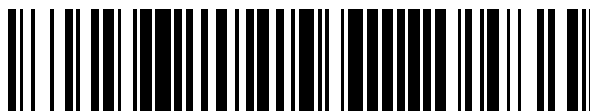


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 629 977**

51 Int. Cl.:

G01B 11/24 (2006.01)

G01B 11/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.06.2005** **PCT/SE2005/000887**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.0006** **WO06004483**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2005** **E 05752676 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017** **EP 1761738**

54 Título: **Aparato de medición y método para la inspección de rango**

30 Prioridad:

01.07.2004 EP 04015541

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

17.08.2017

73 Titular/es:

**SICK IVP AB (100.0%)
WALLENBERGS GATA 4
583 35 LINKÖPING, SE**

72 Inventor/es:

**TURBELL, HENRIK y
GÖKSTORP, MATS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 629 977 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

Aparato de medición y método para la inspección de rango

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere al campo de los aparatos de medición, y particularmente a un aparato de medición que permite medir las características tridimensionales de un objeto mediante la adquisición y el análisis de datos de rango, así como un método para dicha medición.

Descripción de la técnica relacionada

- 10 Las cámaras inteligentes bidimensionales (2D) combinan la adquisición, procesamiento y análisis de imágenes en 2D en un único dispositivo en el que toda la funcionalidad es altamente configurable. Se pueden aplicar varias etapas de procesamiento en cualquier orden. La salida de una etapa se puede usar para configurar etapas posteriores. Los valores intermedios se pueden almacenar y utilizar en una etapa posterior. Entonces, estos valores pueden controlar aspectos tales como el flujo de datos, el formato de salida y los parámetros en el procesamiento y el análisis. Este análisis altamente configurable se llama análisis dinámico. Esto es opuesto al análisis estático, en el
15 que se realiza la misma secuencia de etapas de análisis en cada imagen independientemente de los resultados intermedios.

- Una tarea de inspección típica es localizar primero una forma de un objeto que ha sido adquirida por el sistema. Una vez localizada, se pueden determinar características tales como áreas, bordes o esquinas del objeto. Las propiedades de las características se analizan y el resultado es típicamente alguna forma de resultado de
20 clasificación (por ejemplo aceptado/rechazado), una medida (por ejemplo, área de un objeto) o una combinación de dichos valores.

- La configuración se lleva a cabo al conectar un PC u otro hardware de control al dispositivo. La configuración se realiza típicamente utilizando alguna forma de interfaz gráfica de usuario en la que las imágenes adquiridas se muestran como ayuda en la configuración. Después de la configuración, el dispositivo puede funcionar como un
25 producto autónomo sin ningún PC u otro hardware de control conectado.

Sin embargo, no es posible adquirir y procesar datos de rango, también conocidos como datos tridimensionales (3D), en estos tipos de unidades.

- El escaneo del rango se utiliza para obtener un conjunto de valores de rango y en comparación con el escaneo 2D ordinario, los valores de píxeles de una imagen del rango no representan la intensidad de luz, sino la distancia entre
30 la cámara y el objeto medido. Hay una serie de técnicas bien conocidas para medir los datos de rango. Estos incluyen la triangulación láser, el escaneo de luz estructurada, las mediciones de tiempo de vuelo y el escaneo estéreo.

- Una serie de dispositivos comercialmente disponibles producen datos de rango como salida. Estos dispositivos se adaptan típicamente a una unidad de procesamiento, tal como un PC para procesar, analizar y/o almacenar los
35 datos de rango. Estos dispositivos emiten un flujo de valores de datos de rango. Los valores pueden organizarse de diferentes maneras. Un conjunto unidimensional de valores de rango medidos a lo largo de una línea a través del objeto se denomina perfil. Una serie de perfiles consecutivos forman una imagen de rango. Al igual que una imagen bidimensional ordinaria, la imagen de rango consiste en un conjunto bidimensional de píxeles. La diferencia es que los valores de píxeles de la imagen de rango representan la forma en lugar de la intensidad de la luz.

- 40 Una serie de productos de escaneo de imágenes de rango disponibles comercialmente procesan los datos antes de producir una salida. La salida es entonces el resultado del procesamiento. Todos estos productos procesan los valores de rango sobre una base de perfil por perfil. El procesamiento se limita a producir una sola medida, tal como el área del perfil o la posición de un borde. El análisis es estático en el sentido discutido anteriormente. Un ejemplo de dicho producto de escaneo de rango es el sensor de lámina de luz DMH de SICK AG, Alemania.

- 45 El nivel de configuración disponible en los dispositivos de escaneo de rango existentes y el análisis de perfil por perfil no son suficientes para muchas tareas de inspección. El usuario normalmente necesita desarrollar funcionalidades de software personalizadas fuera del dispositivo que procesa los datos de rango con el fin de obtener propiedades útiles del objeto escaneado. Al igual que en una cámara inteligente 2D, una tarea de inspección típica consiste en localizar uno o más objetos en una imagen y luego realizar mediciones diferentes sobre los objetos encontrados. Los
50 resultados deberían ser informados según algunos protocolos configurables por el usuario a otros dispositivos. Dicho análisis dinámico no está disponible en los dispositivos de escaneo de rango existentes.

Se muestra un enfoque de la técnica anterior en el documento US 6 542 235, que describe un sistema de inspección tridimensional para inspeccionar piezas circulares. El sistema comprende entre una y cuatro cámaras que generan señales de perfil de una pieza que se va a inspeccionar. Las señales de perfil se envían a un ordenador que analiza

las señales y genera una imagen en altura 2D de la pieza inspeccionada. La imagen de altura de la pieza inspeccionada se analiza al compararla con datos de la pieza buena conocidos con el fin de determinar si la pieza inspeccionada es satisfactoria o inaceptablemente defectuosa. El sistema es configurable por el usuario hasta cierto grado, por ejemplo la distancia seleccionada por el operador entre las piezas que se van a inspeccionar, el número de piezas seleccionada por el operador para la inspección, el proceso de inspección iniciado por el operador, etc. Además, el sistema se puede calibrar desde "píxeles" típicos a unidades del mundo real, tales como pulgadas cuadradas o milímetros cuadrados por superficie y pulgadas o milímetros para medidas lineales.

