



ESPAÑA



B63B 21/02 (2006.01)

B2

CARVAJAL Y UROUIJO, Isabel

El diagrama de flujo ilustra la arquitectura de un vehículo autónomo de superficie o submarino (100). El sistema central es el **SISTEMA DE CONTROL AUTÓNOMO (120)**, que se conecta con varios subsistemas:

- SISTEMA DE ATRACHE Y DESATRACHE AUTOMÁTICO (110)**: Incluye el **SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL (130)** y el **SISTEMA DE ANCLAJE ELECTROMAGNÉTICO (140)**. El sistema de visión artificial proporciona datos de **Distancia (122)** y **Orientación (124)** al sistema de control. El sistema de anclaje electromagnético proporciona datos de **161** al sistema de control.
- SISTEMA DE POSICIONAMIENTO ACÚSTICO USBL (130)**: Proporciona datos de **Distancia (132)** y **Orientación (134)** al sistema de control.
- SISTEMA DE ANCLAJE ELECTROMECÁNICO (150)**: Proporciona datos de **163** al sistema de control.
- SISTEMA DE NAVEGACIÓN AUTÓNOMA (180)**: Proporciona datos de **165** al sistema de control.
- MÓDULO DE GEOLOCALIZACIÓN (190)**: Proporciona datos de **167** al sistema de control.
- BATERÍA (192)**: Proporciona energía al sistema de control.
- SISTEMA DE PROPULSIÓN (170)**: Proporciona datos de **161** al sistema de control.

Además, el sistema de control autónomo (120) interactúa con el **PUNTO DE ATRACHE (100)** a través de tres interfaces:

- BALIZA VISUAL (104)**: Proporciona datos de **121** al sistema de control.
- BALIZA ACÚSTICA (106)**: Proporciona datos de **123** al sistema de control.
- SOPORTE METÁLICO (108)**: Proporciona datos de **125** al sistema de control.

FIG. 1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 939 782 B2

DESCRIPCIÓN**SISTEMA Y PROCEDIMIENTO PARA EL ATRAQUE Y DESATRAQUE AUTOMÁTICO DE UN VEHÍCULO AUTÓNOMO DE SUPERFICIE O SUBMARINO**

5

Campo de la invención

La presente invención se engloba en el campo de los vehículos autónomo de superficie o submarinos, y más en concreto, en los sistemas de atraque y desatraque de vehículos autónomos de superficie o submarinos en un punto de anclaje (como por ejemplo un muelle, un pantalán o una plataforma flotante).

10

Antecedentes de la invención

Los vehículos marinos autónomos de superficie (ASVs, Autonomous Surface Vehicles) y los vehículos submarinos autónomos (AUV, Autonomous Underwater Vehicles) están conociendo un gran auge en la última década impulsados fundamentalmente por aplicaciones militares. No obstante, la reducción de costes derivados de los progresos tecnológicos está ampliando las posibilidades de su uso en tareas civiles. Una de las aplicaciones que suscitan gran interés son las tareas para prevenir y mitigar desastres medioambientales causados por vertidos de sustancias contaminantes.

20

En este escenario, el uso de pequeñas embarcaciones ASV con capacidad para moverse en aguas poco profundas cercanas a la costa y con una rápida capacidad de despliegue, resulta especialmente interesante por ser zonas de alto valor ecológico y social, donde no pueden acceder embarcaciones de gran calado como las normalmente usadas para recogida y control de vertidos.

25

Su aplicación también resulta de especial importancia en zonas portuarias, ya que su pequeño tamaño facilita la maniobrabilidad y rapidez para, por ejemplo, rodear con una barrera de protección un barco que pudiera tener una fuga de una sustancia contaminante.

30

Otra posible aplicación es la vigilancia ininterrumpida de costas y puertos o el rescate de naufragios, o la inspección automática de instalaciones sumergidas (como pueden ser tuberías) por parte de un submarino autónomo AUV.

En todas estas aplicaciones anteriormente citadas es necesario que el vehículo tenga las siguientes características:

- 5 - El vehículo debe estar siempre preparado para ponerse en funcionamiento y en particular para su desanclaje automático del punto de atraque. Para lograr el objetivo es necesario que el vehículo esté anclado de forma segura hasta el momento en el que deba producirse la actuación y pueda desanclarse de la forma más rápida posible.
- 10 - El vehículo ha de ser completamente autónomo. Los procedimientos actualmente en uso para el anclaje y desanclaje de vehículos están diseñados para vehículos tripulados y con intervención humana en todos los pasos del proceso (guiado, anclaje y desanclaje). Por lo general el anclaje y desanclaje se produce por la fijación o liberación de uno o varios cabos del muelle por parte de un operario humano. Además, las maniobras de aproximación son totalmente controladas por un operario humano por lo que este procedimiento resulta totalmente inaplicable a este tipo de vehículos autónomos.
- 15 - Una vez concluida la misión el vehículo ha de poder dirigirse de forma automática y segura al punto de anclaje para permanecer a la espera de nuevas misiones. Además, tiene que ser capaz de permanecer anclado de forma provisional en caso de necesidad o emergencia hasta que se determine su ubicación definitiva, se lleve a un punto de carga, o finalice la misión.
- 20

25 Ninguno de los sistemas actuales de atraque y desatraque de vehículos autónomos de superficie o submarinos es completamente automático. En todos ellos el vehículo ha de ser guiado manualmente por un operario humano al punto de atraque y el atraque ha de ser accionado por un operador, bien sea en la fase de anclaje, desanclaje o ambas.

30 El documento de patente CN109032178-A divulga un sistema de atraque de un vehículo autónomo. Sin embargo, este sistema no incluye un sistema de anclaje que permita realizar un atraque o un desatraque completamente autónomo. El documento de patente JPH0820381-A presenta un sistema de amarre electromecánico con liberación automática. El documento de patente RU2734644-C1 presenta un sistema de amarre para vehículos autónomos con sistema de navegación, basado en un electroimán y contacto con un sistema de flotador, que permite el amarre y la carga del vehículo autónomo.

35 La presente invención soluciona los problemas anteriores, proporcionando un sistema de

ataque y desataque para vehículos autónomos de superficie o submarinos totalmente automático.

Descripción de la invención

5 La invención se refiere a un sistema y un procedimiento de ataque y desataque automático de un vehículo autónomo de superficie o submarino.

El procedimiento comprende realizar una maniobra de ataque automático durante el ataque de un vehículo autónomo de superficie o submarino a un punto de ataque, y realizar una
10 maniobra de desataque automático durante el desataque del vehículo autónomo.

La maniobra de ataque automático comprende las siguientes etapas:

- Posicionar al vehículo autónomo en una posición inicial de ataque ubicada a una determinada distancia de seguridad del punto de ataque.
- 15 - Girar el vehículo autónomo para orientarlo hacia el punto de ataque según una orientación inicial de ataque.
- Realizar una maniobra de aproximación hacia el punto de ataque. La maniobra de aproximación a su vez comprende:
 - Medir continuamente, utilizando un sistema de visión artificial y/o un
20 sistema de posicionamiento acústico USBL embarcado en el vehículo autónomo, la distancia y orientación del vehículo autónomo con respecto al punto de ataque.
 - Controlar el avance y giro del vehículo autónomo hasta orientarlo perpendicularmente al punto de ataque.
 - 25 • Activar un electroimán fijado en la proa del vehículo autónomo.
- Avanzar el vehículo autónomo, una vez orientado perpendicularmente con respecto al punto de ataque, hasta que se produzca el anclaje magnético del electroimán con un soporte metálico del punto de ataque.
- 30 Por su parte, la maniobra de desataque automático comprende:
 - Desacoplar el vehículo autónomo del punto de ataque mediante la desactivación del electroimán y la activación de un sistema de anclaje electromecánico del vehículo autónomo para liberar un cabo fijado al vehículo autónomo.

- Una maniobra de separación del vehículo autónomo con respecto al punto de ataque.

5 La maniobra de ataque comprende por tanto un posicionamiento inicial, donde el control automático del vehículo autónomo lleva al mismo a una posición inicial de ataque. Dicha posición se encuentra a una distancia de seguridad del punto de ataque, preferentemente situada enfrente del punto de ataque. La posición inicial de ataque se determina preferentemente por la posición GPS del punto de ataque, que generalmente se conoce de
10 antemano, por la posición de unas balizas acústicas localizadas en el punto de ataque, o por una combinación de ambas.

Al llegar a dicha posición inicial de ataque, el vehículo va reduciendo la velocidad a medida que se aproxima al punto de ataque, de modo que el vehículo quede detenido en el mismo.
15 Esta fase puede utilizar el piloto automático general que incorpore el vehículo autónomo.

En la siguiente fase, la maniobra de aproximación, se gira el vehículo orientándolo hacia el punto de ataque. En esta fase se emplea la visión artificial para detectar el punto de ataque y asegurarse de que se encuentra en la posición correcta, mejorando así notablemente la
20 precisión del posicionamiento GPS y/o acústico. Alternativamente, se emplea un posicionamiento acústico USBL. Una vez orientado correctamente se activa el anclaje magnético y se avanza de forma lenta y controlada hacia el punto de ataque.

Finalmente, el vehículo se aproxima de forma lenta y controlada a la plataforma de anclaje o
25 punto de ataque. Una vez que se encuentre a una corta distancia el anclaje magnético atraerá a una plataforma metálica del punto de ataque, produciéndose la unión. Cuando se haya comprobado el acoplamiento magnético, se detienen los motores del vehículo. El acoplamiento magnético se puede comprobar de varias formas diferentes, utilizando por ejemplo dos o más sensores de contacto o mediante sensores inductivos, estando los
30 sensores posicionados a ambos lados del electroimán y adyacentes al mismo de forma que cuando ambos sensores detectan contacto de forma ininterrumpida durante un umbral de tiempo determinado el sistema de anclaje considera que el electroimán está acoplado correctamente. Si el anclaje no fuese exitoso, se retrocede el vehículo una distancia determinada para a continuación repetir los pasos anteriores de la maniobra de aproximación.

