

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 010**

51 Int. Cl.:

G01S 17/42 (2006.01)
G01C 3/08 (2006.01)
G01S 17/02 (2006.01)
G01S 17/66 (2006.01)
G01S 7/481 (2006.01)
G01S 7/497 (2006.01)
G01S 17/74 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2014 PCT/NO2014/050037**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **25.09.2014 WO14148915**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2014 E 14768770 (1)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2019 EP 2976657**

54 Título: **Sistema de referencia de posición y método para posicionar y seguir uno o más objetos**

30 Prioridad:

22.03.2013 NO 20130419

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

20.11.2019

73 Titular/es:

**KONGSBERG SEATEX AS (100.0%)
Pirsenteret
7462 Trondheim, NO**

72 Inventor/es:

**UELAND, GARD FLEMMING;
KLEPSVIK, JOHN O. y
ROSSHAUG, HARALD FOSSUM**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 010 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 referencia de posición y método para posicionar y seguir uno o más objetos

La presente invención se refiere a un método para posicionar y seguir uno o más objetos según las características de la reivindicación 1.

- 5 La presente invención también se refiere a un sistema de referencia de posición de radar láser para seguir y posicionar uno o más objetos, según las características de la reivindicación 7.

Antecedentes

10 Los sistemas de posicionamiento dinámico (DP, por sus siglas en inglés) se han utilizado para el control de grandes buques industriales durante muchos años, principalmente en la industria del petróleo y el gas, donde las operaciones requieren que los buques mantengan su posición frente a instalaciones fijas o móviles, o se rastreen y sigan entre sí en funciones tales como la colocación de tuberías o cables. Otras operaciones marítimas que pueden aprovechar los desarrollos DP incluyen el atraque y la maniobra automatizados en áreas críticas, así como el "anclaje electrónico" en áreas ambientalmente sensibles (corales, etc.).

15 Tales operaciones requieren que se proporcionen mediciones de referencia de posición local precisas y confiables al sistema DP. Dependiendo de la criticidad de la operación, pueden requerirse tres o más sistemas de referencia de posición independientes.

20 El crecimiento y desarrollo de los sistemas DP ha estimulado el desarrollo de sensores de medición de posición DP que se han vuelto más sofisticados a medida que la tecnología lo ha permitido. El mercado DP está familiarizado con el uso de sensores láser de distancia y rumbo, por ejemplo, los sistemas láser Fanbeam® y CyScan, así como los sistemas de microondas; Radius® y RadaScan.

25 Todos los sensores de referencia de posición DP disponibles comercialmente utilizan una unidad de interrogador/transceptor a bordo de la embarcación y uno o más objetivos cooperativos (transpondedores, retrorreflectores) localizados en posiciones de referencia en estructuras cercanas (plataformas, etc.). Los objetivos cooperativos pueden ser activos (transpondedores), lo que permite la identificación del objetivo, o pasivos (reflectores de esquina), que se utilizan normalmente en sistemas ópticos.

La patente europea EP 1956391 B1 describe un aparato de radar láser para medir tanto la dirección como la distancia a un objeto utilizando un rayo láser. El rayo láser se puede girar en un solo plano hasta 360 grados mediante la rotación de un conjunto de espejo que refleja el rayo láser hacia el objeto.

30 A partir de la patente US 4.209.253 se conoce un sistema de seguimiento por radar láser de alta precisión. Los objetivos que se pueden seguir incluyen objetivos pasivos difusos, objetivos pasivos especulares y transpondedores ópticos. La sección base del sistema está fija con respecto a la sección superior, que puede girar hasta 360 grados. La sección inferior tiene un generador de rayos láser, un sistema detector de señal óptica con un divisor/reflector de rayo y la sección superior tiene tres reflectores móviles, uno de los cuales actúa como una apertura de transmisor/receptor rastreado.

35 En la patente GB 2 473 668 se describe un sensor de posición para una embarcación marina que comprende un conjunto óptico que incluye un dispositivo de láser pulsado para emitir luz láser, una disposición de lentes que comprende una lente lenticular para producir un haz en abanico vertical de la luz láser emitida por el dispositivo de láser pulsado y un fotodiodo que comprende una pluralidad de fotodetectores para detectar la luz láser que ha sido emitida por el dispositivo de láser pulsado y reflejada por un objetivo retrorreflectante hacia el fotodiodo. El nivel de luz láser reflejada que incide en cada fotodetector es detectable individualmente y el sensor de referencia de posición comprende además un actuador para variar la inclinación del conjunto óptico. El actuador se puede controlar automáticamente según el nivel de luz láser reflejada que incide en cada fotodetector.

45 A partir de la patente WO2010024683 se conoce un sistema para la detección y representación de objetos en el curso de lanchas rápidas y otras embarcaciones marinas y para advertir sobre objetos que pueden constituir un riesgo para la seguridad de la navegación.

50 Sin embargo, a excepción de la patente WO2010024683, ninguno de los sistemas de referencia de la técnica anterior es un verdadero sensor de posicionamiento 3D. Los sistemas de la técnica anterior proporcionan información de distancia y acimut de un objetivo en relación con la embarcación, pero no tienen en cuenta ninguna diferencia de elevación entre la unidad de interrogador/transceptor y el objetivo. Para diferencias de elevación significativas, el error de posicionamiento horizontal resultante puede ser considerable.

Por consiguiente, la técnica anterior no es capaz de proporcionar un posicionamiento absoluto de los objetivos.

Para compensar el movimiento de balanceo e inclinación de la plataforma del sensor, los sistemas de referencia de posición de la técnica anterior utilizan una plataforma estabilizada basada en cardán externo que está sometida a un ambiente corrosivo y de congelación/formación de hielo.

Otra desventaja de las soluciones de la técnica anterior es que el transceptor óptico gira alrededor de un eje vertical para proporcionar cobertura horizontal. Ambos mecanismos están sometidos a un ambiente corrosivo y de congelación/formación de hielo y que puede dar lugar a un mantenimiento frecuente.

Objetivo

5 El objetivo principal de la presente invención es proporcionar un sistema de referencia de posición y un método para posicionar y seguir uno o más objetos que resuelva los problemas mencionados anteriormente de la técnica anterior.

Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar un verdadero sistema de posicionamiento 3D que además de la distancia y el acimut también proporcione el ángulo de elevación del objetivo con respecto a los ejes de instrumento de una plataforma de sensores.

10 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un sistema de referencia de posición y un método para posicionar y seguir uno o más objetos que estén dispuestos para transmitir pulsos de luz láser en una dirección deseada controlando una fuente de láser y un colimador óptico para generar un haz de láser en forma de abanico con anchos de haz vertical y horizontal predefinidos y un espejo para emitir el haz de láser en el plano vertical.

15 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de referencia de posición y un método para posicionar y seguir uno o más objetos que estén dispuestos para la detección de luz reflejada/devuelta de objetivos cooperativos situados en objetos a ser posicionados por medio de un espejo, una lente del receptor óptico y una matriz de fotodiodos.

