

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 906 388**

51 Int. Cl.:

G01B 11/02 (2006.01)

G01B 11/25 (2006.01)

A47L 9/00 (2006.01)

A47L 9/28 (2006.01)

A47L 11/40 (2006.01)

G01C 21/20 (2006.01)

G05D 1/02 (2010.01)

G01S 17/48 (2006.01)

G01S 17/931 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2018 PCT/EP2018/062842**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.11.2018 WO18210986**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2018 E 18727723 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.11.2021 EP 3625517**

54 Título: **Plataforma móvil con una disposición para la determinación de distancias sin contacto según el procedimiento de sección luminosa**

30 Prioridad:

19.05.2017 DE 102017208485

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

18.04.2022

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastr. 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**BAUM, WINFRIED y
HAMPP, JOSHUA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 906 388 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

Plataforma móvil con una disposición para la determinación de distancias sin contacto según el procedimiento de sección luminosa

5 Campo técnico
 La invención se refiere a una plataforma móvil con una disposición para la determinación de distancias sin contacto según el procedimiento de sección luminosa, que comprende dos fuentes de luz, un medio para generar una línea de
 10 contraste óptico, un detector de luz para registrar un escenario del entorno que rodea la plataforma móvil y la línea de contraste óptico y para generar señales de detector, así como una unidad de evaluación y control que, sobre la base de las señales de detector, genera señales de control que se utilizan para el accionamiento y la navegación de la plataforma móvil.

Estado de la técnica

15 Para llevar a cabo una determinación bidimensional sin contacto de la distancia a los objetos dentro de un entorno y, asociado con ello, para el registro de su contorno, es adecuado de forma conocida en sí el, así llamado, procedimiento de sección luminosa, en el que se utiliza una disposición de proyector que por regla general presenta una fuente de luz, preferiblemente en forma de un láser, cuyo rayo láser se ensancha en forma de abanico con la ayuda de una
 20 óptica de formación de imágenes y se proyecta en forma de una línea de luz sobre una superficie del objeto que ha de ser registrado. La línea de luz proyectada sobre la superficie del objeto se registra con ayuda de un detector de luz sensible a la posición, preferiblemente en forma de una cámara CCD, que está dispuesto desplazado en el espacio con respecto a la fuente de luz. La línea de luz se extrae y analiza, a partir de la imagen del entorno obtenida con la cámara, mediante evaluación de imágenes con ayuda de una unidad de evaluación. Para ello, se registra a intervalos cortos una imagen de cámara sin y otra con una línea de luz proyectada del entorno. Al generar una imagen diferencial se mantienen las diferencias de brillo entre las dos imágenes de la cámara, mientras que las áreas de la imagen con el mismo brillo aparecen oscuras. Finalmente, la línea de luz óptica de alto contraste se extrae de la imagen diferencial por medio de un análisis de valor umbral.

30 Debido al desplazamiento espacialmente conocido entre la fuente de luz y el detector de luz, a lo largo de la línea de luz se producen deformaciones relacionadas con el contorno en la dirección de detección, que reflejan diferentes distancias al objeto que se pueden determinar con precisión mediante el método de triangulación. De este modo es posible determinar las distancias entre los puntos de ubicación situados a lo largo de la línea de luz y una ubicación de referencia en la que, por ejemplo, está colocada la disposición de medición y, de esta manera, obtener una imagen exacta de un perfil de superficie de un objeto a lo largo de la línea de luz proyectada. Por medio de un movimiento
 35 relativo entre la disposición de medición y un objeto sobre el que se proyecta la línea de luz, se puede determinar la forma espacial, es decir, un perfil de superficie tridimensional de un objeto.

Los usos posibles de una disposición de medición de este tipo, generalmente designada como sensor de sección luminosa, son múltiples y van desde meras mediciones de distancia hasta el registro de perfiles y la detección de
 40 objetos.

Por ejemplo, en el documento DE 10 2012 022 304 A1 se describe una disposición para exploración óptica y perfilometría según el procedimiento de sección luminosa, que permite la integración en un sistema de microscopio para registrar el contorno de la superficie de objetos minúsculos que pueden ser observados con microscopio. La
 45 disposición de medición descrita dispone de una óptica de objetivo común tanto para la trayectoria del haz de iluminación como para la trayectoria de visualización del detector de luz.

Todos los dispositivos conocidos anteriores en los que se usa el procedimiento de sección luminosa emplean una óptica de formación de imágenes especialmente diseñada para generar y proyectar una línea de luz, que asegura una
 50 imagen nítida de la línea de luz en la superficie de un objeto que se encuentra en el entorno.