35

La ventaja de este tipo de atraque sobre una superficie metálica extensa, localizada en el punto de atraque, es que no se requiere una alta precisión en la colocación del elemento de anclaje. Además, destaca la simplicidad de la instalación, ya que la zona de anclaje es simplemente una placa metálica unida al punto de atraque (donde el punto de atraque puede ser por ejemplo un pantalán, un barco, una boya nodriza o incluso un área del suelo o fondo marino a la que se fija la placa metálica, para el caso de vehículos submarinos), y puede tener cualquier anchura que se desee, lo que la hace ideal en condiciones de alta marea y oleaje.

La maniobra de atraque mantiene al vehículo unido al punto de atraque hasta que sea necesaria una nueva actuación del vehículo. En caso de que la maniobra de atraque concluya la misión del vehículo autónomo, éste quedará a la espera de ser retirado o preparado para una siguiente misión (por ejemplo el vehículo podría ser llevado a un punto de recarga o sometido a una fase de mantenimiento), o esperar instrucciones para comenzar una nueva misión, para lo cual realizará el desatraque automático, completará la misión (e.g. vigilancia de costas) y retornará al punto de atraque para realizar la maniobra de atraque automático.

El algoritmo de control de la maniobra de atraque parte de una posición aproximada conocida relativa a la baliza, posición inicial de atraque. Una vez ahí, el algoritmo de control propuesto puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Giro del vehículo sin desplazamiento: este se llevará a cabo hasta que las balizas sean visibles y estén centradas en la imagen (cuando se usa visión artificial). Para ello se pueden alternar maniobras con giro en una dirección y avance con maniobras con giro en la dirección opuesta y retroceso, donde la velocidad de avance y giro es un parámetro ajustable del algoritmo de control y deberá ser inferior al máximo giro permitido en el vehículo autónomo. En un vehículo con timón y motor ha de ser menor que el máximo giro a la velocidad de avance dada; en un vehículo diferencial la velocidad de avance y retroceso será nula y el vehículo girará sin desplazarse.
2. Cuando la baliza del punto de atraque esté centrada, se triangula la posición y se realiza fusión sensorial de la posición acústica y de visión artificial (en caso de estar ambas posiciones disponibles). Para el acercamiento al punto de atraque el vehículo puede realizar una medición continua, utilizando un sistema de visión artificial y/o un sistema de posicionamiento acústico USBL, de al menos dos distancias entre el vehículo autónomo y el punto de atraque, y obtener a partir de ellas la orientación del vehículo con respecto al punto de atraque. Dependiendo del

resultado de la orientación, se planifica la trayectoria para girar el vehículo a la derecha o a la izquierda mientras se avanza, para centrar el vehículo con respecto al punto de atraque. En el caso de que se obtengan dos distancias iguales, el vehículo avanza recto. La velocidad de avance es controlada mediante el motor y es preferentemente proporcional a la distancia al objetivo. Durante la maniobra de aproximación se triangula continuamente la posición y se pueden dar los siguientes casos:

a) Las balizas dejan de ser visibles. En este caso se vuelve al paso 1), la dirección de giro puede estimarse a partir de la última triangulación válida de la posición o mediante el posicionamiento acústico.

b) La distancia es muy pequeña y la posición del vehículo está fuera de la zona de atraque (esto es, de la proyección normal a la placa metálica) o bien el ángulo de atraque es demasiado pronunciado. En este caso, se orienta el vehículo normal a la superficie y se retrocede durante un tiempo preestablecido. Hecho esto se vuelve al paso 1).

c) La distancia es muy pequeña, la posición del vehículo está dentro de la zona de atraque y orientado de forma normal a la superficie, entonces se procede a activar el electroimán y se activan los motores para la aproximación final a un régimen muy lento. Se pasa a la fase 3).

3. Fase de anclaje, por la que el vehículo se aproxima de forma lenta y controlada al punto de atraque. Durante esta fase el vehículo continúa triangulando su posición, y si se producen alteraciones en la misma (fuera de un umbral de seguridad), se considera que el anclaje no ha sido correcto, se realiza un retroceso y se volverá al paso 2 anterior.

El sistema de atraque y desatraque automático comprende los siguientes subsistemas:

- Un sistema de visión artificial. Este sistema es el encargado de localizar el punto de atraque mediante una baliza visual y proporcionar la distancia y orientación respecto al mismo. Dicho subsistema consiste en una o varias cámaras que cubren la zona de visión frontal del vehículo. Dichas cámaras están conectadas a un computador que se encarga del cálculo de posición de las balizas.

- Un sistema de posicionamiento acústico basado en sónar y balizas acústicas. Este sistema es redundante respecto al anterior y utiliza balizas acústicas para determinar la posición relativa respecto al punto de anclaje. Una baliza acústica se dispone sumergida

debajo del barco o en cualquier punto del vehículo submarino, mientras que la segunda baliza acústica se localiza en el punto de anclaje. La existencia de esta redundancia permite que el sistema sea robusto y pueda funcionar independientemente de las condiciones ambientales y de iluminación. Este sistema es primordial en la operación de vehículos autónomos submarinos ya que las balizas acústicas son las únicas capaces de producir un posicionamiento fiable de largo alcance.

- Un sistema de control autónomo. Este sistema se encarga de tomar todas las acciones de control que permiten al vehículo realizar la aproximación al objetivo, la maniobra de aproximación y finalmente activar el anclaje. En la operación contraria, el sistema de control autónomo realiza primero el desanclaje, seguido de una maniobra de separación y un posicionamiento del vehículo en una posición de salida. Esto dejaría al vehículo preparado para seguidamente realizar una transición al control de misión y realizar las acciones que el vehículo tenga programadas.

- Un sistema de anclaje electromagnético y un sistema de anclaje electromecánico. Estos sistemas de anclaje dotarán al vehículo de un anclaje magnético y un anclaje mecánico, respectivamente. La redundancia en el sistema de anclaje tiene como objetivo que el anclaje sea sencillo y rápido (anclaje magnético) y que pueda mantener el vehículo anclado con seguridad durante largos periodos de tiempo (anclaje mecánico). De este modo, en caso de que se agote el suministro de energía debido al fin de la autonomía de la batería del vehículo se evita que el vehículo pueda quedar a la deriva. El anclaje magnético está compuesto por un soporte construido a medida que acopla uno o varios electroimanes al casco del vehículo, dependiendo del peso del vehículo. El electroimán (o electroimanes) se instala en la proa del vehículo y está dispuesto de tal modo que el anclaje se realice cuando el vehículo se acerca frontalmente al elemento de anclaje del punto de atraque. Para vehículos pequeños se puede emplear un soporte impreso en 3D y para vehículos más grandes un soporte mecanizado, por ejemplo de aluminio. El sistema electromecánico permite la fijación de un cabo al vehículo y su liberación automática. El sistema electromecánico puede cerrarse de forma manual, lo cual permite que un operario pueda anclar el vehículo por medio de un cabo, una vez terminada la operación de atraque, sin necesidad de tener acceso al software de control del vehículo ni tener conocimientos especializados. La liberación del cabo se realiza de manera automática por parte del sistema electromecánico, comandado por el sistema de control autónomo, una vez se inicia la maniobra de desatraque.

El sistema de control autónomo se puede implementar por ejemplo en un ordenador, o en cualquier unidad de procesamiento de datos con capacidad de cómputo, preferentemente

basada en microcontrolador o microprocesador. El control se puede llevar a cabo en una misma unidad de procesamiento de datos al que están conectados las cámaras y el sónar, realizando la fusión sensorial de ambos y determinando la acción de control que ha de transmitirse a los actuadores del vehículo autónomo.

5

El sistema de atraque y desatraque automático puede acoplarse a cualquier vehículo de superficie o sumergible, independientemente del tipo de sistema de propulsión que emplee, ya tenga por ejemplo acción de control de timón y motor o bien acción diferencial. Lo único que exige el sistema de atraque y desatraque automático para su instalación es que el
10 vehículo autónomo pueda girar y avanzar a petición del sistema de control autónomo del sistema de atraque y desatraque automático. La ley de control es genérica, el sistema de control autónomo produce órdenes que deben ser adaptadas al sistema de control interno del vehículo autónomo. La adaptación de software y/o hardware se realizará a medida para cada vehículo autónomo al que se aplique el sistema de atraque y desatraque automático de la
15 presente invención.

El punto de atraque (e.g. muelle, pantalán o plataforma flotante) tiene instalado un elemento pasivo (baliza visual para visión artificial) y un elemento activo (baliza acústica), lo cual permite el funcionamiento del sistema de atraque y desatraque automático del vehículo autónomo en
20 caso de pérdida de energía en el punto de atraque (usando visión artificial) o en caso de condiciones de baja visibilidad (usando la baliza acústica del punto de atraque).

En una realización, el elemento pasivo comprende una placa metálica (por ejemplo, de acero inoxidable) sobre la que se disponen unos marcadores de visión artificial que permiten
25 localizar a la placa metálica fácilmente desde el vehículo autónomo. Además, la ubicación de la baliza visual, en caso de que se utilice posicionamiento por satélite (e.g. GPS), es conocida a priori por el vehículo autónomo, lo cual servirá al vehículo para alcanzar la posición inicial de atraque.

30 Durante la maniobra de atraque el vehículo está en movimiento y a diferentes distancias del punto de atraque, en función del momento de la maniobra de atraque en el que se encuentre. Por lo tanto, el vehículo ha de ser capaz de detectar la baliza visual desde varias distancias diferentes. Por este motivo, con el fin de aumentar las probabilidades de detección de la baliza visual se pueden utilizar varios juegos de marcadores, en los cuales se modifica el código del
35 marcador y su escala de modo que sean fáciles de detectar desde cualquier distancia en la

zona de atraque.

Otro aspecto de la presente invención se refiere a un vehículo autónomo de superficie o submarino que incorpora el sistema de atraque y desatraque automático previamente descrito, además de otros elementos propios de estos tipos de vehículos, como un sistema de propulsión, un sistema de navegación autónoma, una batería y un módulo de geolocalización. El sistema de propulsión del vehículo puede comprender cualquier tipo de medio de propulsión que permita el avance, retroceso y el giro. Por ejemplo, el sistema de propulsión puede comprender dos toberas direccionales independientes en popa y una tobera fija en proa, donde el sistema de control autónomo puede inhibir la actuación de la tobera en proa y establecer la ligadura por software de que ambas toberas en popa actúen en paralelo, de modo que el sistema se comporta como si fuese un vehículo sub-actuado con un único motor y un timón, similar a lo que suele encontrarse en vehículos autónomos genéricos.

