

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 961 734**

51 Int. Cl.:

G01B 11/25

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.01.2016** **PCT/CN2016/072451**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.03.2017** **WO17041419**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2016** **E 16843363 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2023** **EP 3348958**

54 Título: **Sistema de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal y procedimiento de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal**

30 Prioridad:

10.09.2015 CN 201510574982

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

13.03.2024

73 Titular/es:

TENYOUN 3D (TIANJIN) TECHNOLOGY CO., LTD
(100.0%)

Floor 2 Building 3 No.9 Juxing Rd, Haihe
Technology Park, Xianshuigu Town,
Jinnan District
Tianjin 300350, CN

72 Inventor/es:

DU, HUA;
LI, RENJU y
YE, CHENGWEI

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 961 734 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

Sistema de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal y procedimiento de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere al campo técnico del escaneado tridimensional de la geometría de la superficie de un objeto y, más concretamente, a un sistema de escaneado tridimensional por láser de matriz multilineal y a un procedimiento de escaneado tridimensional por láser de matriz multilineal.

Antecedentes

- 10 En los últimos años, el escaneado tridimensional, como tecnología digital tridimensional rápida, se ha aplicado cada vez más en diversos campos, como la ingeniería inversa, las pruebas industriales, la visión por ordenador, la producción de CG, etc., especialmente en los campos de la impresión 3D y la fabricación inteligente, que actualmente se están desarrollando rápidamente. El escaneado tridimensional, como tecnología de detección visual tridimensional y digital de primera línea, se ha convertido en un segmento importante de la cadena industrial; mientras tanto, diversos tipos de aplicaciones han exigido mayores requisitos en numerosos aspectos del dispositivo de escaneado tridimensional, como el coste, la practicidad, la precisión y la fiabilidad, etc.

- 20 El escaneo tridimensional óptico es el medio técnico moderno más común en el campo de la digitalización tridimensional, y es la característica prominente de la tecnología por tener tanto una eficiencia de medición relativamente alta como una alta precisión. El escaneado tridimensional con luz blanca es una tecnología de escaneado óptico convencional, en la que se realiza una marca de codificación en la superficie de un objeto mediante la proyección de una rejilla y, a continuación, se realiza una triangulación mediante la fotografía de una cámara. De amplia aplicación en el campo de la medición tridimensional, el escaneado tridimensional con luz blanca se caracteriza por su alta precisión, alta resolución espacial y calidad de datos relativamente fina. Con la continua expansión del campo de aplicación, diversos entornos de utilización complejos han planteado nuevos requisitos a la tecnología de escaneado tridimensional. Por ejemplo, se espera que el dispositivo tenga una mayor comodidad de escaneado y un mejor rendimiento óptico antiinterferencias, y que el procedimiento de escaneado pueda ser más rápido y sencillo, y se puedan omitir en la medida de lo posible los pasos innecesarios, y la medición se pueda completar en la mayoría de los entornos luminosos. Debido a la estructura del proyector de rejilla y a la limitación de depender de la codificación secuencial, el dispositivo de escaneado de luz blanca es grande en volumen y peso, y necesita estructuras de soporte estables, como un trípode, para ayudar a la medición, lo que limita la comodidad de la medición; además, dado que la luminancia de las fuentes de luz blanca es limitada, la medición se ve considerablemente influida por las luces ambientales y las propiedades ópticas, como el color y el material del objeto, es difícil medir con eficacia en un entorno más luminoso o en objetos más oscuros.

- 35 Para compensar las deficiencias de la tecnología de escaneado tridimensional con luz blanca, surge una tecnología de escaneado con láser de línea como fuente de luz. Aunque sigue basándose en el principio de triangulación de la multivisión, esta tecnología se diferencia en que el láser de línea se emplea como proyector de patrones, los patrones son sencillos y no cambian con el tiempo, el láser es pequeño y de estructura simple; en consecuencia, el dispositivo de escaneo se vuelve ligero y no necesita soporte adicional ni dispositivo de estabilización para ayudar a la medición, por lo que la medición manual es su característica típica; mientras tanto, la luminancia en el centro de la línea láser es extremadamente alta, por lo que se adapta a la escaneo en la mayoría de entornos luminosos o sobre objetos oscuros. Sin embargo, antes de que la tecnología de escaneado tridimensional por láser existente impregne todo el campo del escaneado tridimensional, aún quedan varios problemas importantes por resolver:

- 40 Las ventajas de eficiencia y coste del escaneado no pueden conseguirse a la vez. La tecnología de escaneado láser de una sola línea es relativamente sencilla de realizar y de bajo coste, pero su rendimiento de escaneado es muy limitado y su velocidad de escaneado es lenta, lo que limita su viabilidad; mientras que la tecnología de escaneado láser de varias líneas ha mejorado en gran medida la velocidad de escaneado, pero debido a la dependencia de un generador láser especial personalizado, su procedimiento es complejo y su coste es elevado, lo que también dificulta la popularización de la aplicación de la tecnología.

- 50 La vida útil es corta. La escaneo continua a plena potencia acelera la atenuación de la luz en los dispositivos ópticos, especialmente en los distintos tipos de elementos ópticos (láser LD y luces LED, etc.), lo que conlleva directamente una degradación del rendimiento de la escaneo (incluida la calidad de los datos y la velocidad de escaneo), lo que conduce directamente a una degradación del rendimiento de la escaneo (incluyendo la calidad de los datos y la velocidad de escaneo); además, una gran cantidad de calor generado por los LED que trabajan continuamente también trae problemas de refrigeración para el dispositivo, ya que un buen rendimiento de disipación de calor contradice con la estructura general pequeña y ligera, y un mal rendimiento de disipación de calor no sólo causa un fallo prematuro de los elementos ópticos, sino que también da lugar a una pequeña deformación en toda la estructura de escaneo, lo que lleva a una pérdida de precisión de la escaneo.

La tasa de desajuste de la escaneo es elevada y carece de fiabilidad. En la tecnología convencional de correspondencia basada en marcadores existe un alto índice de falta de correspondencia, que se presenta porque

los datos escaneados múltiples aparecen ambiguos cuando se registran uniformemente en el mismo sistema de coordenadas, lo que lleva a que una parte de los datos escaneados se separe de los datos completos, generando así un modelo erróneo. Este problema puede resolverse en el procedimiento de escaneado tridimensional con luz blanca borrando manualmente, etc., después de cada escaneado de una sola cara, pero no puede resolverse empleando procedimientos similares en el procedimiento de escaneado tridimensional con láser en modo de escaneado continuo. Por lo tanto, suele haber que volver a escanear después de que se produzca un desajuste, lo que afecta notablemente a la eficacia del trabajo.

La precisión de escaneado es baja. La calidad de los datos de escaneado láser está relacionada con diversos factores, entre los que el control de la distancia de trabajo es uno de los principales. Si se determina la profundidad de campo, puede producirse un desenfoque de la imagen cuando el cambio de la distancia de trabajo va más allá de la profundidad de campo, lo que provoca un gran ruido en los datos y una importante reducción de la precisión. En la tecnología de escaneado láser convencional, la distancia de trabajo depende principalmente de la evaluación subjetiva del operador. Por lo tanto, es difícil controlar con precisión la distancia de trabajo en el procedimiento de escaneo continuo, lo que conduce a una precisión de escaneo relativamente baja.

El documento US 6377700 B1 divulga un procedimiento y un aparato para capturar imágenes estereoscópicas.

Sumario

Con respecto a los defectos de la técnica anterior, la presente invención proporciona un sistema de escaneado tridimensional por láser de matriz multilineal y un procedimiento de escaneado tridimensional por láser de matriz multilineal, con el fin de resolver los problemas técnicos anteriores y según se reivindica en la reivindicación 1.

En el primer aspecto, la presente invención proporciona un sistema de escaneado tridimensional por láser de matriz multilineal, que comprende: un dispositivo de escaneado tridimensional por láser de matriz multilineal, que comprende una matriz de puertas programable FPGA, al menos un sensor de imagen estereoscópica, un sensor inercial, una matriz láser lineal y un controlador de realimentación de errores, estando acoplada la matriz de puertas programable FPGA con el sensor de imagen estereoscópica, el sensor inercial, la matriz láser lineal y el controlador de realimentación de errores, respectivamente; y un ordenador superior acoplado con la matriz de puertas programable, el sensor de imagen estereoscópica y el sensor inercial, respectivamente;

la matriz de puertas programable FPGA está configurada para enviar una primera señal de disparo a la matriz de láseres lineales, de forma que la matriz de láseres lineales ilumine la superficie de un objeto medido con un destello estroboscópico de acuerdo con la primera señal de disparo;

la matriz de puertas programable FPGA también se utiliza para enviar una segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica, de forma que el sensor de imagen estereoscópica realiza disparos de exposición al objeto medido de acuerdo con la segunda señal de disparo, y envía los pares de imágenes que se toman al ordenador superior;

la matriz de puertas programable FPGA también se utiliza para enviar una tercera señal de disparo al sensor inercial, de forma que el sensor inercial envía la información de localización del dispositivo de escaneo tridimensional láser de matriz multilineal al ordenador superior de acuerdo con la tercera señal de disparo;

el ordenador superior también se utiliza para realizar una evaluación de errores en tiempo real de los datos medidos y devolver el resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA;

la matriz de puertas programable FPGA también se utiliza para enviar una señal de control al controlador de retroalimentación de errores de acuerdo con el resultado de la evaluación, y ajustar la distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional láser y el objeto medido de acuerdo con el resultado de la evaluación, después de recibir el resultado de la evaluación retroalimentado por el ordenador superior;

el ordenador superior se utiliza para codificar y decodificar las líneas láser en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imagen estereoscópica;

el ordenador superior también se utiliza para realizar una reconstrucción tridimensional de los puntos característicos en los pares de imágenes del objeto medido y las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto medido;

el ordenador superior también se utiliza para registrar los datos de las líneas láser tridimensionales en diferentes marcos en el mismo sistema de coordenadas para generar una nube de puntos de forma plana basada en la información de localización y los puntos característicos devueltos por el sensor inercial, como se define completamente en la reivindicación 1.

