

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 735**

51 Int. Cl.:

**G01B 11/24** (2006.01)

**G06T 7/60** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2002 PCT/FI2002/00928**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.05.2003 WO03044460**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2002 E 02803416 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 1459035**

54 Título: **Procedimiento para determinar puntos correspondientes en mediciones tridimensionales estereoscópicas**

30 Prioridad:

**21.11.2001 FI 20012271**

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

**16.03.2017**

73 Titular/es:

**OY MAPVISION LTD (100.0%)**

**Ruosilantie 10**

**00390 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

**LEIKAS, ESA**

74 Agente/Representante:

**DURÁN MOYA, Luis Alfonso**

ES 2 605 735 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 para determinar puntos correspondientes en mediciones tridimensionales estereoscópicas

### 5 **SECTOR TÉCNICO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a mediciones tridimensionales. La presente invención se refiere a un procedimiento para encontrar puntos correspondientes en un conjunto de puntos visualizados por diferentes cámaras.

### 10 **ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

Los sistemas de visión por ordenador se basan en información obtenida de varios dispositivos de medición. La información se puede medir utilizando, por ejemplo, un dispositivo láser, un cabezal de medición o por reconocimiento a partir de una imagen. La información obtenida puede ser utilizada, por ejemplo, en sistemas de control de calidad, donde, en base a esta información, es posible determinar, por ejemplo, la corrección de la forma de un objeto, errores de coloreado o el número de nudos en una madera aserrada.

Un sistema de visión por ordenador está generalmente formado por cámaras. Los sistemas de visión por ordenador tradicionales estaban compuestos de solamente una cámara, que tomaba una fotografía del objeto. A partir del procesamiento de la imagen se pueden extraer varias conclusiones. Utilizando diferentes algoritmos es posible diferenciar niveles diferentes en imágenes, en base a sus líneas de contorno. Las líneas de contorno se identifican en base a la transición de intensidad. Otro procedimiento para reconocer formas en una imagen es vincularla a máscaras y filtros de manera que sólo se distinguen en la imagen ciertos tipos de puntos. Las estructuras formadas por los puntos en la imagen se pueden comparar con modelos en una base de datos y reconocerse de ese modo.

En un sistema de visión por ordenador tridimensional, se utilizan varias cámaras. Para determinar una coordenada tridimensional, se requiere una imagen de un mismo punto desde por lo menos dos cámaras. Por lo tanto, un sistema de visión por ordenador realmente tridimensional está compuesto por varias cámaras. Los puntos se forman normalmente sobre la superficie del objeto mediante iluminación. La iluminación se implementa habitualmente utilizando un láser. El punto es visualizado por cámaras calibradas en el mismo sistema de coordenadas que el dispositivo de iluminación, un puntero láser. Los mismos puntos visualizados por diferentes cámaras se denominan puntos correspondientes. Cuando se puede producir una imagen de un punto mediante por lo menos dos cámaras y se pueden identificar los puntos correspondientes, es posible entonces determinar las coordenadas tridimensionales para el punto. Para la misma posición, se miden una serie de puntos. El conjunto de puntos formado de este modo se denomina una nube de puntos.

En los procedimientos anteriores, las nubes de puntos se han formado iluminando un punto cada vez, en cuyo caso no hay problemas en relación con el reconocimiento del punto correspondiente. Cuando solamente es visible para las cámaras un punto sobre la superficie del objeto, éstas pueden todas asociar los datos medidos con el mismo punto. Medir cada vez un punto significa que cada vez hay que mover el puntero entre puntos, razón por la cual este procedimiento de medición es lento.

La publicación de la Patente U.S.A. 4 834 530 A da a conocer un procedimiento de la técnica anterior, en el que se describen las etapas mencionadas en el preámbulo de la reivindicación independiente.

Se describen asimismo procedimientos de medición que utilizan varias cámaras y proyección de luz en las Patentes JP10073419 A y JP10283473 A.

En la Patente U.S.A. 6173 070 B1, se busca en datos de imagen capturados en 3D un modelo sintético predefinido que es similar a la forma de los objetos de interés.