20 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un sistema de referencia de posición y un método para posicionar y seguir uno o más objetos que estén dispuestos para el posicionamiento absoluto del objeto seguido observando y calculando la distancia, la elevación y el acimut de uno o más objetos con respecto a los ejes del sistema de referencia de posición.

25 Es un objetivo adicional de la presente invención proporcionar un sistema de referencia de posición y un método para posicionar y seguir uno o más objetos que tenga en cuenta los movimientos de una plataforma del sensor, en la que está dispuesto el sistema, controlando un espejo para estabilizar el haz de láser con forma de abanico y el campo de visión instantáneo (IFOV, por sus siglas en inglés) vertical superpuesto del receptor con respecto al plano horizontal.

30 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sensor de seguimiento y posicionamiento por radar láser donde todos los componentes ópticamente sensibles estén protegidos de la radiación solar ambiental en la parte visible y UV del espectro y donde todas las partes móviles y/o giratorias estén protegidas del ambiente corrosivo y de congelación/formación de hielo.

La invención

Un método para posicionar y seguir uno o más objetos según la presente invención se describe en la reivindicación 1. Las características preferibles del método se describen en las reivindicaciones 2-6.

35 Un sistema de referencia de posición para posicionar y seguir uno o más objetos según la presente invención se describe en la reivindicación 7. Las características preferibles del sistema de referencia de posición se describen en las reivindicaciones 8-16.

La presente invención proporciona un verdadero sistema de posicionamiento 3D que, además de la distancia y el acimut, proporciona también el ángulo de elevación de un objetivo con respecto a los ejes de instrumento de una plataforma del sensor.

40 La presente invención proporciona además un sistema de referencia de posición que incluye un mecanismo interno de estabilización de haz protegido del medio ambiente.

45 El sistema de referencia de posición y el método para posicionar y seguir uno o más objetos según la invención se basan en una unidad de transceptor dispuesta para estar fijada a una plataforma del sensor, tal como un objeto, embarcación o similar. El sistema de referencia de posición y el método para posicionar y seguir uno o más objetos según la invención incluye además la disposición de objetivos cooperativos, ya sean activos o pasivos en el/los objeto/s-objetivo/s a posicionar. Especialmente, la presente invención es adecuada para el posicionamiento local, de corto alcance y preciso de objetos/objetivos en alta mar para la operación DP de buques de suministro e instalaciones FPSO, esto es, para distancias de hasta unos pocos kilómetros.

50 La unidad de transceptor según la presente invención incluye una carcasa cilíndrica en la que todos los componentes mecánicos, eléctricos y ópticos están encerrados y sellados del ambiente. La carcasa está en su parte superior provista de una ventana cilíndrica alineada con la carcasa. La ventana es, además, preferiblemente una ventana transparente a IR, esto es, no transmite luz de la parte visible y UV del espectro. Esto se puede lograr por medio de un recubrimiento o película selectiva a la longitud de onda, o que el propio material de la ventana absorba la radiación visible y UV.

La ventana según la invención funcionará por tanto como un filtro óptico para la unidad de transceptor y evitará el calentamiento de los componentes de la unidad de transceptor debido a, p. ej., la luz solar, y evitará luz ambiental dispersa en la unidad de transceptor, p. ej., del sol u otras fuentes de luz, que podría dar lugar a un ruido excesivo en las mediciones de distancia.

- 5 La ventana está provista además de un revestimiento hidrófobo exterior que evitará la acumulación de gotas de agua y facilitará la limpieza de la ventana.

Además, la ventana cilíndrica proporciona un campo de visión de 360 grados en el plano horizontal.

- 10 La unidad de transceptor está provista además de una fuente de láser para emitir un haz de láser pulsado en forma de abanico para iluminar un área definida y provista de medios de recepción dispuestos para detectar una señal reflejada o devuelta desde el área iluminada por los objetivos cooperativos (transpondedores, esquinas de cubo o cinta retrorreflectante) dispuestos en los objetos a posicionar.

La fuente de láser incluye preferiblemente un diodo láser y un colimador óptico que generan un haz de iluminación con un ancho de haz vertical y horizontal predefinidos.

- 15 La unidad de transceptor también está provista de un espejo controlable para lograr el campo vertical de cobertura (VFOR, por sus siglas en inglés) requerido, espejo que es controlable en torno a un eje horizontal.

- 20 La unidad de transceptor está provista además de un inclinómetro de dos ejes que, junto con el espejo controlable, permite la estabilización del haz en forma de abanico y el campo de visión instantáneo (IFOV, por sus siglas en inglés) del receptor con respecto al plano horizontal. Para un posicionamiento más preciso en una situación dinámica a bordo de embarcaciones en el mar, se pueden ingresar datos adicionales de orientación angular (escora, inclinación, deriva) al transceptor desde un sensor de referencia de movimiento externo (MRU, VRU o similar).

Es importante compensar los movimientos angulares de la plataforma del sensor para evitar huecos (pérdida de cobertura) en el campo de cobertura debido a los movimientos, y para poder medir la elevación de objetos con respecto al horizonte, lo que se describirá con más detalle a continuación.

- 25 Para detectar una señal reflejada/devuelta desde un retrorreflector activo o pasivo, la unidad de transceptor está provista de una matriz lineal de fotodiodos para detectar el rayo láser reflejado o devuelto. Una lente del receptor óptico está dispuesta para enfocar la señal recibida/devuelta a través del espejo sobre la matriz de fotodiodos.

- 30 El uso de una matriz lineal de fotodetectores permite la determinación del ángulo θ de elevación de la señal reflejada/devuelta con respecto a los ejes del transceptor ya que cada elemento de la matriz (o pixel) se asigna a un ángulo de elevación específico, como se ilustra en la Figura 1. La precisión de las mediciones de los ángulos se puede mejorar con un ligero desenfoque de la señal reflejada/devuelta, de tal manera que la imagen desenfocada cubra más de un elemento de la matriz. Esto permite la interpolación de ángulos de elevación entre los ángulos fijos dados por los elementos de la matriz. Así, el ángulo θ de elevación real es la suma del ángulo estimado α utilizando la matriz lineal de fotodiodos y el ángulo de desfase (inclinación) dado por el espejo.

- 35 Al utilizar el ángulo del espejo y la interpolación de los fotodiodos iluminados, el ángulo de elevación entre la unidad de transceptor y el objetivo (reflector) se puede calcular con alta precisión. También se hace referencia a la Figura 2, que muestra un diagrama básico de posicionamiento cuando no se compensa la elevación. Las soluciones de la técnica anterior no son capaces de medir el ángulo θ de elevación desde la unidad de transceptor a un objetivo (reflector) y por tanto tendrán que estimar la posición X_{estimada} a partir de la distancia medida al objetivo (reflector), lo que puede resultar en un error ΔX considerable.