Preferiblemente, la matriz de puertas programable FPGA está configurada además para recibir una señal de disparo de pulsos preestablecida y un tiempo de exposición preestablecido enviados por el ordenador superior, y enviar la primera señal de disparo a la matriz de láser de línea y enviar la tercera señal de disparo al sensor inercial

respectivamente de acuerdo con la señal de disparo de pulsos preestablecida, y enviar la segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica de acuerdo con el tiempo de exposición preestablecido.

Preferiblemente, el controlador de retroalimentación de error está configurado para recibir la señal de control enviada por la matriz de puertas programable FPGA, y emitir un indicador luminoso correspondiente a la señal de control.

- 5 Preferiblemente, el controlador de retroalimentación de error es una luz LED que cambia de color incluyendo las luces combinadas por tres colores primarios de rojo, verde y azul.

Preferiblemente, el sensor de imagen estereoscópica es un sensor de imagen multivisión compuesto por dos o más cámaras ópticas.

Preferiblemente, el sensor de visión estereoscópica está provisto de un dispositivo de iluminación.

- 10 Preferiblemente, el tiempo de iluminación del dispositivo de iluminación está sincronizado con el tiempo de exposición del sensor estereoscópico.

Preferiblemente, el conjunto de láseres de línea comprende una pluralidad de láseres de línea dispuestos en una matriz.

- 15 Preferiblemente, el ordenador superior está configurado para rastrear los puntos característicos, y registrar los datos de las líneas láser tridimensional en diferentes fotogramas en el mismo sistema de coordenadas rastreando los puntos característicos homónimos entre fotogramas de tiempo adyacentes.

Preferiblemente, el ordenador superior está configurado además para evaluar la distancia entre el dispositivo láser de escaneo tridimensional y el objeto medido en tiempo real, y devolver el resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA cuando la distancia excede la distancia preestablecida.

- 20 Preferiblemente, el ordenador superior también está provisto de una interfaz de comunicación utilizada para comunicarse con un dispositivo de control acoplado al ordenador superior, de tal forma que el dispositivo de control ajusta la distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional láser de matriz multilíneal y el objeto medido.

En el segundo aspecto, la presente invención también proporciona un procedimiento de escaneo tridimensional por láser de matriz multilíneal basado en el sistema de escaneo tridimensional por láser de matriz multilíneal anterior, como se reivindica en la reivindicación 12, y que comprende:

- 25 la matriz de puertas programable FPGA envía una primera señal de disparo a la matriz de láseres lineales, de forma que la matriz de láseres lineales ilumina la superficie de un objeto medido con un destello estroboscópico de acuerdo con la primera señal de disparo;

- 30 la matriz de puertas programable FPGA envía una segunda señal de disparo al sensor de imágenes estereoscópicas, de forma que el sensor de imágenes estereoscópicas expone el objeto medido de acuerdo con la segunda señal de disparo y envía las imágenes tomadas al ordenador superior;

el ordenador superior codifica y descodifica las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto medido en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imágenes estereoscópicas;

- 35 el ordenador superior realiza una reconstrucción tridimensional de los puntos característicos del objeto medido en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imágenes estereoscópicas y las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto medido;

el ordenador superior registra los datos de las líneas láser tridimensionales en diferentes fotogramas en el mismo sistema de coordenadas para generar una nube de puntos de forma plana basada en la información de localización y los puntos característicos devueltos por el sensor inercial.

- 40 El ordenador superior evalúa el error de los datos medidos en tiempo real y devuelve el resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA; la matriz de puertas programable FPGA envía una señal de control al controlador de retroalimentación de error y ajusta la distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional láser y el objeto medido de acuerdo con el resultado de la evaluación después de recibir el resultado de la evaluación devuelto por el ordenador superior, tal como se define en la reivindicación 12. El ordenador superior evalúa el error de los datos medidos en tiempo real y devuelve el resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA.

Alternativamente, antes de que la matriz de puertas programable FPGA envíe la primera señal de disparo a la matriz de láser de línea, el procedimiento comprende además: la matriz de puertas programable FPGA recibe un tiempo de exposición preestablecido y una señal de disparo de pulso preestablecida enviada por el ordenador superior, envía la primera señal de disparo a la matriz de láser de línea y transmite la tercera señal de disparo al sensor inercial respectivamente de acuerdo con la señal de disparo de pulso preestablecida, y envía la segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica de acuerdo con el tiempo de exposición preestablecido.

- 50

Se puede saber a partir de las soluciones técnicas anteriores que, la presente invención proporciona un sistema de escaneo tridimensional por láser de matriz multilíneal y un procedimiento de escaneo tridimensional por láser de matriz multilíneal, el sistema realiza una sincronización precisa y un control lógico del sistema de escaneo tridimensional por láser de matriz multilíneal mediante una matriz de puertas programable FPGA; emplea una matriz láser lineal como fuente de luz de patrón de proyección, envía señales de disparo a un sensor de imagen estereoscópica, un sensor inercial y una matriz láser lineal mediante la matriz de puertas programable FPGA, permitiendo a un ordenador superior recibir pares de imágenes tomadas por el sensor de imagen estereoscópica, y codificar, descodificar así como realizar una reconstrucción tridimensional para los patrones de matriz láser lineal en los pares de imágenes, realizar una reconstrucción tridimensional para los puntos característicos en la superficie del objeto medido y emparejar y alinear los puntos característicos tridimensionales en diferentes momentos; predice y corrige el cálculo de coincidencia empleando una tecnología de detección híbrida, que es para registrar y coser los datos de escaneo tridimensional láser en el dominio del tiempo; mientras tanto, evalúa el nivel de error en tiempo real y lo retroalimenta a un controlador de retroalimentación de error para realizar una instrucción de ajuste. De este modo, el sistema consigue un escaneado tridimensional por láser de bajo coste, alta eficacia, alta fiabilidad y alta precisión.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de explicar más claramente las realizaciones de la presente invención o las soluciones técnicas del estado de la técnica, se hará una simple introducción a los dibujos necesarios para describir las realizaciones o el estado de la técnica. Será evidente para aquellos de habilidades ordinarias en el arte que los dibujos en la siguiente descripción son sólo algunas realizaciones de la presente invención, y otros dibujos pueden obtenerse a partir de estos dibujos sin pagar trabajo creativo.

La figura 1 es un diagrama esquemático estructural de un sistema de escaneo tridimensional láser de matriz multilíneal proporcionado por una realización de la presente invención;

La figura 2 es un diagrama esquemático estructural de un dispositivo de escaneo tridimensional láser de matriz multilíneal proporcionado por una realización de la presente invención;

La figura 3 es un diagrama de flujo esquemático del procedimiento de trabajo de una matriz de puertas programable FPGA proporcionada por una realización de la presente invención;

La figura 4 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de codificación de un conjunto de líneas láser por un ordenador superior proporcionado por una realización de la presente invención;

La figura 5 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de escaneado tridimensional basado en el sistema de escaneado tridimensional por láser de matriz multilíneal proporcionado por una realización de la presente invención;

La figura 6 es un diagrama de flujo esquemático de un procedimiento de escaneado tridimensional basado en el sistema de escaneado tridimensional láser de matriz multilíneal proporcionado por otra realización de la presente invención.

Descripción detallada

Las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención se describirán de forma clara y completa en lo sucesivo combinando los dibujos en las realizaciones de la presente invención. Es evidente que las realizaciones descritas no son todas, sino sólo una parte de las realizaciones de la presente invención. Basándose en las realizaciones de la presente invención, todas las demás realizaciones obtenidas por los expertos en la materia sin trabajo creativo, están dentro del ámbito de la presente invención.

En primer lugar, el sistema de escaneo tridimensional láser de matriz multilíneal de la presente solicitud se describe como se ilustra en la Figura 1, en la que el sistema comprende una matriz de puertas programable FPGA, al menos un sensor de imagen estereoscópica, un sensor inercial, una matriz láser de línea, un controlador de retroalimentación de error y un ordenador superior, en el que el ordenador superior puede interpretarse como un dispositivo de control, por ejemplo, un ordenador maestro. El ordenador superior tiene funciones de codificación y descodificación de líneas láser, reconstrucción tridimensional, localización de sensores híbridos y evaluación y cálculo de errores.

La presente invención realiza la sincronización precisa y el control lógico del sistema de escaneo tridimensional de matriz láser de líneas múltiples mediante una matriz de puertas programable FPGA, emplea matrices láser de líneas de grupo como fuentes de luz de patrón de proyección, marca e identifica las líneas láser con una unidad de codificación y decodificación de líneas láser múltiples, predice y corrige la localización y el registro de puntos característicos dinámicos con tecnología de localización de sensor híbrido, evalúa los niveles de error de medición en tiempo real y los devuelve al sistema de hardware para realizar instrucciones de ajuste, con lo que la presente invención consigue un escaneado tridimensional por láser de bajo coste, alta eficiencia, alta fiabilidad y alta precisión.