El documento DE 10 2010 040 386 A1 describe un dispositivo de rayos X dental con una unidad de registro de imágenes para el registro de superficies, que superpone un conjunto de datos tomográficos dentales registrados con la ayuda del dispositivo de rayos X con un perfil de altura en color de la cara del paciente con los ojos abiertos. La
 55 unidad de registro de imágenes requerida para ello presenta al menos una fuente de luz que emite un haz de luz policromático que brilla sobre un borde que crea un borde de sombra de tal modo que el borde de sombra se proyecta en el área dental de una persona, que también es registrada por un dispositivo de rayos X dental. Además está prevista una unidad de detección que registra el borde de sombra. Por último, los datos de color y superficie obtenidos con la ayuda de la unidad de registro de imágenes se muestran junto con la imagen de rayos X.

60 El documento DE 23 56 491 A describe un dispositivo y un procedimiento para determinar la forma geométrica de una superficie, en particular de una superficie de objetos que han de ser soldados con una fuente de radiación cuyos rayos iluminan una superficie que ha de ser medida. En la trayectoria del haz entre la fuente de radiación y la superficie está dispuesta una pantalla para generar una imagen de sombra, debiendo disponerse la pantalla geoméricamente más
 65 cerca de la superficie que de la fuente de radiación.

5 El documento DE 103 28 537 A1 describe un dispositivo y un procedimiento para medir las dimensiones de un cuerpo, en donde la superficie del cuerpo que ha de ser medido se mueve a lo largo de un eje espacial predeterminado en relación con un medio de radiación que proyecta un borde de luz nítido sobre la superficie del cuerpo móvil, que a su vez es detectado y evaluado por un dispositivo sensor. Lo que es esencial en el dispositivo conocido es la disposición estrictamente geométrica y el movimiento de un cuerpo que ha de ser medido en relación con la disposición de medición.

10 El documento EP 0 358 628 A2 describe un robot móvil, por ejemplo en forma de robot de limpieza, para cuya navegación se acopla al menos un proyector de luz a la plataforma móvil, que comprende un tubo de destellos como fuente de luz y dos diafragmas con hendidura para generar una franja de luz.

15 Además, el documento DE 10 2010 051 602 A1 describe el uso de al menos dos grabaciones de imágenes con el fin de determinar la posición de objetos, en donde las grabaciones de imágenes se pueden obtener con iluminaciones diferentes o con ubicaciones de cámara diferentes.

Presentación de la Invención

20 La invención tiene por objeto especificar una plataforma móvil con una disposición y un procedimiento para la determinación de distancias sin contacto según el procedimiento de sección luminosa de modo que, con medios lo más sencillos y en particular económicos posible, se pueda realizar una determinación de distancias genérica, que también pueda ser utilizada para determinar contornos o perfiles de objetos de cualquier tipo. La disposición ha de servir en particular, con fines de una navegación autónoma de la plataforma móvil, para una detección segura y con resolución espacial de un escenario que rodea la plataforma móvil.

25 Un dispositivo según la invención es el objeto de la reivindicación 1, un procedimiento según la invención es el objeto de la reivindicación 10. Las características que forman ventajosamente el concepto inventivo son el objeto de las reivindicaciones subordinadas y la descripción adicional, en particular con referencia a las explicaciones de los ejemplos de realización.

30 En la búsqueda de soluciones sencillas y económicas para una plataforma móvil con una disposición con la que sea posible realizar mediciones de distancias de manera precisa utilizando el procedimiento de sección luminosa, la idea según la invención se aparta de la práctica habitual de buscar los componentes individuales más económicos posible para la realización del procedimiento de sección luminosa y toma un nuevo camino, en concreto la renuncia total a la óptica que reproduce el haz de luz emitido por la fuente de luz. Este enfoque según la invención es aún más inusual y sorprendente cuando la disposición se utiliza como parte integral de o en una plataforma móvil autónoma, es decir, de navegación autónoma, para cuya planificación segura de rutas y control de rutas tiene una importancia esencial la detección del entorno. No menos importante por este motivo, las plataformas móviles genéricas están equipadas con sensores de alta calidad técnica y correspondientemente costosos, por ejemplo, en forma de escáneres láser y similares.