- 40 Con la presente invención, midiendo el ángulo θ de elevación, se podrá calcular la posición X con una precisión elevada (absoluta). Por consiguiente, como el ángulo de elevación cambiará continuamente para los objetos que se mueven, especialmente si el transceptor está ubicado con una diferencia de altura considerable con respecto al reflector, en todo momento será necesario conocer el ángulo θ de elevación para poder calcular la posición horizontal del objeto con alta precisión.

- 45 Otra ventaja de la matriz de fotodiodos es que, utilizando la capacidad de discriminación vertical, se podrá distinguir más fácilmente entre la luz reflejada de los reflectores objetivo y otras fuentes de radiación IR, tales como la del sol. También es mucho más fácil discriminar otros objetos reflectantes espúreos, es decir, ropa reflectante, etc., que no estén diseñados con propósitos de posicionamiento y seguimiento.

- 50 Los objetos, embarcaciones o similares a ser posicionados o seguidos en la presente invención, como se mencionó anteriormente, están provistos de retrorreflectores pasivos o activos que están dispuestos para reflejar/devolver una pequeña parte del haz de iluminación emitido desde la fuente de láser. Un retrorreflector pasivo para sistemas ópticos será típicamente un reflector de esquina de cubo (hueco o prisma) o un grupo de esquinas de cubo dispuestas para cubrir un gran sector. Al utilizar un retrorreflector activo (transpondedor), se pueden modificar algunas características ópticas o de señal de la señal transmitida antes de que se devuelva/refleje a la unidad de transceptor. Como se mencionó anteriormente, esto permite la identificación automatizada de los objetivos. El uso

de retroreflectores pasivos puede ocasionar un "intercambio de objetivos" bien conocido por los sistemas de seguimiento por radar convencionales; sin embargo, dada la precisión de posicionamiento y la capacidad de discriminación de los sistemas ópticos, no es probable que esto ocurra para la presente invención.

5 Cuando se corrigen los ángulos de orientación de la plataforma del sensor, el marco de coordenadas del instrumento se puede alinear con el marco de coordenadas geográficas adecuado, y cuando se conoce la posición geográfica de la unidad de transceptor (con GPS o similar), la posición geográfica de los reflectores también puede ser determinada.

Un sistema según la presente invención podrá observar la distancia, la elevación y el acimut de uno o más retroreflectores con respecto a los ejes de instrumento de la unidad de transceptor.

10 El sistema según la presente invención está dispuesto para seguir más de un retroreflector simultáneamente.

El sistema según la invención está provisto además preferiblemente de al menos una unidad de control dispuesta para controlar los componentes de la unidad de transceptor y dispuesta para procesar todos los datos y mediciones internamente, pero también puede estar dispuesta para la comunicación con unidades externas para procesar datos y mediciones.

15 El sistema de referencia de posición y el método según la invención tiene dos modos principales de funcionamiento;

1. Modo de búsqueda e identificación; donde la unidad de transceptor escanea el campo total de cobertura (FOR), 360° en acimut y preferiblemente mín. 60° en elevación, para detectar, identificar (automática o manualmente) y posicionar todos los objetos dentro del FOR equipados con un retroreflector activo o pasivo. Este modo de la presente invención también puede incluir realizar un escaneo sin tener la fuente de láser activada para mapear/detectar posibles fuentes de ruido/puntos brillantes que podrían afectar la precisión de la presente invención.

20

2. Modo de búsqueda y seguimiento; donde todos los objetos identificados son seguidos, y sus posiciones actualizadas a una velocidad de preferiblemente mín. 1 por segundo.

25 El sistema está además dispuesto para la comunicación con medios de sensor externos para recibir datos/información de movimiento de la plataforma del sensor, tales como escora, inclinación, guiñada, oleaje, balanceo y/o desplazamiento vertical, sobre la que la unidad de transceptor está dispuesta, información que será utilizada por la unidad de transceptor para estabilizar el haz en forma de abanico y el IFOV vertical del receptor en el plano horizontal controlando el espejo, como se describió anteriormente, y para compensar los datos de movimiento al calcular la posición absoluta de un retroreflector.

30 El sistema según la presente invención puede además estar provisto de retroreflector/es externo/s montados en posición/es fija/s en la plataforma del sensor para su autocalibración. Disponiendo retroreflector/es externo/s con posición/es fija/s conocida/s en la misma plataforma del sensor en la que está dispuesta la unidad de transceptor, se tendrá una referencia de calibración en todo momento.

35 El sistema según la presente invención puede además estar dispuesto para calcular la velocidad de objetos o embarcaciones, especialmente en relación con operaciones de atraque automático. La velocidad de un objeto seguido se puede calcular utilizando la información de posición calculada.

40 El sistema según la presente invención puede además conectarse a un sistema GPS/GNSS de la plataforma del sensor, tal como un objeto, embarcación o similar, sobre la que esté dispuesto para mostrar objetos posicionados y seguidos en un mapa conectando datos desde el sistema de referencia de posición según la presente invención con datos/información GPS/GNSS.

El sistema también incluye una interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés) desde la que se pueden establecer la configuración del sistema y los parámetros de funcionamiento.

Un método para posicionar y seguir uno o más objetos provistos de retroreflectores activos o pasivos se resume en las siguientes etapas:

45 a. emitir un haz de láser pulsado en forma de abanico con anchos de haz vertical y horizontal predefinidos controlando un espejo para emitir el haz de láser en el plano vertical y estabilizar el haz en forma de abanico con respecto al plano horizontal, así como el campo de visión instantáneo superpuesto del receptor con respecto al plano horizontal,

50 b. detectar la luz reflejada/devuelta de los retroreflectores situados en uno o más objetos a ser posicionados y seguidos mediante el espejo controlable y una lente del receptor óptico que enfoca la luz reflejada/devuelta sobre una matriz de fotodiodos,

c. calcular el ángulo de elevación para el uno o más objetos mediante la medición del ángulo del espejo y la interpolación de los fotodiodos iluminados en la matriz de fotodiodos, medir el ángulo de acimut y medir el

tiempo de vuelo para los pulsos de luz láser desde la transmisión hasta la recepción,

- d. calcular la distancia y el rumbo del uno o más objetos con respecto a los ejes de instrumento de la plataforma de sensor en base a la información de la etapa c), en donde

5 la etapa a) incluye controlar el espejo en base a la información de un inclinómetro de dos ejes para compensar los movimientos angulares de la plataforma del sensor y/o la información acerca de los movimientos de la plataforma del sensor procedente de un sensor de referencia de movimiento (MRU, VRU o similar) y la etapa b) incluye enfocar la luz reflejada/devuelta en al menos dos fotodiodos de la matriz de fotodiodos en donde enfocar comprende un ligero desenfoque de la luz reflejada/devuelta por parte de la lente del receptor óptico, y la discriminación vertical de la matriz de fotodiodos para
10 distinguir entre la luz reflejada/devuelta de los retrorreflectores y la de otras fuentes, tales como la del sol u otras fuentes de luz, con el fin de eliminar las fuentes de error.