Lo que se incluye en el sistema de escaneo tridimensional láser de matriz multilineal comprende: un dispositivo de escaneo tridimensional láser de matriz multilineal y un ordenador superior, como se ilustra en la Figura 2. El dispositivo de escaneo tridimensional láser de matriz multilineal comprende una matriz de puertas programable FPGA 101, al menos un sensor de imagen estereoscópica 102A, un sensor inercial 102B y una matriz láser de línea 103; la matriz de puertas programable FPGA 101 está acoplada al sensor de imagen estereoscópica 102A, al sensor inercial 102B, a la matriz láser de línea 103 y al controlador de realimentación de errores 104 respectivamente, el ordenador superior 105 está acoplado a la matriz de puertas programable FPGA 101, al sensor de imagen estereoscópica 102A y al sensor inercial 102B respectivamente;

la matriz de puertas programable FPGA 101 está configurada para enviar una primera señal de disparo a la matriz de láser lineal 103, de manera que la matriz de láser lineal 103 ilumina la superficie del objeto medido con luz estroboscópica de acuerdo con la primera señal de disparo;

la matriz de puertas programable FPGA 101 también se utiliza para enviar una segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica 102A, de forma que el sensor de imagen estereoscópica 102A realiza disparos de exposición al objeto medido de acuerdo con la segunda señal de disparo, y envía los pares de imágenes que se toman al ordenador superior;

la matriz de puertas programable FPGA 101 también se utiliza para enviar una tercera señal de disparo al sensor inercial 102B, de forma que el sensor inercial 102B envía la información de localización del dispositivo de escaneo tridimensional láser de matriz multilineal al ordenador superior de acuerdo con la tercera señal de disparo;

el ordenador superior 105 también se utiliza para realizar una evaluación de errores en tiempo real de los datos medidos y devolver el resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA 101;

la matriz de puertas programable FPGA 101 también se utiliza para enviar una señal de control al controlador de retroalimentación de errores de acuerdo con los resultados de la evaluación, y ajustar la distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional láser y el objeto medido de acuerdo con el resultado de la evaluación, después de recibir el resultado de la evaluación retroalimentado por el ordenador superior 105;

el ordenador superior 105 está configurado para codificar y decodificar las líneas láser en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imagen estereoscópica 102A;

el ordenador superior 105 también se utiliza para realizar una reconstrucción tridimensional de los puntos característicos en los pares de imágenes del objeto medido y las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto medido;

el ordenador superior 105 también se utiliza para registrar datos de las líneas láser tridimensionales en diferentes marcos en el mismo sistema de coordenadas para generar una nube de puntos de forma plana, basada en la información de localización y los puntos característicos devueltos por el sensor inercial 102B.

El sistema anterior realiza la sincronización precisa y el control lógico del sistema de escaneo tridimensional de matriz láser de líneas múltiples mediante una matriz de compuertas programable FPGA, emplea una matriz láser de líneas como fuente de luz del patrón de proyección, envía señales de disparo a un sensor de imagen estereoscópica, un sensor inercial y una matriz láser de líneas mediante la matriz de compuertas programable FPGA, de forma que un ordenador superior recibe pares de imágenes tomadas por el sensor de imagen estereoscópica, y codifica, decodifica y realiza una reconstrucción tridimensional de los patrones de matriz láser de líneas en los pares de imágenes, realiza una reconstrucción tridimensional de los puntos característicos de la superficie del objeto medido, y empareja y alinea los puntos característicos tridimensionales en diferentes momentos, predice y corrige el cálculo de emparejamiento con tecnología híbrida de localización de sensores para registrar y coser los datos de escaneo tridimensional láser en el dominio del tiempo, mientras tanto evalúa un nivel de error de medición en tiempo real y lo retroalimenta a un controlador de retroalimentación de errores para realizar una instrucción de ajuste, con lo que el sistema logra un escaneo tridimensional láser de bajo coste, alta eficiencia, alta fiabilidad y alta precisión.

La matriz de puertas programable FPGA 101 está configurada además para recibir una señal de disparo de pulsos preestablecida y un tiempo de exposición preestablecido enviados por el ordenador superior 105, y enviar la primera señal de disparo a la matriz de láser de línea y enviar la tercera señal de disparo al sensor inercial 102B respectivamente de acuerdo con la señal de disparo de pulsos preestablecida, y enviar la segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica 102A de acuerdo con el tiempo de exposición preestablecido.

A continuación, se describirán en detalle las funciones de cada parte del sistema anterior, respectivamente.

La matriz de puertas programable FPGA 101 está acoplada con el sensor de imagen estereoscópica 102A, el sensor inercial 102B, la matriz láser de línea 103 y el controlador de retroalimentación de error 104, respectivamente. La FPGA 101 envía señales de disparo de pulsos al sensor de imagen estereoscópica 102A, al sensor inercial 102B y a la matriz láser de líneas 103, controlando con precisión la iluminación estroboscópica de la matriz láser de líneas

103, los disparos sincrónicos del sensor de imagen estereoscópica 102A y la obtención de información de localización en tiempo real del sensor inercial 102B; la FPGA 101 se comunica con el ordenador superior, convirtiendo los niveles de evaluación de errores de medición retroalimentados por el ordenador superior en señales lógicas para controlar el controlador de retroalimentación de errores 104 para que realice instrucciones de ajuste. El procedimiento específico del control síncrono preciso por FPGA 101 se refiere a la Figura 3. En S301, se establece una frecuencia de barrido mediante la interacción persona-ordenador a través del ordenador superior; en S302, el ordenador superior se comunica con el sensor de imagen estereoscópica 102A para detectar un tiempo de exposición de recogida de imágenes preestablecido; en S303, el ordenador superior envía el tiempo de exposición anterior a la FPGA 101; en S304, la FPGA 101 establece una anchura de salida de señal de pulso y una frecuencia de salida de disparo de acuerdo con el tiempo de exposición y la frecuencia de barrido recibidos; en S305, la FPGA 101 emite señales de disparo de pulso al conjunto láser de línea 103 y al sensor de imagen estereoscópica 102A, respectivamente; en S306, los elementos ópticos (incluyendo las fuentes de iluminación auxiliares que podrían estar unidas al conjunto láser de línea 103 y al sensor de imagen estereoscópica 102A, y similares) se energizan y se iluminan en el flanco ascendente de la señal de pulso; en S307, el sensor de imagen estereoscópica 102A comienza a exponer en el flanco ascendente de la señal de pulso, mientras tanto el sensor inercial 102B obtiene información de localización en tiempo real y la devuelve al ordenador superior; en S308, el sensor de imagen estereoscópica detiene la exposición, y completa una colección para pares de imágenes; en S309, los elementos ópticos se apagan y se iluminan en el flanco descendente del pulso; en S310, los dispositivos de hardware esperan el siguiente disparo de la FPGA 101 para circular a S305.

El sensor de imagen estereoscópica 102A es un sensor de imagen multivisión compuesto por dos o más cámaras ópticas. Las estructuras entre las múltiples cámaras ópticas son relativamente fijas, y la relación de posición relativa entre las cámaras y los parámetros internos de las cámaras son conocidos. Las múltiples cámaras reciben la señal de pulso de disparo emitida desde la FPGA 101, y exponen las imágenes recogidas en el mismo punto temporal. Las múltiples imágenes recogidas cada vez constituyen un conjunto de pares de imágenes tridimensionales coincidentes, que se transmiten al ordenador superior mediante un cable de transmisión de cámara para realizar una reconstrucción tridimensional. El sensor de imagen estereoscópica 102A comprende un dispositivo de iluminación auxiliar para aumentar la intensidad de la luz reflejada en la superficie del objeto medido recogida por el sensor de recogida de imágenes. Alternativamente, el sensor de imagen estereoscópica 102A comprende un dispositivo de iluminación auxiliar para aumentar la intensidad de la luz reflejada en la superficie del objeto medido recogida por el sensor de recogida de imágenes, por ejemplo, una luz LED anular concéntrica con el contorno de la circunferencia exterior de la lente óptica del sensor de recogida de imágenes, y está acoplado con la cámara a través de una interfaz de entrada y salida de señal de la cámara. La función de señal de flash emitida por la interfaz puede controlar la luz LED para realizar el trabajo estroboscópico sincronizado con la captación por la cámara. Para facilitar la explicación, la presente encarnación toma como ejemplo un sensor de imagen estereoscópica con cámaras duales. Como se ilustra en el diagrama esquemático estructural de la figura 2, las cámaras duales están dispuestas en una estructura superior e inferior, por lo que la cámara superior se denomina cámara superior y la cámara inferior cámara inferior.

El sensor inercial 102B está configurado para obtener la localización en tiempo real del dispositivo de escaneo. La información de localización incluye un vector de desplazamiento y un vector de ángulo de Euler de rotación del dispositivo de escaneo, que pueden convertirse en una relación de transformación entre los datos de escaneo en diferentes momentos, es decir, $[R|T]$, en la que R es una matriz de rotación 3×3 , y T es un vector de desplazamiento 3×1 . En comparación con el sensor visual, que es susceptible a factores externos, por lo que se producen errores de localización, la ventaja del sensor inercial radica en que es cómodo y sencillo obtener la información de localización del dispositivo sin depender de factores externos como los puntos de marca y los puntos característicos de la superficie del objeto medido, por lo que la información de localización no es susceptible a factores externos, lo que provoca errores, y es relativamente fiable para obtener la localización aproximada del dispositivo de escaneo; Sin embargo, dado que la información de localización obtenida por el sensor inercial es menos precisa que los datos de localización obtenidos por medición óptica, en particular el error de acumulación de desplazamiento es grande, por lo que la información de posición no puede utilizarse para el registro de datos de forma independiente, sino que se utiliza para ayudar a la unidad de localización del sensor híbrido posterior a realizar un registro de datos más rápido y fiable en combinación con la ventaja de precisión de la localización óptica.