40 Una plataforma móvil según la invención con una disposición para la determinación de distancias sin contacto a modo del procedimiento de sección luminosa con dos fuentes de luz, un medio para generar una línea de contraste óptico y un detector de luz para registrar un escenario del entorno que rodea la plataforma móvil así como la línea de contraste óptico y para generar señales de detector, así como una unidad de evaluación y control, que sobre la base de las señales de detector genera señales de control que se utilizan para el accionamiento y la navegación de la plataforma móvil, se caracteriza fundamentalmente por que el medio para generar la línea de contraste óptico está dispuesto en sucesión directa y a distancia de las fuentes de luz de tal modo que en la trayectoria del haz de la luz emitida entre las fuentes de luz y el medio hay exclusivamente aire. El medio presenta un borde que puede ser irradiado por la luz emitida, a través del cual se puede proyectar una sombra de borde que corresponde a la línea de contraste que limita con una zona iluminada que puede ser proyectada por la fuente de luz. Por lo tanto, en la disposición según la invención se excluye expresamente el uso de una óptica de refracción o difracción conocida hasta ahora para la formación de imágenes enfocadas o nítidas de la luz emitida por la fuente de luz en forma de una línea de luz que puede ser proyectada. El detector de luz está diseñado adecuadamente para el registro con resolución espacial de al menos la línea de contraste óptico y está separado espacialmente de la fuente de luz.

55 El uso del concepto "línea de contraste óptico" en lugar del concepto "línea de luz" generalmente utilizado en este contexto se debe al hecho de que la línea de contraste óptico es generada por la sombra proyectada por el medio que presenta el borde, que separa en forma de la línea de sombra la transición de la zona de sombra a la zona iluminada en una superficie de proyección. Por el contrario, una línea de luz se forma exclusivamente mediante la proyección de un haz de luz lineal sobre una superficie de proyección.

60 Al igual que con las disposiciones de medición genéricas conocidas, en un ejemplo de realización según la invención, las dos fuentes de luz, los medios necesarios para generar una proyección de línea de luz y el detector de luz están montados sobre un soporte común con una disposición espacial fija entre sí, en donde las fuentes de luz emiten luz no enfocada o solo débilmente enfocada y preferiblemente están configurados en forma de un diodo emisor de luz,

una lámpara incandescente o una lámpara de descarga de gas disponible en el mercado. El soporte está dispuesto sobre una plataforma móvil o forma parte del chasis de la plataforma móvil. Esto asegura que las fuentes de luz, los medios y el detector de luz estén dispuestos para detectar un escenario del entorno que rodea la plataforma móvil, de modo que las señales de detector generadas por el detector de luz puedan transmitirse directa o indirectamente a la unidad de evaluación y control, que también está dispuesta en la plataforma móvil, sobre cuya base la unidad de evaluación y control genera señales de control que se utilizan para el accionamiento y la navegación de la plataforma móvil.

Dependiendo de los requisitos y el uso previsto, las fuentes de luz pueden emitir luz con longitudes de onda en el intervalo de longitudes de onda visibles o invisibles. Las fuentes de luz de este tipo constituyen componentes económicos y, por lo tanto, corresponden al deseo de implementar la solución más económica posible para la determinación de distancias sin contacto a modo del procedimiento de sección luminosa.

El medio para generar la línea de contraste óptico, que está montado o dispuesto a distancia de la al menos una fuente de luz, constituye preferiblemente un diafragma que consiste en un material que no es transparente para la luz emitida por las fuentes de luz y dispone de al menos un borde que preferiblemente presenta una configuración rectilínea y preferiblemente está orientado en dirección transversal a la dirección del haz de la luz y está parcialmente irradiado por éste. De este modo, el diafragma bloquea parcialmente la luz de las fuentes de luz, por ejemplo la mitad de la misma, por el diafragma, de modo que en el entorno, por ejemplo, en la superficie de un objeto, se proyecta una imagen de sombra del diafragma con una sombra de borde en forma de línea. La sombra de borde separa el área del objeto iluminada por la fuente de luz del área del objeto ensombrecida por el diafragma a lo largo de la línea de contraste óptico. El detector de luz, que está configurado como una cámara sensible a la posición disponible en el mercado, preferiblemente una cámara CCD o CMOS, está montada en el soporte desplazada con respecto a la fuente de luz fuera del área espacial iluminada por la al menos una fuente de luz.

En una forma de realización sencilla, como medio para generar la línea de contraste óptico se utiliza una corredera del propio soporte, que no está configurada necesariamente como un diafragma en el sentido de una pieza superficial que, por ejemplo, se extiende en dirección ortogonal en la trayectoria de la luz de la fuente de luz, sino que simplemente constituye un borde de carcasa o de soporte irradiado por la luz de las fuentes de luz. De este modo, la disposición se puede implementar con un mínimo de esfuerzo y de uso de componentes.

