al mismo plano del objeto plano (2), calcular la ecuación del plano comprendido en el objeto plano (3), seleccionar al menos una región que representa la superficie del objeto plano, en al menos un plano de imagen proporcionado por al menos una cámara (4) y calcular la intersección entre la región seleccionada que representa la superficie del objeto y la ecuación del plano (5). Por medio de estas etapas, se obtiene una representación seleccionada de entre un mapa de profundidad (6) del objeto plano, una representación volumétrica (7) del objeto plano y una representación de malla (8) del objeto plano.

- La figura 2 muestra una implementación del procedimiento de la presente invención en la que se muestran un objeto plano (10), un punto P (11) comprendido en el objeto plano, una primera cámara (12), una segunda cámara (13), una tercera cámara (14) y un sistema global de coordenadas (15). Para calibrar las tres cámaras anteriores con respecto al sistema de coordenadas global, se calculan los parámetros extrínsecos por medio de las matrices de traslación y rotación que relacionan el sistema de coordenadas interior de cada cámara (12A, 13A, 14A) con el sistema de coordenadas global (15). Adicionalmente, los centros de cada cámara O_L (12B), O_C (13B) y O_R (14B) que pueden ser opcionalmente el punto focal de cada cámara, así como los planos de imagen (12C, 13C, 14C) proporcionados por cada una de las tres cámaras (12, 13, 14), se obtienen con la calibración intrínseca de cada cámara. Sobre cada uno de los planos de imagen (12C, 13C, 14C), también se muestra el punto de imagen (P_L , P_C , P_R) que representa el punto seleccionado P (11). Además, muestra cómo se calculan las partes que comprenden geometría epipolar. En primer lugar se calcula un rayo (13E) que une, por ejemplo, el centro (O_C) de la segunda cámara con el punto de imagen (P_C) del plano de imagen que representa el punto seleccionado P (11). Puede obtenerse otro rayo (12E, 14E) para cada cámara con un procedimiento similar. A continuación se calculan las líneas epipolares (12D, 14D) sobre el plano de imagen de la primera cámara y sobre el plano de imagen de la tercera cámara respectivamente, siendo las líneas epipolares las proyecciones calculadas del rayo (13E) sobre el plano de imagen de la primera cámara y sobre el plano de imagen de la tercera cámara respectivamente. Las líneas epipolares (12D y 14D) están dibujadas sobre el plano de imagen (12C, 14C) de cada una de las cámaras. Las proyecciones del rayo (13E) sobre el plano de imagen se calculan con la calibración de las cámaras que está basada a su vez sobre el sistema de posición global.

- La figura 3 muestra un diagrama de flujo del procedimiento de la presente invención para calcular las coordenadas en 3D de al menos tres puntos que pertenecen al mismo plano. La primera etapa es seleccionar un punto del plano comprendido en el objeto plano por medio del plano de imagen proporcionado por la primera cámara (30). La segunda etapa es calcular la proyección del punto seleccionado sobre el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara por un modo manual o semi-automático (31). La tercera etapa es definir dos rayos por medio del plano de imagen de la primera cámara y el plano de imagen de la segunda cámara, uno por cámara y el punto seleccionado, que conecta el centro de la primera cámara con el punto seleccionado y el centro de la segunda cámara con el punto seleccionado (32). La cuarta etapa es determinar las coordenadas del punto seleccionado en 3D calculando el punto de intersección entre los dos rayos (33). La quinta etapa es repetir las etapas anteriores hasta que se obtienen las coordenadas en 3D de los tres puntos que pertenecen al plano del objeto plano (34).

- La figura 4 muestra una implementación del procedimiento de la presente invención para la opción manual de calcular la proyección de un punto seleccionado sobre el plano de imagen de la segunda cámara. La implementación comprende un objeto plano (40) que a su vez comprende tres puntos P_1 , P_2 y P_3 , una primera cámara (41) que comprende un plano de imagen (41A) mostrado por una interfaz gráfica de usuario (43), una segunda cámara (42) que comprende un plano de imagen (42A) mostrado por medio de la interfaz gráfica de usuario (44). Un usuario (45), mediante la interfaz gráfica de usuario (44) que muestra el plano de imagen (42A) de la segunda cámara (42), selecciona el punto de imagen que mejor representa el punto seleccionado anteriormente por medio del plano de imagen (41A) de la primera cámara (41). También se muestran los centros de la primera y la segunda cámara O_L y O_R , así como los rayos (46A, 46B, 46C, 47A, 47B, 47C) que unen los centros (O_1 , O_2) de las cámaras con los puntos de imagen mostrados (P_1' , P_2' , P_3') o seleccionados (P_1'' , P_2'' , P_3'') por el usuario (45), que también unen los puntos (P_1 , P_2 , P_3) comprendidos en el objeto plano (40).

La figura 5 muestra una implementación para las etapas del procedimiento de la presente invención correspondientes al nivel bajo del cálculo semiautomático de la proyección de un punto "P" seleccionado por medio del plano de imagen (51 A) de la primera cámara (51) sobre el plano de imagen (52A) de la segunda cámara (52). La primera etapa es seleccionar un primer punto de imagen (P_1) del plano de imagen (51 A) que representa un punto seleccionado (P) del objeto plano (50) por medio de una interfaz (53) que representa el punto seleccionado en el plano de imagen de la primera cámara (51). La segunda etapa es calcular un primer rayo "infinito" que pasa a través del centro (O_1) de la primera cámara (51) Y el primer punto de imagen (P_1). Para mejorar la comprensión, el primer rayo (55) y el segundo rayo (56) se muestran con una línea continua desde el centro de las cámaras al punto P, y con líneas discontinuas desde el punto P al infinito. Como las coordenadas en 3D del centro (O_1) y el primer punto de imagen (P_1) son conocidas, las coordenadas del primer rayo se calculan automáticamente. La tercera etapa es calcular la línea epipolar (57) sobre el plano de imagen de la segunda cámara (52). La línea epipolar es la línea sobre el plano de imagen de la segunda cámara que representa el primer rayo. La línea epipolar (57) se representa como una línea (57A) sobre la interfaz del usuario (54). En la cuarta etapa, el usuario selecciona un segundo punto de imagen (P_2) como un punto de imagen a lo largo de la línea epipolar (57) que mejor representa el punto seleccionado (P) por medio de la interfaz de usuarios (54) conectada a la segunda cámara (52).

Dado que la diferencia entre el nivel medio y el nivel alto de todos los niveles semi-automáticos se basa principalmente en el hecho de que el nivel alto comprende adicionalmente calcular los puntos característicos por medio de los algoritmos de detección de esquinas del estado de la técnica, la implementación de la figura 6 sirve para mostrar las etapas del procedimiento comprendido en el nivel medio así como en el nivel alto.