En la Patente U.S.A. 5532816 A, una señal representativa del plano de rotación de la rueda se compara con un modelo matemático almacenado electrónicamente para determinar las condiciones de alineamiento de la rueda.

### 55 **OBJETIVO DE LA INVENCION**

El objetivo de la invención es eliminar los inconvenientes mencionados anteriormente o por lo menos mitigarlos significativamente. Un objetivo específico de la invención es dar a conocer un nuevo tipo de procedimiento para vincular puntos correspondientes. Otro objetivo de la invención es mejorar la fiabilidad de la medición y acelerar el proceso de medición permitiendo la utilización de una serie de puntos simultáneos.

### CARACTERÍSTICAS

El objetivo según la invención se consigue mediante un procedimiento que comprende las características de la reivindicación 1.

5 Aplicando la invención, puntos correspondientes en un conjunto de puntos iluminados se pueden vincular mediante un sistema de visión por ordenador. Esto tiene como beneficio que no es necesario desplazar el iluminador tanto como en la solución tradicional, en la que se iluminaba solamente un punto cada vez. Dado que se puede medir a la vez una serie de puntos, se reduce considerablemente el tiempo total invertido en la medición del objeto. Además, se mejora la fiabilidad de la medición debido a que se utiliza un punto definitivamente correcto, y el mismo de cada imagen de cámara, para determinar las coordenadas del punto medido.

### LISTA DE ILUSTRACIONES

10 A continuación, se describirá en detalle la invención con la ayuda de ejemplos de realización, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que  
la figura 1 muestra una realización del procedimiento de la invención,  
15 la figura 2 muestra un diagrama que representa una realización del procedimiento de la invención,  
la figura 3 visualiza el funcionamiento de la realización mostrada en la figura 1, y  
la figura 4 es una ilustración más detallada del proceso de determinación de un punto correspondiente a partir de información visualizada por una cámara.  
20

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

25 El sistema mostrado en la figura 1 comprende dos cámaras -CAM1- y -CAM2-, un iluminador -LÁSER- y un sistema de datos -DTE-. Un objeto -11- que hay que medir está situado sobre una placa de soporte -10-.

30 Cuando se utiliza el sistema de la figura 1, se determina primero la posición de orientación del objeto medido -11- en base a las formas tridimensionales del objeto. Después de que se ha determinado la posición de orientación, los puntos o áreas que hay que medir se seleccionan en el modelo tridimensional del objeto. Una vez se han seleccionado los puntos, el sistema de datos -DTE- desplaza el iluminador -LÁSER- a la posición deseada para iluminar el conjunto de puntos.

35 Mediante el iluminador -LÁSER-, se iluminan puntos en las posiciones deseadas. El iluminador utilizado habitualmente es un láser. Utilizando uno o varios haces de láser, se forma una serie de puntos de luz para iluminar el objeto. En lugar de un láser, es posible utilizar asimismo otros procedimientos de iluminación aplicables a la formación de puntos sobre la superficie del objeto que sean visibles para una cámara. Los puntos iluminados por el iluminador se pueden desplazar moviendo físicamente el iluminador. Los puntos iluminados se desplazan habitualmente dirigiendo los haces mediante espejos móviles. Cuando se mueven los espejos, cambian las posiciones de los puntos aunque el iluminador permanezca estacionario. Esto mejora la fiabilidad del sistema dado que la posición del iluminador permanece invariable y es conocida.  
40

45 Los puntos iluminados son visualizados mediante cámaras -CAM1- y -CAM2- calibradas en el mismo sistema de coordenadas que el iluminador. Habitualmente, se utilizan por lo menos cuatro cámaras, pero incluso utilizando solamente dos cámaras es posible medir coordenadas tridimensionales. Cuando es necesario, se aumenta el número de cámaras. Las imágenes tomadas por las cámaras -CAM1- y -CAM2- se comparan con predicciones formadas a partir del modelo tridimensional. Una imagen de proyección es una imagen bidimensional que representa el objeto, calculada por el sistema de datos -DTE- a partir del modelo tridimensional del objeto tal como se ve desde la dirección de la cámara. Se calculan las posiciones de los puntos iluminados en la imagen de proyección. A partir de las posiciones de los puntos en la imagen de proyección, se puede deducir asimismo el vínculo entre las cámaras -CAM1- y -CAM2- y los puntos de la imagen.  
50