No existe ningún requisito especial para elegir el detector de luz necesario para la disposición según la invención, por lo que los detectores de luz sensibles a la posición económicos y disponibles en el mercado, por ejemplo en forma de sensores de imagen CCD o CMOS, son adecuados.

Para la evaluación de las imágenes del entorno registradas por la cámara, que contienen el área de la línea de contraste óptico proyectada, está prevista una unidad de evaluación montada en el soporte, a la que se transmiten las imágenes del entorno a través de una línea de señales inalámbrica o por cable. La unidad de evaluación comprende un modelo de entorno del entorno en el que se utiliza la plataforma móvil. Alternativamente o en combinación, la unidad de evaluación puede generar de forma independiente un modelo de entorno sobre la base de las imágenes del entorno registradas por la cámara y utilizando información de navegación adicional obtenida, por ejemplo, por odometría o mediante una unidad receptora de navegación por satélite adjunta. Sobre la base de un patrón de movimiento predeterminable y/o una trayectoria de movimiento predeterminable, y con la condición de la prevención de colisiones con objetos que se encuentran en el entorno, una unidad de control, que está en comunicación con la unidad de evaluación y que preferiblemente está configurada y dispuesta como una unidad en combinación con la unidad de evaluación, genera señales de control que se utilizan para el accionamiento y la navegación, es decir, para la conducción de la plataforma móvil.

Además de la configuración rectilínea del borde del diafragma ya mencionada, en determinados casos de aplicación puede resultar ventajoso estructurar el borde del diafragma, por ejemplo, grabando un perfil ondulado o de dientes de sierra o modificaciones geométricas correspondientes de los mismos, de modo que la sombra de borde proyectada sobre al menos una superficie del objeto que se encuentra en el entorno esté delimitada por una línea de contraste óptico en forma de dientes de sierra u ondulada, que es registrada por el detector de luz y se usa para medir la distancia hasta el objeto de la evaluación adicional.

La realización anteriormente descrita del medio para generar la línea de contraste óptico en forma de un diafragma con un borde de diafragma rectilíneo o estructurado, a través del cual se puede proyectar una línea de contraste óptico con la forma correspondiente sobre la superficie de al menos un objeto del entorno, permite determinar la distancia a puntos del espacio, todos ellos situados a lo largo de la línea de contraste óptico bidimensional. Para cada punto del espacio registrado por la cámara, que está situado a lo largo de la línea de contraste óptico y es registrado por uno o más píxeles en el sensor de imagen sensible a la luz y con resolución de posición de la cámara, se determina un valor de distancia, es decir, un valor de profundidad. La totalidad de los valores de profundidad determinados forma una curva espacial que describe el contorno del entorno, por ejemplo el contorno del objeto, a lo largo de la línea de contraste.

5 Un perfeccionamiento ventajoso del diafragma con al menos un segundo borde de diafragma adicional, cuyo recorrido de borde está dispuesto en dirección ortogonal o inclinado con respecto al primer borde de diafragma, abre la posibilidad de determinar los puntos de distancia a lo largo de dos líneas de contraste óptico que se cruzan preferiblemente en dirección ortogonal y que se proyectan sobre un objeto que se encuentra en el entorno, con lo que se puede obtener información de profundidad en otra dirección de extensión del objeto.

10 Las dos fuentes de luz montadas en el soporte están dispuestas con un desplazamiento espacial entre sí de tal modo que las líneas de contraste óptico, que se forman en cada caso mediante una iluminación independiente del diafragma y en particular del borde del diafragma con las dos fuentes de luz, no son coincidentes. Para ello, es recomendable disponer las dos fuentes de luz a la misma distancia del diafragma y con un desfase orientado en dirección ortogonal con respecto al borde del diafragma. Como mostrarán las explicaciones adicionales, el uso de dos fuentes de luz independientes sirve para mejorar la determinación de la distancia que se llevará a cabo con la disposición, especialmente porque la renuncia según la invención a la óptica de enfoque, tal como se usa en los dispositivos genéricos, tiene dos desventajas esenciales:

15 1. Dado que las fuentes de luz, por ejemplo en forma de LED, no son puntuales o lineales, sino que tienen una extensión superior a cero, la transición del área del objeto iluminada al área ensombrecida correspondiente a la línea de contraste óptico no es nítida, es decir, la transición no es lineal, sino que presenta una anchura macroscópica dentro del cual las transiciones de brillo no son nítidas.