La figura 6 muestra una realización para las etapas del procedimiento de la presente invención para el nivel medio y el nivel alto de la opción de cálculo semi-automático para el cálculo de la proyección del punto seleccionado por el plano de imagen proporcionado por la primera cámara sobre el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara. La primera etapa del procedimiento mostrada en la realización de la figura 6 es seleccionar un punto P del objeto plano (60) y un primer punto de imagen (P_1) que representa el punto seleccionado en el plano de imagen (61A) de la primera cámara (61) que se muestra en una interfaz gráfica del usuario (63). La segunda etapa es determinar una primera área de imagen (68) que contiene el primer punto de imagen (P_1) y los puntos de imagen que rodean al primer punto de imagen, y almacenar los valores de información del punto de imagen seleccionados de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos (no mostrada), de cada uno de los puntos de imagen contenidos en la primera área de imagen. La tercera etapa es calcular un primer rayo "infinito" (65) que pasa a través del centro (O_1) de la primera cámara (61) y el primer punto de imagen (P_1). Para mejorar la comprensión, el primer rayo (65) y el segundo rayo (66) se muestran con línea continua desde los centros (O_1, O_2) de las cámaras al punto P, y con líneas discontinuas desde el punto P al infinito. Como las coordenadas de 3D del centro (O_1) de la primera cámara y el primer punto de imagen (P_1) son conocidas, las coordenadas del primer rayo se calculan automáticamente. La cuarta etapa es calcular la línea epipolar (67) sobre el plano de imagen (62A) de la segunda cámara (62). La línea epipolar es la línea sobre el plano de imagen de la segunda cámara que representa el primer rayo. La línea epipolar (67) se representa como una línea (67A) sobre la interfaz de usuario (64). La quinta etapa es determinar una segunda área de imagen (68A,..., 68N) que contiene un punto de imagen de la línea epipolar y los puntos de imagen de alrededor del punto de imagen de la línea epipolar y almacenar los valores de información de los puntos de imagen seleccionados de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos (no mostrada), de cada uno de los puntos de imagen contenidos dentro de la segunda área de imagen. La sexta etapa es comparar los valores de información del punto de imagen de la segunda área con los valores de información del punto de imagen de la primera área. La séptima etapa es repetir la quinta etapa y la sexta etapa para cada uno de los puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar. La octava etapa es seleccionar un punto de imagen (P_2), llamado el segundo punto de imagen, que mejor representa el punto seleccionado (P) por medio de una opción seleccionada entre manual y automática.

La forma automática comprende seleccionar el segundo punto de imagen como el punto de imagen del total de puntos de imagen que comprenden la línea epipolar, para el que su segunda área de imagen comprende un índice de reducción de la primera área de imagen mayor que un umbral. La forma manual comprende resaltar con un color predeterminado el segundo punto de imagen, que se selecciona como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar, para el que la segunda área de imagen del segundo punto de imagen comprende un índice de reducción de la primera área de imagen mayor que un umbral, y seleccionar el punto resaltado (P_2) por la interfaz gráfica del usuario (64A).

La figura 7 muestra una realización del procedimiento de la presente invención para calcular las regiones y sub-regiones comprendidas en el objeto plano (70) por medio del modo automático. La primera etapa es seleccionar al menos dos puntos (P_1, P_2) pertenecientes al plano, los puntos de imagen (P_{11}, P_{21}) del plano de imagen de la primera cámara (71) que representa los puntos seleccionados, las proyecciones de estos puntos (P_{12}, P_{22}) sobre el plano de imagen (72) de la segunda cámara, siendo estas proyecciones algunos puntos seleccionados de entre los segundos puntos de imagen. La segunda etapa es dibujar el segmento de línea (73) entre los puntos de imagen (P_{22}, P_{12}) comprendidos en el plano de imagen de la segunda cámara (72). La tercera etapa es almacenar algunos valores de información del punto de imagen seleccionados entre el color y la intensidad de color de los puntos de imagen comprendidos en el segmento de línea. La cuarta etapa es calcular un histograma de dos dimensiones (76) que representa en una dimensión (X) todos los valores posibles de información de un punto de imagen que podrían haberse dado a un punto de imagen en el dominio del espacio, y en otra dimensión (Y), el número de veces que un

- cierto valor de información de un punto de imagen, seleccionado entre el color y la intensidad de color ha aparecido en el segmento de línea. De este modo, el histograma muestra algunos picos para los valores más repetidos de color o intensidad de color. La quinta etapa es identificar, para cada pico del histograma (77), algunos puntos de imagen identificadores que, comprendidos en el segmento de línea (73), tienen valores de color e intensidad de color representados en cada pico. La sexta etapa es calcular una sub-región (74, 75), para cada uno de los puntos de imagen identificadores, que se forman por los puntos de imagen que rodean el punto de imagen identificador y que cumplen con un criterio de similitud predeterminado. La séptima etapa es repetir la etapa anterior para tantas subregiones como puntos de imagen identificadores se han identificado. Finalmente, la octava etapa es formar una región del objeto plano mediante la conexión de las sub-regiones calculadas anteriormente.
- 10 La figura 8 muestra una implementación del procedimiento de la presente invención aplicada al cálculo de un objeto plano conformado arbitrariamente. Después de la calibración de cámara de la primera cámara (81) con respecto al sistema global de coordenadas (85), se calcula la ecuación del plano (84) mediante el cálculo de las coordenadas en 3D de los tres puntos (por ejemplo, P_1 , P_2 y P_4) que pertenecen al plano (84). A continuación se selecciona una región (83) en el plano de imagen (82) de la primera cámara (81) así como los puntos P_1 , P_2 , P_3 , y P_4 comprendidos en el objeto formando una nube de 5 puntos. Finalmente, el objeto plano conformado arbitrariamente (80) permanece definido por la intersección entre los rayos (por ejemplo: 86A, 86B, 86C, 86D) definidos por el centro de la cámara (C) y cualquier punto (por ejemplo, P_1' , P_2' , P_3' , P_4') comprendidos en la región seleccionada (83) que representa la superficie del objeto y la ecuación del plano (84). En otras 10 palabras, de toda la región infinita que comprende la ecuación del plano, la región buscada delimita el plano obteniendo el objeto plano y por ende, sus coordenadas en 3D.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto plano, en el que el procedimiento genera una representación seleccionada de entre un mapa de profundidad del objeto plano, una representación volumétrica del objeto plano y una representación en malla del objeto plano, mediante al menos las siguientes etapas:
- 5
- i) calibrar (1) al menos una primera cámara (12) y una segunda cámara (13);
 - ii) calcular (2) las coordenadas en 3D de al menos tres puntos que pertenecen a un plano del objeto plano;
 - iii) calcular (3) una ecuación del plano comprendido en el objeto plano (10);
 - iv) seleccionar (4) al menos una región que represente la superficie del objeto plano, en al menos un plano de imagen proporcionado por al menos una cámara; y,
 - 10 v) calcular (5) una intersección entre la región seleccionada que representa la superficie del objeto y la ecuación del plano,
- en el que la etapa ii) comprende adicionalmente:
- 15 • seleccionar (30) un punto y un primer punto de imagen, en el que el primer punto de imagen representa el punto seleccionado en el plano de imagen proporcionado por la primera cámara, y en el que dicho punto seleccionado está comprendido en el objeto plano;
 - calcular (32) un primer rayo que une el centro de la primera cámara con el primer punto de imagen, y también con el punto seleccionado;
 - 20 • calcular (31) la proyección del punto seleccionado sobre el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara;
 - calcular (32) al menos un segundo rayo por medio de al menos el plano de imagen de la segunda cámara, que conecta el centro de la segunda cámara con el segundo punto de imagen y también con el punto seleccionado;
 - 25 • determinar (33) las coordenadas en 3D del punto seleccionado por medio del cálculo del punto de intersección entre el primer rayo y el menos un segundo rayo;
 - repetir (34) las etapas anteriores para al menos dos puntos más, obteniendo al menos las coordenadas en 3D de tres puntos que pertenecen al plano del objeto plano, **caracterizado porque** la proyección del punto seleccionado sobre el plano de imagen de la segunda cámara se calcula por medio de una opción de cálculo seleccionada entre manual y semi-automática y **porque** la opción de cálculo semi-automático se selecciona de entre niveles semi-automáticos como un conjunto que comprende un nivel bajo, un nivel medio y un nivel alto.
 - 30
2. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa i) adicionalmente comprende calcular los parámetros extrínsecos e intrínsecos de al menos la primera cámara y segunda cámara resolviendo las ecuaciones para tantos puntos en 2D/3D como grados de libertad comprendan las cámaras.
- 35
3. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la opción de cálculo manual comprende que un usuario, mediante una interfaz gráfica de usuario que muestra al menos el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara, seleccione el punto de imagen que mejor representa el punto previamente seleccionado mediante el plano de imagen proporcionado por la primera cámara.
- 40
4. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el nivel bajo comprende las siguientes etapas:
- 45 • calcular una línea epipolar en al menos el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara, en el que dicha línea epipolar es la línea dibujada sobre el plano de imagen de la segunda cámara que representa el primer rayo por medio de la calibración de las cámaras;
 - representar la línea epipolar por medio de la interfaz gráfica de usuario; y,
 - seleccionar un segundo punto de imagen sobre la interfaz gráfica de usuario, en el que el segundo punto de imagen es un punto seleccionado a lo largo de la línea epipolar que mejor representa el punto seleccionado mediante el plano de imagen proporcionado por la primera cámara.

5. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el nivel medio comprende las siguientes etapas:

- 5 • determinar una primera área de imagen que contiene al menos el primer punto de imagen y almacenar al menos un valor de información del punto de imagen seleccionado de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos, de al menos el primer punto de imagen y cada uno de los puntos de imagen que rodean el primer punto de imagen;
- 10 • calcular una línea epipolar en al menos el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara, en el que dicha línea epipolar es la línea dibujada sobre el plano de imagen de la segunda cámara que representa el primer rayo por medio de la calibración de las cámaras;
- 15 • determinar una segunda área que contiene al menos un punto de imagen comprendido en la línea epipolar, y almacenar al menos un valor de información del punto de imagen seleccionado de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos, de al menos dicho primer punto de imagen comprendido en la línea epipolar y cada uno de los puntos de imagen que rodean el punto de imagen comprendido en la línea epipolar;
- 20 • comparar el valor de la información del punto de imagen de la primera área de imagen con el valor de la información del punto de imagen de la segunda área de imagen;
- 25 • repetir las dos etapas previas para cada uno de los puntos de imagen que forman la línea epipolar; y,
- seleccionar un segundo punto de imagen de entre un grupo de puntos de imagen formado por los puntos de imagen obtenidos en cada repetición por medio de una opción seleccionada entre manual y automática; la opción automática comprende seleccionar el segundo punto de imagen como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar, para lo que la segunda área de imagen del punto de imagen comprende un índice de reproducción de la primera área de imagen mayor que un umbral; la forma manual comprende resaltar con un color predeterminado el segundo punto de imagen, que se selecciona como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar, para el que la segunda área de imagen del segundo punto de imagen comprende un índice de reproducción de la primera área de imagen mayor que un umbral, y seleccionar un punto de entre los resaltados por la interfaz gráfica del usuario.

6. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el nivel alto comprende las siguientes etapas:

- 30 • determinar un conjunto de puntos característicos en al menos los planos de imagen proporcionados por la primera cámara y la segunda cámara, siendo dichos puntos característicos los situados en esquinas y bordes del objeto, y en las superficies de objetos con textura, los puntos obtenidos por un algoritmo de detección de esquinas;
- 35 • determinar una primera área de imagen que contenga al menos el primer punto de imagen y almacenar al menos un valor de información del punto de imagen seleccionado de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos para al menos el primer punto de imagen y cada uno de los puntos de imagen que rodean al primer punto de imagen;
- 40 • calcular una línea epipolar en al menos el plano de imagen proporcionado por la segunda cámara, en el que la línea epipolar es la línea dibujada sobre el plano de imagen de la segunda cámara que representa el primer rayo por medio de la calibración de las cámaras;
- 45 • determinar una segunda área de imagen que comprende al menos un punto de imagen contenido en la línea epipolar, y almacenar al menos un valor de información del punto de imagen seleccionado de entre el color, la intensidad de color y una combinación de los mismos, de al menos el punto de imagen contenido en la línea epipolar y cada punto de imagen que rodea el punto de imagen contenido en la línea epipolar;
- 50 • comparar el valor de información del punto de imagen de la primera área de imagen con el valor de información del punto de imagen de la segunda área de imagen;
- repetir las dos etapas previas para cada uno de los puntos de imagen que forman la línea epipolar; y,
- seleccionar un segundo punto de imagen de entre un grupo de puntos de imagen formado por los puntos de imagen obtenidos en cada una de las repeticiones por medio de una opción seleccionada entre manual y automática; la opción automática comprende seleccionar el segundo punto de imagen como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar, para lo que la segunda área de imagen del punto de imagen comprende un índice de reproducción de la primera área de imagen mayor que un umbral; la forma manual comprende resaltar con un color predeterminado el segundo punto de imagen, que se selecciona como el punto de imagen del total de puntos de imagen comprendidos en la línea epipolar,

para lo que la segunda área de imagen del segundo punto de imagen comprende un índice de reproducción de la primera área de imagen mayor que un umbral y seleccionar un punto de entre los resaltados mediante la interfaz gráfica del usuario.

5 7. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 4, 5 o 6, en el que el rayo que une el centro de la primera cámara con el punto seleccionado y al menos el rayo que une el centro de la segunda cámara con el punto seleccionado están definidos por las ecuaciones de línea respectivas mediante las siguientes etapas:

- obtener la localización en 3D del centro de la cámara del sistema de coordenadas calibrado;
- 10 • obtener la localización en 3D del primer punto de imagen y del segundo punto de imagen que representan el mismo punto seleccionado en al menos el plano de imagen de la primera cámara y el plano de imagen de la segunda cámara, respectivamente; y,
- 15 • determinar al menos una primera ecuación de línea y una segunda ecuación de línea, estando la primera ecuación de línea descrita por el vector que une la localización en 3D del centro de la primera cámara con la localización en 3D del primer punto de imagen y estando la segunda ecuación descrita por el vector que conecta la localización en 3D del centro de la segunda cámara con la localización en 3D del segundo punto de imagen.

8. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la determinación de las coordenadas de al menos un punto en 3D mediante el cálculo del punto de intersección entre el primer rayo y al menos el segundo rayo comprende adicionalmente:

- 20 • establecer las coordenadas de al menos un punto en 3D cuando el punto de intersección entre el primer rayo y el al menos segundo rayo pertenece simultáneamente a la primera ecuación y a la segunda ecuación que determinan dicho primer rayo y dicho al menos segundo rayo respectivamente; y,
- 25 • calcular las coordenadas de un punto en 3D cuya distancia a dicho primer rayo y dicho al menos segundo rayo es mínima cuando no existe punto de intersección entre dicho primer rayo y dicho al menos segundo rayo.

9. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que la etapa iii) adicionalmente comprende:

- calcular la expresión del plano determinada por la siguiente ecuación:

$$a_N \cdot (x - x_D) + b_N \cdot (y - y_D) + c_N \cdot (z - z_D) = 0$$

30 en la que x_D , y_D y z_D son las coordenadas del punto en 3D que pertenece al plano del objeto y a_N , b_N y c_N son las coordenadas de un vector N normal al plano; el vector N normal al plano es el producto vectorial de dos vectores pertenecientes al plano y definidos por al menos tres puntos en el plano del objeto plano.