55 La figura 2 representa un diagrama funcional del sistema mostrado en la figura 1. Un procedimiento de medición se inicia calibrando las cámaras del sistema en el mismo sistema de coordenadas, etapa -20-. Además de las cámaras, es necesario calibrar asimismo el iluminador utilizado para iluminar puntos sobre la superficie del objeto, etapa -21-. Junto a la calibración, las preparaciones para la medición incluyen la determinación de la posición del objeto, etapa -22-. La posición del objeto colocado sobre la placa de soporte se puede determinar en base a sus formas tridimensionales conocidas. En lugar de la determinación de la posición, el objeto se puede fijar asimismo a una localización predeterminada.

60 La medición real se inicia iluminando puntos en las localizaciones deseadas, etapa -23-. Las localizaciones deseadas son seleccionadas por el sistema de datos, que proporciona instrucciones para mover el iluminador. Las localizaciones deseadas se pueden almacenar como secuencias en la memoria de sistema de datos, en cuyo caso se miden las mismas localizaciones en cada objeto. Para la medición, se pueden establecer diversas condiciones como criterios en base a los cuales se adoptan decisiones en relación con las posiciones de medición o la finalización de la medición. La medición se puede detener, por ejemplo, después de que se han medido sobre el objeto un número predeterminado de puntos.  
65

Para permitir determinar la posición de un punto a partir de la imagen tomada por una cámara, es necesario transformar las coordenadas del punto a una forma bidimensional, etapa -24-. Esto se realiza calculando a partir del modelo tridimensional una imagen de proyección, en la que se presenta bidimensionalmente el objeto desde la dirección de la cámara. Las coordenadas bidimensionales del punto se pueden calcular a partir de la imagen de proyección. Esto se repite para todas las cámaras del sistema.

En base a las coordenadas bidimensionales extraídas de las imágenes de proyección, se lleva a cabo una búsqueda para localizar los puntos en las imágenes tomadas por las cámaras, etapa -25-. Se crea una cierta área, por ejemplo una ventana o un círculo, alrededor del punto, tras lo cual se busca en este área para localizar el punto. El tamaño del área está definida previamente. El punto encontrado de este modo en la imagen se puede vincular al punto calculado en la imagen de proyección. Los puntos establecidos de este modo constituyen un par de puntos correspondientes, a partir de los cuales se calculan las coordenadas tridimensionales del punto. Esto se repite para todos los puntos iluminados por el iluminador.

Las coordenadas tridimensionales reales medidas se almacenan en la memoria del sistema de datos, etapa -26-. Después de esto, se realiza una comprobación para determinar si es necesario medir más puntos, etapa -27-. Si es necesario desplazar los puntos para medir puntos adicionales, el procedimiento se reanuda en la etapa -23-. De lo contrario, la medición finaliza, etapa -28-.

La figura 3 visualiza el funcionamiento del sistema 1 presentado en la figura 1. En la figura 3, se iluminan puntos sobre la superficie del objeto -31- mediante un iluminador -LÁSER-. En la figura, las cámaras -CAM1- y -CAM2- están representadas por las imágenes producidas por las mismas. Mediante el sistema de datos, se calculan proyecciones para ambas cámaras a partir del modelo tridimensional del objeto -31-. A partir de las imágenes de proyección, se puede calcular con una precisión razonable la posición del punto seleccionado, debido a que habitualmente la desviación de la forma entre el objeto que hay que medir y el modelo diseñado es pequeña. El punto se refleja en las cámaras -CAM1- y -CAM2-, tal como se muestra por el vector -K1-. Dado que el iluminador -LÁSER- produce una matriz que ilumina simultáneamente varios puntos, son visibles asimismo otros puntos en las imágenes. En la figura 3, uno de estos puntos se refleja en las cámaras, tal como se muestra mediante el vector -K2-.