Por lo tanto, el sistema de la presente invención es una solución integrada que permite a un vehículo autónomo marino o submarino realizar el atraque y desatraque del punto de anclaje de forma completamente automatizada y sin ninguna intervención humana (con la excepción de la fijación del cabo por parte de un operario, en el caso de que se utilice la fijación mecánica).

La presente invención integra en un sistema todos los elementos que permiten el atraque y desatraque de un vehículo autónomo de forma automatizada, desde el principio hasta el final de la operación de atraque y desatraque del vehículo. En particular, el sistema aporta las siguientes ventajas:

- Combina visión artificial con sónar acústico para el posicionamiento de modo que el sistema de posicionamiento, orientación y guiado del vehículo durante el atraque y desatraque es más robusto, preciso y fiable.

- Utiliza una ley de control general que puede adaptarse a cualquier vehículo que posea una controlabilidad mínima, esto es, que pueda girar en la dirección deseada, avanzar y retroceder. Puede utilizarse tanto para vehículos de superficie como para vehículos submarinos. Además, el control realizado no es necesariamente a bajo nivel, sino que puede producir consignas del alto nivel que pueden integrarse con cualquier tipo de control subyacente en el sistema autónomo del vehículo.

- Combina elementos de anclaje mecánicos y magnéticos que operan de forma automática, proporcionando un anclaje y desanclaje seguro y automático.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La Figura 1 muestra los componentes de un sistema de atraque y desatraque automático de un vehículo autónomo de superficie o submarino, de acuerdo a una realización.

Las Figuras 2A-2D muestran una maniobra de atraque automático realizada por un vehículo autónomo de superficie, de acuerdo a una realización.

Las Figuras 3A-3B muestran, de acuerdo a una realización, un anclaje magnético y mecánico del vehículo autónomo de superficie. En las Figuras 3C-3E se muestra una posible realización del sistema de anclaje electromecánico.

Las Figuras 4A-4D muestran una maniobra de desatraque automático realizada por un vehículo autónomo de superficie, de acuerdo a una realización.

La Figura 5 representa una vista subjetiva, desde una cámara del sistema de visión artificial, de varios marcadores de visión artificial a diferente escala, ubicados sobre el soporte metálico del punto de atraque.

Las Figuras 6A-6B muestran posibles vistas subjetivas de un marcador de visión artificial por parte de una cámara del sistema de visión artificial.

La Figura 7 representa una triangulación de la posición del vehículo autónomo por visión artificial.

La Figura 8 representa una realización del sistema de visión artificial formado por tres cámaras.

La Figura 9 muestra una triangulación acústica de la posición del vehículo autónomo.

Descripción detallada de la invención

La **Figura 1** muestra de manera esquemática los componentes de un sistema de atraque y desatraque automático 110 de un vehículo autónomo 100 de superficie o submarino, de acuerdo a una realización.

5 El sistema de atraque y desatraque automático 110 está integrado en un vehículo autónomo 100 de superficie o submarino, el cual a su vez dispone de distintos componentes propios de los vehículos autónomo 100 de superficie o submarinos como por ejemplo, entre otros componentes, un sistema de propulsión 170 (formado por ejemplo por un timón y uno o varios
10 del vehículo utilizando un módulo de geolocalización 190 para el posicionamiento del vehículo (por ejemplo, un sistema global de navegación por satélite GNSS, tal como un módulo GPS), y una batería 192 para la alimentación de los componentes electrónicos del vehículo autónomo 100.

15 El sistema de atraque y desatraque automático 110 comprende un sistema de visión artificial 120, un sistema de posicionamiento acústico USBL 130 de línea de base ultracorta, un sistema de anclaje electromagnético 140, un sistema de anclaje electromecánico 150, y un sistema de control autónomo 160. El sistema de atraque y desatraque automático 110 puede utilizar la energía suministrada por la batería 192 del vehículo o incorporar una batería propia.

20 El sistema de visión artificial 120 integra al menos una cámara que cubre una zona de visión frontal del vehículo autónomo 100. El sistema de visión artificial 120 está configurado para localizar un punto de atraque 102 mediante una baliza visual 104 ubicada en el punto de atraque 102, y proporcionar una distancia 122 y orientación 124 del vehículo autónomo 100
25 con respecto al punto de atraque 102.

El sistema de posicionamiento acústico USBL 130 comprende un transceptor sumergido en el vehículo autónomo 100. El sistema de posicionamiento acústico USBL 130 está configurado para localizar el punto de atraque 102 mediante una baliza acústica 106 ubicada en el punto
30 de atraque 102, y proporcionar una distancia 132 y orientación 134 del vehículo autónomo 100 con respecto al punto de atraque 102.

El sistema de anclaje electromagnético 140 comprende un electroimán fijado en la proa del vehículo autónomo 100 y orientado frontalmente con respecto al vehículo autónomo 100, para
35 su fijación magnética a una superficie metálica o a un soporte metálico 108 (e.g. una placa

metálica) fijado al punto de atraque 102. El sistema de anclaje electromecánico 150 está configurado para permitir la fijación de un cabo al vehículo autónomo 100 y, mediante la activación electrónica comandada por el sistema de control autónomo 160, producir la liberación automática del cabo.

5

El sistema de control autónomo 160 está configurado para realizar unas maniobras de atraque y desatraque automático del vehículo autónomo 100. Para la realización de las maniobras de atraque y desatraque, el sistema de control autónomo 160 puede estar configurado para calcular unas consignas de velocidad y giro y enviar dichas consignas al sistema de navegación autónoma 180 del vehículo autónomo 100. Alternativamente, el sistema de control autónomo 160 puede actuar directamente sobre el sistema de propulsión 170 del vehículo autónomo 100. Por tanto, la acción del sistema de control autónomo 160 sobre el vehículo autónomo 100 puede ser directa o indirecta:

10

15

20

- En la acción directa el avance y retroceso se corresponde con la actuación directa sobre el sistema de propulsión 170 (e.g. sobre el motor o sobre el modo común de los motores en caso de acción diferencial), lo que constituye una actuación de bajo nivel. Así, para cada maniobra del vehículo autónomo 100, el sistema de control autónomo 160 obtiene unos parámetros de actuación 161 sobre el sistema de propulsión 170 del vehículo autónomo 100, y actúa directamente sobre el sistema de propulsión 170 utilizando los parámetros de actuación 161 obtenidos. Por ejemplo, el giro se obtiene actuando sobre el timón o sobre el modo diferencial en caso de que haya dos o más motores. En caso de existir un tercer motor de popa puede usarse para obtener un mejor control de giro. Este es el modo de control más adecuado si el sistema se integra con el software del vehículo autónomo.

25

- La acción indirecta utiliza el control automático (i.e. sistema de navegación autónoma 180) que posee el vehículo autónomo 100. En este caso el sistema de control autónomo 160 envía unas consignas 162 de velocidad y giro al sistema de navegación autónoma 180. De este modo el vehículo autónomo recibe órdenes de movimiento de alto nivel y se encarga del control de bajo nivel. Este modo de control es más conveniente si se acopla el sistema como un módulo en un computador separado.

30

De forma ventajosa, la acción indirecta utiliza una ley de control general que puede adaptarse a cualquier vehículo autónomo que posea una controlabilidad mínima, esto es, que pueda girar en la dirección deseada y avanzar y retroceder, y puede utilizarse tanto para vehículos de superficie como para vehículos submarinos. Además, el control realizado no es a bajo nivel sino que produce unas consignas 162 de alto nivel que pueden integrarse con cualquier tipo

35

de control subyacente en el sistema autónomo del vehículo.

En las **Figuras 2A-2D** se muestran una maniobra de atraque automático realizada por un vehículo autónomo 100 de superficie de acuerdo a una realización. La maniobra de atraque automático comprende posicionar al vehículo autónomo 100 en una posición inicial de atraque P_i (Figura 2A) ubicada a una determinada distancia de seguridad D_s del punto de atraque 102, girar el vehículo autónomo 100 para orientarlo hacia el punto de atraque 102 según una orientación inicial de atraque α_i (Figura 2B), realizar una maniobra de aproximación hacia el punto de atraque 102 (Figura 2C), y realizar el anclaje del vehículo autónomo 100 en el punto de atraque 102 (Figura 2D).

Para posicionar al vehículo autónomo 100 en la posición inicial de atraque P_i , el sistema de control autónomo 160 puede utilizar información obtenida por el módulo de geolocalización 190 embarcado en el vehículo autónomo 100, información obtenida por el sistema de posicionamiento acústico USBL 130, o una combinación de ambas informaciones.

La maniobra de aproximación comprende la medición continua, utilizando el sistema de visión artificial 120 y/o el sistema de posicionamiento acústico USBL 130, de la distancia y orientación del vehículo autónomo 100 con respecto al punto de atraque 102; el control del avance y giro del vehículo autónomo 100 hasta orientarlo perpendicularmente al punto de atraque 102; y la activación del electroimán 201 del sistema de anclaje electromagnético 140 cuando la posición del vehículo autónomo 100 está dentro de una zona de atraque 204 próxima al punto de atraque 102, a una distancia reducida del punto de atraque 102 (e.g. igual o inferior a una distancia mínima D_m), y el vehículo autónomo 100 está orientado perpendicular a la superficie metálica o soporte metálico 108 (implementado por ejemplo mediante una placa metálica fijada al punto de atraque 102) del punto de atraque 102, tal y como se representa en la Figura 2C. El punto de anclaje 102 puede ser un muelle, un pantalán, una plataforma flotante o cualquier estructura que permita anclar a tierra a un vehículo autónomo 100 de superficie o submarino. En las Figuras 2A-2D se utiliza un pantalán 203 (representado parcialmente) como punto de anclaje 102, donde el soporte metálico 108 del punto de atraque 102 se encuentra fijado al pantalán 203.

Una vez alcanzada esta posición y orientación perpendicular con respecto al punto de atraque 102 mostrada en la Figura 2C, y activado el electroimán 201, el sistema de control autónomo 160 activa los motores del sistema de propulsión 170 del vehículo autónomo 100 para una

aproximación final a un régimen muy lento. De esta forma el vehículo autónomo 100 avanza hasta que se produce el anclaje magnético del electroimán 201 con el soporte metálico 108 del punto de atraque 102 (Figura 2D).