35 10. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que calcular una intersección entre la región que representa la superficie del objeto y la ecuación del plano comprende adicionalmente las siguientes cuatro subetapas:

- encontrar, para cada región formada en el plano de imagen de la primera cámara, al menos un rayo que pasa a través del centro de la primera cámara y un punto comprendido en cada una de las regiones;
- encontrar el punto de intersección entre dicho al menos un rayo y el plano, en el que dicho punto de intersección representa las coordenadas en 3D de un punto que pertenece al objeto plano real;
- 40 • repetir las dos sub-etapas anteriores para cada uno de los puntos que forman la región y formar una nube de puntos cuando se forma la región para al menos dos puntos;
- unir los puntos de intersección encontrados por al menos la primera cámara dentro de la región seleccionada.

45 11. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento adicionalmente comprende, para llevar a cabo la representación del mapa de profundidad del objeto plano, las siguientes etapas:

- seleccionar una región plana perteneciente al objeto a modelar;
- analizar en un plano de imagen de una cámara específica, los puntos de imagen de las regiones correspondientes a dicha región plana;

- calcular, para cada punto, la distancia desde el centro de la cámara a cada punto de la región plana;
 - repetir las dos etapas anteriores para cada punto perteneciente a la región plana; y,
 - representar el mapa de profundidad con las distancias anteriormente calculadas y otorgando un valor seleccionado entre cero y un primer valor predeterminado a todos los puntos que estén comprendidos en la región plana seleccionada.
- 5
12. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende, para realizar la representación volumétrica del objeto plano, las siguientes etapas:
- definir un sistema común de coordenadas mediante la calibración de una disposición de cámaras formada por al menos dos cámaras;
 - definir una caja delimitante que comprende el objeto plano a modelar con referencia al sistema de coordenadas definido;
 - dividir la caja delimitante en pequeños elementos de volumen denominados vóxeles;
 - determinar para cada vóxel comprendido en la caja delimitante si dicho vóxel está ocupado mediante un algoritmo seleccionado entre un algoritmo sencillo y un algoritmo perfeccionado; y,
 - representar la representación volumétrica mediante la representación de los vóxeles ocupados.
- 10
- 15
13. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el algoritmo sencillo comprende:
- calcular las coordenadas del centroide de cada vóxel;
 - calcular la distancia desde el centroide a un punto de la nube de puntos; y,
 - etiquetar el vóxel como "ocupado" si la distancia calculada anteriormente entre el centroide y el punto de la nube de puntos es inferior a un umbral predeterminado, y etiquetar el vóxel como "no ocupado" si dicha distancia es superior al umbral predeterminado.
- 20
14. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el algoritmo comprende adicionalmente:
- calcular las coordenadas del centroide de cada vóxel;
 - calcular la distancia desde el centroide al centro de la cámara;
 - identificar el punto en la nube de puntos con la distancia mínima al centroide y la longitud del rayo que pasa a través del vóxel y el centro de la cámara;
 - calcular la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara;
 - etiquetar el vóxel como "ocupado" si la distancia calculada anteriormente entre el centroide y el centro de la cámara es al menos igual que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara y etiquetar el vóxel como "no ocupado" en caso contrario; y
 - aplicar mejoras en el algoritmo mejorado seleccionadas entre:
 - o una intersección por volúmenes que se obtiene mediante las dos siguientes sub-etapas:
 - determinar la ocupación de los vóxeles por medio del centro de la cámara proporcionado por la primera cámara y al menos la segunda cámara independientemente; y,
 - etiquetar el vóxel como "ocupado" si y sólo si está etiquetado como "ocupado" en cada una de las vistas proporcionadas por la primera cámara y al menos la segunda cámara;
 - o una ocupación por grosor, que comprende las siguientes sub-etapas:
 - seleccionar el grosor T del objeto plano;
 - calcular las coordenadas del centroide de cada vóxel;
 - calcular la distancia desde el centroide al centro de la cámara;
- 25
- 30
- 35
- 40

- identificar el punto en la nube de puntos con la distancia mínima al centroide y la longitud del rayo que pasa a través del vóxel y el punto en el centro de la cámara;
 - calcular la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara; y
 - etiquetar el vóxel como ocupado si la distancia calculada anteriormente entre el centroide y el centro de la cámara es al menos igual que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara, y más pequeño que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara más el grosor T y en caso contrario etiquetar el vóxel como "no ocupado";
- 5
- o intersección por volúmenes con ocupación por el grosor que obtiene la intersección de los diferentes volúmenes mediante las siguientes subetapas:
- determinar la ocupación de los vóxeles por medio del centro de la cámara proporcionado por la primera cámara y al menos la segunda cámara independientemente;
 - seleccionar el grosor T del objeto plano;
 - calcular las coordenadas del centroide de cada vóxel;
 - calcular la distancia desde el centroide al centro de la cámara;
- 10
- identificar el punto en la nube de puntos con la distancia mínima al centroide y la longitud del rayo que pasa a través del vóxel y el punto en el centro de la cámara;
 - calcular la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara;
 - etiquetar, en cada vista proporcionada por la primera cámara y la segunda cámara el vóxel como "ocupado" si la distancia calculada anteriormente entre el centroide y el centro de la cámara es al menos igual que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara y menor que la distancia entre el punto identificado en la nube de puntos y el centro de la cámara más el grosor T y etiquetar el vóxel como "no ocupado" en caso contrario; y,
 - etiquetar el vóxel como "ocupado" si y sólo si está etiquetado como "ocupado" en cada una de las vistas proporcionadas por la primera cámara y al menos la segunda cámara;
- 15
- 20
- 25 15. Procedimiento de generación de un modelo de un objeto plano a partir de vistas del objeto, de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el procedimiento adicionalmente comprende las siguientes etapas para realizar la representación en malla del objeto plano:
- determinar tres puntos por superficie localmente plana comprendida en el objeto plano;
 - unir los tres puntos formando un triángulo;
- 30
- unir los triángulos obtenidos formando una malla; y,
 - representar la malla.