Sin embargo, el sistema según el documento descrito anteriormente no es altamente configurable por el usuario en el sentido de una cámara inteligente 2D, como se ha explicado anteriormente. Además, el sistema descrito anteriormente se utiliza para inspeccionar piezas circulares, es decir piezas simétricas (objetos). El uso de imágenes de altura calibradas (desde unidades de píxeles a unidades del mundo real) como entrada a un sistema de análisis de imágenes 2D, cuando el objeto tiene una forma asimétrica, dará lugar a que los objetos presentados varíen en tamaño y forma dependiendo de la posición relativa de la cámara. Estas distorsiones generalmente no se manejan de forma adecuada mediante la funcionalidad de calibración que se encuentra en los sistemas de análisis existentes.

El documento US 2002/0191834 A1 describe un sistema de adquisición de imágenes de alta velocidad que realiza una perfilometría tridimensional.

Por lo tanto, existe una necesidad de un aparato de escaneo mejorado y un método para medir las características tridimensionales de un objeto, que combina las capacidades de configuración flexibles de una cámara inteligente 2D con la adquisición de datos de una cámara de rango en una sola unidad y que supera el problema de distorsión expuesto anteriormente.

Compendio de la invención

Teniendo en cuenta lo anterior, es un objeto de la presente invención eliminar los inconvenientes de distorsión de los sistemas descritos anteriormente y proporcionar un aparato de escaneo mejorado para medir las características tridimensionales de un objeto que utilice la adquisición y el análisis de datos de rango.

Este objetivo se logra a través de proporcionar un aparato de escaneo que comprende:

- medios para configurar la adquisición y el análisis de datos de rango antes de iniciar la medición;
- medios para crear una imagen del mencionado objeto al detectar la luz reflejada desde el mencionado objeto que utilizan al menos un sensor que comprende píxeles;
- medios para adquirir datos de rango del mencionado objeto a partir de la imagen creada medida en unidades de píxel del sensor;
- medios para calibrar los datos de rango adquiridos desde los valores de píxel del sensor hasta coordenadas universales;
- medios para rectificar los datos de rango calibrados al remuestrear los datos de rango sobre una rejilla uniformemente espaciada; y,
- medios para analizar los datos de rango rectificados y calibrados con el fin de obtener las características tridimensionales del mencionado objeto.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un método mejorado para medir las características tridimensionales de un objeto que utilice adquisición y análisis de datos de rango.

Este objetivo adicional se logra a través de proporcionar un método que comprende las etapas de:

- proporcionar medios para configurar el análisis y la adquisición de datos de rango antes de iniciar la medición;
- crear una imagen del mencionado objeto al detectar la luz reflejada desde el mencionado objeto utilizando al menos un sensor que comprende píxeles;
- adquirir datos de rango del mencionado objeto a partir de la imagen creada medida en unidades de píxeles del sensor;
- calibrar los datos de rango adquiridos desde los valores de píxeles del sensor hasta coordenadas universales;
- rectificar los datos de rango calibrados al remuestrear los datos de rango sobre una rejilla uniformemente espaciada; y,

- analizar los datos de rango rectificadas y calibrados con el fin de obtener las características tridimensionales del mencionado objeto.

Aún resultarán evidentes otros objetivos y características de la presente invención a partir de la siguiente descripción detallada considerada conjuntamente con los dibujos adjuntos. Sin embargo, debe entenderse que los dibujos se diseñan únicamente con fines de ilustración y no como una definición de los límites de la invención, para lo cual se debería hacer referencia a las reivindicaciones adjuntas. Debería entenderse además que los dibujos no están necesariamente dibujados a escala y que, a menos que se indique lo contrario, se pretende meramente ilustrar conceptualmente las estructuras y procedimientos descritos en la presente memoria.

La invención se define en las reivindicaciones independientes 1 y 9 anexas.

10 Breve descripción de los dibujos

En los dibujos, en los que los mismos caracteres de referencia denotan elementos similares a lo largo de las diversas vistas:

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente un aparato de escaneo para medir las características tridimensionales de un objeto;

15 La Fig. 2 ilustra esquemáticamente los diferentes componentes de un aparato de escaneo;

La Fig. 3 ilustra esquemáticamente los componentes del extremo frontal de visión del aparato de escaneo;

La Fig. 4a ilustra una configuración de adquisición en un enfoque de la técnica anterior en la que se obtiene una posición de rango a lo largo de cada rayo dibujado;

20 La Fig. 4b ilustra una configuración de adquisición después de la rectificación en la que se obtiene una posición de rango a lo largo de cada rayo virtual;

La Fig. 5a ilustra sistemas de coordenadas utilizados en una calibración y rectificación de un perfil simple;

La Fig. 5b ilustra sistemas de coordenadas utilizados en calibración y rectificación de una secuencia de perfiles;

La Fig. 5c ilustra sistemas de coordenadas utilizados en calibración y rectificación de una secuencia de perfiles vistos como imágenes.

25 Descripción detallada de las realizaciones actualmente preferidas

En lo que sigue se describirá una realización preferida de un aparato de escaneo para la adquisición de imágenes de rango con una cámara de rango inteligente configurable por el usuario.

La figura 1 ilustra esquemáticamente un aparato de escaneo para medir las características tridimensionales de un objeto 1. El aparato comprende al menos una fuente luminosa 3 dispuesta para iluminar el objeto 1 con luz incidente. 30 La fuente luminosa 3 genera luz estructurada, por ejemplo, luz puntual, luz lineal o luz compuesta de múltiples segmentos, sustancialmente puntuales o lineales, y puede ser de cualquier tipo adecuado para la aplicación, por ejemplo un láser, un diodo emisor de luz (LED), luz ordinaria (bombilla), etc., que son familiares para el experto en la técnica y no se describirán adicionalmente en la presente memoria. La luz láser se utiliza preferiblemente en la realización preferida de la presente invención y la fuente luminosa 3 láser genera una línea 2 de luz a través del 35 objeto 1.

Se coloca un sensor 5 de imagen a una distancia predeterminada de la fuente luminosa 3 y se dispone para detectar la luz reflejada desde el objeto y convertir la luz detectada en señales eléctricas. Las señales eléctricas se utilizan para crear una representación digital de la sección transversal iluminada del objeto 1. Las ópticas 4, por ejemplo una lente, se disponen delante del sensor 5 con el fin de recoger la luz reflejada desde el objeto 1.