La etapa d) incluye calcular el rumbo por medio de la posición de acimut en el momento de la transmisión del pulso de láser saliente. El acimut se mide por medio de un codificador angular absoluto preciso conectado al eje de rotación del transceptor en el momento de la transmisión del pulso de luz. El sistema según la presente invención es capaz de detectar varios pulsos subsiguientes parcialmente superpuestos e interpolar para mejorar la precisión del acimut.
15

El método puede incluir además una etapa para determinar la posición geográfica del objeto seguido.

El método incluye además una etapa de almacenamiento de los datos/parámetros calculados y medidos en una base de datos junto con el momento de la medición.

20 El método puede incluir además el uso de reflectores activos (transpondedores) dispuestos para modificar las características ópticas o de señal de la señal transmitida antes de que se devuelva/refleje a la unidad de transceptor.

El método puede incluir además una etapa para compensar la diferente atenuación atmosférica que se produce debido a diversas condiciones climáticas. Esto puede compensarse mediante el control de la ganancia del amplificador del detector en función del tiempo (ganancia variable en el tiempo, TVG, por sus siglas en inglés).

25 Otras características preferibles y detalles ventajosos de la presente invención aparecerán a partir de la siguiente descripción de ejemplo.

Ejemplo

La invención se describirá a continuación en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, donde:

La Figura 1 ilustra el principio de determinación de la elevación según la presente invención.

30 La Figura 2 es un diagrama básico que ilustra el error que se obtendrá al posicionar un objeto si no se compensa la elevación.

La Figura 3 es una vista en perspectiva de una unidad de transceptor para un sistema según la presente invención,

La Figura 4 es un diagrama de bloques de la unidad de transceptor según la invención, y

35 La Figura 5 muestra cómo se realiza el control del espejo según la presente invención.

Ahora se hace referencia a la Figura 3, que muestra un dibujo en perspectiva de una unidad 11 de transceptor según la presente invención. La unidad 11 de transceptor incluye una carcasa 12 de encapsulación que en su parte superior está provista de una ventana transparente 13 para transmitir un haz de láser fuera de la carcasa 12 y recibir luz reflejada/devuelta de los retrorreflectores activos o pasivos. La ventana 13 es preferiblemente una ventana transparente a IR que también deja fuera la radiación ambiental visible y UV y tiene una forma cilíndrica y está alineada con la carcasa 12
40

La carcasa 12, que también tiene preferiblemente una forma cilíndrica, está provista en su extremo inferior de una placa 14 de base dispuesta para sujetar la unidad 11 de transceptor a una plataforma de sensor, tal como un objeto, una embarcación o similar, y está en su extremo superior provista de una tapa 15. La carcasa 12, por consiguiente,
45 proporcionará un entorno estanco y protector para todos los componentes de la unidad 11 de transceptor.

Ahora se hace referencia a la Figura 4, que muestra un diagrama de bloques de la unidad 11 de transceptor según la invención que muestra los componentes principales de la unidad 11 de transceptor. La unidad 11 de transceptor incluye una parte estacionaria 20 y una parte giratoria 30.

Los componentes principales de la parte estacionaria 20 incluyen una unidad 21 de control en forma de una o más placas de circuito, medios 22 de accionamiento para la parte giratoria 30, y medios 23 de conexión mecánica y
50

eléctrica entre la parte estacionaria 20 y la parte giratoria 30. Los medios 22 de accionamiento incluyen un motor eléctrico 24 y un medio lector 25, tal como un codificador angular absoluto preciso, para monitorizar la posición de acimut del motor eléctrico 24 y la parte giratoria 30. Los medios 22 de accionamiento pueden incluir además, p. ej., una o más poleas dentadas (no mostradas) y correa/s dentada/s (no mostradas) para accionar la parte giratoria 30. Los medios 22 de accionamiento están dispuestos hasta la parte giratoria 30 por medio de un eje (no mostrado) que está dispuesto para ser accionado por el motor eléctrico 24, p. ej., por medio de las poleas y la correa dentada. La parte estacionaria 20 incluye también un inclinómetro 26 de dos ejes que se utilizará para controlar un espejo 34 en la parte giratoria 30.

Los componentes principales de la parte giratoria 30 de la unidad 11 de transceptor incluyen:

- 10 - una unidad 31 de procesamiento de señal en forma de una o más placas de circuito,
- conjunto de transmisor que incluye una fuente 32 de láser y un colimador óptico 33,
- espejo 34, medio 35 de accionamiento para el espejo 34, medio lector 36 para leer la posición angular del espejo 34,
- una matriz lineal 38 de fotodiodos, y
- 15 - una lente 37 del receptor óptico para enfocar la luz recibida/reflejada sobre la matriz lineal 38 de fotodiodos.

La matriz 38 de fotodiodos incluye una serie de fotodiodos dispuestos en una línea, tal como una matriz de fotodiodos lineal de 16 elementos, p. ej., una matriz de fotodiodos de avalancha.

La unidad 11 de transceptor está provista además de medios adecuados para procesar señales analógicas de la matriz 38 de fotodiodos, tales como amplificadores de ganancia variable y convertidores analógico a digital para convertir las señales analógicas del sensor en señales digitales para su procesamiento posterior por medios de procesamiento digital.

La fuente 32 de láser y el colimador óptico 33 están dispuestos para generar un haz de láser con un ancho vertical de haz predefinido, preferiblemente $>10^\circ$, y un ancho horizontal de haz predefinido, preferiblemente menos de 2 mrad.

25 El espejo controlable 34 está dispuesto para lograr un campo vertical de cobertura preferido de -10° a $+60^\circ$, espejo 34 que está dispuesto para ser controlable en torno a su eje horizontal.

Cabe señalar que el espejo 34 que se muestra en la Figura 3 tiene una forma rectangular, pero esto es solo un ejemplo y el espejo 34 también puede ser elíptico para reducir el peso.

30 La unidad 11 de transceptor incluye además preferiblemente protectores de luz dispuestos entre componentes sensibles, p. ej. para garantizar que la matriz 38 de fotodiodos no detecte ninguna otra luz distinta de la recibida por la lente 37 del receptor óptico.

35 La unidad 31 de procesamiento de señal de la parte giratoria 30 está provista de medios y/o software dispuestos para ser un muestreador de entrada de datos y está preferiblemente dispuesta de manera que no tenga información acerca de búsqueda, seguimiento o posicionamiento, que será manejada por la unidad 21 de control de la parte estacionaria 20.

La unidad 31 de procesamiento de señal está provista de medios y/o software para uno o más de entre:

- controlar la matriz 38 de fotodiodos, amplificadores de ganancia variable y convertidores analógico a digital,
- detección de pulsos y mediciones de tiempo de vuelo
- reloj principal y sistema de cronometraje,
- 40 - controlar el espejo 34,
- controlar la fuente 32 de láser.