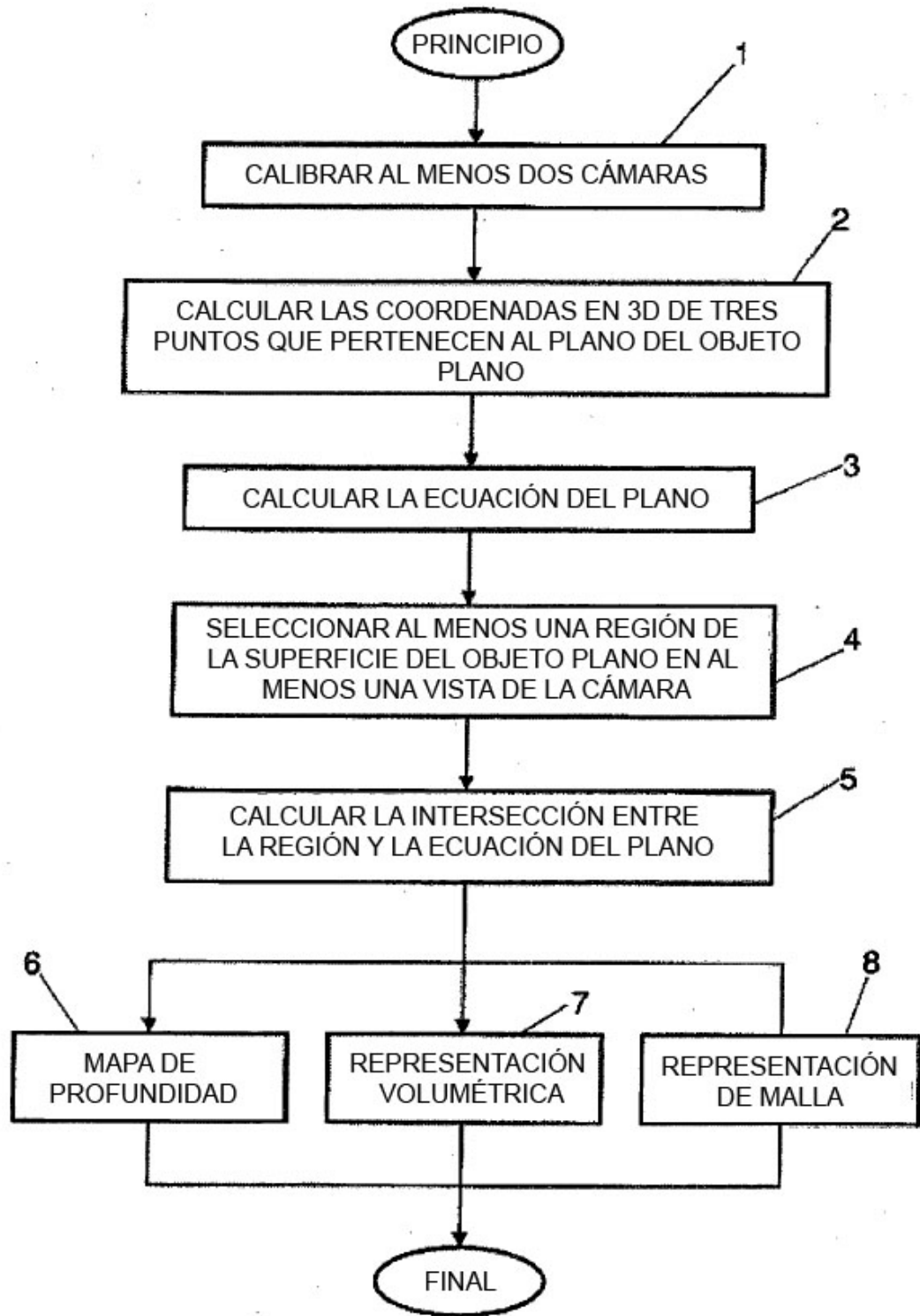


FIG. 1

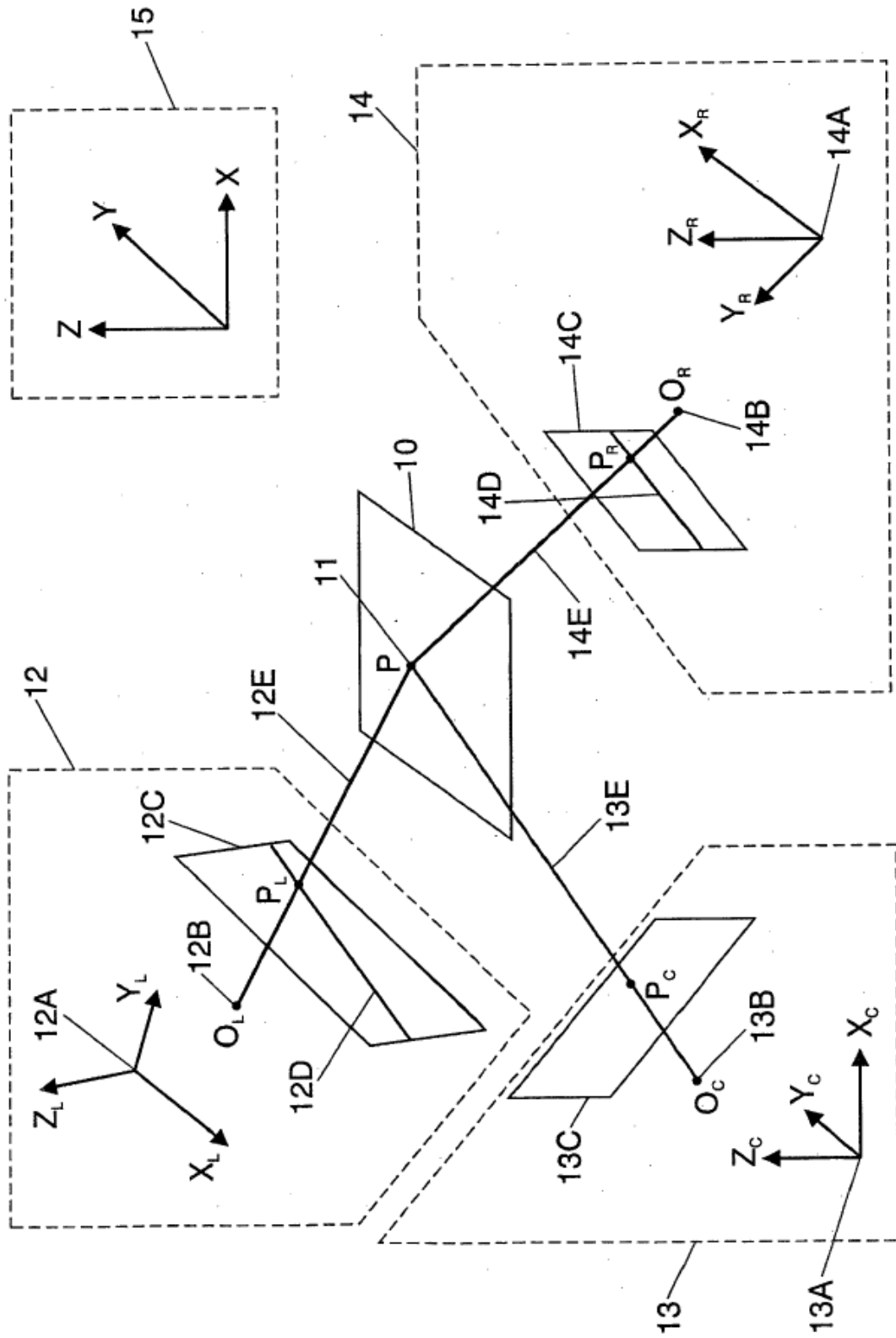


FIG. 2