40 En la realización preferida, el sensor 5 es un sensor de matriz con uxv píxeles (donde u son columnas y v son filas), pero un experto en la técnica apreciará que la invención se puede aplicar a otros tipos de sensores, tales como sensores CCD o sensores CMOS o a cualquier otro sensor adecuado para escanear características de un objeto. El sensor 5 en el presente sistema es capaz de detectar tanto información bidimensional (2D, intensidad) como tridimensional (3D, datos de rango), es decir, es capaz de medir tanto la distribución de intensidad como el perfil 45 geométrico del objeto. Los datos de rango se obtienen en la realización preferida al utilizar triangulación, es decir, la posición de la luz reflejada en el sensor 5 indica la distancia desde el sensor 5 al objeto 1 cuando la fuente luminosa 3 se coloca a una distancia predeterminada del sensor 5. Otras técnicas utilizadas para medir datos de rango son escaneo de luz estructurada, mediciones de tiempo de vuelo y escaneo estéreo. En el escaneo estéreo, la imagen del objeto se obtiene a partir de dos sensores colocados en dos puntos ventajosos distintos y los puntos 50 correspondientes en cada sensor se localizan sobre la imagen del objeto 1 por lo que se realiza la triangulación para calcular las coordenadas 3D de estos puntos.

La información de intensidad 2D en sí misma ayuda en la detección del objeto 1, pero también puede utilizarse como medida de confianza de la calidad de los datos de rango. Ocasionalmente el sensor 5 no detecta ninguna luz reflejada, este fenómeno se denomina "datos perdidos". La causa de la falta de datos puede tener dos explicaciones; o bien el sensor no detectará ninguna luz reflejada puesto que el láser está ocluido o bien el sensor no detectará ninguna luz reflejada ya que la luz es absorbida o reflejada lejos del receptor, por ejemplo, cuando el objeto tiene un color oscuro y/o muy reflectante. Este fenómeno se describirá con mayor detalle en conjunto con la descripción de la figura 3.

El sensor 5 puede además ser capaz de detectar luz dispersa, es decir, la dispersión de la luz en la capa superficial del objeto 1. La luz que penetra el material se registra y después la dispersión emerge desde el objeto 1 en un lugar diferente de aquel en el que entró. La forma en que esto ocurre depende de las características internas del material del objeto, que de esta manera se puede medir.

El objeto 1 y el aparato de escaneo se mueven uno con respecto al otro en una dirección de movimiento predefinida, en la dirección y mostrada en la figura 1. En la realización preferida de la presente invención, el objeto 1 se desplaza con respecto al aparato de escaneo 6. El objeto 1 puede, por ejemplo, colocarse sobre una cinta transportadora que se desplaza o, alternativamente, no hay cinta y el objeto 1 se mueve por sí mismo. En lugar de que el objeto 1 se mueva respecto al aparato de escaneo 6, la relación puede invertirse naturalmente, es decir, el objeto 1 es estacionario y el aparato de escaneo 6 se mueve sobre el objeto al medir. En otra realización más, tanto el objeto 1 como el aparato de escaneo 6 se mueven uno con respecto a otro.

El sensor 5 se dispone para detectar información de rango del objeto 1 en una multitud de secciones transversales del objeto iluminado mediante la fuente luminosa 3, es decir, se dispone para medir repetidamente (escanear) el objeto 1 cuando el objeto 1 se mueve en la dirección y, con el fin de obtener una multitud de imágenes de sección transversal que se juntan en una imagen de rango del objeto 1.

En la realización preferida, el aparato de escaneo 6 es una unidad autónoma, que comprende medios para la adquisición de imágenes de rango, medios para describir la forma del objeto inspeccionado y medios para un análisis posterior configurable por el usuario. El hecho de que el aparato sea una unidad autónoma lo hace fiable, requiere pocos recursos de almacenamiento y un sistema que comprende sólo una unidad es fácil de manejar.

La figura 2 ilustra esquemáticamente los diferentes componentes del aparato de escaneo 6 según una realización preferida de la presente invención. El aparato de escaneo 6 comprende el medio 8 para adquirir datos de rango del objeto 1. El medio 8 de adquisición se denomina, en este contexto, extremo frontal de visión. El extremo frontal de visión 8 se describirá con más detalle junto con la descripción de la figura 3.

El aparato de escaneo 6 comprende además un analizador 7 dispuesto para analizar de forma dinámica los datos de rango suministrados desde el extremo frontal de visión 8. El analizador 7 comprende un software que realiza un análisis dinámico de los datos desde el extremo frontal de visión 8. El analizador 7 puede comprender hardware especial, por ejemplo, procesadores de señales digitales (DSP:s), que aumentan el tiempo de realización de algunas tareas de análisis como el filtrado de imágenes. El analizador 7 también puede comprender un micro procesador de uso general y medios para emitir los datos procesados y analizados.

El aparato de escaneo 6 comprende además un módulo 9 de control y comunicaciones dispuesto para controlar el extremo frontal de visión 8 y el analizador 7. El módulo 9 de control y comunicaciones emite el resultado del análisis dinámico como señales de control a otros módulos del aparato. El módulo también es responsable de que el sistema funcione cuando se enciende, lo que incluye extraer configuraciones almacenadas de una memoria permanente. El módulo 9 de control y comunicaciones comprende además medios para la configuración del extremo frontal de visión 8 y el analizador 7 y se dispone para manejar la comunicación con un dispositivo 11 de configuración y otros dispositivos externos 10, que en la realización preferida son un Ordenador Personal (PC). El extremo frontal de visión 8 y el analizador 7 se configuran utilizando un dispositivo 11 de configuración externo, por ejemplo un PC. El PC ejecuta una interfaz gráfica de usuario en una pantalla 12 en la que se pueden configurar tanto la adquisición de imagen como el análisis dinámico.

Al configurar la adquisición de datos, se pueden cambiar diferentes parámetros, por ejemplo, el tiempo de exposición, el campo de visión y la ganancia del sensor. También es posible seleccionar el algoritmo de extracción de picos de láser y habilitar o deshabilitar las etapas de pre-procesamiento, tales como, por ejemplo, la calibración y la rectificación que se describirán con más detalle a continuación.