La información de localización obtenida por el sensor inercial 102B se basa en los datos del sistema de coordenadas del mismo, que no pueden utilizarse directamente para sustituir la información de localización del dispositivo de escaneo en el sistema de coordenadas global. Por lo tanto, es necesario calibrar el sistema para el dispositivo de escaneo, establecer una relación de transformación mutua entre el sensor inercial, el sensor visual y el sistema de coordenadas global antes de la escaneo tridimensional, y calcular la relación de transformación desde el sistema de coordenadas de la cámara al sistema de coordenadas global mediante la información de localización del sensor inercial durante el procedimiento de escaneo tridimensional. Tomar una pluralidad de imágenes desde diferentes ángulos con un tablero de calibración, registrar el ángulo de balanceo y el ángulo de cabeceo emitidos por el sensor inercial al tomar cada imagen; definir el sistema de coordenadas global, el sistema de coordenadas de la cámara, el sistema de coordenadas del sensor inercial y el sistema de coordenadas geomagnéticas; calcular la matriz de rotación desde el sistema de coordenadas global al sistema de coordenadas de la cámara basándose en la información de la imagen y la información espacial de los objetos calibrados en cada imagen; combinar las imágenes

tomadas por pares, establecer un conjunto de ecuaciones para la matriz de rotación desde el sistema de coordenadas del sensor inercial hasta el sistema de coordenadas de la cámara para cada combinación y resolverlo, calcular la matriz de rotación desde el sistema de coordenadas del sensor inercial hasta el sistema de coordenadas de la cámara; establecer un conjunto de ecuaciones para la matriz de rotación desde el sistema de coordenadas geomagnéticas hasta el sistema de coordenadas globales para cada imagen y resolverlo, calcular la matriz de rotación desde el sistema de coordenadas geomagnéticas hasta el sistema de coordenadas globales. Durante el procedimiento de escaneado tridimensional, la matriz de rotación del sistema de coordenadas de la cámara al sistema de coordenadas global puede obtenerse en tiempo real a partir de las tres relaciones de transformación calibradas anteriormente.

El conjunto láser de línea 103 se compone de una pluralidad de láseres de línea en una disposición matricial, la relación posicional entre los láseres de línea es relativamente fija, y la relación posicional entre el conjunto láser 103 y el sensor de imagen estereoscópica 102A es relativamente fija. El conjunto láser de línea 103 recibe la señal de disparo de pulsos enviada por la FPGA 101, se enciende y se ilumina en el flanco ascendente de la señal, se apaga y se ilumina en el flanco descendente de la señal. El patrón de proyección sobre la superficie del objeto medido iluminado por el conjunto de láseres de línea 103 viene determinado por la disposición de los láseres. La disposición de la pluralidad de láseres de línea puede variar, y pueden proyectarse diferentes patrones de proyección mediante diferentes disposiciones estructurales, por ejemplo, una disposición paralela, es decir, los láseres están alineados en la dirección de la línea láser de modo que múltiples líneas láser emiten en paralelo, y el patrón de proyección es un conjunto de líneas paralelas cuando el conjunto láser se proyecta verticalmente sobre un plano; una disposición de tipo matriz, el patrón de proyección es un conjunto de líneas cuadrículas cuando el conjunto láser se proyecta verticalmente sobre un plano; una disposición aleatoria, es decir, el patrón de proyección es un conjunto de agrupaciones de líneas rectas desordenadas cuando el conjunto láser se proyecta verticalmente sobre un plano. En este caso, las ventajas de la matriz radican en que se puede obtener un número máximo de matrices de líneas láser en un espacio limitado del dispositivo, a fin de mejorar la eficacia de la escaneo y facilitar la posterior codificación de las líneas láser. Por lo tanto, la presente realización se ejemplifica mediante una disposición láser de tipo matriz, como se ilustra en el componente 103 de la figura 2.

El controlador de retroalimentación de error 104 comprende una luz LED que cambia de color, una interfaz de entrada de comunicación y una interfaz de salida de comunicación. El controlador de retroalimentación de error 104 recibe la señal lógica enviada por la FPGA 101 a través de la interfaz de entrada de comunicación, la luz LED puede emitir luces de al menos 5 tipos de colores basados en la combinación de tres colores primarios de rojo, verde y azul, las luces de diferentes colores representan indicaciones de diferentes distancias de trabajo. La matriz de puertas programable FPGA está configurada para enviar la información de indicación de la distancia de escaneo tridimensional al controlador de realimentación de errores, de modo que el controlador de realimentación de errores emita una luz indicadora correspondiente a la información de indicación basada en la información de indicación. Por ejemplo, cuando la luz indicadora muestra el color verde, indica que la distancia de trabajo está dentro de un rango razonable; cuando la luz indicadora muestra otros colores, indica que la distancia de trabajo no está dentro de un rango razonable, ya sea demasiado cerca o demasiado lejos. Esta indicación puede ayudar a ajustar la distancia de trabajo en tiempo real durante una operación manual. El ordenador superior también está provisto de una interfaz de comunicación, la interfaz de comunicación está configurada para comunicarse con un dispositivo de control acoplado con el ordenador superior, con el fin de hacer que el dispositivo de control ajuste la distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional láser de matriz multilínea y el objeto medido. La interfaz de salida de comunicaciones devuelve la información de control de la distancia de trabajo a otros dispositivos de control de automatización acoplados al sistema, por ejemplo, un robot, para indicar al robot que ajuste la distancia de trabajo entre el dispositivo de detección de escaneado portátil y el objeto medido con el fin de realizar un escaneado inteligente.

Las funciones de codificación y decodificación de líneas láser en el ordenador superior son para codificar y decodificar los patrones de líneas láser de grupo. Dado que la relación posicional entre el conjunto de láseres de línea 103 y el sensor de imagen estereoscópica 102A es relativamente fija, y la relación posicional entre el plano láser emitido desde cada láser y el sensor de imagen estereoscópica 102A también es relativamente fija, la ecuación del plano láser es única y fija en un sistema de coordenadas vinculado al dispositivo sensor de escaneo. En el procedimiento de calibración inicial del sistema, el procesador codifica el plano láser en el que se encuentra cada línea láser; en el procedimiento de escaneado tridimensional, el procesador codifica cada línea láser utilizando las propiedades del plano láser, para que cada línea láser tenga un código único, que se utiliza para una reconstrucción tridimensional de las líneas láser que tienen un mismo código en los pares de imágenes de correspondencia tridimensional.

El procedimiento de realización específico de la codificación del conjunto de líneas láser se ilustra en la Figura 4. En S401, la FPGA 101 controla el inicio del conjunto de líneas láser: en S401, la FPGA 101 controla la matriz láser de líneas para que se inicie; en S402, el dispositivo se mueve a la siguiente distancia de trabajo preestablecida y el patrón láser se proyecta e ilumina sobre un plano de referencia, puesto que el plano láser se cruza con el plano de referencia en línea recta en el espacio tridimensional, cada línea láser proyectada sobre el plano de referencia es una línea recta; en S403, la FPGA 101 envía una señal de disparo para controlar el sensor de imagen estereoscópica 102A para que exponga una vez los pares de imágenes recogidos, y de acuerdo con el principio de formación de imágenes de lentes ópticas, el patrón de líneas láser colimadas sobre el plano de referencia sigue siendo una línea recta cuando se proyecta sobre el plano de formación de imágenes de la cámara, es decir, el

patrón de conjunto de líneas láser sobre la imagen sigue siendo un conjunto de líneas rectas; en S404, el sensor de imagen estereoscópica 102A envía los pares de imágenes recogidos al ordenador superior; en S405, procesar cada imagen respectivamente, extraer todos los píxeles resaltados en el centro de la línea láser, separar y extraer todas las líneas láser de acuerdo con las propiedades lineales, y disponer las líneas láser bidimensionales en la imagen de acuerdo con el orden de arriba a abajo y de izquierda a derecha de las líneas láser en la imagen; en S406, hacer una reconstrucción tridimensional para las líneas láser en términos de los números de serie correspondientes en los pares de imágenes coincidentes de acuerdo con la función de cálculo de reconstrucción tridimensional en el ordenador superior; en S407, acumular los datos de puntos tridimensionales discretos en las líneas láser en el conjunto de puntos de observación $\{P|p_i(x_i, y_i, z_i)\}$ en el plano láser que tiene el número de serie correspondiente; en S408, determinar si se recogen todas las distancias de trabajo establecidas; en S409, si se determina que no se recogen todas las distancias de trabajo establecidas, saltar a S402 para entrar en el bucle; si se determina que se recogen todas las distancias de trabajo establecidas, ajustar todas las ecuaciones del plano láser. Generalmente, una ecuación del plano espacial satisface $Ax+By+Cz+D=0$, el conjunto de puntos de observación tridimensionales $\{P|p_i(x_i, y_i, z_i)\}$ en el plano espacial satisface la ecuación del plano, y los cuatro coeficientes de ecuación de A, B, C y D pueden resolverse mediante el procedimiento de mínimos cuadrados. Cada plano láser tiene y sólo tiene una ecuación de plano, cuyo número de serie es el código del plano láser.

La decodificación de la matriz de líneas láser se realiza durante el procedimiento de escaneado tridimensional; cada imagen se somete a un procesamiento básico de imágenes y a una segmentación de líneas láser según el principio de continuidad. En el sistema de recogida de imágenes con cámaras duales, los puntos de píxel discretos en cada segmento láser en las imágenes de la cámara superior corresponden a un punto de imagen en el plano de imagen de la cámara superior en el espacio tridimensional respectivamente, una media línea que conecta el punto de imagen con el centro óptico de la cámara superior se cruza con el plano láser espacial para obtener un punto espacial tridimensional, el punto de imagen del punto espacial en la imagen de la cámara inferior se calcula según el principio de imagen de cámara. Si el conjunto de los puntos de píxel correspondientes encontrados en las imágenes de la cámara inferior con el procedimiento anterior por la mayoría de los puntos de píxel discretos en un determinado segmento láser en las imágenes de la cámara superior se encuentra justo en el mismo segmento de una línea láser, los dos segmentos de línea láser de la cámara superior y la cámara inferior se numeran e identifican, en el que el número es el mismo que el número utilizado por el plano láser. Normalmente, cada segmento de línea láser puede averiguar el único plano láser correspondiente y el código del mismo atravesando todos los planos láser para realizar el cálculo anterior.