20 2. Debido al comportamiento de radiación de ángulo relativamente amplio de las fuentes de luz, los objetos del entorno no solo se iluminan directamente, sino en parte también indirectamente, es decir, después de la reflexión sobre otros objetos. Además, la luz emitida por las fuentes de luz solo se ensombrece en un lado por medio del diafragma, por lo que se genera una cantidad relativamente grande de luz dispersa en comparación con una proyección de línea de luz pura, lo que tiene un efecto duradero en una evaluación de la línea de contraste óptico, en particular mediante el procedimiento de imagen diferencial explicado al principio.

25 Las dos desventajas anteriores conducen inevitablemente a un deterioro de la precisión de la medición y de la sensibilidad y fiabilidad asociadas de la disposición propuesta según la invención para la determinación de distancias sin contacto sobre la base del procedimiento de sección luminosa.

30 Dado que la falta de nitidez de la sombra de borde depende principalmente de la extensión espacial de las fuentes de luz y de su distancia al diafragma que produce la sombra, es decir, que la dependencia está determinada por magnitudes geométricas conocidas y constantemente predeterminables, también se conoce la falta de nitidez que se revela en el ancho de la proyección de sombra de borde. Por lo tanto, en principio es posible minimizar la falta de nitidez mediante una elección adecuada de estos parámetros geométricos. Esto se puede lograr mediante una solución constructiva adecuada.

35 Por otro lado, el tamaño de la imagen del ancho de la línea de contraste óptico que representa la sombra de borde en el detector de luz, es decir, en la imagen de cámara registrada por la cámara, es inversamente proporcional a la distancia al objeto del entorno. Por lo tanto, el grado de falta de nitidez, es decir, el ancho de la línea de contraste óptico registrada por la cámara, que corresponde a un cierto número de píxeles de sensor en el lado del sensor, es siempre el mismo independientemente de la distancia entre el objeto del entorno y la posición de la cámara, y por lo tanto también es conocido.

40 El conocimiento de la falta de nitidez, por la que la línea de contraste óptico se desvía de una forma de línea ideal y tiene un ancho dentro del cual hay una transición continua de claro a oscuro, se utiliza como base para un procedimiento de correlación a través del cual se determina la posición exacta de la línea de contraste óptico incluida en la imagen de cámara para la posterior evaluación mediante el procedimiento de sección luminosa.

45 Por lo tanto, la desventaja anterior del punto 1 relacionada con la falta de nitidez se puede contrarrestar eficazmente tanto con medidas constructivas como con medios computacionales a través de métodos de correlación.

50 Con la medida anterior, la disposición según la invención ya se puede utilizar con éxito en un gran número de aplicaciones y en particular en áreas en las que hay objetos circundantes poco reflectantes, que provocan una luz dispersa perturbadora cuando se irradian.

55 Por lo tanto, la disposición según la invención es particularmente adecuada para realizar un procedimiento que sirve para determinar distancias sin contacto según el procedimiento de sección luminosa y en el que un medio iluminado por una fuente de luz proyecta una sombra de borde con un borde, que se caracteriza por una línea de contraste con respecto a un área iluminada por la fuente de luz y directamente adyacente a la sombra de borde proyectada, en donde la línea de contraste es registrada por un detector de luz y utilizada para la determinación de distancias según el procedimiento de sección luminosa. En particular, la luz emitida por la fuente de luz incide directamente, es decir, exclusivamente a lo largo de un recorrido aéreo, sobre el medio, que preferiblemente está configurado como un

diafragma, en donde, mediante la irradiación del diafragma, la sombra del borde se proyecta sobre un objeto del entorno que está separado de la pantalla.

5 En particular en los casos en los que las condiciones de luz ambiental sean desfavorablemente brillantes, es recomendable basar el procedimiento de sección luminosa en al menos dos imágenes registradas por el detector de luz, en donde una primera imagen reproduce el entorno registrado por el detector de luz en un estado no iluminado, es decir sin luz de la fuente de luz, y la otra imagen representa el entorno en el estado iluminado, es decir, con la sombra de borde proyectada que corresponde a la línea contraste óptico. A continuación, ambas imágenes se someten a un procedimiento de imagen diferencial por medio de una unidad de evaluación, como resultado de lo cual las áreas de la imagen con valores de brillo iguales o idénticos se suprimen en la evaluación posterior.

10 Sin embargo, las medidas anteriores no ayudan a evitar la desventaja mencionada en el punto 2, según la cual la luz dispersada causada por la luz emitida por la fuente de luz, causada por la iluminación de componentes de la propia disposición de medición o en particular de objetos en el entorno, influye negativamente en la evaluación incluso cuando se utiliza un procedimiento de imagen diferencial.