5 Una vez se ha realizado el anclaje del vehículo autónomo 100 en el punto de atraque 102, un operario puede fijar, cuando estime conveniente (normalmente cuando se prevé que el vehículo va a estar parado durante un largo periodo de tiempo), un cabo 302 al sistema de anclaje electromecánico 150 del vehículo autónomo 100 (**Figura 3A**), el cual se encarga de sujetar firmemente un extremo del cabo 302 una vez colocado por el operario. El otro extremo
10 del cabo 302 es solidario al punto de atraque 102, bien al propio soporte metálico 108 (como se muestra en el ejemplo de la Figura 3A) o a una estructura del punto de atraque, como por ejemplo el pantalán 203. De esta forma, además del soporte metálico 108 al que el vehículo autónomo 100 está anclado magnéticamente, el sistema de anclaje electromecánico 150 utiliza un cabo 302 para mantener la fijación del vehículo autónomo 100 en maniobras de larga
15 duración de modo que el consumo en espera sea mínimo, con lo que el vehículo autónomo 100 permanece anclado al punto de atraque 102 mediante medios magnéticos (electroimán 201) y medios mecánicos (cabo 302 fijado al sistema de anclaje electromecánico 150), según se ilustra en la realización de la Figura 3A.

20 La utilización del cabo 302 garantiza el anclaje del vehículo autónomo 100, incluso en caso de descarga de la batería del vehículo autónomo 100 o de fuerte oleaje o marea que produzca el desacople magnético entre el electroimán 201 y el soporte metálico 108 del punto de atraque 102, como se muestra en la **Figura 3B**. Por lo tanto, se trata de un elemento de seguridad adicional importante.

25 Según se muestra en la realización de las Figuras 3A y 3B, el sistema de anclaje electromagnético 140 comprende un soporte 304 anclado por uno de sus extremos a la proa del vehículo autónomo 100, y en cuyo extremo opuesto se acopla el electroimán 201 (o electroimanes), de tal modo que el anclaje magnético se realiza cuando el vehículo autónomo
30 100 se acerca frontalmente al soporte metálico 108 del punto de atraque 102.

Con respecto al sistema de anclaje electromecánico 150, existen varias implementaciones posibles. En las **Figuras 3C-3E** se muestra una posible realización empleando un sistema de cerrojo o cerradura 306 y un cabo 302 que acaba en un nudo en forma de argolla 308. La
35 cerradura 306 tiene un cerrojo o pasador 310 cilíndrico que puede activarse de forma manual

o automática. Para anclar el cabo 302 se coloca la argolla 308 en el orificio del pasador (Figura 3D) y presionando sobre un cilindro 312 (en el caso de activación manual de la cerradura 306) el pasador 310 atraviesa la argolla 308 y el cabo 302 queda anclado a la cerradura 306 (Figura 3E). Para desanclar el cabo 302, se activa desde el computador la señal de apertura y el pasador 310 vuelve a la posición abierta mostrada en la Figura 3C, liberando de esta forma el cabo 302.

El sistema de control autónomo 160 está también configurado para realizar una maniobra de desatraque automático del vehículo autónomo 100, cuando éste tiene que salir a una misión.

En las **Figuras 4A-4D** se muestra una maniobra de desatraque automático, de acuerdo a una realización. En la Figura 4A se muestra al vehículo autónomo 100 anclado al punto de atraque 102 mediante el electroimán 201 y el cabo 302 sujeto al sistema de anclaje electromecánico 150, de forma similar a lo representado en la Figura 3A.

La maniobra de desatraque automático comprende un desacoplamiento automático del vehículo autónomo (Figura 4B) y una maniobra de separación del vehículo autónomo 100 con respecto al punto de atraque 102 (Figuras 4C y 4D).

El desacoplamiento automático se realiza mediante la liberación de la ligadura mecánica (cabo 302) y la inhibición del anclaje electromagnético (preferentemente en este orden), quedando el vehículo autónomo 100 liberado del soporte metálico 108. Para ello el sistema de control autónomo 160 activa el sistema de anclaje electromecánico 150 para liberar el cabo 302 fijado al vehículo autónomo 100 y desactiva el electroimán 201. En la Figura 4B se muestra al vehículo autónomo 100 liberado ya del cabo 302 y con el electroimán desactivado, por el cual se empieza a separar ligeramente del soporte metálico por la acción del oleaje o marea.

A continuación, el sistema de control autónomo 160 realiza una maniobra de separación, que comienza con la reorientación del vehículo. Para ello, el sistema de control autónomo 160 actúa sobre el sistema de propulsión 170 para que el vehículo gire sobre sí mismo, para orientarse en la dirección adecuada para alejarse de la zona de atraque (Figura 4C). Este paso no requiere una gran precisión en el posicionamiento de modo que se puede realizar, por ejemplo, mediante una simple maniobra reprogramada en dos tiempos: primero se retrocede recto (e.g. durante una determinada distancia o un tiempo determinado) y seguidamente se retrocede con una rotación a velocidad angular fija y un retroceso a motor

constante hasta alcanzar una orientación de salida α_f con un ángulo determinado (e.g. de 90°) con respecto a la posición inicial de atraque (Figura 4A, donde la posición inicial de atraque es perpendicular al soporte metálico 108).

- 5 Una vez reorientado el vehículo, se inicia el despliegue, para lo cual el sistema de control autónomo 160 activa la tracción con una elevada potencia (Figura 4D), lo que permite la separación del pantalán 203 y el inicio de la misión (en este momento se puede pasar al control autónomo que tenga incorporado el vehículo autónomo 100). De este modo, toda la maniobra de desatraque puede automatizarse por completo y se produce inmediatamente en
10 cuanto el vehículo autónomo 100 recibe la señal de inicio de la misión, sin necesidad de ninguna intervención humana.

A continuación, se explica el funcionamiento del sistema de visión artificial 120 y del sistema de posicionamiento acústico USBL 130 para obtener la distancia (122,132) y orientación
15 (124,134) del vehículo autónomo 100 con respecto al punto de atraque 102, de acuerdo a una realización. La distancia (122,132) y orientación (124,134) del vehículo autónomo 100 son calculadas de forma continua durante las maniobras de atraque y desatraque automático del vehículo autónomo 100.

- 20 Para la maniobra de aproximación al punto de atraque 102 representada en la Figura 2C, el sistema de control autónomo 160 obtiene realimentación de su posición (distancia y orientación) mediante visión artificial y/o mediante balizas acústicas.

Para la detección de la posición mediante visión artificial (obtención de la distancia 122 y la
25 orientación 124 con respecto al punto de atraque), el punto de atraque 102 tiene instalada una baliza visual 104, que comprende uno o varios marcadores 502 de visión artificial (por ejemplo, unos códigos BDI de diferentes tamaños), que son detectados por visión artificial desde el vehículo autónomo 100, tal y como se aprecia en el ejemplo de la **Figura 5**, que representa una vista subjetiva desde una cámara del sistema de visión artificial 120, enfocada en una
30 dirección frontal al avance del vehículo autónomo 100. El marcador 502 (o marcadores) puede estar fijado al propio soporte metálico 108, para que el vehículo se dirija de esta forma directamente al soporte metálico 108.

En la **Figura 6A** se ilustra una posible vista subjetiva de una baliza visual 104 por parte de
35 una cámara del sistema de visión artificial 120, donde el vehículo autónomo se está acercando

en ángulo desde la derecha de la baliza visual 104. Como se ha indicado anteriormente, la baliza visual 104 comprende al menos un marcador 502 de visión artificial. Como marcadores 502 empleados para visión artificial se pueden usar, entre otros, códigos Bidi, códigos QR y VisualTags. En el ejemplo de la Figura 6A el campo de visión de la cámara solo abarca un
 5 marcador 502 de visión artificial en la posición actual del vehículo autónomo (podría ocurrir que en otra posición anterior el campo de visión de la cámara incluya varios marcadores 502, en el caso de que la baliza visual 104 incorpore marcadores adicionales). En la **Figura 6B** se muestra otra vista en perspectiva de la baliza visual 104, donde el vehículo autónomo se está acercando en ángulo desde la izquierda de la baliza visual 104.

10 Utilizando visión artificial es inmediato obtener las características de dichos marcadores 502. Además, con la finalidad de aumentar la redundancia y permitir una visibilidad adecuada a todas las distancias, en la Figura 5 se observan varios marcadores 502 de distintos tamaños y códigos. En el caso de que la cámara recoja simultáneamente varios marcadores 502, la
 15 posición se puede determinar como una fusión sensorial de las mejores medidas (e.g. media ponderada con la precisión estimada en el posicionamiento).

Centrando la atención en uno de los marcadores 502 en concreto se pueden dar las circunstancias mostradas en las Figuras 6A y 6B. Dichas figuras ilustran cómo es posible
 20 obtener la posición relativa a la misma (y por lo tanto al punto de atraque 102) conociendo únicamente las distancias d_1 y d_2 (en el plano de la imagen 602 capturada por una cámara 702 del sistema de visión artificial 120, y por lo tanto en píxeles) representativas de la altura del marcador 502 a ambos lados (d_1 , altura del lado izquierdo en píxeles; d_2 , altura del lado derecho en píxeles). Una vez conocidas dichas distancias d_1 y d_2 es fácil triangular la posición
 25 del vehículo autónomo ya que se encuentran relacionadas con las distancias L_1 y L_2 (mostradas en la **Figura 7**) a los extremos del marcador 502 mediante las ecuaciones siguientes:

$$\frac{S}{L_1} = \frac{d_1}{f}, \frac{S}{L_2} = \frac{d_2}{f}$$

30 Donde S es el tamaño del lado de la baliza (en m) y f la distancia focal de la cámara (en píxeles). Una vez obtenidos L_1 y L_2 a partir de la imagen 602 obtenida por la cámara 702, la triangulación de la posición del vehículo es inmediata, tal y como muestra la Figura 7.