La función de cálculo de reconstrucción tridimensional en el ordenador superior está configurada para hacer una reconstrucción tridimensional para los puntos característicos en las superficies de los objetos en los pares de imágenes recogidas por el sensor de imagen estereoscópica 102A, y hacer una reconstrucción tridimensional para las líneas láser reflejadas por las superficies de los objetos, es decir, convertir el conjunto de puntos característicos bidimensionales en los pares de imágenes tridimensionales coincidentes en un conjunto de puntos característicos tridimensionales basándose en el procedimiento de cálculo de triangulación, y convierte las líneas láser bidimensionales con el mismo código en los pares de imágenes tridimensionales coincidentes en las líneas láser espaciales tridimensionales basándose en el procedimiento de cálculo de triangulación. En la presente realización, la característica de la superficie del objeto es una marca redonda diseñada manualmente y adherida a la superficie del objeto, y el centro de la elipse extraído del procesamiento de la imagen es el punto de la característica bidimensional en la imagen. Según el principio de la geometría epipolar, para cada punto característico en las imágenes de la cámara superior, se buscan los puntos característicos bidimensionales más cercanos en la línea epipolar en las imágenes de la cámara inferior, las coordenadas espaciales tridimensionales del punto característico pueden calcularse basándose en el correspondiente par de puntos característicos bidimensionales de la cámara superior y la cámara inferior según el procedimiento de triangulación. Con respecto a cada uno de los puntos láser que han sido decodificados por el plano láser en las imágenes de la cámara superior, buscar en las imágenes de la cámara inferior las intersecciones entre la línea epipolar y los segmentos bidimensionales de las líneas láser con el mismo código, las coordenadas espaciales tridimensionales del punto láser pueden calcularse basándose en el correspondiente par de puntos característicos bidimensionales de la cámara superior y la cámara inferior según el procedimiento de triangulación. La línea láser es sustancialmente un conjunto de estos puntos láser.

La función de localización del sensor híbrido en el ordenador superior está configurada para registrar los datos de escaneo tridimensional en cada tiempo t en el sistema de coordenadas global. En primer lugar, calcular una relación de transformación aproximada desde el sistema de coordenadas actual de la cámara al sistema de coordenadas global, basándose en la información de posición en el tiempo t obtenida por el sensor inercial y los resultados de calibración de fusión del sensor visual-inercial mencionados anteriormente, la relación de transformación aproximada es, $[R_0|T_0]$, donde R_0 es una matriz de rotación 3×3 , y T_0 es un vector de desplazamiento 3×1 . El conjunto de puntos característicos en la reconstrucción tridimensional dentro del sistema de coordenadas de la cámara en el tiempo t es $\{P|p_i(x_i, y_i, z_i)\}$. La coordenada espacial XP de cada punto característico tridimensional en el conjunto de puntos P se transforma en el sistema de coordenadas global utilizando la relación de transformación $[R_0|T_0]$. Se busca el punto más cercano del conjunto de puntos característicos en la reconstrucción tridimensional antes del tiempo t dentro del dominio de cada valor de coordenada espacial transformado, para obtener el conjunto de puntos $\{Q|q_i(x_i, y_i, z_i)\}$ correspondiente al sistema de coordenadas global. Los conjuntos de puntos P y Q constituyen un conjunto de relación cartográfica, es decir, la transformación de coordenadas. La relación de transformación $[R|T]$

satisface $RXP+T=XQ$, donde XP es el vector de coordenadas espaciales en el conjunto de puntos P , XQ es el vector de coordenadas espaciales en el conjunto de puntos Q , R es una matriz de rotación 3×3 , T es un vector de traslación 3×1 , y la relación de transformación $[R|T]$ puede calcularse utilizando el procedimiento de mínimos cuadrados y cuaterniones. Cabe señalar que $[R_0|T_0]$ y $[R|T]$ describen en realidad la misma relación de transformación, pero $[R|T]$, que se ha calculado mediante la localización óptica de características, es más precisa que $[R_0|T_0]$, que se calcula directamente a partir de la posición del sensor inercial; considerando que el significado de $[R_0|T_0]$ radica en que un subconjunto coincidente con el conjunto P de puntos característicos en la reconstrucción tridimensional bajo el sistema de coordenadas de la cámara en el tiempo t se encuentra de forma rápida y precisa en el conjunto de puntos característicos en la reconstrucción tridimensional bajo el sistema de coordenadas global antes del tiempo t , evitando la coincidencia errónea para el procedimiento de coincidencia y búsqueda de un único punto característico óptica debido a características geométricas similares, mejorando así la fiabilidad del registro de datos de escaneo. Tras obtener la relación de transformación de coordenadas $[R|T]$, las coordenadas espaciales tridimensionales de todos los puntos láser reconstruidos bajo el sistema de coordenadas de la cámara pueden transformarse en el sistema de coordenadas global unificado antes del tiempo t , calculando todo el conjunto de puntos láser $\{M|mi(x_i, y_i, z_i)\}$ bajo la reconstrucción tridimensional en el tiempo t con $RXM+T$, y constituir los datos de la nube de puntos bajo el mismo sistema de coordenadas con el conjunto de puntos antes del tiempo t . Por último, el vector de traslación T se calcula de nuevo en el sistema de coordenadas del sensor inercial mediante la transformación inversa de la transformación de coordenadas, y el vector de traslación T_0 bajo el sistema de coordenadas del sensor inercial se modifica, minimizando el error acumulativo del sensor inercial en la medición del desplazamiento, realizando una autocalibración en tiempo real del sensor inercial en la medición del desplazamiento.

La función de evaluación y cálculo de errores en el ordenador superior está configurada para evaluar el nivel de error de medición actual y devolver el resultado del nivel de error a la FPGA a través de la interfaz de comunicación entre el ordenador superior y la FPGA 101. La distancia media desde las coordenadas espaciales de todos los puntos característicos bajo la reconstrucción tridimensional en el tiempo t hasta el punto medio de la conexión de las coordenadas de los centros ópticos de las dos cámaras del dispositivo de detección de escaneo (que se define como la distancia de trabajo del dispositivo en el presente documento) es una consideración para evaluar el nivel de error de medición. Cuando la distancia de trabajo está dentro del rango de la profundidad de campo medida del dispositivo, el nivel de error se evalúa como 0, indicando que es razonable; cuando la distancia de trabajo es mayor o menor en comparación con el rango de la profundidad de campo, el nivel de error se evalúa como +1 o -1, indicando la advertencia de que la distancia de trabajo debe ajustarse; cuando la distancia de trabajo es demasiado grande o demasiado pequeña en comparación con el rango de la profundidad de campo, el nivel de error se evalúa como +2 o -2, indicando que la distancia de trabajo debe ajustarse, de lo contrario los datos dejan de actualizarse y acumularse, a fin de evitar que se vea afectada la calidad de los datos en su conjunto. Alternativamente, la unidad de evaluación y cálculo de errores 108 también puede utilizar la distancia media entre las coordenadas espaciales de todos los puntos láser en la superficie del objeto bajo la reconstrucción tridimensional y el centro óptico del dispositivo como distancia de trabajo para evaluar el nivel de error de medición.

La Figura 5 ilustra un diagrama esquemático de flujo de un procedimiento de escaneo tridimensional láser de matriz multilineal basado en el sistema de escaneo tridimensional láser de matriz multilineal anterior, como se ilustra en la Figura 5, que comprende:

S501, la matriz de puertas programable FPGA envía una primera señal de disparo a la matriz de láser de línea, de manera que la matriz de láser de línea ilumina la superficie de un objeto medido con luz estroboscópica de acuerdo con la primera señal de disparo;

S502, la matriz de puertas programable FPGA envía una segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica, de forma que el sensor de imagen estereoscópica expone el objeto medido de acuerdo con la segunda señal de disparo y envía las imágenes tomadas al ordenador superior;

S503, el ordenador superior codifica y descodifica las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto medido en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imagen estereoscópica;

S504, el ordenador superior realiza una reconstrucción tridimensional de los puntos característicos del objeto medido en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imagen estereoscópica y las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto medido;

S505, el ordenador superior registra los datos de las líneas láser tridimensional en diferentes marcos en el mismo sistema de coordenadas para generar una nube de puntos de forma plana basada en la información de localización y los puntos característicos devueltos por el sensor inercial;

S506, el ordenador superior evalúa el error de los datos medidos en tiempo real y devuelve el resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA;

S507, la matriz de puertas programable FPGA envía una señal de control al controlador de retroalimentación de error y ajusta la distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional láser y el objeto medido de acuerdo con

el resultado de la evaluación después de recibir el resultado de la evaluación retroalimentado por el ordenador superior.

Antes del paso S501 anterior en el que la matriz de puertas programable FPGA envía la primera señal de disparo a la matriz de láser de línea, el procedimiento comprende además un paso que no se ilustra en la Figura 5:

- 5 S500, la matriz de puertas programable FPGA recibe un tiempo de exposición preestablecido y una señal de disparo de pulsos preestablecida enviada por el ordenador superior, envía la primera señal de disparo a la matriz de láser de línea de acuerdo con la señal de disparo de pulsos preestablecida, y envía la segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica de acuerdo con el tiempo de exposición preestablecido.