La configuración del análisis dinámico comprende al menos una tarea de análisis básico que en lo sucesivo se denominará herramienta. Cada herramienta tiene un número de parámetros de entrada y un número de valores de resultados de salida. La salida de una herramienta se puede utilizar como entrada para otras herramientas. Tanto las entradas como las salidas pueden ser valores numéricos, imágenes o valores de texto. El orden de ejecución de las herramientas se puede especificar explícitamente por el usuario o se puede derivar implícitamente por el sistema sobre la base de las relaciones de entrada-salida entre las herramientas. Por ejemplo, si una herramienta de detección de borde requiere una región de imagen de interés como entrada, es posible deducir automáticamente

que la herramienta de búsqueda de objetos que devuelve esta región de interés debería ejecutarse antes de la detección del borde.

La configuración del análisis se realiza de una manera gráfica interactiva. El usuario puede aplicar diferentes herramientas y obtener retroalimentación interactiva sobre los resultados de cada herramienta aplicada. Una forma importante de retroalimentación son las imágenes de resultados intermedios. Las imágenes pueden tener gráficos superpuestos que muestran características extraídas, tales como objetos, esquinas o bordes. Otras formas de retroalimentación incluyen valores de salida numéricos o textuales y mensajes de error. Algunas herramientas no contienen ninguna funcionalidad de procesamiento de imágenes, sino que se utilizan para controlar el orden de ejecución de la herramienta. Tales herramientas introducen iteración y ramificación condicional o incondicional en el orden de ejecución de la herramienta.

Algunas herramientas se ocupan de la comunicación. Un ejemplo es una herramienta que envía un mensaje que contiene resultados de medición de otras herramientas. Otro ejemplo es una herramienta que establece un valor digital o analógico de una señal de salida del sistema. Como una alternativa o complemento para controlar la comunicación que utilice herramientas, puede haber alguna otra forma de funcionalidad del sistema que maneje la comunicación.

La figura 3 ilustra esquemáticamente los componentes del extremo frontal de visión 8. Como se puede ver en la figura, las piezas componentes en la configuración del sistema que se muestran en la figura 1 se incorporan, en la realización preferida de la invención, todas en una única unidad, el extremo frontal de visión 8. El extremo frontal de visión 8 se dispone principalmente para adquirir datos de rango (una imagen de rango) y comprende: una fuente luminosa 3 para iluminar el objeto 1 con la luz incidente, preferentemente luz láser; un sensor 5 dispuesto para detectar la luz reflejada desde el objeto y para convertir la luz detectada en una imagen del objeto 1; y, las ópticas 4 de recogida de luz dispuestas delante del sensor 5.

El extremo frontal de visión 8 comprende además un pre-procesador 14 dispuesto para procesar la imagen adquirida y para localizar la posición de la luz incidente. El pre-procesador 14 también puede realizar la calibración y la rectificación como se describe a continuación.

El extremo frontal de visión 8 comprende además medios para identificar datos perdidos y este medio se dispone para llevar a cabo la etapa de identificación de datos perdidos. Cuando se utiliza la triangulación láser, se pueden obstruir partes del láser proyectado por el objeto que se va a inspeccionar. Esto conduce a mediciones de rango desconocidas llamados datos perdidos, es decir, a identificar posiciones en la imagen creada en las que se pierden datos válidos. Las mediciones con datos perdidos se identifican mediante el extremo frontal de visión 8 y los píxeles correspondientes de la imagen de rango se marcan con un valor especial para marcar los datos perdidos. Típicamente, se utiliza el valor 0 (cero). Los datos perdidos también se dan en otras técnicas de escaneo de rango diferentes de la triangulación láser.

Para algunas tareas de inspección, la forma y la posición de la región de datos perdidos contienen información importante. Puede ser la característica del objeto que obstruya la luz láser que se va a medir y las herramientas de análisis se pueden utilizar para localizar y realizar mediciones en la región de datos perdidos. En otras tareas de medición, si los datos perdidos no tiene interés, deben manejarse de forma separada con el fin de no influir en el análisis. La posición de los datos perdidos depende de la rotación del objeto inspeccionado. Para la identificación independiente de la rotación del objeto, se debe ignorar la región de datos perdidos por la herramienta de búsqueda de objetos. Esto se puede realizar de dos maneras. Las herramientas se pueden programar para ignorar todos los píxeles con datos perdidos. Alternativamente, las regiones de datos perdidos se pueden rellenar con valores de rango estimados a partir de los píxeles válidos alrededor de las regiones perdidas utilizando alguna forma de interpolación y/o extrapolación. Este pre-procesamiento se puede realizar mediante una herramienta separada o en el módulo 14 de pre-procesamiento del extremo frontal de visión 8. Después de haber llenado las regiones de datos perdidos, se pueden aplicar herramientas no desarrolladas para manejar datos perdidos a la imagen de rango procesada.

El extremo frontal de visión 8 comprende medios para medir información de rango y además puede comprender medios para adquirir información adicional tal como: la intensidad de escala de grises de la línea extraída; la intensidad de la escala de grises para otras fuentes de luz distintas de la luz láser, tales como luz polarizada o luz blanca directa; el color del objeto; y, las propiedades de dispersión de la superficie del objeto.

Por lo tanto, para cada medición de rango puede haber una o más mediciones relacionadas, esto se llama datos multimodales. Cada modalidad de las mediciones se denominará en adelante un componente. Los datos de cada componente se pueden organizar como una imagen 2D. La salida desde el extremo frontal de visión 8 no es entonces una imagen de rango único, sino un conjunto de imágenes. Hay una imagen para cada componente.

El análisis de las imágenes multimodales se puede realizar de una manera similar a la del caso de imagen de rango puro. Las herramientas se pueden aplicar a cada imagen componente independientemente. Por ejemplo, se puede aplicar una herramienta de lectura de código de barras a la imagen de intensidad seguida de una herramienta de medición de volumen que funciona sobre la imagen de rango. Algunas herramientas pueden funcionar en más de

una imagen a la vez, lo que combina la información de dos o más componentes con el fin de realizar un análisis más sofisticado y discriminatorio.