En una realización, el sistema de atraque y desatraque automático 100 comprende una pluralidad de marcadores 502 de visión artificial a diferente escala (como los mostrados en la Figura 5) localizados en el punto de atraque 102, donde el sistema de visión artificial 120 está configurado para utilizar, como baliza visual 104, un marcador 502 a una escala determinada en función de la distancia 122 al punto de atraque 102.

Para la detección de balizas visuales y marcadores mediante visión artificial se puede utilizar cualquiera de los algoritmos ya conocidos en el estado del arte, o futuros por desarrollar, como por ejemplo los divulgados en Garrido-Jurado et al., "Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion", Pattern Recognition, 2014, volumen 47, número 6, páginas 2280-2292.

En la **Figura 8** se representa una realización del sistema de visión artificial 120, el cual está formado por tres cámaras 702, con un campo de visión global que cubre una zona frontal del vehículo autónomo 100, y una unidad de procesamiento de datos 802 (e.g. GPU y/o CPU) configurada para procesar las imágenes capturadas por las cámaras 702 y detectar en ellas el marcador 502 (o marcadores) localizado en el punto de atraque 102, proporcionando al sistema de control autónomo 160 una distancia 122 y orientación 124 del vehículo autónomo 100 con respecto al punto de atraque 102. Alternativamente, el sistema de control autónomo 160 puede estar configurado para recibir las imágenes de las cámaras 702 y realizar el procesamiento de las mismas para detectar los marcadores 502.

Por otra parte, la posición del vehículo puede detectarse también mediante triangulación acústica (**Figura 9**), utilizando el sistema de posicionamiento acústico USBL 130, el cual está configurado para la detección de una baliza acústica 106 instalada en el punto de atraque 102. En este caso, un sensor del sistema de posicionamiento acústico USBL 130 de línea de base ultracorta (Ultra Short Baseline), en particular un transceptor 902 fijado al vehículo autónomo 100 en una posición sumergida en agua (montado por ejemplo en un poste situado debajo del vehículo autónomo 100), emite una señal 912 o pulso acústico y esta es respondida (señal de respuesta 914 o pulso acústico de respuesta) por la baliza acústica 106, en particular un respondedor o transpondedor 904 sumergido en el punto de atraque 102.

A partir del tiempo de ida y vuelta se determina la distancia a la que se encuentra la baliza acústica 106. Por otra parte, utilizando la diferencia en tiempos de llegada de la señal de respuesta 914 a los distintos transductores del transceptor 902, o bien tomando diferentes

distancias entre vehículo autónomo 100 y baliza acústica 106 en diferentes posiciones, se determina la orientación relativa del vehículo autónomo 100 con respecto a la baliza acústica 106 en tierra. De este modo se obtiene la misma información que con el sistema de visión artificial (distancia 132 y orientación 134).

5

Para el posicionamiento acústico mediante balizas acústicas se puede emplear cualquiera de los métodos conocidos del estado del arte, o futuros por desarrollar, como por ejemplo los divulgados en Crasta et al., "Multiple autonomous surface vehicle motion planning for cooperative range-based underwater target localization", Annual Reviews in Control 46, 2018.

10

El hecho de disponer de ambos sistemas aporta una redundancia necesaria en numerosas circunstancias. Así, por ejemplo, en vehículos de superficie y operación diurna la visión artificial puede producir una gran precisión en el posicionamiento a larga distancia, mientras que el sistema de posicionamiento acústico puede verse más afectado por ecos y ruidos. Sin embargo, este último no se vería afectado por condiciones meteorológicas adversas, como niebla o lluvia intensa. En operación submarina, sin embargo, el sistema de posicionamiento acústico es mucho más preciso y tiene mayor rango de operación que el sistema de visión artificial (la visión sólo funciona en aguas de baja turbidez y corta distancia), haciéndolo el sistema de localización por excelencia.

15

20

En una realización, el sistema de control autónomo 160 está configurado para obtener la distancia y orientación del vehículo autónomo 100 con respecto al punto de ataque 102 utilizando la información combinada de distancia (122,132) y orientación (124,134) proporcionada por el sistema de visión artificial 120 y por el sistema de posicionamiento acústico USBL 130. Dicha información se puede combinar de múltiples formas utilizando cualquier técnica de fusión sensorial, conocida o por desarrollar, como por ejemplo:

25

- Utilizar una media ponderada de ambas medidas donde el factor de ponderación es inversamente proporcional al error estimado de la medida (que se obtiene de la desviación estándar de una serie de medidas sucesivas).

30

- Emplear un filtro de filtro de Kalman o un filtro de partículas que realimenta el error a un modelo de posición del vehículo y que va calculando las varianzas de las medidas y la ganancia óptima para fusionarlas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de atraque y desatraque automático de un vehículo autónomo de superficie o submarino, que comprende:

5 - un sistema de visión artificial (120) que comprende al menos una cámara (702) que cubre una zona de visión frontal de un vehículo autónomo de superficie o submarino (100), donde el sistema de visión artificial (120) está configurado para localizar un punto de atraque (102) mediante una baliza visual (104) y proporcionar una distancia (122) y orientación (124) del vehículo autónomo (100) con respecto al punto de atraque (102);

10 - un sistema de posicionamiento acústico USBL (130), que comprende un transceptor (902) sumergido en el vehículo autónomo (100), donde el sistema de posicionamiento acústico USBL (130) está configurado para localizar el punto de atraque (102) mediante una baliza acústica (106) y proporcionar una distancia (132) y orientación (134) del vehículo autónomo (100) con respecto al punto de atraque (102);

15 - un sistema de control autónomo (160) configurado para realizar unas maniobras de atraque y desatraque automático del vehículo autónomo, donde la maniobra de atraque automático comprende:

 posicionar al vehículo autónomo (100) en una posición inicial de atraque (P_i) ubicada a una determinada distancia de seguridad (D_s) del punto de atraque (102);

20 girar el vehículo autónomo (100) para orientarlo hacia el punto de atraque (102) según una orientación inicial de atraque (α_i); y

 realizar una maniobra de aproximación hacia el punto de atraque (102), donde la maniobra de aproximación comprende:

25 la medición continua, utilizando el sistema de visión artificial (120) y/o el sistema de posicionamiento acústico USBL (130), de la distancia y orientación del vehículo autónomo (100) con respecto al punto de atraque (102); y

 el control del avance y giro del vehículo autónomo (100) hasta orientarlo perpendicularmente al punto de atraque (102);

30 caracterizado por que el sistema de atraque y desatraque automático (110) comprende adicionalmente:

 - un sistema de anclaje electromagnético (140) que comprende un electroimán (201) fijado en la proa del vehículo autónomo (100) y orientado frontalmente con respecto al vehículo autónomo (100); y

35 - un sistema de anclaje electromecánico (150) configurado para permitir la fijación de un cabo (302) al vehículo autónomo (100) y la liberación automática del cabo (302);

donde la maniobra de aproximación comprende adicionalmente la activación del electroimán (201) del sistema de anclaje electromagnético (140);

donde la maniobra de atraque automático comprende adicionalmente avanzar el vehículo autónomo (100), una vez orientado perpendicularmente con respecto al punto de atraque (102), hasta que se produzca el anclaje magnético del electroimán (201) con un soporte metálico (108) del punto de atraque (102);

y donde la maniobra de desatraque automático comprende:

un desacoplamiento automático del vehículo autónomo mediante la activación del sistema de anclaje electromecánico (150) para liberar un cabo (302) fijado al vehículo autónomo (100) y la desactivación del electroimán (201) del sistema de anclaje electromagnético (140); y

una maniobra de separación del vehículo autónomo (100) con respecto al punto de atraque (102).

2. El sistema según la reivindicación 1, que comprende un módulo de geolocalización (190) embarcado en el vehículo autónomo (100), y donde el sistema de control autónomo (160) está configurado para posicionar al vehículo autónomo (100) en la posición inicial de atraque (P_i) utilizando información obtenida por el módulo de geolocalización (190).

3. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema de control autónomo (160) está configurado para posicionar al vehículo autónomo (100) en la posición inicial de atraque (P_i) utilizando información obtenida por el sistema de posicionamiento acústico USBL (130).

4. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la maniobra de separación del vehículo autónomo comprende retroceder el vehículo autónomo (100) una determinada distancia y girar el vehículo autónomo (100) hasta alcanzar una orientación de salida (α_f).

5. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sistema de control autónomo (160) está configurado para obtener la distancia y orientación del vehículo autónomo (100) con respecto al punto de atraque (102) utilizando la información combinada de distancia (122,132) y orientación (124,134) proporcionada por el sistema de visión artificial (120) y por el sistema de posicionamiento acústico USBL (130).

6. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde para la realización de las maniobras de atraque y desatraque del vehículo autónomo (100) el sistema de control autónomo (160) está configurado para obtener unas consignas (162) de velocidad y giro, y enviar dichas consignas (162) a un sistema de navegación autónoma (180) del vehículo autónomo (100).
7. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde para la realización de las maniobras de atraque y desatraque del vehículo autónomo (100) el sistema de control autónomo (160) está configurado para la actuación directa sobre un sistema de propulsión (170) del vehículo autónomo (100).
8. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una pluralidad de marcadores (502) de visión artificial a diferente escala localizados en el punto de atraque (102), donde el sistema de visión artificial (120) está configurado para utilizar, como baliza visual (104), un marcador (502) a una escala determinada en función de la distancia (122) al punto de atraque (102).
9. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un transpondedor (904) sumergido en el punto de atraque (102) y utilizado como baliza acústica (106).
10. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende una placa metálica fijada al punto de atraque (102) para permitir el anclaje magnético del electroimán (201).
11. Un vehículo autónomo de superficie o submarino (100), que comprende un sistema de propulsión (170), un sistema de navegación autónoma (180), una batería (192) y un sistema de atraque y desatraque automático (110) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.
12. Un procedimiento de atraque y desatraque automático de un vehículo autónomo de superficie o submarino, que comprende:
- realizar, durante el atraque de un vehículo autónomo de superficie o submarino (100) a un punto de atraque (102), una maniobra de atraque automático que comprende:
 - posicionar al vehículo autónomo (100) en una posición inicial de atraque (P_i) ubicada a una determinada distancia de seguridad (D_s) del punto de atraque (102);

- girar el vehículo autónomo (100) para orientarlo hacia el punto de atraque (102) según una orientación inicial de atraque (α_i);

- realizar una maniobra de aproximación hacia el punto de atraque (102), donde la maniobra de aproximación comprende:

5 medir continuamente, utilizando un sistema de visión artificial (120) y/o un sistema de posicionamiento acústico USBL (130) embarcado en el vehículo autónomo (100), la distancia y orientación del vehículo autónomo (100) con respecto al punto de atraque (102);

10 controlar el avance y giro del vehículo autónomo (100) hasta orientarlo perpendicularmente al punto de atraque (102);

caracterizado por que la maniobra de aproximación comprende adicionalmente activar un electroimán (201) fijado en la proa del vehículo autónomo (100);

15 donde la maniobra de atraque automático comprende adicionalmente avanzar el vehículo autónomo (100), una vez orientado perpendicularmente con respecto al punto de atraque (102), hasta que se produzca el anclaje magnético del electroimán (201) con un soporte metálico (108) del punto de atraque (102); y

donde el procedimiento de atraque y desatraque automático comprende adicionalmente realizar, durante el desatraque del vehículo autónomo, una maniobra de desatraque automático que comprende:

20 - desacoplar el vehículo autónomo (100) del punto de atraque (102) mediante:
la activación de un sistema de anclaje electromecánico (150) del vehículo autónomo (100) para liberar un cabo (302) fijado al vehículo autónomo (100), y
la desactivación del electroimán (201); y

25 - una maniobra de separación del vehículo autónomo (100) con respecto al punto de atraque (102).