45 Ahora se hace referencia a la Figura 5, que muestra cómo se controla el espejo 34 por medio de la unidad 31 de procesamiento de señales. Basándose en la entrada procedente de los sensores que monitorizan los movimientos de la plataforma del sensor, tal como un objeto, embarcación o similar, y el inclinómetro 26 de dos ejes, y la entrada procedente de la unidad 21 de control, tal como distancia, ángulos de acimut e inclinación, se calcula la posición del espejo 34 y se proporcionan los ajustes al motor eléctrico 35 del espejo, que realiza el posicionamiento del espejo 34. Por consiguiente, el inclinómetro 26 de dos ejes junto con el motor eléctrico 35 del espejo garantizarán la estabilización del haz en forma de abanico y el IFOV del receptor con respecto al plano horizontal, así como la superposición del campo de visión instantáneo del receptor con respecto al plano horizontal.

La posición del espejo se controla preferiblemente de manera continua para compensar el movimiento de la plataforma del sensor, así como los ajustes relacionados con el seguimiento y el posicionamiento de retrorreflectores en diferentes ángulos de elevación.

5 Controlar la fuente 32 de láser y la matriz 38 de fotodiodos incluye controlar la potencia de salida de la fuente 32 de láser y la ganancia de la matriz 38 de fotodiodos (de avalancha).

El control de ganancia VGA incluye controlar la pendiente de ganancia del control de ganancia VGA para compensar diferentes atenuaciones atmosféricas, esto es, condiciones climáticas.

Controlar la detección de pulsos incluye establecer niveles de umbral de ruido.

La unidad 21 de control de la parte estacionaria 20 está provista de medios y/o software para uno o más de entre:

- 10 - controlar la búsqueda de nuevos objetivos/objetos y el proceso de seguimiento de los objetivos/objetos identificados,
- realizar la verificación de integridad, generar telegramas y comunicarse con la GUI (interfaz gráfica de usuario) y los sensores de referencia de movimiento externos,
- realizar el cálculo del ángulo de elevación,
- 15 - realizar el cálculo de la distancia y el rumbo,
- controlar los medios 22 de accionamiento para accionar la parte giratoria 30 de la unidad 11 de transceptor,
- control de interfaz,
- comunicación con unidades externas a través de una interfaz Ethernet o similar.

20 El control del tiempo es esencial en un sistema como este y esto puede implementarse por medio del reloj PRF (frecuencia de repetición de pulsos, por sus siglas en inglés) que está generado por el medio lector 25 en la parte estacionaria 20 de la unidad 11 de transceptor, de tal manera que el pulso láser se emite a intervalos angulares fijos.

La unidad 31 de procesamiento de señal está dispuesta para emitir un pulso de láser con la fuente 32 de láser para cada límite PRF y, después de eso, busca señales reflejadas/devueltas en un número predefinido de canales en la matriz 38 de fotodiodos, tal como 4/8/16 canales de fotodiodos.

25 Las señales de la matriz 38 de fotodiodos se amplifican y comprimen dinámicamente, p. ej., en amplificadores TVG (ganancia variable en el tiempo, por sus siglas en inglés) antes de la conversión A/D.

30 La unidad 31 de procesamiento de señales de la parte giratoria 30 recibe la señal del reloj PRF desde la unidad 21 de control de la parte estacionaria 20 junto con información de acimut 0°. Por cada límite positivo en el reloj PRF, la fuente 32 de láser emite un pulso. Por tanto, para cada pulso de láser, la unidad 31 de control tiene conocimiento de la posición de acimut.

35 Las señales luminosas de los posibles retrorreflectores, tales como de esquina de cubo (pasivos) o un transpondedor activo, se detectan en la matriz de fotodiodos, y los datos digitalizados del fotodiodo se envían a la unidad 21 de control para su posterior procesamiento. Ejemplos de tales datos son el número de fotodiodos, muestras de tiempo, ángulo de acimut, posición del espejo, etc. La detección de picos de pulsos y la medición de la distancia se realizan digitalmente utilizando un procesador FPGA rápido en la unidad 21 de control. Después de que la unidad 21 de control reciba datos de señal y los otros datos mencionados, la unidad 21 de control lleva a cabo la verificación de la integridad de los datos. Las verificaciones de integridad podrían basarse en uno o más de entre: integral de pulsos, comprobar la detección de pulsos en "pulsos vecinos", comprobar la detección de pulsos en "elementos receptores vecinos", etc.

40 Si se pasa la verificación de integridad, se pueden calcular la distancia, el rumbo y la elevación.

La estimación de la distancia se basa en mediciones precisas de tiempo de vuelo (TOF) para los pulsos transmitidos y recibidos. Las mediciones TOF se basan en un equivalente digital de la fracción constante del discriminador de altura de pulso (CFD, por sus siglas en inglés), que es independiente de la altura del pulso para los pulsos de retorno y se sabe que proporciona las estimaciones TOF más precisas.

45 El rumbo se puede calcular por medio del sensor angular 25 de acimut y el ángulo de montaje conocido de la unidad de transceptor con respecto a la deriva de la plataforma del sensor.

Cuando se corrigen los ángulos de orientación de la plataforma de sensor, esto es, el objeto, la embarcación o similar, se puede determinar la posición geográfica del reflector y/o la unidad de transceptor.

Por medio de la presente invención será posible seguir varios retrorreflectores al mismo tiempo, al menos diez

retroreflectores simultáneamente.

El sistema según la invención puede además estar provisto de medios para la autocalibración mediante la disposición de uno o más retroreflectores en la misma plataforma del sensor, fuera de la carcasa 12, y utilizar este/estos como referencia de calibración para la autocalibración.

- 5 Por medio de la presente invención también será posible posicionar la unidad de transceptor en vez de los reflectores, ya que los reflectores tienen una posición fija y conocida.

Modificaciones

La matriz lineal de fotodiodos utilizada para la detección de los pulsos de láser reflejados también puede ser una matriz 2D de fotodiodos.

- 10 La fuente de láser está dispuesta preferiblemente para operar en la banda de IR cercano (905 nm). En esta longitud de onda hay una serie de diodos de láser pulsado de bajo coste disponibles, así como detectores APD de Si a un precio razonable, tanto detectores individuales como matrices con muy buena capacidad de respuesta para IR cercano.

- 15 Sin embargo, es bien sabido que pasar a longitudes de onda más grandes, es decir, IR de onda corta e IR medio, de 1,4 a 3 micrómetros, reducirá la atenuación atmosférica y, por tanto, permitirá mayores alcances de medición. Igualmente importante es que estas longitudes de onda ofrecen un nivel mucho más alto de seguridad ocular. En comparación con 905 nm, se puede usar un láser de 1,5 micrómetros para alimentar niveles casi seis órdenes de magnitud más altos (Ref.: IEC 60825-1, Ed.2, 2007-03). Sin embargo, la tecnología de detección para estas longitudes de onda (InGaAs, etc.) está mucho menos desarrollada comercialmente, y las matrices APD no están
20 disponibles tal cual en el mercado. Así, los niveles de potencia del láser deberán aumentarse en dos órdenes de magnitud para compensar la menor capacidad de respuesta de los detectores.