- 10 En la Figura 6 se ilustra un procedimiento de realización global del procedimiento de escaneado tridimensional por láser de matriz multilínea de la presente realización: en S601, el ordenador superior controla la FPGA 101, el sensor híbrido visual-inercial 102 (sensor de imagen estereoscópica 102A y sensor inercial 102B) y el ordenador superior para empezar a entrar en estado de trabajo; en S602, la FPGA 101 envía una señal de disparo para controlar los elementos ópticos para estroboscópica y controlar el sensor de imagen estereoscópica 102A para empezar a recoger pares de imágenes con la exposición, mientras tanto para controlar el sensor inercial 102B para obtener la información de localización en tiempo real; en S603, el sensor inercial 102B envía la información de localización en tiempo real al ordenador superior, y el sensor de imagen estereoscópica 102A envía los pares de imágenes recogidas al ordenador superior; en S604, el ordenador superior decodifica y marca las líneas láser mediante la función de codificación y decodificación del conjunto de líneas láser, para identificar el número de plano láser de cada segmento de las líneas láser en las imágenes; en S605, la computadora superior también realiza una reconstrucción tridimensional para las líneas láser y los puntos característicos mediante la función de cálculo de la reconstrucción tridimensional; en S606, la computadora superior también realiza la localización espacial del dispositivo, el registro de datos y la autocalibración del sensor inercial mediante la función de localización del sensor híbrido; en S607, la computadora superior evalúa y calcula el nivel de error de medición mediante la función de evaluación y cálculo del nivel de error; en S608, el ordenador superior envía el nivel de error a la FPGA 101; en S609, la FPGA 101 controla el controlador de retroalimentación de error 104 para enviar indicaciones de acuerdo con el nivel de error; en S610, ajuste de la distancia de trabajo de acuerdo con las indicaciones del controlador de retroalimentación de error; en S611, espera de la siguiente señal de disparo de la FPGA, saltando a S602 para entrar en el bucle.

- 30 En la Figura 2 se ilustra un diagrama esquemático estructural del dispositivo en un estado de funcionamiento de la presente realización. El dispositivo portátil de escaneo tridimensional láser de líneas múltiples se compone principalmente de una FPGA 101 de matriz de puertas programable, un sensor híbrido visual-inercial 102 (que incluye un sensor de imagen estereoscópica 102A y un sensor inercial 102B), una matriz láser de líneas 103 y un controlador de retroalimentación de errores 104. La matriz láser de líneas 103 emite un conjunto de planos láser, que se proyectan sobre la superficie del objeto medido 501 para formar un conjunto de matriz láser de líneas 502. El punto de marca circular 503 es una marca manual utilizada habitualmente en la escaneo óptica tridimensional, para registrar y coser los datos bajo múltiples exploraciones.

- 40 La eficacia de escaneado del sistema anterior mejora significativamente. En comparación con el escaneado de una sola línea láser de la técnica anterior, la tasa de reconstrucción de datos se multiplica al emplear patrones de matriz de líneas láser. Si el número de líneas láser de una matriz es n , la cantidad de datos reconstruidos por unidad de tiempo es n veces la de la escaneo de una sola línea, es decir, en el caso de que se complete la escaneo de la misma cantidad de datos, el tiempo de escaneo de la matriz de líneas láser es sólo $1/n$ del de la escaneo de una sola línea. Por ejemplo, la eficacia de escaneo de una matriz compuesta por 6 láseres de línea es aproximadamente 6 veces superior a la de la escaneo de una sola línea, y el tiempo de escaneo se acorta en $5/6$.

- 45 El coste del dispositivo disminuye significativamente. El procedimiento de personalización especial del generador láser multilínea es complejo, y su tecnología está monopolizada por sólo unas pocas empresas, por lo que el coste es muy elevado, normalmente, un láser de este tipo de dispositivo de escaneo láser cuesta decenas de miles de RMB; sin embargo, si se emplea una única matriz láser, el coste de una matriz láser con la misma cantidad de líneas láser es sólo de varios cientos de RMB, es decir, el coste de la parte de los láseres se ahorra en más de un $95/100$, y el coste de todo el dispositivo de escaneo se reduce en aproximadamente $2/3$ en consecuencia.

- 50 La vida útil aumenta considerablemente. Limitado por la velocidad de procesamiento del sensor de recogida de imágenes, el tiempo de exposición efectivo de una imagen ocupa aproximadamente $1/10$ del tiempo total de escaneo. Por lo tanto, en el modo de barrido continuo de la técnica anterior, los principales componentes ópticos LED (como el LED láser, etc.) tienen hasta $9/10$ de tiempo de trabajo ineficaz. Sin embargo, tras emplear un barrido estroboscópico por pulsos, la proporción de tiempo de trabajo ineficaz de los principales componentes ópticos LED se reduce de $9/10$ a 0 . De acuerdo con los parámetros nominales del LED, se estima que la vida útil se multiplica por 10, el consumo de energía se reduce significativamente, la disipación de calor es casi insignificante, mientras que se eliminan los costes de diseño y fabricación de la estructura de disipación de calor.

- 60 La tasa de cosido erróneo de escaneado disminuye, la fiabilidad mejora. En comparación con la tecnología existente de localización de rasgos ópticos únicos, el empleo de la tecnología de localización de sensor híbrido visual-inercial mejora la fiabilidad de la coincidencia de puntos de rasgo, evita la coincidencia errónea de rasgos ópticos debido a la

- 5 similitud geométrica, mejorando así la tasa correcta de cosido y registro de los datos de escaneado. Tomemos como ejemplo la búsqueda de un objeto con 200 puntos de referencia. Realizando estadísticas experimentales para las dos tecnologías que realizan el barrido 50 veces respectivamente, se comprueba que la tasa de cosidos erróneos que se produce en la tecnología de localización de rasgos ópticos simples es de aproximadamente el 50%, mientras que el número de cosidos erróneos que se produce en la tecnología de localización de sensores híbridos es 0.

La precisión de escaneado mejora significativamente. De acuerdo con los estándares de prueba de precisión de dispositivos de medición óptica tridimensional VDI-2634, de autoridad internacional, se ha comprobado que tras emplear la tecnología de evaluación de errores y control de retroalimentación, la precisión de escaneado láser mejora de 0,1 mm a 0,03 mm, lo que supone unas 3 veces la precisión de escaneado original.

- 10 Las realizaciones anteriores sólo se utilizan para explicar las soluciones técnicas de la presente invención, y no pretenden ser limitativas de la misma; aunque la presente invención se ha descrito en detalle con referencia a las realizaciones anteriores, debe entenderse por los expertos en la materia que las soluciones técnicas descritas en las realizaciones anteriores pueden modificarse dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal, **caracterizado porque**, el sistema comprende:

un dispositivo de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal, que comprende una matriz de puertas programable FPGA (101), al menos un sensor de imagen estereoscópica (102A), un sensor inercial (102B), una matriz de láser lineal (103) y un controlador de realimentación de errores (104), en el que la matriz de puertas programable FPGA está acoplada al sensor de imagen estereoscópica, al sensor inercial, a la matriz de láser lineal y al controlador de realimentación de errores, respectivamente; y
un ordenador superior (105) está acoplado a la matriz de puertas programable FPGA, al sensor de imágenes estereoscópicas y al sensor inercial, respectivamente; en el que
la matriz de puertas programable FPGA está configurada para enviar una primera señal de disparo a la matriz de láser lineal, de forma que la matriz de láser lineal ilumina una superficie de un objeto a medir con un destello estroboscópico de acuerdo con la primera señal de disparo;
la matriz de puertas programable FPGA está configurada además para enviar una segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica, de forma que el sensor de imagen estereoscópica realiza disparos de exposición al objeto de acuerdo con la segunda señal de disparo y envía los pares de imágenes que se toman al ordenador superior;
la matriz de puertas programable FPGA está configurada además para enviar una tercera señal de disparo al sensor inercial, de forma que el sensor inercial envía información de localización del dispositivo de escaneo tridimensional láser de matriz multilineal al ordenador superior de acuerdo con la tercera señal de disparo;
el ordenador superior está configurado además para realizar una evaluación de errores en tiempo real de los datos medidos y devolver un resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA, siendo la evaluación de errores indicativa de la diferencia entre una distancia de trabajo y una profundidad de campo del dispositivo de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal;
la matriz de puertas programable FPGA está configurada además para enviar una señal de control al controlador de retroalimentación de errores de acuerdo con el resultado de la evaluación, y ajustar una distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional por láser y el objeto medido de acuerdo con el resultado de la evaluación tras recibir el resultado de la evaluación retroalimentado por el ordenador superior;
el ordenador superior está configurado para codificar y decodificar líneas láser en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imágenes estereoscópicas;
el ordenador superior está configurado además para realizar una reconstrucción tridimensional de los puntos característicos en los pares de imágenes del objeto y las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto;
el ordenador superior está configurado además para registrar los datos de las líneas láser tridimensionales en diferentes marcos en el mismo sistema de coordenadas para generar una nube de puntos de forma plana basada en la información de localización y los puntos característicos devueltos por el sensor inercial; y
en el que la distancia de trabajo comprende una distancia media desde las coordenadas espaciales de todos los puntos característicos de la reconstrucción tridimensional hasta el punto medio de una conexión de las coordenadas de los centros ópticos del al menos un sensor de imagen estereoscópica del dispositivo de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal.
2. El sistema de la reivindicación 1, **caracterizado porque**, la matriz de puertas programable FPGA está configurada además para recibir una señal de disparo de pulsos preestablecida y un tiempo de exposición preestablecido enviados por el ordenador superior, y enviar la primera señal de disparo a la matriz de láser de línea y transmitir la tercera señal de disparo al sensor inercial respectivamente de acuerdo con la señal de disparo de pulsos preestablecida, y enviar la segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica de acuerdo con el tiempo de exposición preestablecido.
3. El sistema de la reivindicación 1, **caracterizado porque**, el controlador de retroalimentación de errores (104) está configurado para recibir la señal de control enviada por la matriz de puertas programable FPGA (101), y emitir un indicador luminoso correspondiente a la señal de control.
4. El sistema de la reivindicación 3, **caracterizado porque**, el controlador de retroalimentación de errores (104) es una luz LED que cambia de color incluyendo las luces combinadas por tres colores primarios de rojo, verde y azul.
5. El sistema de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el sensor de imagen estereoscópica (102A) es un sensor de imagen multivisión compuesto por dos o más cámaras ópticas.
6. El sistema de la reivindicación 1, **caracterizado porque**, el sensor de imagen estereoscópica (102A) está provisto de un dispositivo de iluminación.