13. El procedimiento según la reivindicación 12, donde el posicionamiento del vehículo autónomo (100) en la posición inicial de atraque (P_i) se realiza utilizando información obtenida por un módulo de geolocalización (190) embarcado en el vehículo autónomo (100).

30 14. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, donde el posicionamiento del vehículo autónomo (100) en la posición inicial de atraque (P_i) se realiza utilizando información obtenida por el sistema de posicionamiento acústico USBL (130).

35 15. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, donde la maniobra de

separación del vehículo autónomo comprende retroceder el vehículo autónomo (100) una determinada distancia y girar el vehículo autónomo (100) hasta alcanzar una orientación de salida (α_f).

5 16. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, donde la distancia y orientación del vehículo autónomo (100) con respecto al punto de atraque (102) se obtiene utilizando la información combinada de distancia (122,132) y orientación (124,134) proporcionada por el sistema de visión artificial (120) y por el sistema de posicionamiento acústico USBL (130).

10 17. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, donde la medición de la distancia entre el vehículo autónomo (100) y el punto de atraque (102) obtenida por el sistema de visión artificial (120) se realiza utilizando un marcador (502) de visión artificial, de entre una pluralidad de marcadores (502) a diferente escala localizados en el punto de atraque
15 (102), a una escala determinada en función de la distancia (122) al punto de atraque (102).

18. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, que comprende:
para cada maniobra del vehículo autónomo (100), obtener unas consignas (162) de velocidad y giro; y
20 enviar dichas consignas (162) a un sistema de navegación autónoma (180) del vehículo autónomo (100).

19. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, que comprende:
para cada maniobra del vehículo autónomo (100), obtener unos parámetros de
25 actuación (161) sobre un sistema de propulsión (170) del vehículo autónomo (100);
actuar directamente sobre el sistema de propulsión (170) del vehículo autónomo (100) utilizando los parámetros de actuación (161) obtenidos.