El sistema según la presente invención puede disponerse adicionalmente para transmitir un pulso de luz codificado. Un pulso codificado en combinación con un correlacionador de réplica en el receptor puede proporcionar una precisión mejorada de la distancia.

25

REIVINDICACIONES

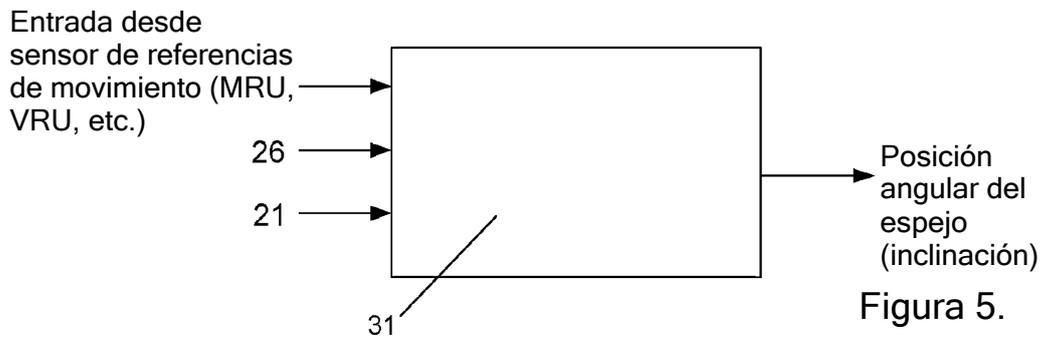
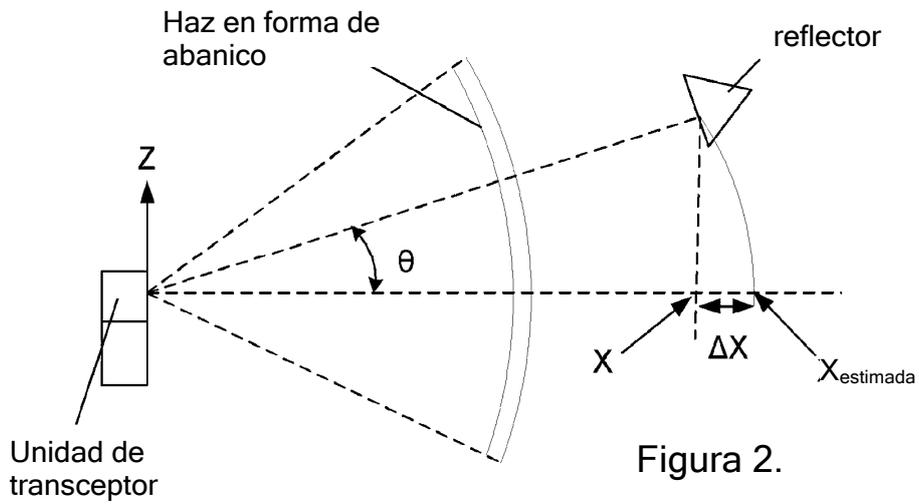
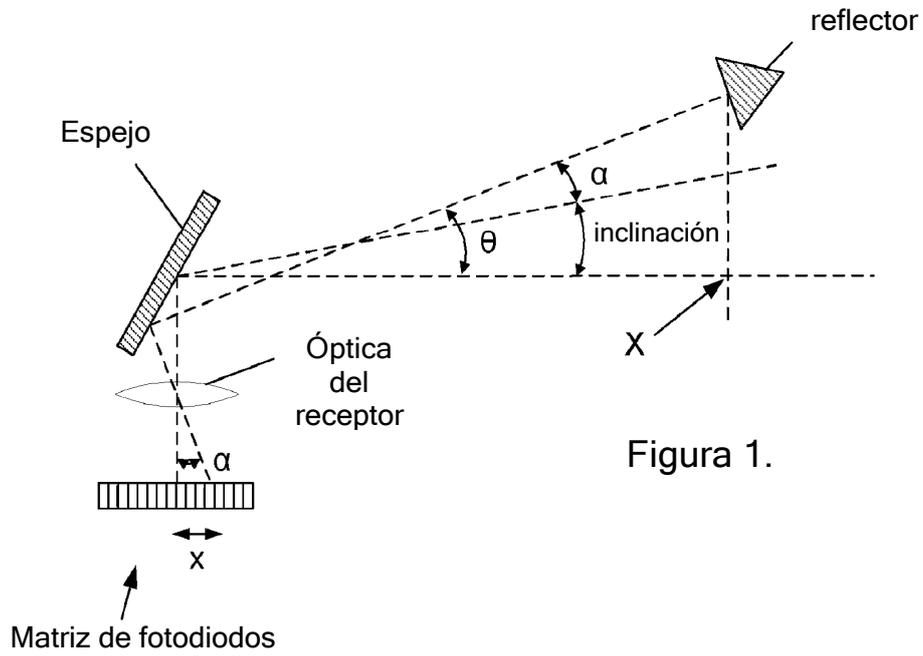
1. Método para posicionar y seguir uno o más objetos por medio de una unidad de transceptor fijada a una plataforma del sensor, tal como un objeto o embarcación, y uno o más retrorreflectores activos o pasivos dispuestos en un objeto a posicionar, en donde el método incluye las siguientes etapas:
- 5 a. emitir un haz de láser pulsado en forma de abanico con anchos de haz vertical y horizontal predefinidos controlando un espejo (34) para emitir el haz de láser en el plano vertical y estabilizar el haz en forma de abanico con respecto al plano horizontal, así como el campo de visión instantáneo superpuesto de un receptor con respecto al plano horizontal,
- 10 b. detectar la luz reflejada/devuelta desde los retrorreflectores ubicados en uno o más objetos a posicionar y seguir por medio del espejo controlable (34) y una lente (37) del receptor óptico, que enfoca la luz reflejada/devuelta sobre una matriz (38) de fotodiodos,
- c. calcular el ángulo de elevación para uno o más objetos midiendo el ángulo del espejo y la interpolación de fotodiodos iluminados en la matriz (38) de fotodiodos, medir el ángulo de acimut y medir el tiempo de vuelo para los pulsos de luz láser desde su transmisión hasta su recepción,
- 15 d. calcular la distancia y el rumbo de uno o más objetos con respecto a los ejes de instrumento de la plataforma del sensor en base a la información de la etapa c), a través del cual:
- 20 la etapa a) incluye el control del espejo (34) en base a la información de un inclinómetro (26) de dos ejes para compensar los movimientos angulares de la plataforma del sensor y/o la información sobre los movimientos de la plataforma del sensor desde un sensor de referencia de movimiento, tal como una unidad de referencia de movimiento o unidad de referencia vertical, y
- 25 la etapa b) incluye enfocar la luz reflejada/devuelta en al menos dos fotodiodos de la matriz (38) de fotodiodos en donde enfocar comprende un desenfoque leve de la luz reflejada/devuelta por parte de la lente (37) del receptor óptico, y realizar una discriminación vertical de la matriz (38) de fotodiodos para distinguir entre la luz reflejada/devuelta desde los retrorreflectores y la de otras fuentes.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la etapa d) incluye el cálculo del rumbo por medio de la posición de acimut en el momento de la transmisión del pulso de láser saliente.
- 30 3. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el método incluye determinar la posición geográfica del objeto seguido.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el método incluye además almacenar los datos/parámetros calculados y medidos en una base de datos junto con el momento de la medición.
- 35 5. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el método incluye además utilizar reflectores activos dispuestos para modificar características ópticas o de señal de la señal transmitida antes de que sea devuelta/reflejada a la unidad de transceptor.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el método incluye además una etapa para compensar la diferente atenuación atmosférica mediante el control de ganancia de un amplificador del detector en función del tiempo.
- 40 7. Sistema de referencia de posición para posicionar y seguir uno o más objetos provistos de retrorreflectores activos o pasivos, sistema que incluye una unidad (11) de transceptor que incluye una carcasa (12) con una ventana (13) a través de la cual se puede transmitir y recibir la luz, carcasa (12) que encierra y sella una parte estacionaria (20) y una parte giratoria (30) en una unidad, donde la parte giratoria (30) incluye un conjunto de transmisor que incluye una fuente (32) de láser y un colimador óptico (33), un conjunto receptor que incluye un conjunto (37) de lentes del receptor óptico y un espejo (34) para transmitir y recibir la luz reflejada/devuelta desde un retrorreflector, en donde:
- 45 - la fuente (32) de láser y el colimador óptico (33) están dispuestos para generar un haz de láser pulsado en forma de abanico con anchos de haz vertical y horizontal predefinidos,
- 50 - el espejo (34) es controlable y está dispuesto para emitir el haz de láser en el plano vertical y estabilizar el haz en forma de abanico, así como el campo de visión instantáneo superpuesto del receptor con respecto al plano horizontal,
- el conjunto de receptor incluye una matriz (38) de fotodiodos y que la lente del receptor óptico (37) está dispuesta para enfocar la luz devuelta/reflejada desde un retrorreflector a través del espejo