En base a las coordenadas de la imagen de proyección, se selecciona en las imágenes producidas por las cámaras -CAM1- y -CAM2- un área en la que se debe buscar el punto. La figura 4 representa una percepción visualizada por la cámara. En la imagen de proyección, se calcula un punto -41- y se busca en un área alrededor del mismo para localizar el punto real. Los puntos calculados en las imágenes de proyección se pueden vincular entre sí. En el ejemplo, el área en la que hay que buscar está definida como un área -42- de forma cuadrada. Sin embargo, el área puede tener cualquier forma. En este área, se detecta el punto real -40-, y este punto se puede vincular a un punto en el modelo tridimensional con la ayuda del punto calculado en la imagen de proyección. Una vez se han determinado los puntos correspondientes, se calculan en base a estos las coordenadas tridimensionales reales del punto.

En la figura 4, la diferencia entre los puntos -41- y -40- está ampliada para visualizar el procedimiento. En las situaciones prácticas, cuando la distancia entre los puntos iluminados es grande en relación con las desviaciones de la forma del objeto, siempre es posible calcular previamente un tamaño de ventana de imagen, de tal modo que la misma ventana no contenga otro punto en competencia. Si es necesario, en el cálculo del tamaño de la ventana de imagen se utiliza asimismo la información ya existente relacionada con la forma completa del objeto (por ejemplo, un modelo CAD). En teoría, puede seguir ocurriendo que la misma ventana de imagen contenga un punto en competencia si hay una gran desviación entre la forma real del objeto y su forma diseñada. Sin embargo, en una fabricación industrial un objeto de este tipo es completamente defectuoso, y en una situación de medición producirá desviaciones que superan en cualquier caso las tolerancias.

La invención no se limita a los ejemplos de realización descritos anteriormente; por el contrario, son posibles muchas variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para vincular puntos correspondientes medidos por un sistema de visión por ordenador en un conjunto de puntos, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:
- 5 calibrar por lo menos dos cámaras (CAM1, CAM2) y un iluminador (LÁSER) utilizado en el sistema (20, 21);
- determinar la localización y la posición de orientación del objeto (11, 22);
- 10 iluminar puntos en la superficie del objeto (23);
- visualizar los puntos iluminados mediante dichas por lo menos dos cámaras (CAM1, CAM2);
- vincular los puntos correspondientes visualizados por lo menos por las dos cámaras diferentes;
- 15 calcular las coordenadas tridimensionales reales del objeto en base a los puntos correspondientes; y
- almacenar en memoria las coordenadas (26);
- 20 **caracterizado porque** la etapa de vincular puntos correspondientes comprende además las etapas de:
- realizar un cálculo mediante el cual a partir de un modelo tridimensional del objeto (24) se determinan en las imágenes puntos de proyección bidimensionales correspondientes a los puntos de medición deseados;
- 25 buscar en un área próxima al punto calculado, en las imágenes producidas por las cámaras, para localizar el punto real visualizado (25);
- vincular el punto real percibido mediante dichas por lo menos dos cámaras diferentes como un punto correspondiente; y
- 30 repetir el procedimiento para todos los puntos iluminados (27).
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los puntos que se tienen que medir se indican iluminando puntos en posiciones determinadas previamente a partir del modelo tridimensional del objeto.
- 35 3. Procedimiento, según las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado porque** los puntos se desplazan para medir las formas del objeto.
4. Procedimiento, según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los puntos se desplazan desplazando el iluminador.
- 40 5. Procedimiento, según las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los puntos se desplazan dirigiendo los haces mediante espejos móviles.
- 45 6. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** para localizar el punto real se busca en un área de tamaño y forma predeterminados alrededor del punto calculado.
7. Procedimiento, según las reivindicaciones 1 y 6, **caracterizado porque** el área predeterminada es una ventana.
- 50 8. Procedimiento, según la reivindicación 1, **caracterizado porque** los puntos detectados se vinculan como puntos correspondientes utilizando datos de coordenadas relativos a los puntos en las imágenes de proyección.
9. Procedimiento, según las reivindicaciones 1 y 8, **caracterizado porque** las coordenadas tridimensionales reales del punto se calculan en base a los puntos correspondientes detectados.
- 55