15 Para evitar también esta desventaja, en lugar de una sola fuente de luz, según la invención se prevén dos fuentes de luz dispuestas desplazadas espacialmente entre sí, cuya luz es ensombrecida por un mismo diafragma o por un diafragma asignado por separado a cada una de las dos fuentes de luz, en donde las sombras de borde proyectadas en el entorno por ambas fuentes de luz no son coincidentes. Para ello, las dos fuentes de luz presentan una distancia que preferiblemente está orientada en dirección ortogonal con respecto al recorrido del borde de diafragma.

20 Para llevar a cabo el procedimiento de determinación de distancias, la cámara registra una imagen del entorno que está iluminado por una primera fuente de luz y que incluye una sombra de borde que corresponde a una primera línea de contraste óptico. Inmediatamente después, el entorno es iluminado exclusivamente por la segunda fuente de luz, mientras que la cámara graba una segunda imagen del entorno con una segunda línea de contraste correspondiente. Ambas imágenes grabadas se procesan utilizando un procedimiento de imagen diferencial. Dado que las dos fuentes de luz están situadas en el soporte solo con un ligero desplazamiento entre sí, la influencia de la luz dispersada es casi idéntico para ambas imágenes individuales, de modo que solo el área estrecha entre las dos líneas de contraste óptico aparece brillante en la imagen diferencial. De este modo, la influencia de la luz dispersada se puede reducir considerablemente.

25 La evaluación de la imagen diferencial obtenida del modo anteriormente descrito utiliza ventajosamente información adicional que ayuda a reducir aún más el problema de falta de nitidez comentado. Debido a la distancia conocida entre las dos fuentes de luz en el soporte y su respectiva distancia conocida al diafragma, también se conoce la distancia entre las dos líneas de contraste óptico proyectadas, de modo que es más fácil diferenciar las dos líneas de contraste de otras transiciones claro/oscuro en la imagen, por ejemplo en caso de superficies de objetos con textura. De esta forma se puede mejorar la fiabilidad o robustez del procedimiento de correlación. Por supuesto, en el soporte también se pueden montar tres o más fuentes de luz, cada una con diferentes posiciones, que se utilizan de la manera anteriormente explicada, en donde las imágenes de cámara asignadas a las situaciones de iluminación individuales se pueden utilizar como base en procedimiento de imagen diferencial para una evaluación adicional. El uso de varias fuentes de luz, en parte con un mayor desplazamiento geométrico entre sí, también permite el registro de varias sombras de borde diferentes, es decir, más separadas, en la superficie de un objeto del entorno, de modo que mediante la evaluación de varias líneas de contraste óptico, que presentan macroscópicamente grandes distancias entre sí, se posibilita una medición de distancia tridimensional, por ejemplo en un objeto situado en el entorno.

35 Además de usar las imágenes de la cámara para una medición pura de distancias, tal como se ha descrito anteriormente, la disposición se puede usar para una función de supervisión. El montaje de la disposición en una plataforma móvil permite registrar el escenario del entorno, dentro del cual la plataforma puede navegar de forma autónoma. Asimismo, con la disposición también se pueden llevar a cabo de este modo mapeos del entorno. Además es concebible utilizar la disposición según la invención para el reconocimiento de patrones de objetos tridimensionales estacionarios y también móviles. En este contexto es concebible utilizar la disposición para identificar objetos sobre la base de su geometría 3D.

55 **Breve descripción de la Invención**

La invención se describe a continuación a modo de ejemplo utilizando ejemplos de realización con referencia a los dibujos, sin limitar el concepto inventivo general. Se muestran: en las Figuras 1a, b, c una representación esquemática de formas de realización, de las cuales b) y c) muestran formas de realización según la invención.

60 **Formas de llevar a cabo la Invención, aplicabilidad comercial**

La figura 1a muestra una forma de realización, que no forma parte de la invención, de una disposición para la determinación de distancias sin contacto con un soporte 1 que forma parte de un chasis de una plataforma móvil MP en el que están montados una fuente 2 de luz y un detector 3 de luz. La fuente 2 de luz emite luz divergente 4. Un diafragma 5 está montado a distancia de la fuente 2 de luz y también está firmemente unido al soporte 1. La luz 4 de la fuente 2 de luz irradia el diafragma 5, que presenta un borde 6 de diafragma rectilíneo que proyecta una sombra 9

de borde sobre la superficie 7 de un objeto 8 del entorno. La sombra 9 de borde separa un área superficial 71 irradiada por la fuente 2 de luz de un área superficial 72 ensombrecida por el diafragma 5. El detector 3 de luz registra el objeto 8 y en particular la sombra 9 de borde que, para una evaluación posterior, corresponde a la línea 10 de contraste óptico en la que se basa el procedimiento de sección luminosa. La imagen de cámara que ha de ser evaluada para determinar la distancia al objeto 8, que es registrada por el detector 3 de luz, se evalúa en el contexto de una unidad 11 de evaluación que está en comunicación por cable o inalámbrica con el detector 3 de luz. En el contexto de la unidad 11 de evaluación, las imágenes de cámara se evalúan sobre la base de información predeterminable y/o generada de forma independiente del entorno en el que se mueve la plataforma móvil MP. Bajo la condición de un movimiento autónomo sin colisiones de la plataforma móvil MP, una unidad de control combinada con la unidad 11 de evaluación genera señales de control para el accionamiento y la dirección de las ruedas R.