- (34) sobre la matriz (38) de fotodiodos, y
- el sistema de referencia de posición comprende medios para calcular el ángulo de elevación para el uno o más objetos midiendo el ángulo del espejo y la interpolación de fotodiodos iluminados de la matriz (38) de fotodiodos, medir el ángulo de acimut y medir el tiempo de vuelo para la luz láser pulsada desde su transmisión a su recepción, y medios para calcular la distancia, el rumbo y la elevación del uno o más objetos con respecto a los ejes de instrumento de la plataforma del sensor, por los que la lente (37) del receptor óptico está dispuesta para enfocar la luz devuelta/reflejada sobre al menos dos fotodiodos de la matriz (38) de fotodiodos, en donde el enfoque comprende un ligero desenfoque de la luz reflejada/devuelta por parte de la lente (37) del receptor óptico, y
 - la unidad (11) de transceptor incluye un inclinómetro (26) de dos ejes que proporciona información para controlar el espejo (34) para compensar los movimientos angulares de la plataforma del sensor, y que la unidad (11) de transceptor está dispuesta para la discriminación vertical de la matriz (38) de fotodiodos para distinguir entre la luz reflejada/devuelta desde los retrorreflectores y la de otras fuentes.
8. Sistema de referencia de posición según la reivindicación 7, caracterizado por que la unidad (11) de transceptor está fijada a la plataforma del sensor.
9. Sistema de referencia de posición según la reivindicación 7, caracterizado por que la ventana (13) tiene forma cilíndrica.
10. Sistema de referencia de posición según la reivindicación 7, caracterizado por que la ventana (13) es una ventana transparente a IR.
11. Sistema de referencia de posición según la reivindicación 7, caracterizado por que la unidad (11) de transceptor incluye medios (35) de accionamiento para girar el espejo (34) y medios lectores (36) para leer la posición angular del espejo (34).
12. Sistema de referencia de posición según la reivindicación 7, caracterizado por que el sistema está dispuesto para su autocalibración por medio de que al menos un reflector con posición y orientación conocidas y fijas con respecto a los ejes de instrumento de la plataforma del sensor está dispuesto fuera de la carcasa (12) en la misma plataforma del sensor que la unidad (11) de transceptor para proporcionar una referencia de calibración.
13. Sistema de referencia de posición según la reivindicación 7, caracterizado por que la rotación de la parte giratoria (30) se proporciona por medio de un motor eléctrico (24) y que hay dispuesto un medio lector (25) para monitorizar la posición de acimut de la parte giratoria (30).
14. Sistema de referencia de posición según cualquiera de las reivindicaciones 7-13, caracterizado por que la parte giratoria (30) incluye una unidad (31) de procesamiento de señal provista de medios y/o software para uno o más de entre:
- controlar la matriz (38) de fotodiodos, amplificadores de ganancia variable y convertidores analógico a digital,
 - detección de pulsos y mediciones de tiempo de vuelo,
 - reloj principal y sistema de cronometraje,
 - controlar el espejo (34),
 - controlar la fuente 32 de láser.
15. Sistema de referencia de posición según cualquiera de las reivindicaciones 7-14, caracterizado por que la parte estacionaria (20) incluye una unidad (21) de control provista de medios y/o software para uno o más de entre:
- controlar la búsqueda de nuevos objetivos/objetos y el proceso de seguimiento para los objetivos/objetos identificados,
 - realizar la verificación de integridad, generar telegramas y comunicarse con la GUI (interfaz gráfica de usuario) y los sensores de referencia de movimiento externos,
 - realizar el cálculo del ángulo de elevación,
 - realizar el cálculo de la distancia y el rumbo,
 - controlar los medios (22) de accionamiento para accionar la parte giratoria (30) de la unidad (11) de transceptor,

ES 2 732 010 T3

- control de interfaz,
- comunicación con unidades externas a través de una interfaz Ethernet.

5 16. Sistema de referencia de posición según cualquiera de las reivindicaciones 7-15, caracterizado por que el sistema está dispuesto para intercambiar datos con un sistema GNSS para mostrar objetos seguidos y posicionados en un mapa.