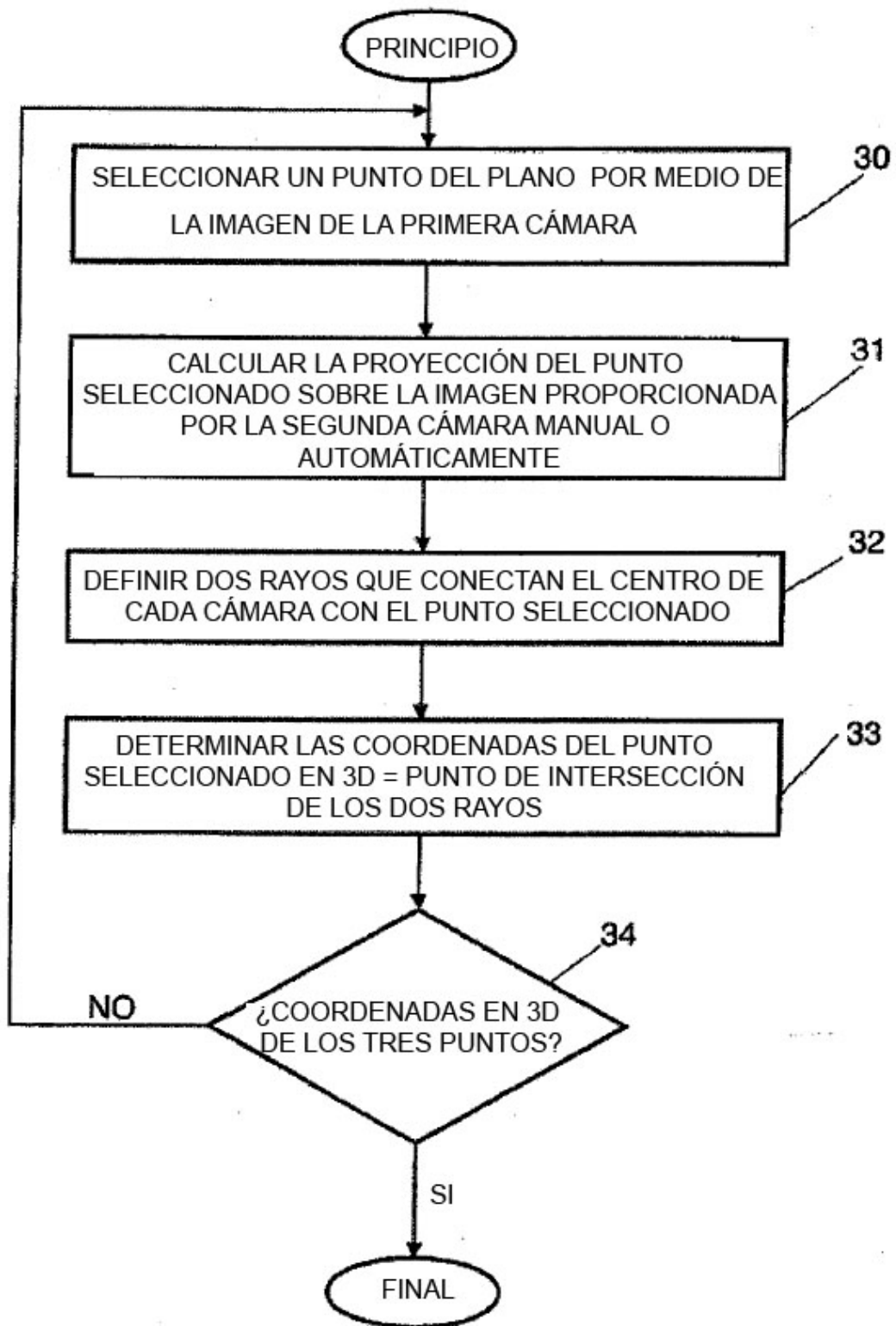


FIG. 3

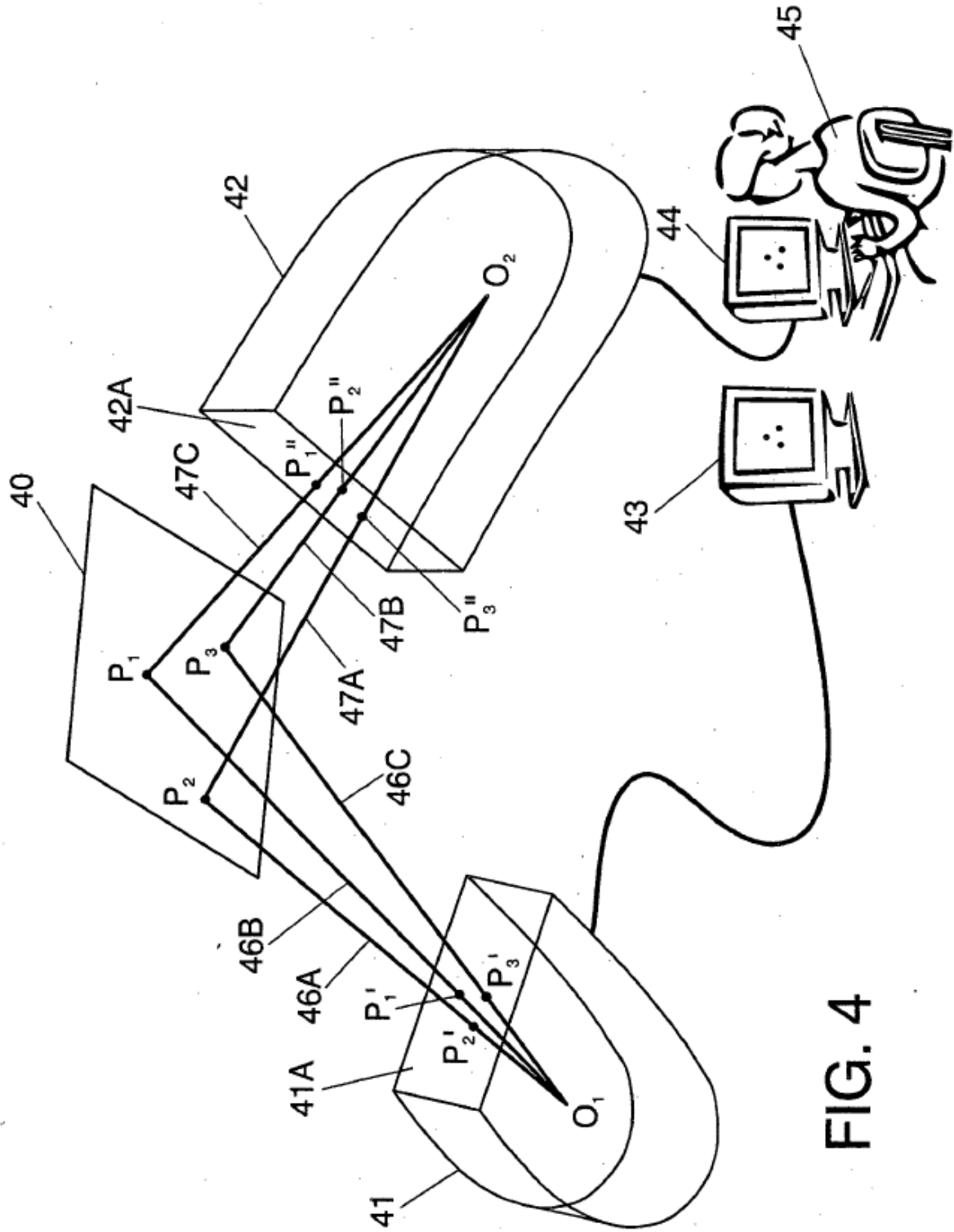


FIG. 4