La extracción de la línea láser en el extremo frontal de visión devuelve valores de rango medidos en unidades de píxeles del sensor. Cada columna u del sensor tiene un valor de rango v . Suponiendo un movimiento del objeto constante y una velocidad de muestreo constante, los dos ejes de la imagen de rango están en la dirección u e y respectivamente. Los valores de píxel están en la dirección v . A menudo es útil convertir los valores de coordenadas del sensor en coordenadas-universales (x, y, z) expresadas en alguna unidad adecuada, tal como milímetros, y el método de hacerlo así se denominará en adelante calibración. Todos los datos de rango de un solo perfil se colocan en el mismo plano láser de constante y . La cartografía del interés es, por lo tanto, desde las coordenadas del sensor (u, v) hasta las coordenadas-universales (x, z) .

El extremo frontal de visión se monta de forma rígida en el dispositivo. Por lo tanto, se supone que la cartografía desde (u, v) hasta (x, y) es constante una vez que el dispositivo se ha montado. Por lo tanto, después del montaje, es posible encontrar la cartografía por medio de objetos presentes de dimensiones conocidas en posiciones conocidas en el campo de visión de medición del dispositivo. Una vez calibrado, es inmediato en el tiempo de ejecución asignar cada medición de rango (u, v) a coordenadas-universales (x, z) por medio de búsqueda en tablas o de evaluación de una expresión matemática calculada previamente. El resultado son dos imágenes, ambas con ejes a lo largo de u e y . Los valores de píxeles de la primera imagen están en la dirección x y los valores de píxeles de la segunda imagen están en la dirección z .

La Figura 4a ilustra una configuración de adquisición en un enfoque de la técnica anterior en el que se obtiene una posición de rango a lo largo de cada rayo dibujado. El uso de imágenes de rango calibradas como entrada a un sistema externo de análisis de imágenes 2D es una técnica conocida y estas imágenes de rango no se muestrean en una cuadrícula cartesiana (x, y) . El patrón de muestreo se define en su lugar mediante el sensor de escaneo, lo que resulta en un valor de rango por columna u del sensor, mostrado en la figura 4a y discutido anteriormente. La consecuencia de usar este método es que los objetos presentados variarán en tamaño y forma en función de la posición (en x y en z) relativa al aparato de escaneo.

La funcionalidad de calibración en los sistemas de análisis de la técnica anterior descritos anteriormente no maneja adecuadamente las distorsiones descritas anteriormente. En la realización preferida de la presente invención, este problema se resuelve al rectificar la imagen del objeto 1 antes del procesamiento. La figura 4b ilustra una configuración de adquisición de imagen después de la rectificación, en la que se obtiene una posición de rango a lo largo de cada rayo virtual 16. El método de rectificación vuelve a muestrear los datos de rango sobre una rejilla uniformemente espaciada (x, y) antes de presentarla al analizador. Esto permite un verdadero análisis invariante de la traducción de la imagen de rango. La interpolación en la rectificación se puede hacer en una rejilla de muestreo en la dirección x de resolución arbitraria. Para algunas tareas de inspección puede ser ventajoso tener la misma resolución en la dirección x que en la dirección y . Entonces es relativamente fácil realizar un análisis que es independiente de la rotación del objeto alrededor del eje z .

La figura 5a ilustra los sistemas de coordenadas utilizados en una calibración 17 y en una rectificación 18 de un perfil único, la figura 5b ilustra los sistemas de coordenadas utilizados en la calibración 17 y en la rectificación 18 de una secuencia de perfiles y la figura 5c ilustra los sistemas de coordenadas utilizados en la calibración 17 y la rectificación 18 de una secuencia de perfiles vistos como imágenes.

Como puede observarse a partir de las figuras 5a-5c, el resultado de la calibración 17 son dos imágenes, ambas con ejes a lo largo de u e y . Los valores de píxeles de la primera imagen están en la dirección x y los valores de píxeles de la segunda imagen están en la dirección z como se discutió anteriormente. El resultado de la rectificación 18 es una imagen con ejes a lo largo de x y de y . Los valores de píxeles están en la dirección z . Debe entenderse que para la secuencia de perfiles, mostrada en las figuras 5b y 5c, la calibración 17 y la rectificación 18 se realizan separadamente para cada secuencia.

En la calibración 17 y en la rectificación 18 de la imagen del objeto, mostradas en las figuras 5a-5c, se utiliza una fuente de luz láser vertical. Si se utiliza una fuente de luz láser inclinada, es decir, la luz láser incidente con un ángulo sobre el objeto, la rectificación tiene que realizarse en dos dimensiones. De este modo, la calibración da lugar a tres imágenes y habrá una etapa de rectificación intermedia adicional antes de que se obtenga una imagen rectificada. Lo mismo se aplica si, por ejemplo, se utiliza la imagen estéreo para medir los datos de rango.

A continuación se describirá un método para medir las características tridimensionales de un objeto, que comprende las etapas de:

- proporcionar medios para configurar la adquisición y el análisis de datos de rango antes de iniciar la medición;
- crear una imagen del mencionado objeto al detectar la luz reflejada desde el mencionado objeto utilizando al menos un sensor que comprende píxeles;

- adquirir datos de rango del mencionado objeto a partir de la imagen creada medida en unidades de píxeles del sensor;
 - calibrar los datos de rango adquiridos desde los valores de píxeles del sensor hasta coordenadas universales;
- 5 - rectificar los datos de rango calibrados al remuestrear los datos de rango sobre una rejilla uniformemente espaciada; y,
- analizar los datos de rango rectificados y calibrados con el fin de obtener las características tridimensionales del mencionado objeto.
- 10 En una realización adicional, la configuración del análisis de datos de rango comprende tareas de análisis básico que tienen al menos un parámetro de entrada y al menos un valor de resultado de salida, por lo que el valor de resultado de salida de una primera tarea de análisis se utiliza como parámetro de entrada para una segunda tarea de análisis.
- 15 En una realización adicional el método comprende la etapa de identificar posiciones de píxeles en la imagen creada en las que se pierden datos válidos, por lo que las posiciones de píxeles identificadas en la imagen creada en las que se pierden datos se ignoran o se llenan con valores de rango estimados a partir de píxeles válidos alrededor de los píxeles donde se pierden datos utilizando interpolación y/o extrapolación.
- En otra realización, el método comprende además al menos una de las siguientes etapas: adquirir datos de intensidad de la escala de grises de la imagen creada del mencionado objeto; y/o, medir las propiedades de dispersión de la superficie del objeto.
- 20 En otra realización adicional se utiliza la triangulación para crear la imagen del mencionado objeto.
- Por lo tanto, aunque se han mostrado y descrito y se han señalado novedosas características fundamentales de la invención cuando se aplica a una realización preferida de la misma, se entenderá que se pueden realizar por los expertos en la técnica varias omisiones y sustituciones y cambios en la forma y detalles de los dispositivos ilustrados y en su funcionamiento.
- 25 Además, debe reconocerse que las estructuras y/o elementos y/o etapas del método mostradas y/o descritas en conexión con cualquier forma o realización de la invención descrita pueden incorporarse en cualquier otra forma o realización descrita o divulgada o sugerida como una cuestión general de elección del diseño. Por lo tanto, la intención es limitarse solamente como se indica, mediante el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para medir características tridimensionales de un objeto (1) que utiliza adquisición y análisis de datos de rango, que comprende las etapas de:

- 5
 - proporcionar medios para configurar la adquisición y el análisis de datos de rango antes de iniciar la medición;
 - crear una imagen del mencionado objeto al detectar la luz reflejada desde el mencionado objeto utilizando al menos un sensor (5) que comprende píxeles;
 - adquirir datos de rango del mencionado objeto (1) a partir de la imagen creada medida en unidades de píxeles del sensor (u, v);
- 10
 - convertir los datos de rango adquiridos desde los valores de píxeles (u, v) del sensor hasta coordenadas universales (x, z);

caracterizado por que el método además comprende las etapas de:

- rectificar los datos de rango calibrados al remuestrear los datos de rango convertidos sobre una rejilla uniformemente espaciada (x, y) en coordenadas universales;
- 15
 - analizar los datos de rango rectificados y convertidos con el fin de obtener las características tridimensionales del mencionado objeto (1).

2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que, la configuración del análisis de datos de rango comprende tareas de análisis básico que tienen al menos un parámetro de entrada y al menos un valor de resultado de salida, por lo que el valor de resultado de salida de una primera tarea de análisis se utiliza como parámetro de entrada para una segunda tarea de análisis.

3. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que, el método además comprende la etapa de identificar las posiciones de los píxeles en la imagen creada en las que se pierden datos válidos.

4. Un método según la reivindicación 3, caracterizado por que, el método además comprende la etapa de ignorar las posiciones de los píxeles identificadas en la imagen creada en las que se pierden datos válidos.

5. Un método según la reivindicación 3, caracterizado por que, el método además comprende la etapa de rellenar las posiciones de los píxeles identificadas en la imagen creada en las que se pierden datos con valores de rango estimados a partir de los píxeles válidos alrededor de los píxeles en los que se pierden datos que utiliza interpolación y/o extrapolación.

6. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que, el método además comprende la etapa de adquirir datos de la intensidad de la escala de grises a partir de la imagen creada del mencionado objeto (1).

7. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que, el método además comprende la etapa de medir las propiedades de dispersión de la superficie del objeto.

8. Un método según la reivindicación 1, caracterizado por que, la etapa de crear una imagen del mencionado objeto (1) se hace utilizando triangulación.

9. Un aparato de escaneo (6) para medir las características tridimensionales de un objeto (1) que utiliza análisis y adquisición de datos de rango, que comprende:

- el medio (11) para configurar la adquisición y el análisis de datos de rango antes de iniciar la medición;
- 40
 - el medio (8) para crear una imagen del mencionado objeto (1) al detectar la luz reflejada desde el mencionado objeto (1) utilizando al menos un sensor (5) que comprende píxeles;
 - el medio (8) para adquirir datos de rango del mencionado objeto (1) a partir de la imagen creada medida en unidades de píxeles del sensor (u, v);
- 45
 - medios para convertir los datos de rango adquiridos desde los valores de píxeles (u, v) del sensor hasta coordenadas universales (x, z),

caracterizado por que el aparato de escaneo (6) además comprende:

- medios para rectificar los datos de rango convertidos al remuestrear los datos de rango convertidos sobre una rejilla uniformemente espaciada (x, y) en coordenadas universales;

- el medio (7) para analizar los datos de rango rectificadas y convertidos con el fin de obtener las características tridimensionales del mencionado objeto (1).

5 10. Un aparato de escaneo (6) según la reivindicación 9, caracterizado por que, la configuración del análisis de datos de rango comprende tareas de análisis básico que tienen al menos un parámetro de entrada y al menos un valor de resultado de salida, por lo que el valor de resultado de salida de una primera tarea de análisis se utiliza como parámetro de entrada para una segunda tarea de análisis.

 11. Un aparato de escaneo (6) según la reivindicación 9, caracterizado por que, el aparato de escaneo (6) comprende además el medio (14) para identificar las posiciones de los píxeles en la imagen creada en las que se pierden datos.

10 12. Un aparato de escaneo (6) según la reivindicación 11, caracterizado por que, el aparato de escaneo (6) comprende además el medio (14) para ignorar las posiciones de los píxeles identificados en la imagen creada en las que se pierden datos.

15 13. Un aparato de escaneo (6) según la reivindicación 11, caracterizado por que, el aparato de escaneo (6) comprende además el medio (14) para rellenar las posiciones de los píxeles identificados en la imagen creada en las que se pierden datos con valores de rango estimados a partir de píxeles válidos alrededor de los píxeles en los que se pierden datos utilizando interpolación y/o extrapolación.

 14. Un aparato de escaneo (6) según la reivindicación 9, caracterizado por que, el aparato de escaneo (6) comprende además medios para adquirir datos de la intensidad de la escala de grises a partir de la imagen creada del mencionado objeto (1).

20 15. Un aparato de escaneo (6) según la reivindicación 9, caracterizado por que, el aparato de escaneo (6) comprende además medios para medir las propiedades de dispersión de la superficie del objeto.

 16. Un aparato de escaneo (6) según la reivindicación 9, caracterizado por que, el aparato de escaneo (6) es una unidad autónoma.