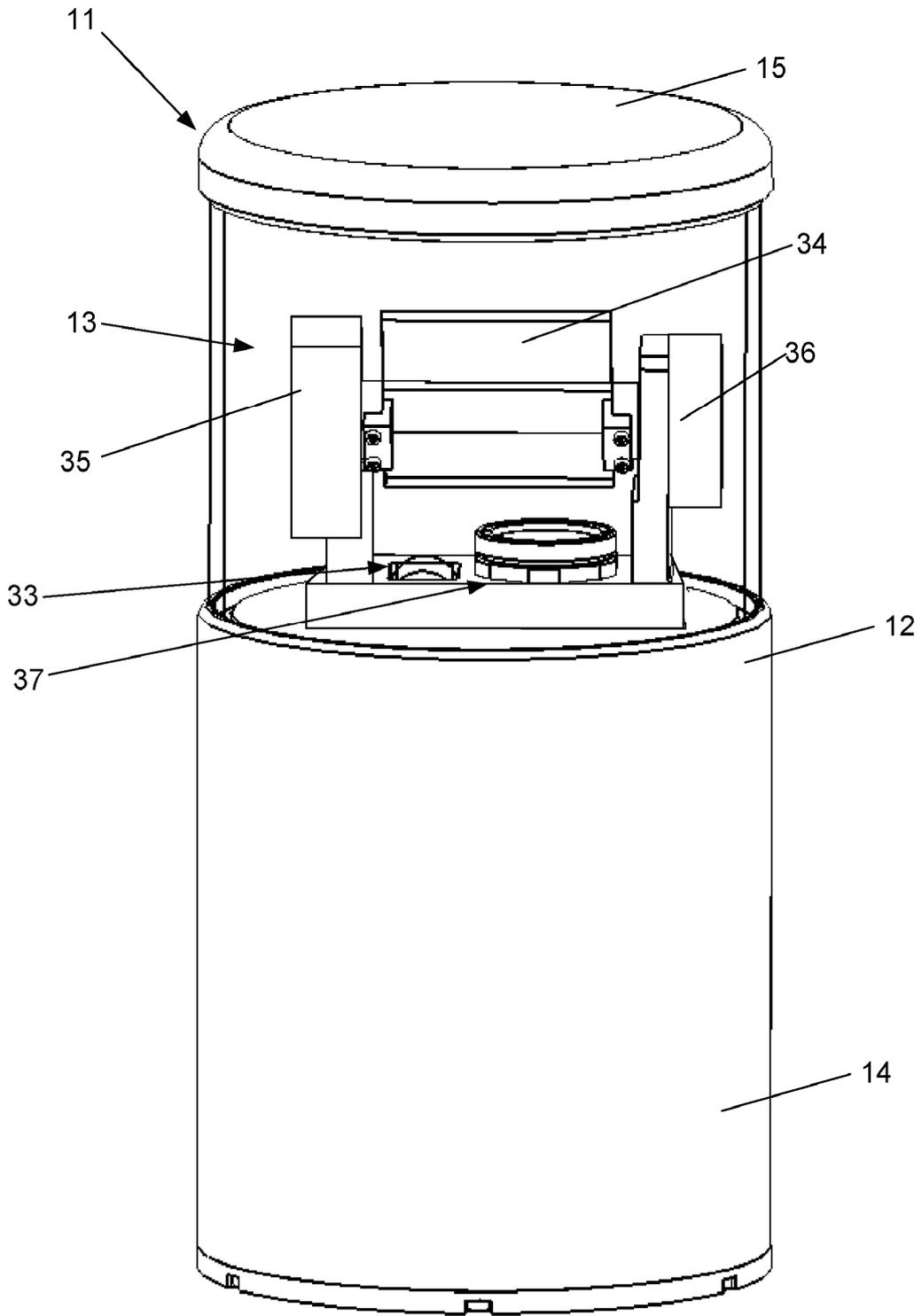


Figura 3.

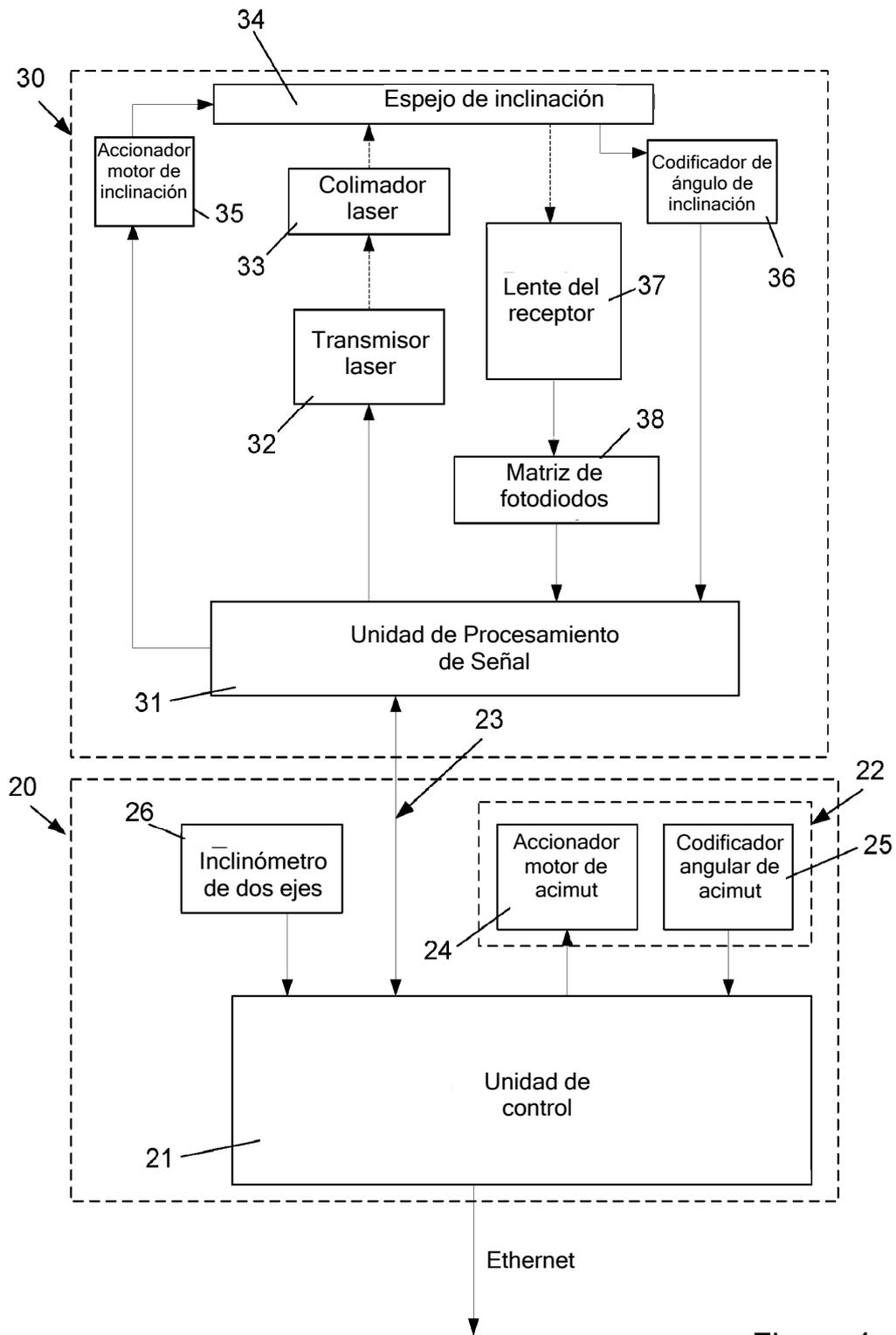


Figura 4.