Opcionalmente, en la plataforma móvil MB está montado un receptor NE de señales de navegación para la asistencia a la navegación, cuyas señales recibidas se pueden conducir a la unidad 11 de evaluación.

La Figura 1b muestra una forma de realización según la invención en la que una segunda fuente 12 de luz está montada en el soporte 1 de forma complementaria a la fuente 2 de luz según la Figura 1a. En la ilustración según la Figura 1b, la segunda fuente 12 de luz está montada verticalmente por encima de la primera fuente 2 de luz a una distancia mínima, de modo que la luz emitida por ambas fuentes de luz puede generar componentes de luz dispersa en gran medida idénticos dentro del entorno de la disposición. En relación con las anteriores realizaciones para llevar a cabo un procedimiento de imagen diferencial utilizando dos fuentes 2, 12 de luz se remite a la descripción anterior.

La forma de realización de una plataforma móvil MP según la invención puede estar provista ventajosamente de un diafragma 5* ilustrado en la Figura 1c, que se muestra en una vista frontal contra la dirección de irradiación. Además del borde 6 de diafragma orientado horizontalmente, el diafragma modificado 5* presenta una sección 5' de diafragma con al menos un borde 6' de diafragma orientado en dirección ortogonal con respecto al borde 6 de diafragma.

La previsión del diafragma modificado 5* resulta especialmente ventajosa cuando la unidad de robot móvil está configurada como un robot de limpieza de suelos, cuya tarea consiste en limpiar superficies de suelo. En particular cuando se limpian secciones del suelo cercanas a la pared, es importante mantener una pequeña distancia predeterminable entre la plataforma móvil y la pared. Esto se hace más difícil por la disposición de listones de rodapié de suelo, cuya existencia y dimensiones se pueden determinar con precisión mediante un recorrido de borde de sombra vertical adicional causado por el borde 6' de diafragma. El recorrido de borde de sombra vertical adicional también facilita la detección independiente de objetos sobre el suelo, como por ejemplo una estación de carga a través de la cual la plataforma móvil se puede alimentar con energía eléctrica de forma autónoma.

La previsión de un detector 3 de luz, en particular en forma de cámara, no solo permite la detección con resolución espacial del al menos un borde de sombra, sino que también permite capturar y transmitir la imagen de cámara en forma de una imagen de vídeo, en caso necesario, con el propósito de supervisar y/o inspeccionar ópticamente todo el escenario del entorno. Para ello, las fuentes de luz transportadas se pueden utilizar selectivamente como medios de iluminación de escenas. Dicho registro de imágenes del escenario del entorno también hace posible estimar la ubicación y la orientación dentro del entorno según el principio de la odometría. Además, la información de imagen o vídeo capturada con la cámara puede servir para la navegación selectiva de la plataforma móvil en relación con puntos de referencia o patrones de iluminación situados en el entorno, utilizando *software* de evaluación de imágenes de reconocimiento de patrones.

Lista de símbolos de referencia

- 1 Soporte
- 2 Fuente de luz
- 3 Detector de luz
- 4 Luz
- 5 Diafragma
- 5* Diafragma modificado
- 5' Sección de diafragma
- 6, 6' Borde, borde de diafragma
- 7 Superficie de objeto
- 8 Objeto
- 71 Área superficial de objeto iluminada
- 72 Área superficial de objeto ensombrecida
- 9 Sombra de borde
- 10 Línea de contraste óptico
- 11 Unidad de evaluación
- 12 Segunda fuente de luz
- MP Plataforma móvil
- NE Unidad receptora de señales de navegación
- R Rueda