7. El sistema de la reivindicación 6, **caracterizado porque**, el tiempo de iluminación del dispositivo de iluminación está sincronizado con el tiempo de exposición del sensor estereoscópico.
8. El sistema de la reivindicación 1, **caracterizado porque**, la matriz láser de línea comprende una pluralidad de láseres de línea dispuestos en una disposición matricial.
- 5 9. El sistema de la reivindicación 1, **caracterizado porque** el ordenador superior (105) está configurada para rastrear los puntos característicos y registrar datos de las líneas láser tridimensional en diferentes marcos en el mismo sistema de coordenadas rastreando los puntos característicos homónimos entre marcos temporales adyacentes.
- 10 10. El sistema de la reivindicación 1, **caracterizado porque**, el ordenador superior (105) está configurado además para evaluar la distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional por láser y el objeto medido (501) en tiempo real, y retroalimentar el resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA (101) cuando la distancia excede la distancia preestablecida.
- 15 11. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, **caracterizado porque**, el ordenador superior (105) también está provisto de una interfaz de comunicación para comunicarse con un dispositivo de control acoplado con el dispositivo de control, de tal manera que el dispositivo de control ajusta la distancia entre el dispositivo de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal y el objeto medido.
- 20 12. Un procedimiento de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal basado en el sistema de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal de una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, **caracterizado porque**, el procedimiento comprende:
la matriz de puertas programable FPGA envía una primera señal de disparo a la matriz de láseres lineales, de forma que la matriz de láseres lineales ilumina la superficie de un objeto medido con un destello estroboscópico de acuerdo con la primera señal de disparo;
la matriz de puertas programable FPGA (101) envía una segunda señal de disparo al sensor de imágenes estereoscópicas, de forma que el sensor de imágenes estereoscópicas expone el objeto medido de
25 acuerdo con la segunda señal de disparo y envía las imágenes tomadas al ordenador superior;
el ordenador superior (105) codifica y descodifica las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto medido en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imagen estereoscópica;
el ordenador superior realiza una reconstrucción tridimensional de los puntos característicos del objeto medido (501) en los pares de imágenes tomadas por el sensor de imagen estereoscópica y las líneas láser reflejadas por la superficie del objeto medido;
30 el ordenador superior registra los datos de las líneas láser tridimensionales en diferentes fotogramas en el mismo sistema de coordenadas para generar una nube de puntos de forma plana basada en la información de localización y los puntos característicos devueltos por el sensor inercial;
el ordenador superior (105) evalúa el error de los datos medidos en tiempo real y devuelve el resultado de la evaluación a la matriz de puertas programable FPGA;
35 la matriz de puertas programable FPGA (101) envía una señal de control al controlador de realimentación de errores (104) y ajusta la distancia de trabajo entre el dispositivo de escaneo tridimensional por láser y el objeto medido de acuerdo con el resultado de la evaluación tras recibir el resultado de la evaluación realimentado por el ordenador superior,
40 en el que la distancia de trabajo comprende una distancia media desde las coordenadas espaciales de los puntos característicos de la reconstrucción tridimensional hasta un punto medio de una conexión de las coordenadas de los centros ópticos del al menos un sensor de imagen estereoscópica del dispositivo de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal.
- 45 13. El procedimiento de la reivindicación 12, **caracterizado porque**, antes de que la matriz de puertas programable FPGA envíe la primera señal de disparo a la matriz láser de línea, el procedimiento comprende además:
la matriz de puertas programable FPGA recibe un tiempo de exposición preestablecido y una señal de disparo de pulsos preestablecida enviada por el ordenador superior que envía la primera señal de disparo a la matriz láser de línea y transmite la tercera señal de disparo al sensor inercial respectivamente de acuerdo con la señal de disparo de pulsos preestablecida, y envía la segunda señal de disparo al sensor de imagen estereoscópica
50 de acuerdo con el tiempo de exposición preestablecido.