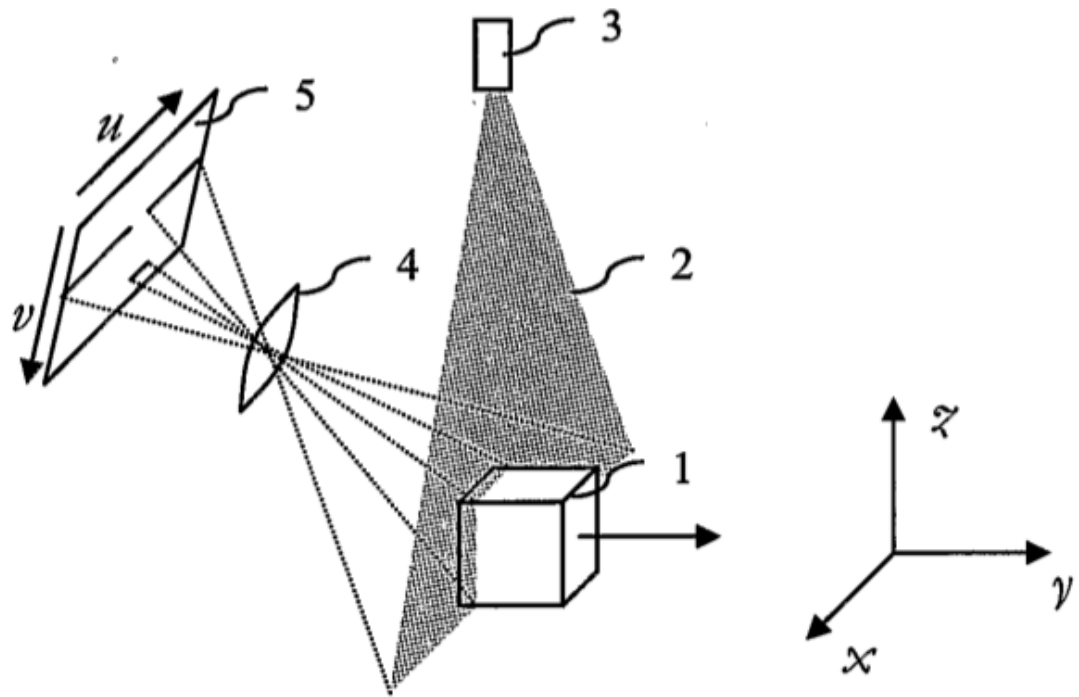


Fig. 1

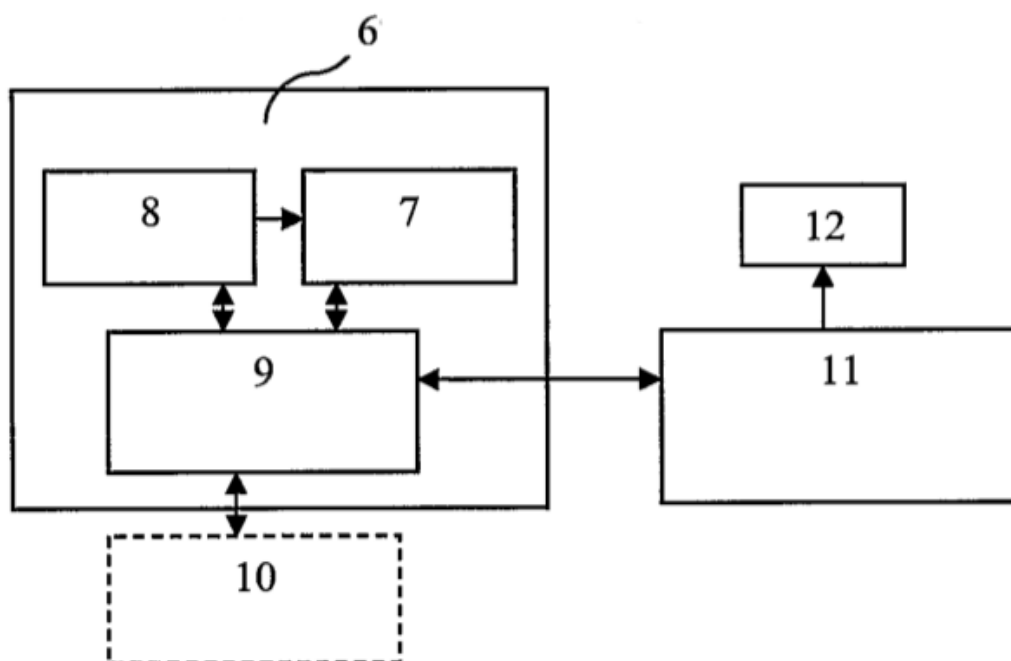


Fig. 2

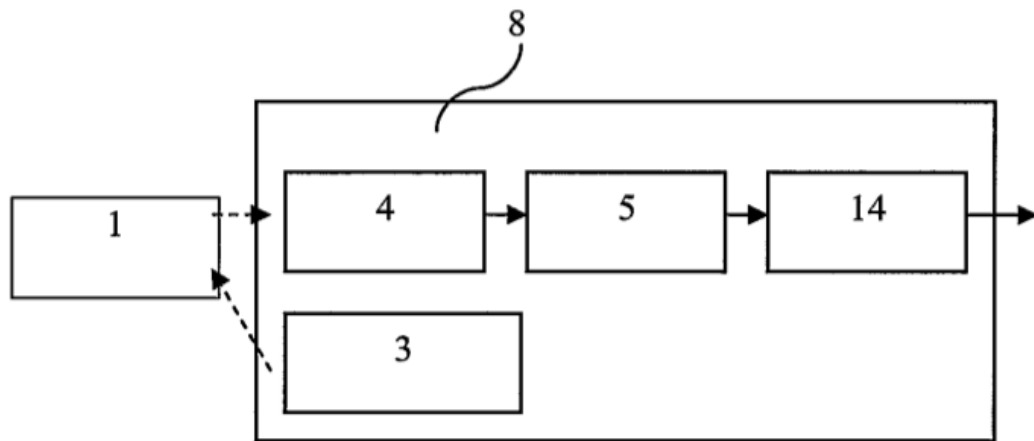


Fig. 3

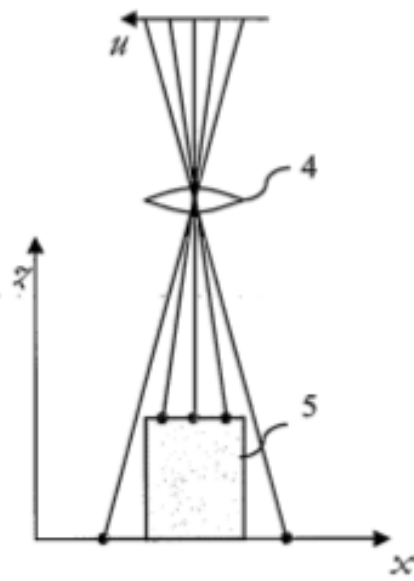


Fig. 4a
(técnica anterior)