REIVINDICACIONES

- 5 1. Plataforma móvil (MP) con una disposición para la determinación de distancias sin contacto según el procedimiento de sección luminosa, que comprende dos fuentes (2, 12) de luz, un medio para generar una línea (10) de contraste óptico, un detector (3) de luz para registrar un escenario del entorno que rodea la plataforma móvil y la línea de contraste óptico y para generar señales de detector, así como una unidad de evaluación y control que, sobre la base de las señales de detector, genera señales de control que se utilizan para el accionamiento y la navegación de la plataforma móvil,
- 10 en donde el medio está dispuesto en sucesión directa y a distancia de las fuentes de luz de tal modo que en la trayectoria del haz de la luz emitida en cada caso entre las fuentes de luz y el medio hay exclusivamente aire, el medio presenta un primer borde (6, 6') que puede ser irradiado por la luz emitida de las dos fuentes de luz, a través del cual se puede proyectar una sombra (9) del borde que corresponde a la línea de contraste que limita con una zona iluminada del entorno que puede ser proyectada por la fuente de luz, y
- 15 en donde las fuentes de luz están dispuestas con un desplazamiento espacial entre sí de tal modo que las líneas de contraste, que se forman mediante la iluminación independiente de al menos el primer borde (6, 6') para generar en cada caso una línea de contraste óptico con las dos fuentes de luz, no son coincidentes, y en donde la unidad (11) de evaluación somete las líneas de contraste registradas en cada caso por el detector de luz a un procedimiento de imágenes diferenciales y las utiliza como base para la determinación de distancias según el método de intersección de luz.
- 20 2. Plataforma móvil según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la al menos una fuente de luz, el medio para generar una proyección de línea de luz y el detector de luz están dispuestos de forma fija sobre un soporte (1) común y tienen una relación espacial fija entre sí.
- 25 3. Plataforma móvil según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada por que** el medio está configurado a modo de un diafragma no transparente a la luz, y por que al menos un primer borde del medio es rectilíneo o está estructurado.
- 30 4. Plataforma móvil según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada por que** el medio tiene al menos un segundo borde (6'') que puede ser irradiado por la luz emitida y que está dispuesto en dirección ortogonal o inclinada con respecto al primer borde.
- 35 5. Plataforma móvil según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** la al menos una fuente (2, 12) de luz consiste en un LED, una lámpara incandescente o una lámpara de descarga de gas.
- 40 6. Plataforma móvil según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** el detector de luz transmite señales de detector indirecta o directamente a una unidad de evaluación y control dispuesta en la plataforma móvil, y por que la unidad de evaluación y control genera señales de control basadas en las señales de detector, que se utilizan para el accionamiento y la navegación de la plataforma móvil.
- 45 7. Plataforma móvil según la reivindicación 6, **caracterizada por que** la unidad de evaluación y control genera las señales de control sobre la base de un modelo de entorno predefinido y/o un modelo de entorno generado por la disposición.
- 50 8. Plataforma móvil según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** la plataforma móvil está configurada a modo de un robot de limpieza de suelos.
- 55 9. Uso de la plataforma móvil según una de las reivindicaciones 1 a 8 para el reconocimiento de patrones y la medición de distancias a objetos tridimensionales estacionarios o en movimiento.
- 60 10. Procedimiento para la determinación de distancias sin contacto según el procedimiento de sección luminosa, en el que un medio con un primer borde (6, 6'') iluminado con una fuente (2, 12) de luz proyecta una sombra (9) de borde, que se caracteriza por una línea de contraste con respecto a un área iluminada por la fuente de luz y directamente adyacente a la sombra de borde proyectada, en donde la línea de contraste es registrada por un detector (3) de luz y se utiliza como base para la determinación de distancias según el procedimiento de sección luminosa y para un registro de un escenario de entorno alrededor de una plataforma móvil (MP) y también para la navegación autónoma de ésta, sobre la que están dispuestas la fuente de luz, el medio y el detector de luz, en donde la luz emitida por la fuente de luz incide directamente sobre el medio, es decir exclusivamente a lo largo de un recorrido aéreo, irradiando parcialmente dicho medio y proyectando la sombra de borde sobre un objeto del entorno situado a una distancia del medio,

5

en donde el procedimiento de sección luminosa se basa en al menos dos imágenes registradas por el detector de luz, de las cuales una imagen representa un entorno en un estado iluminado por una primera fuente de luz con una primera línea de contraste, y de las cuales la segunda imagen representa el entorno en un estado iluminado por una segunda fuente de luz con una segunda línea de contraste, en donde las dos fuentes de luz presentan una distancia entre sí y se disponen de tal modo que la primera y la segunda líneas de contraste están orientadas con una distancia predeterminada entre sí y se generan en cada caso mediante la iluminación independiente del al menos primer borde con las dos fuentes de luz, y en donde las dos imágenes se evalúan por medio de un procedimiento de imágenes diferenciales.