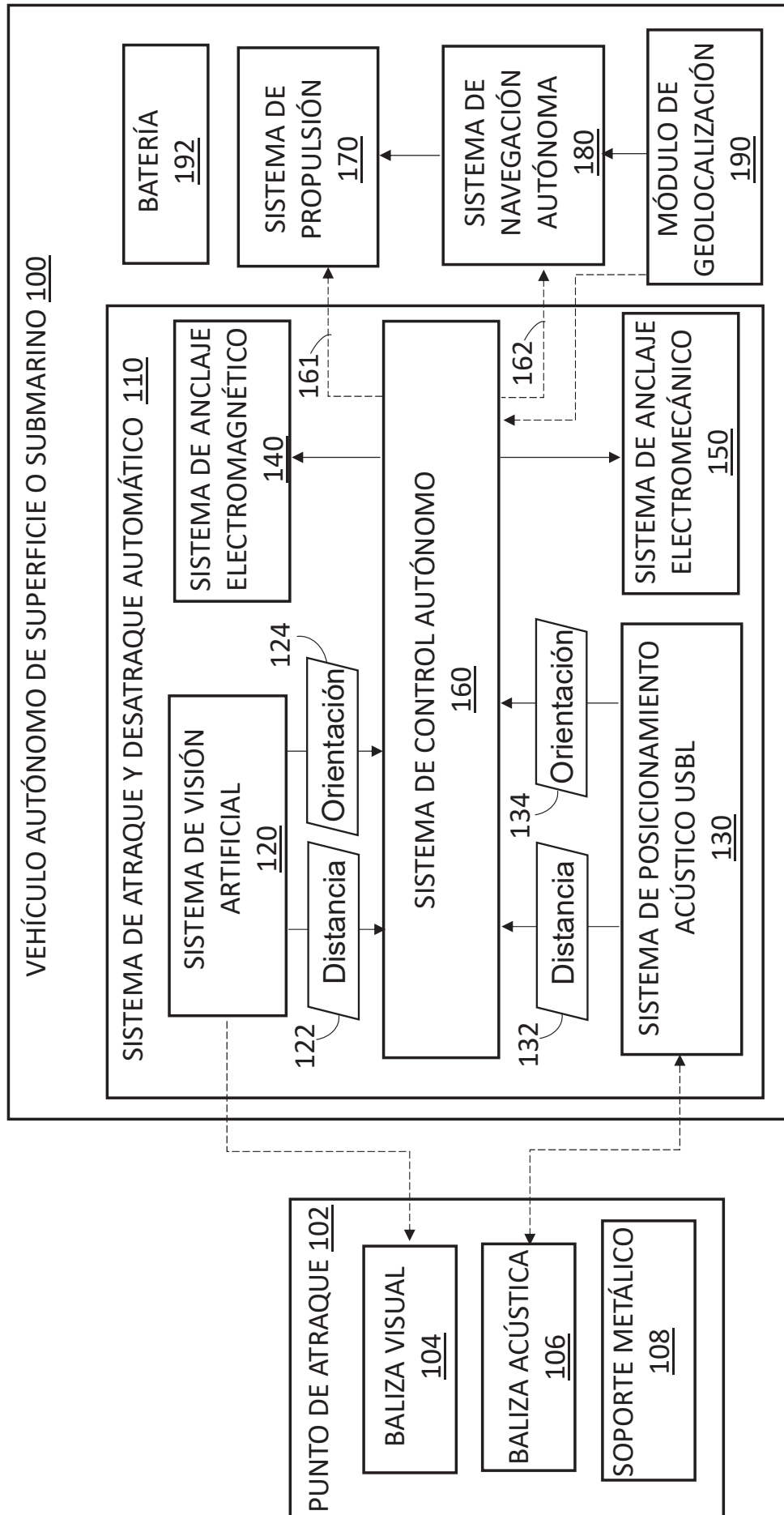


FIG. 1

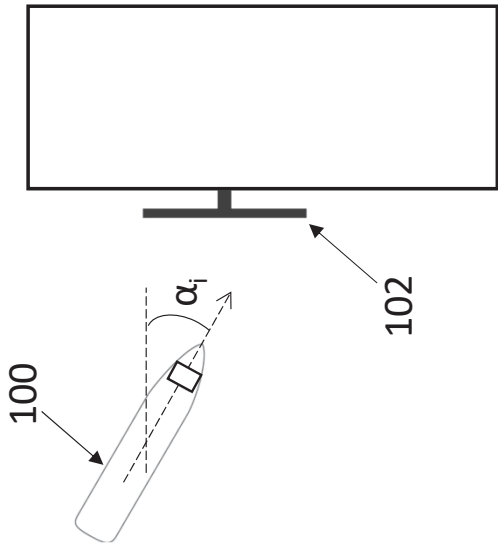


FIG. 2A

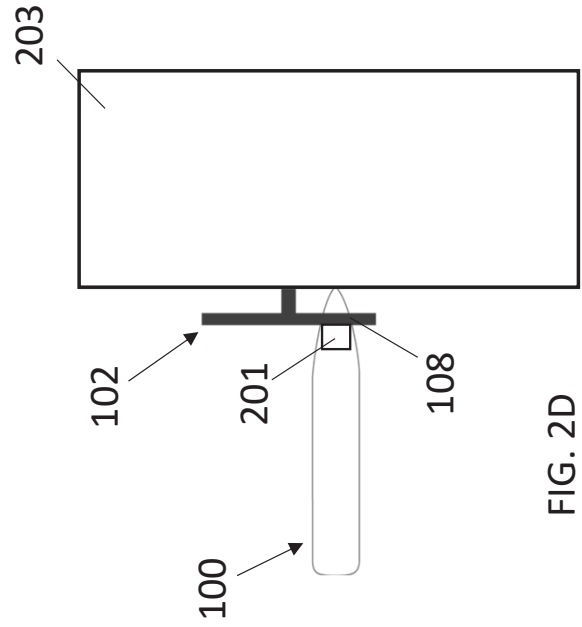


FIG. 2B

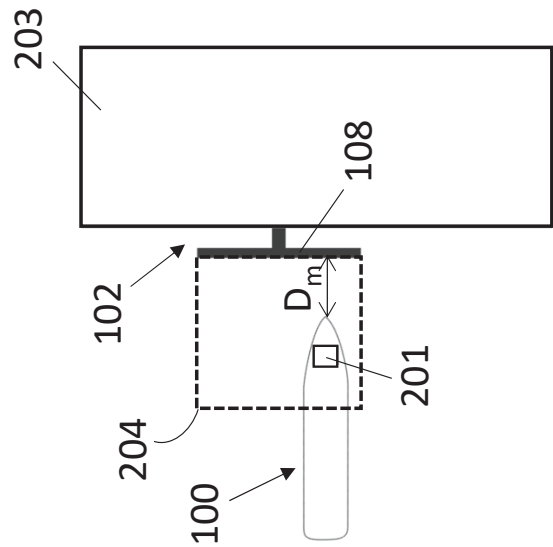


FIG. 2C

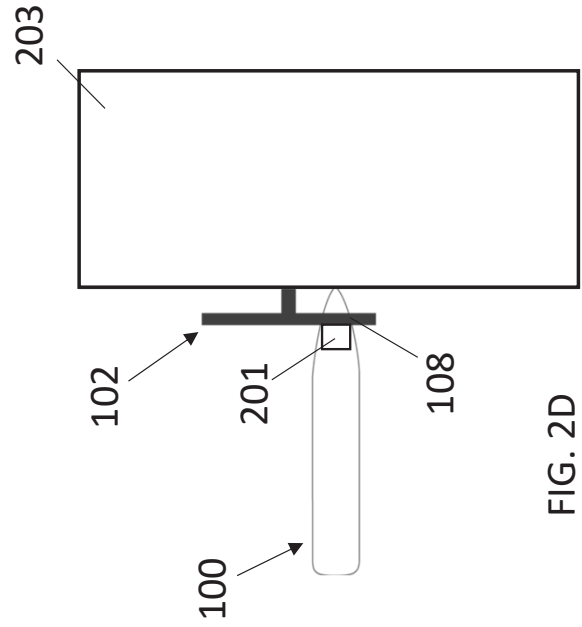


FIG. 2D

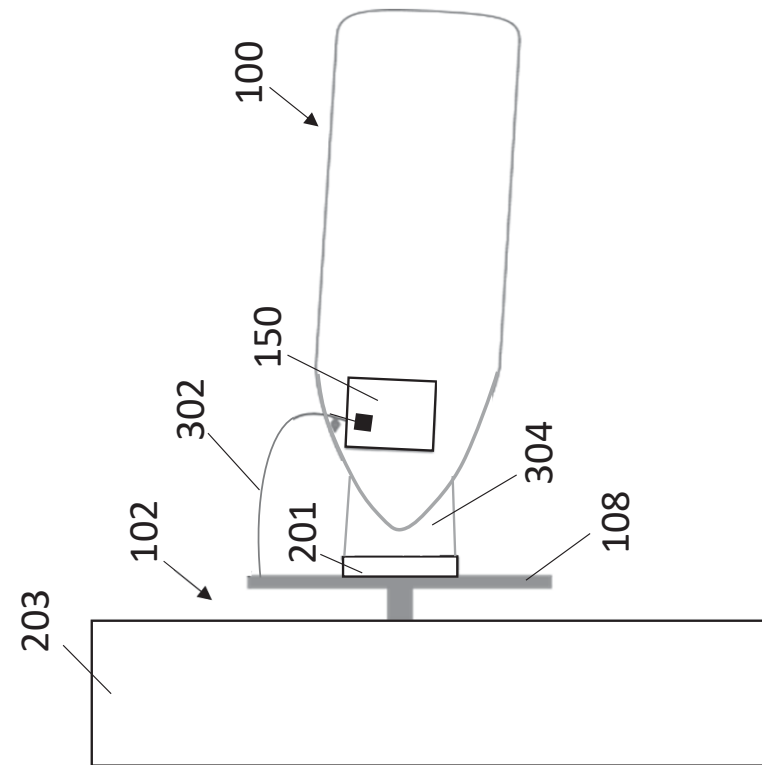


FIG. 3A

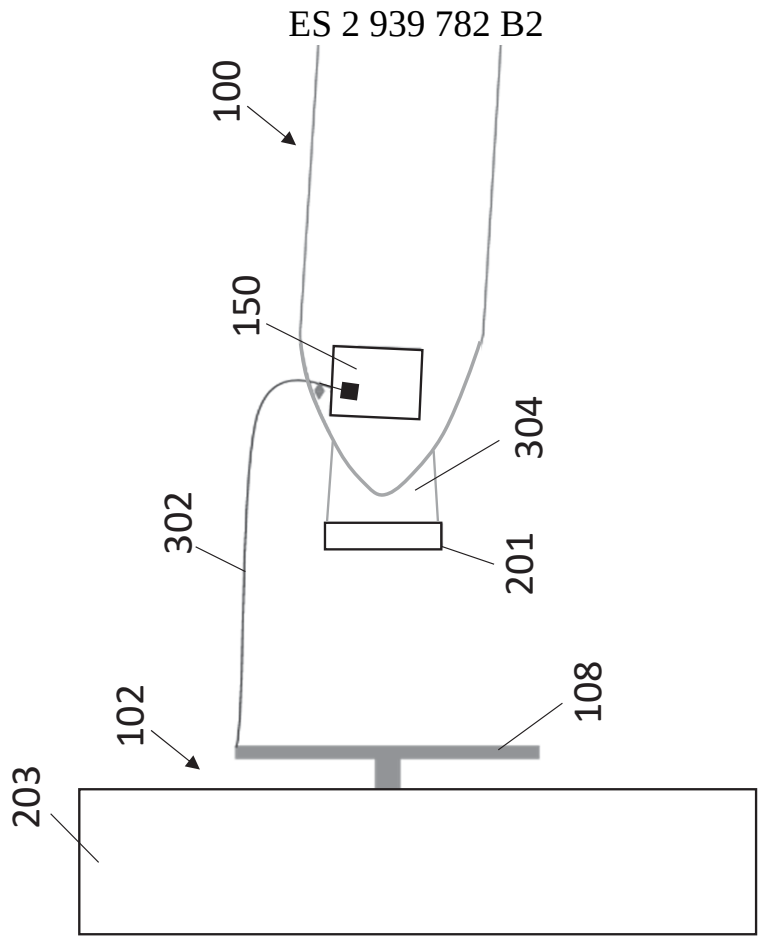


FIG. 3B

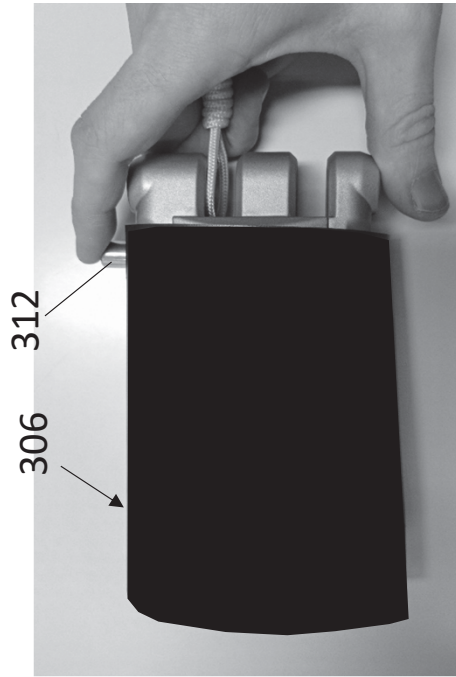


FIG. 3D

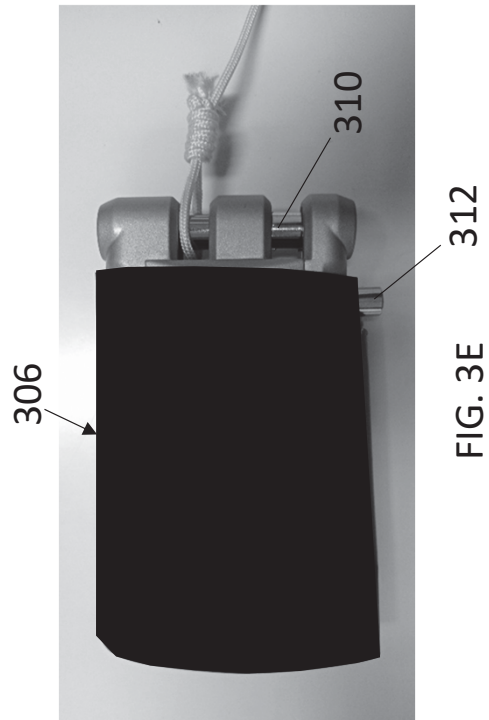