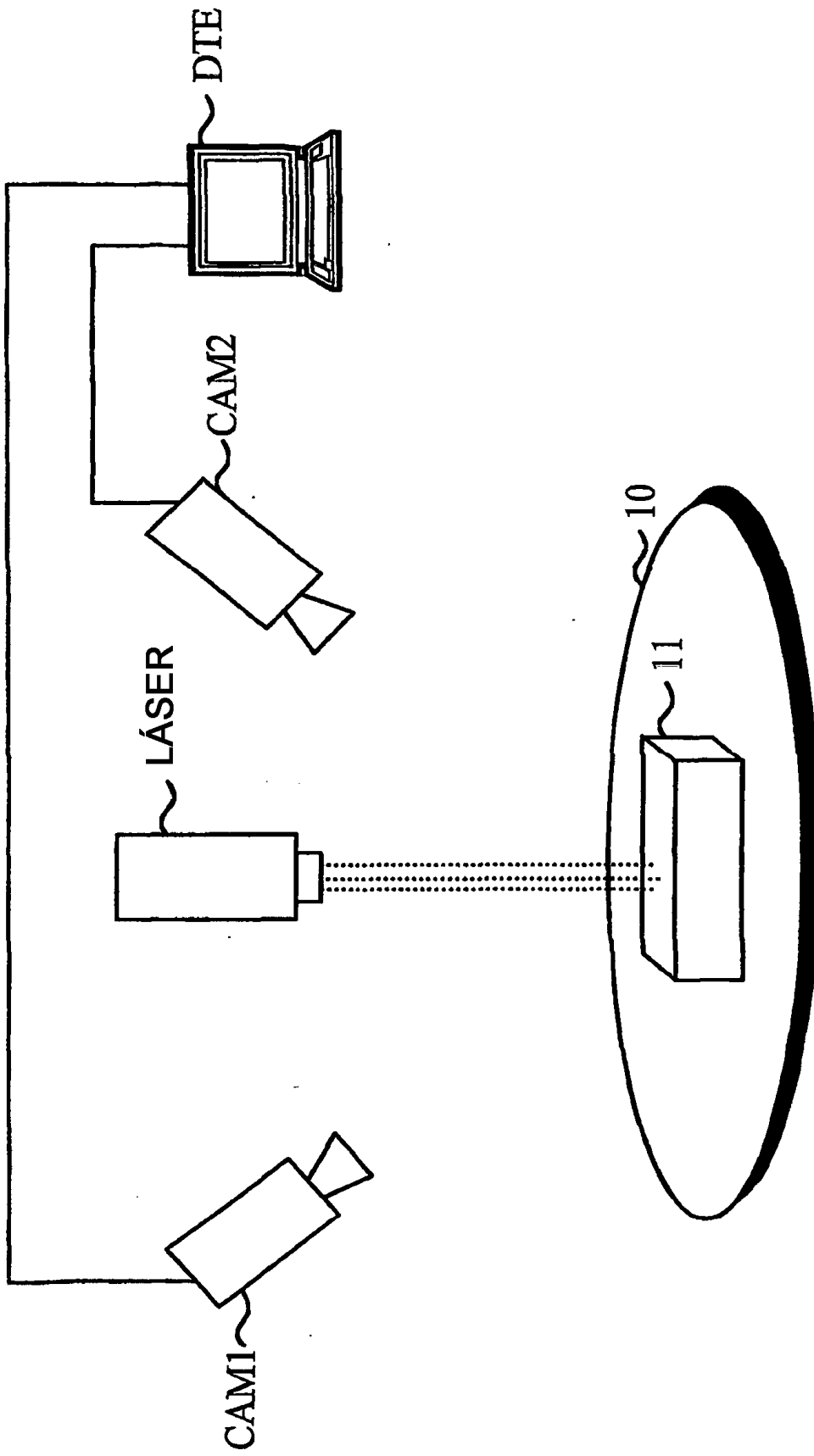


Fig. 1