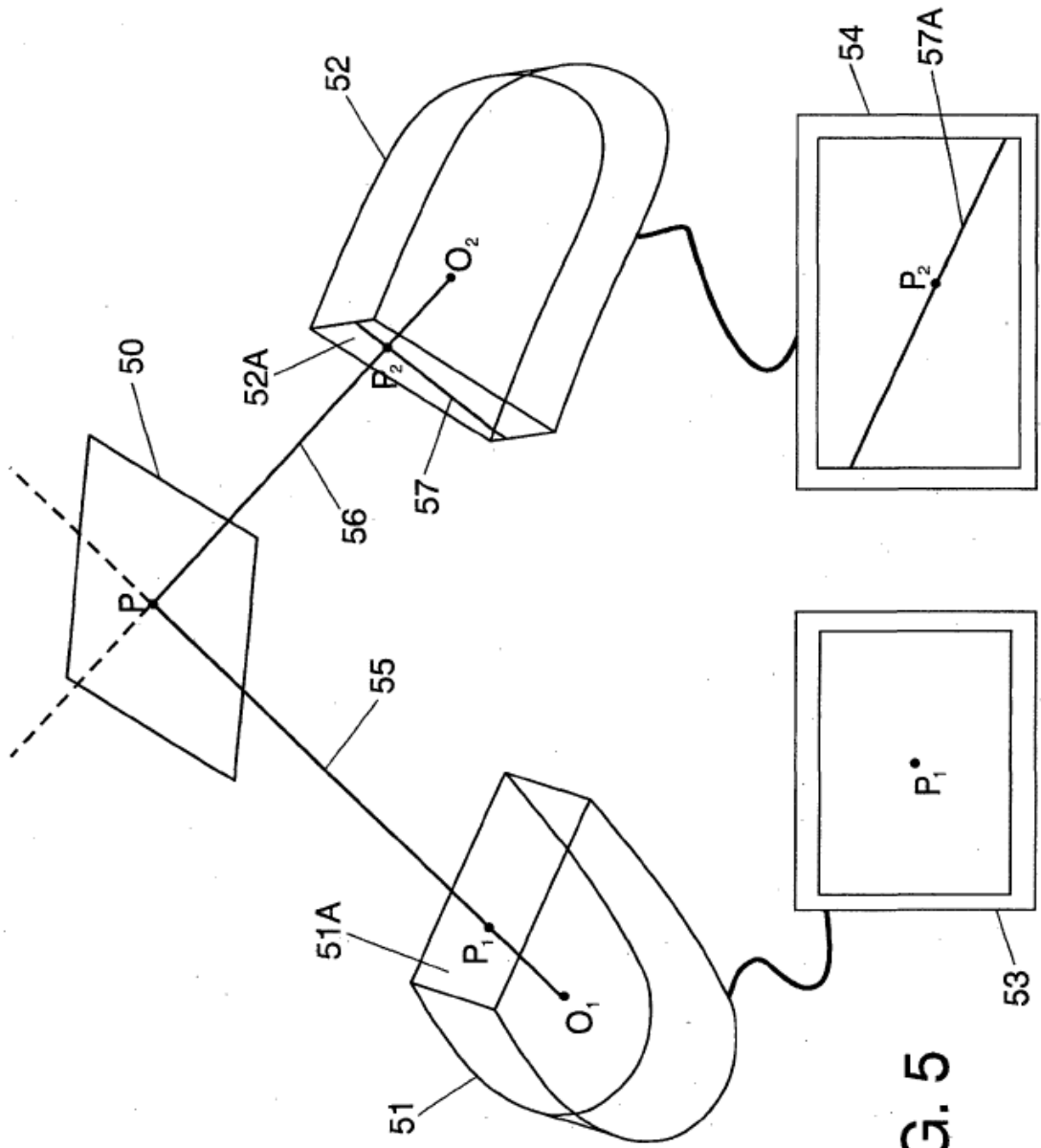


FIG. 5

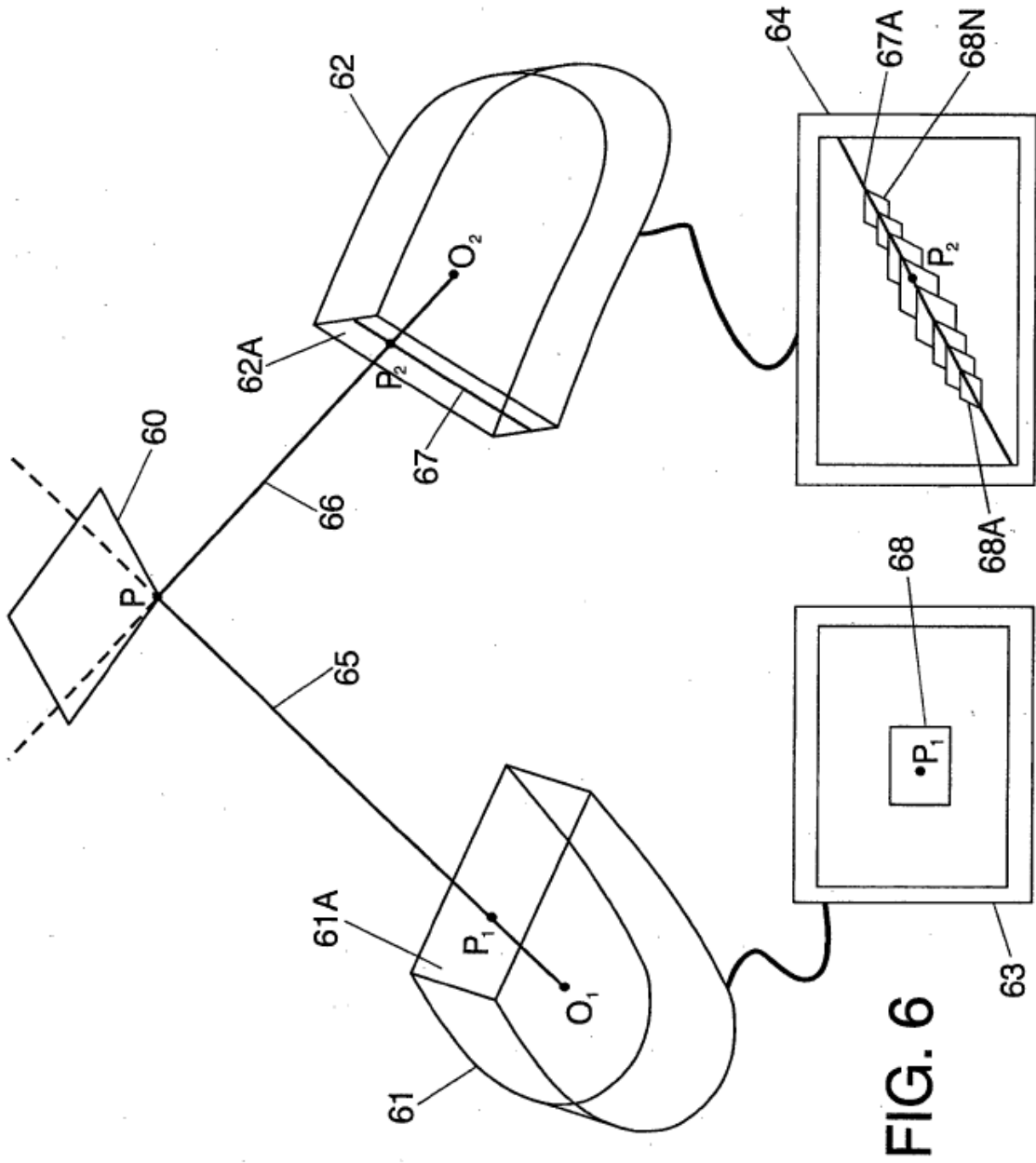


FIG. 6