Sistema de escaneo tridimensional por láser de matriz multilineal

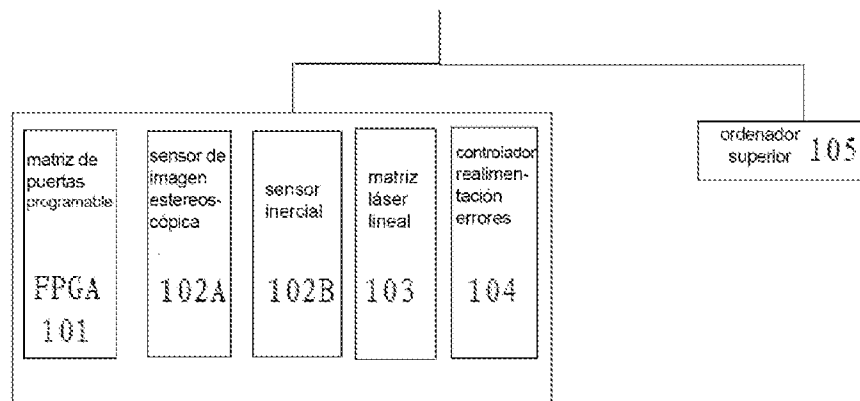


FIGURA 1

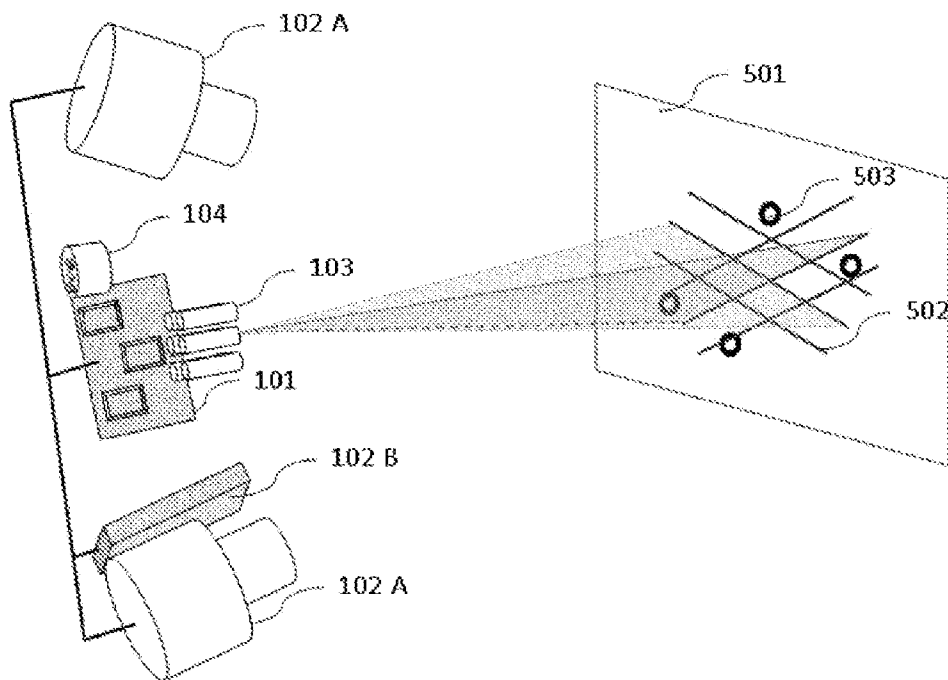


FIGURA 2

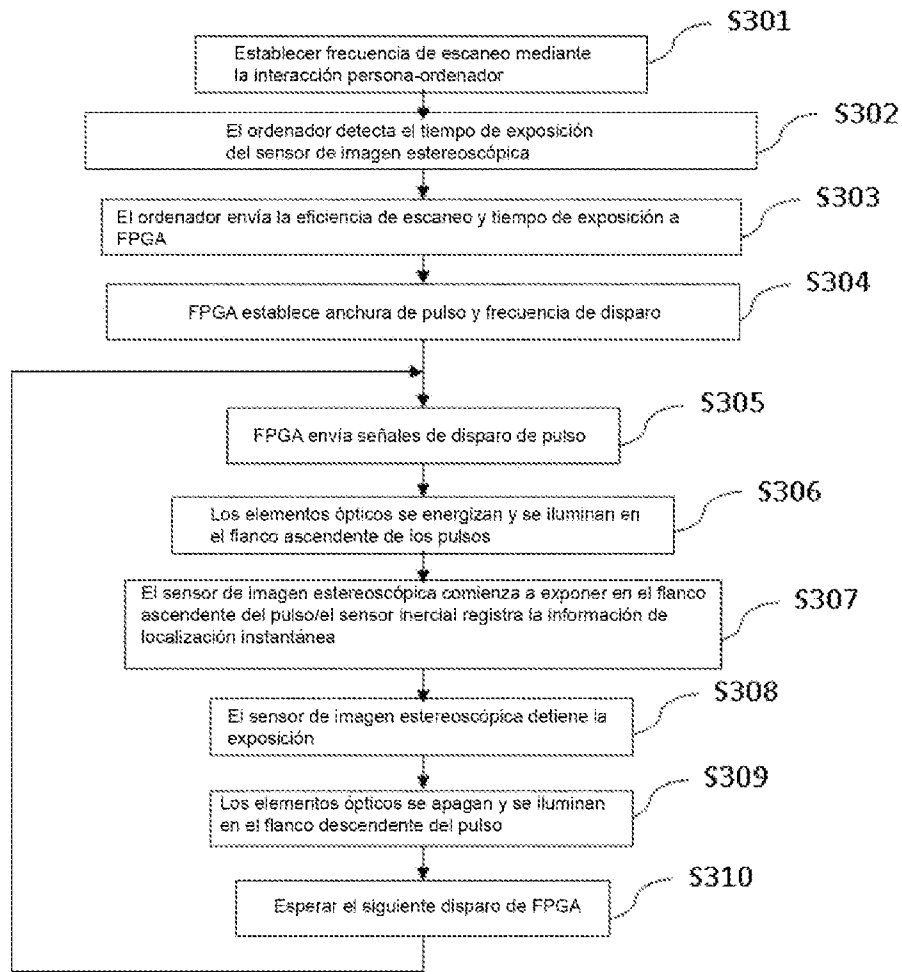


FIGURA 3

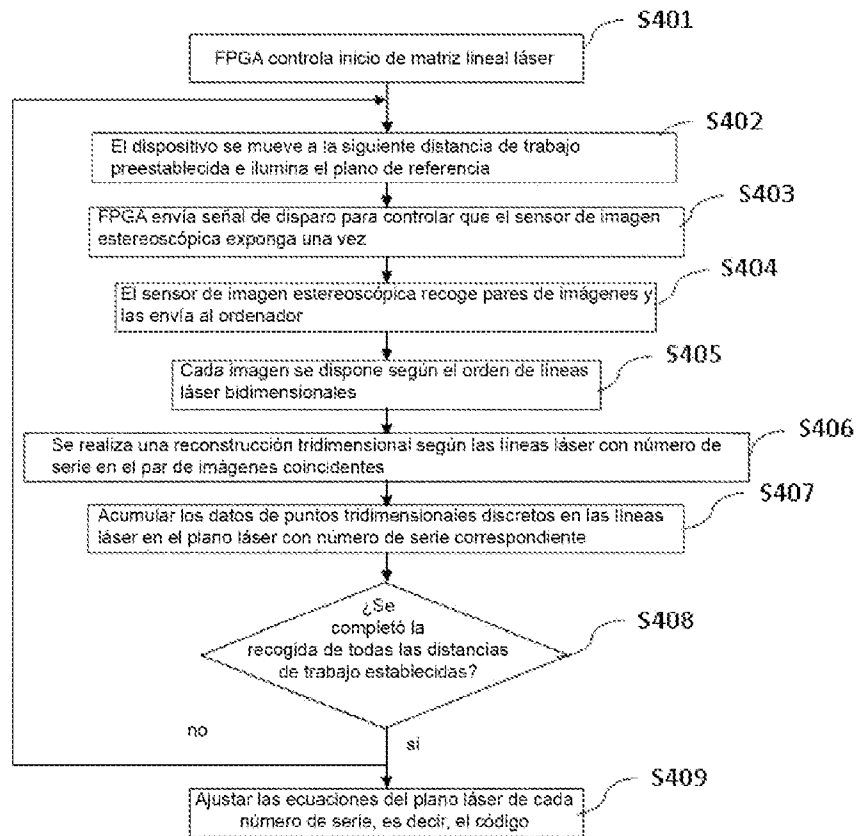


FIGURA 4

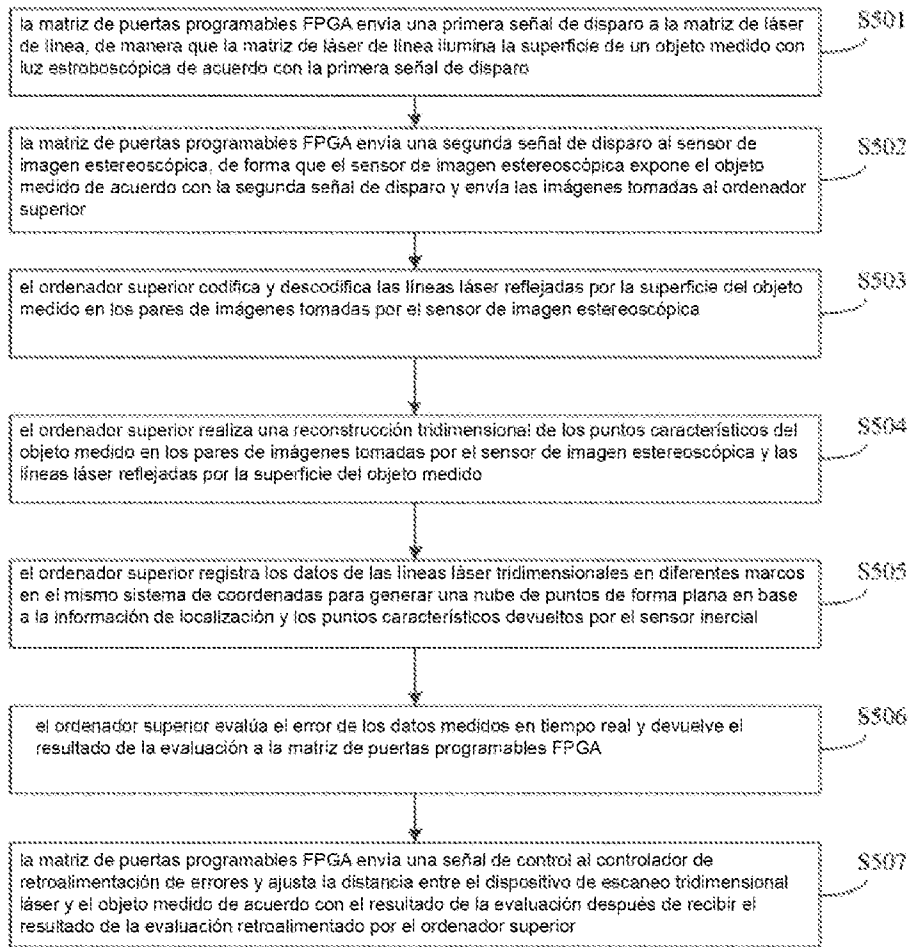


FIGURA 5

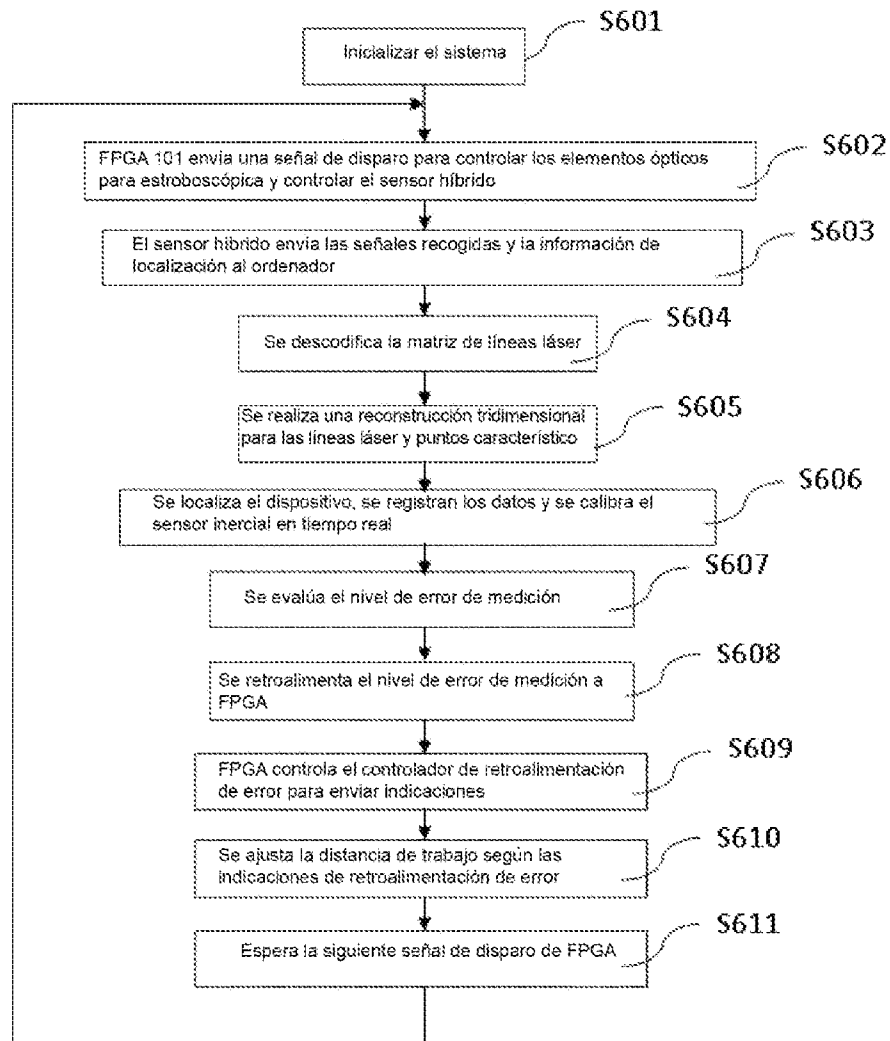


FIGURA 6