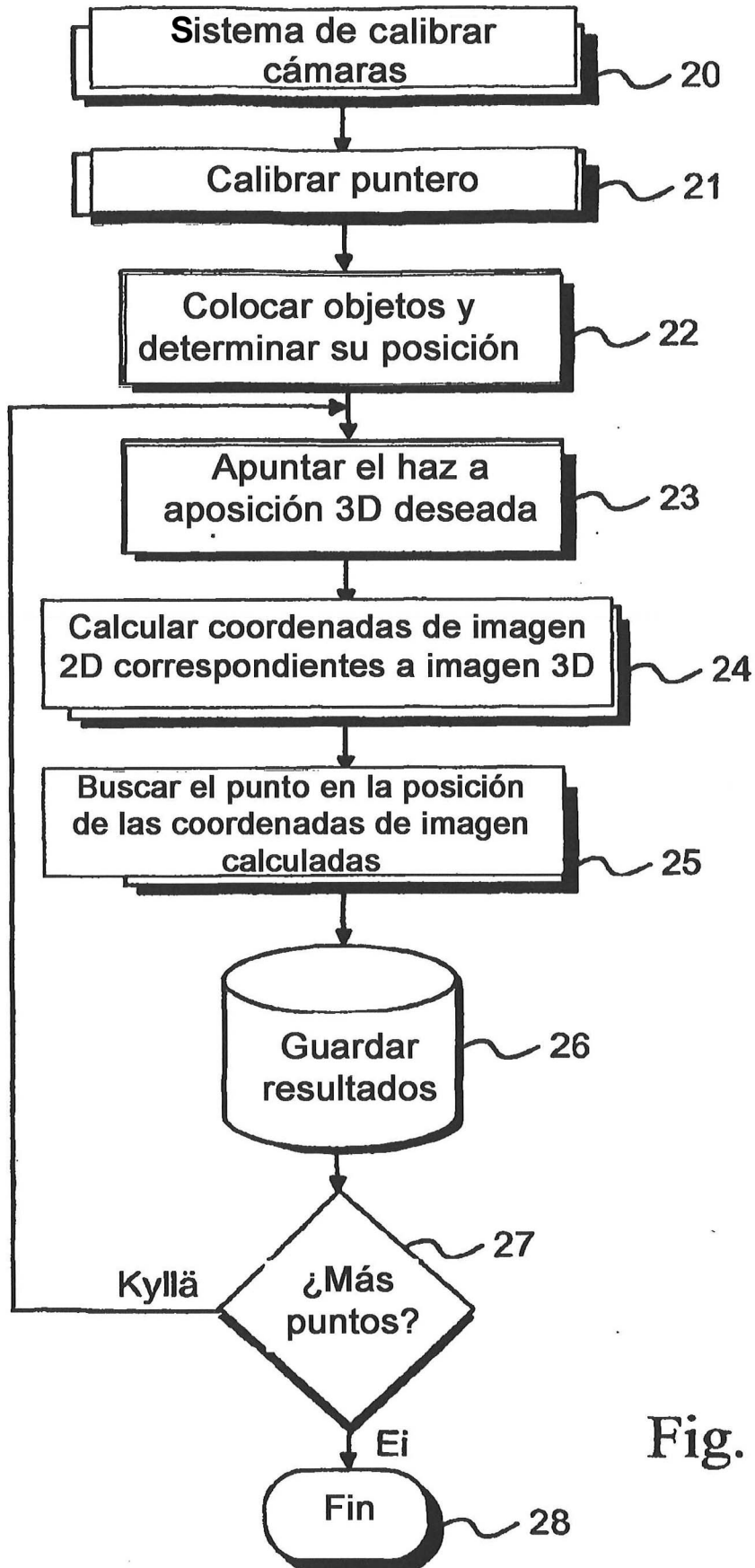


Fig. 2

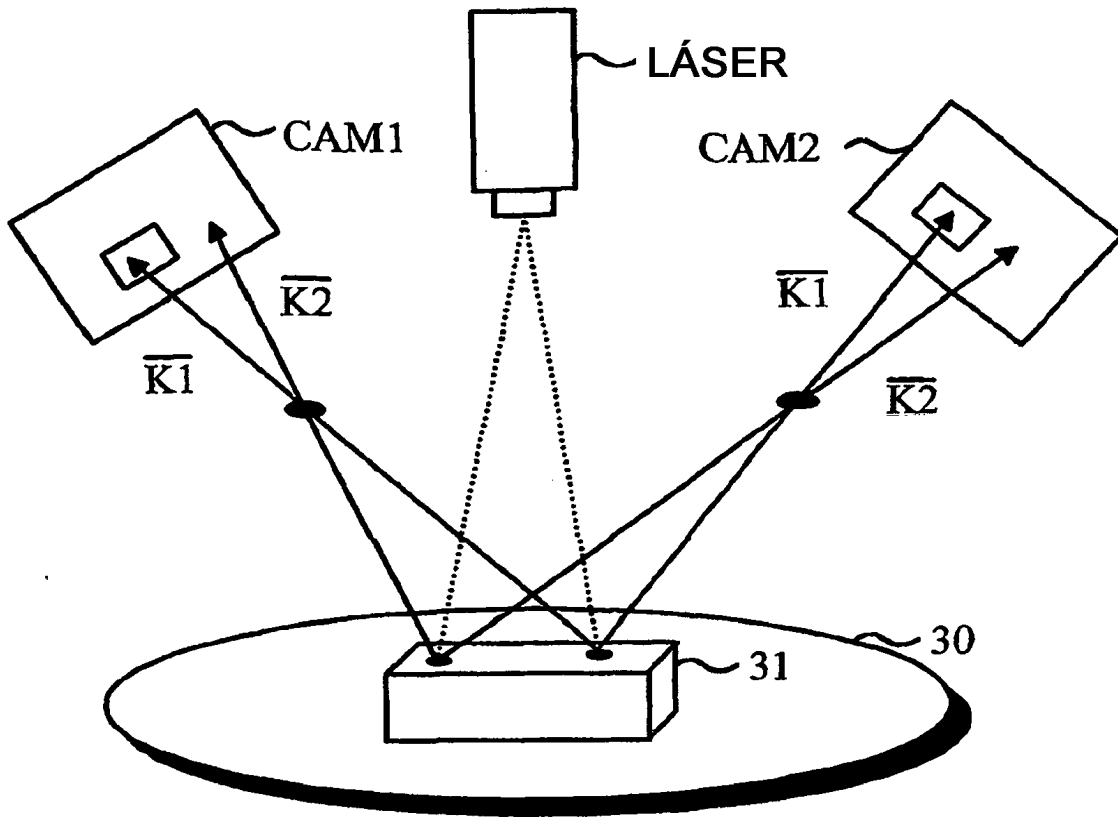