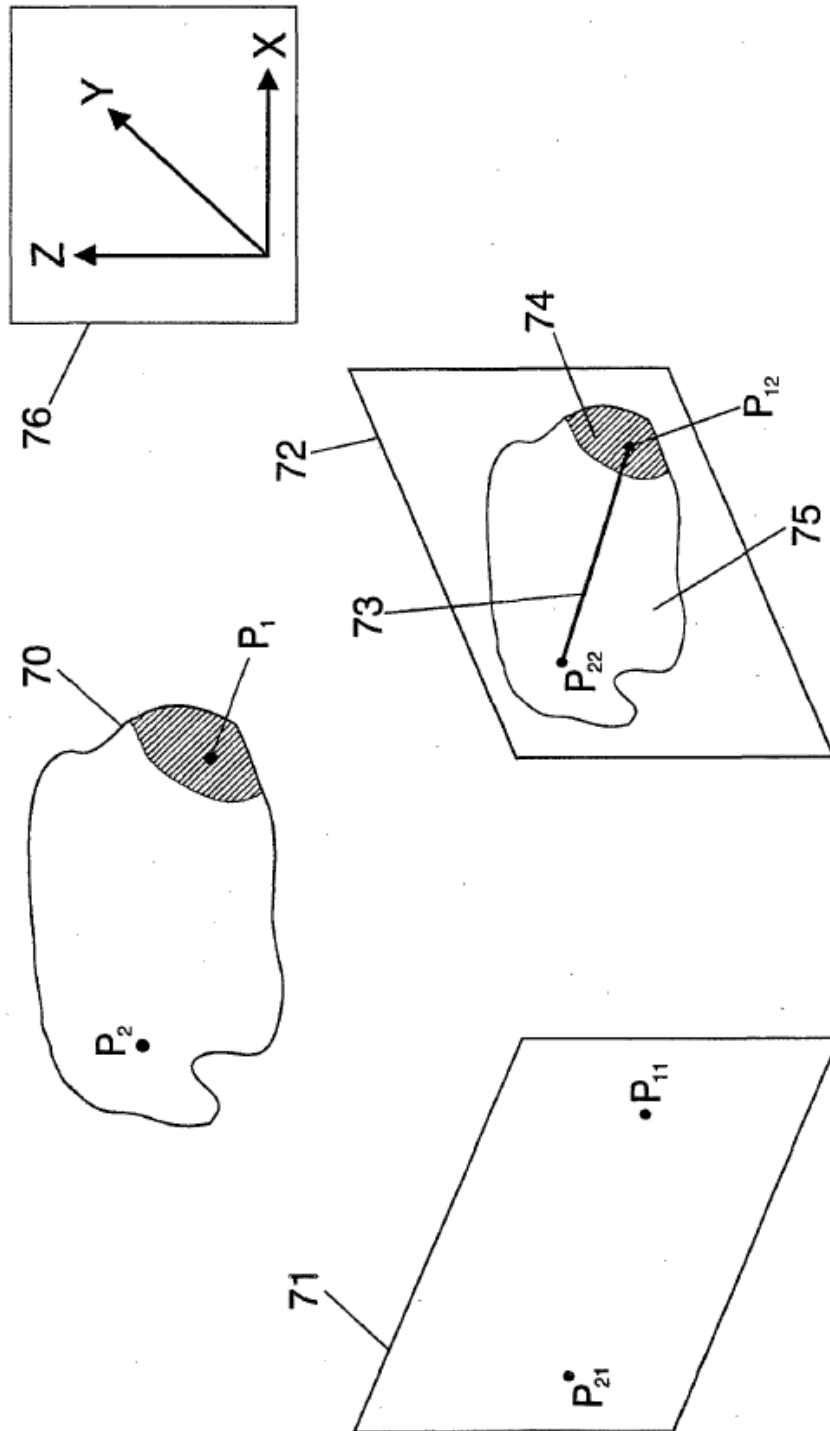


FIG. 7

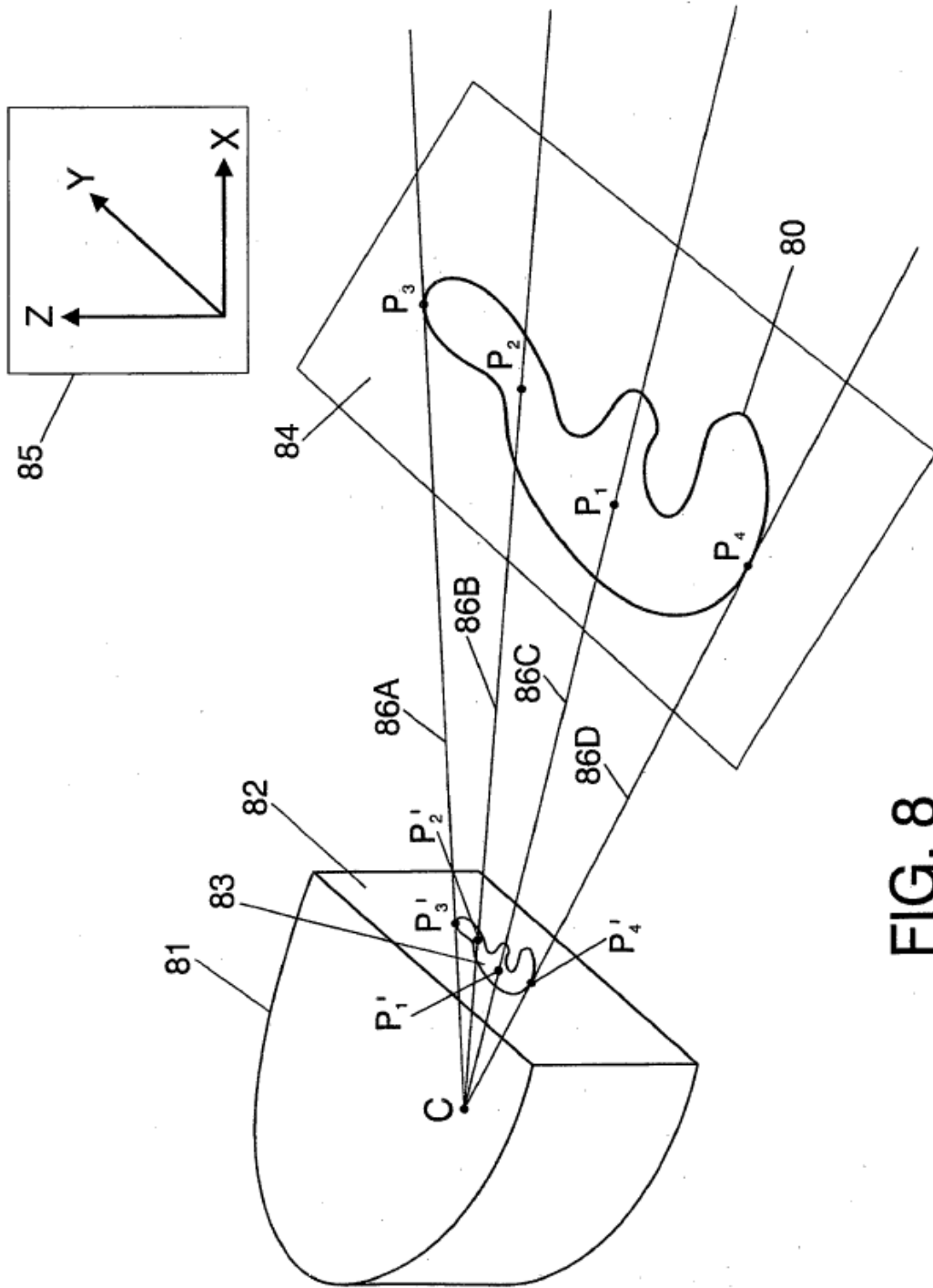


FIG. 8