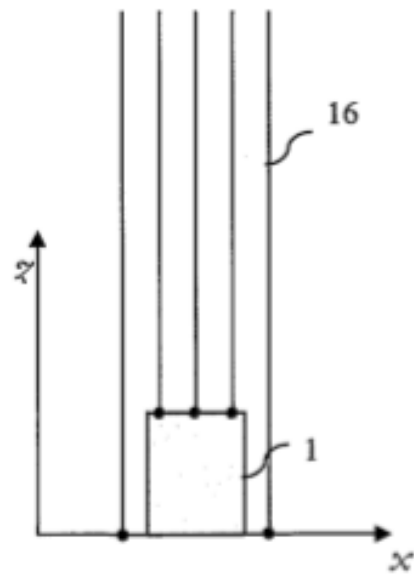


Fig. 4b

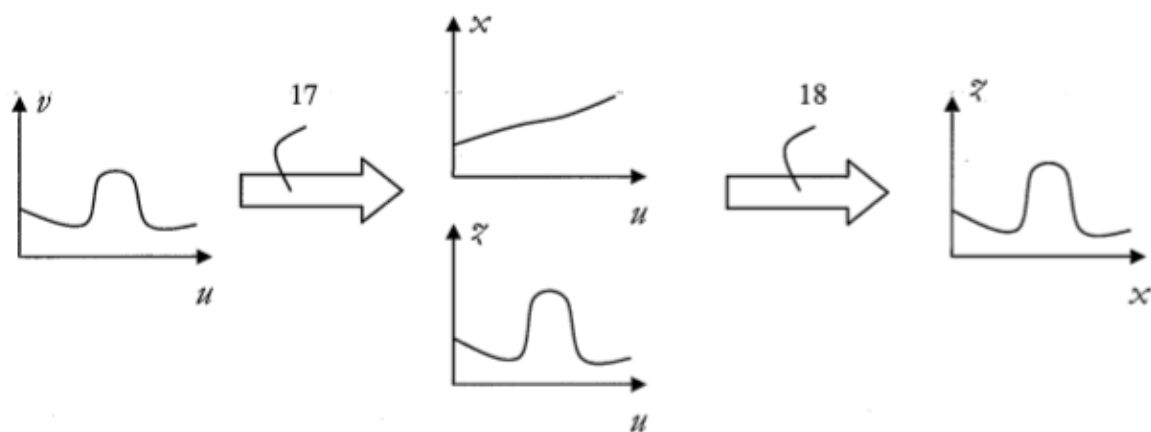


Fig. 5a

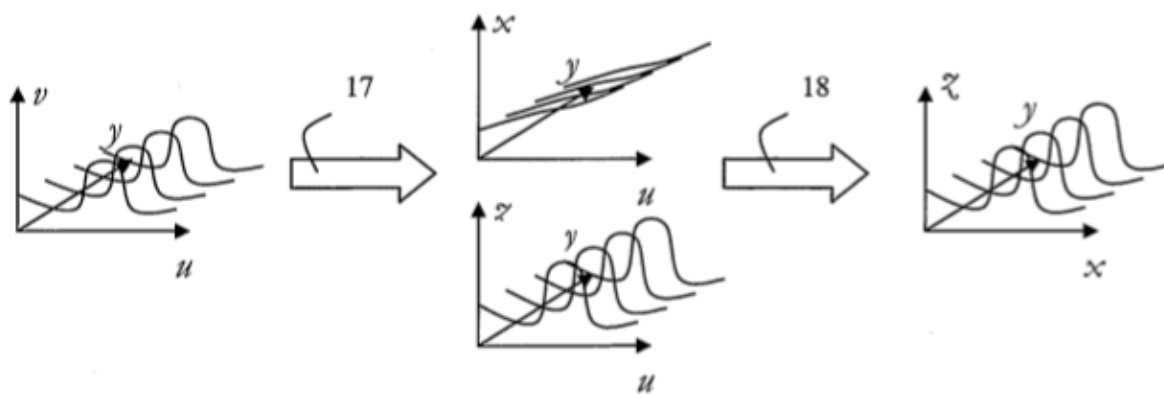


Fig. 5b

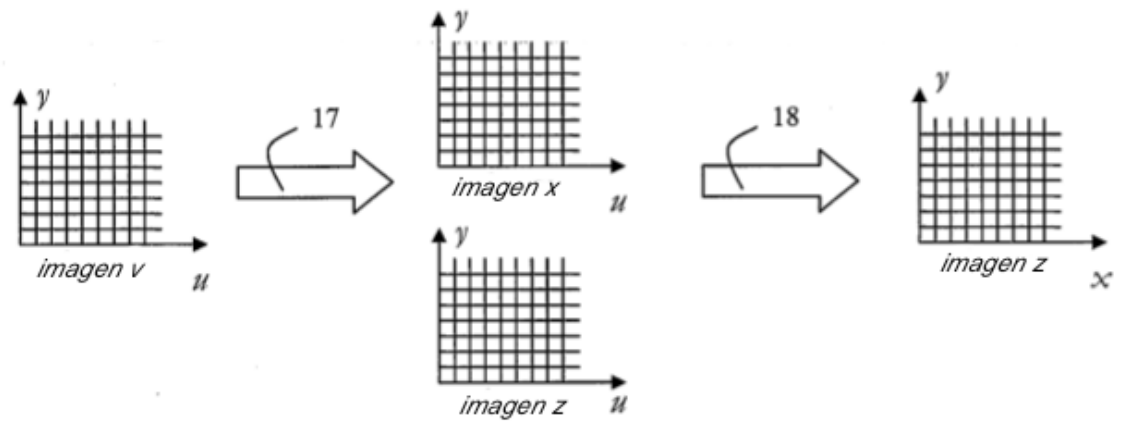


Fig. 5c