Fig. 3

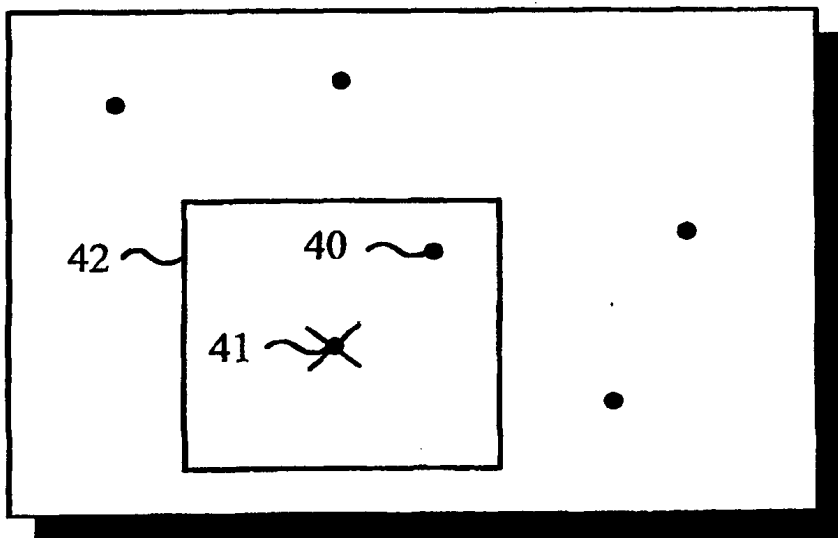


Fig. 4