FIG. 3E

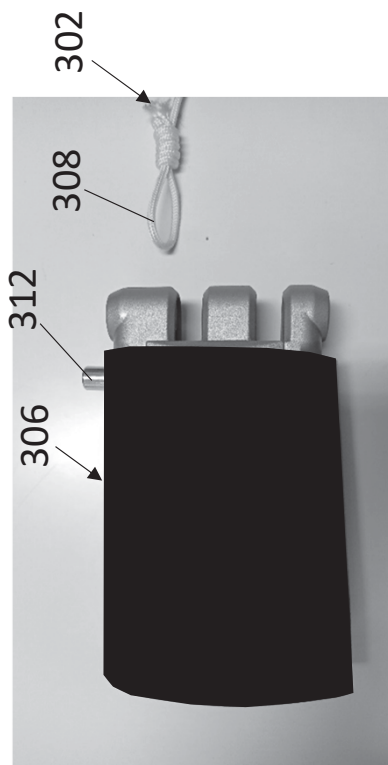


FIG. 3C

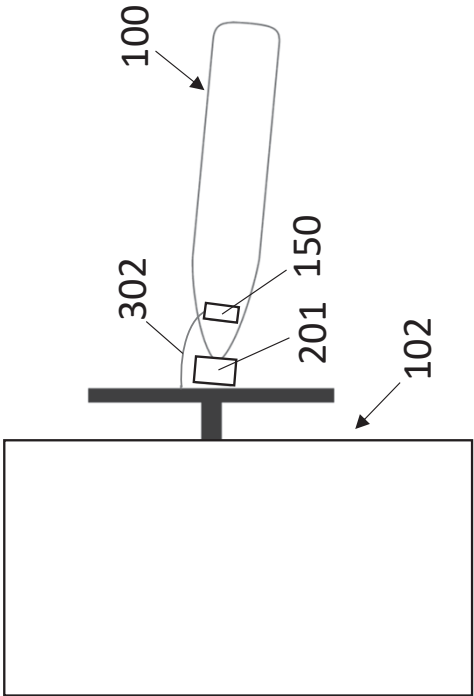


FIG. 4B

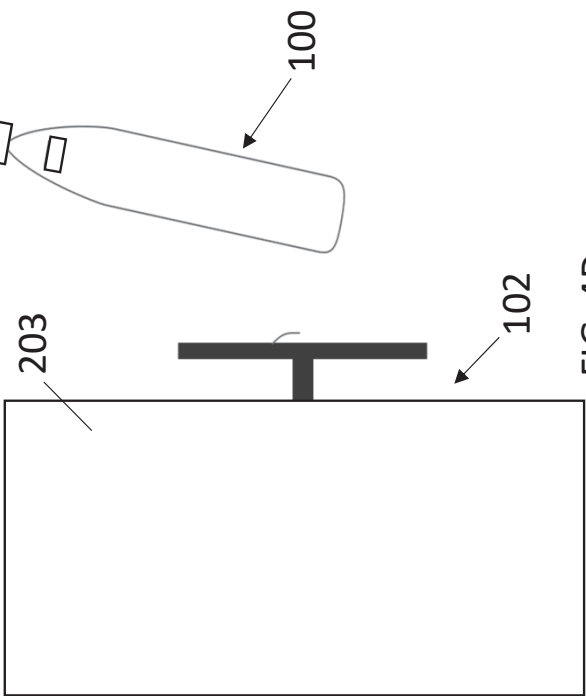


FIG. 4D

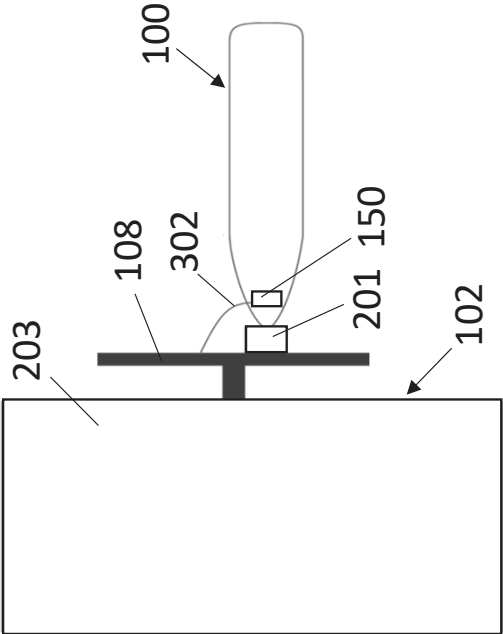


FIG. 4A

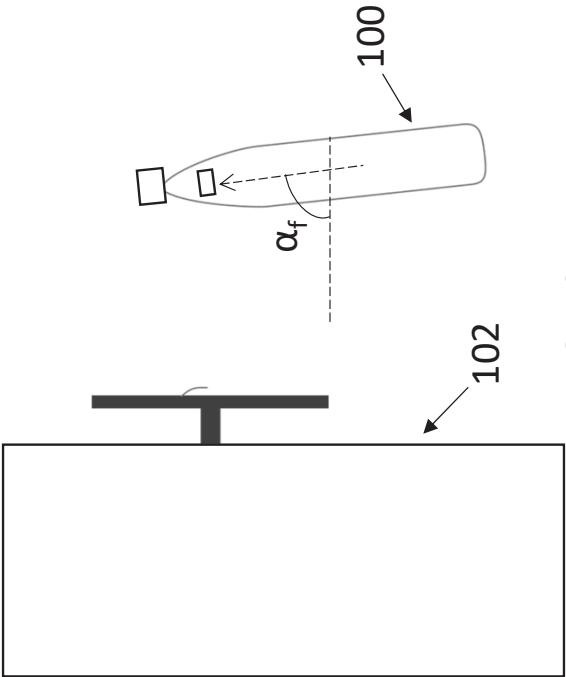


FIG. 4C

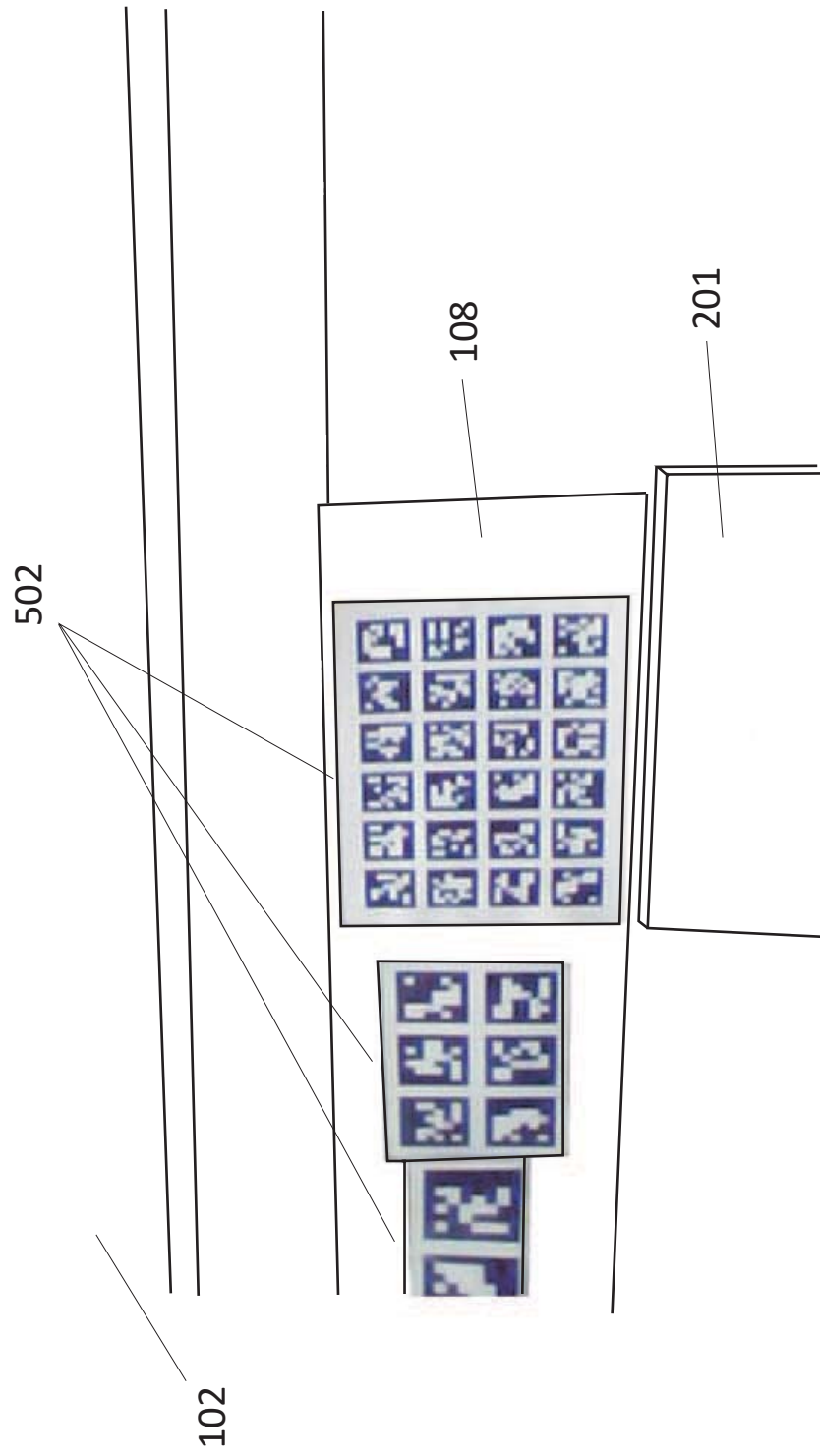


FIG. 5

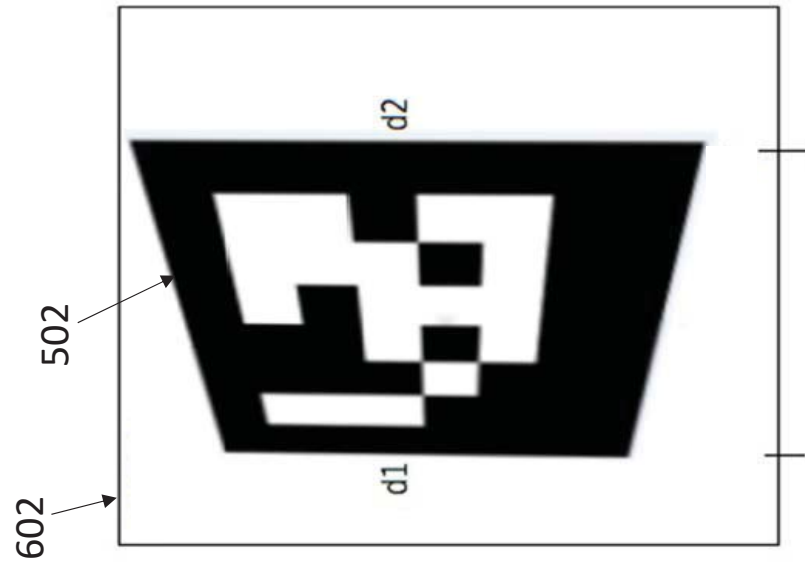


FIG. 6A

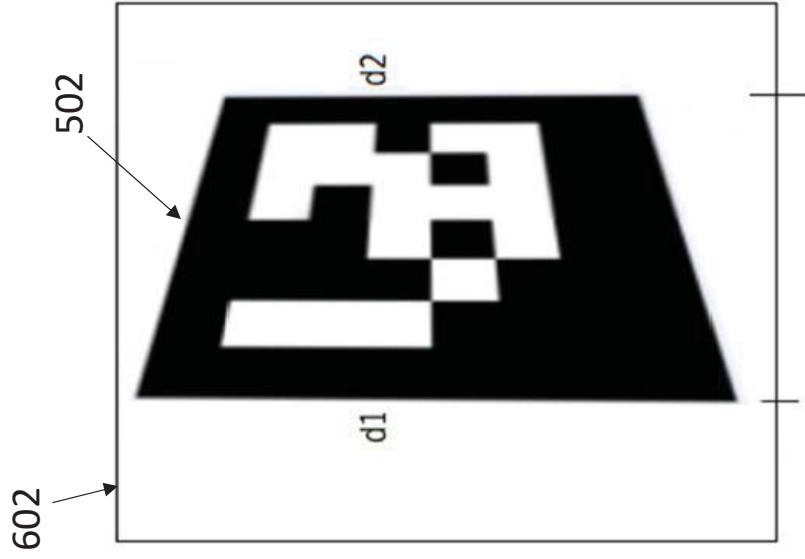


FIG. 6B

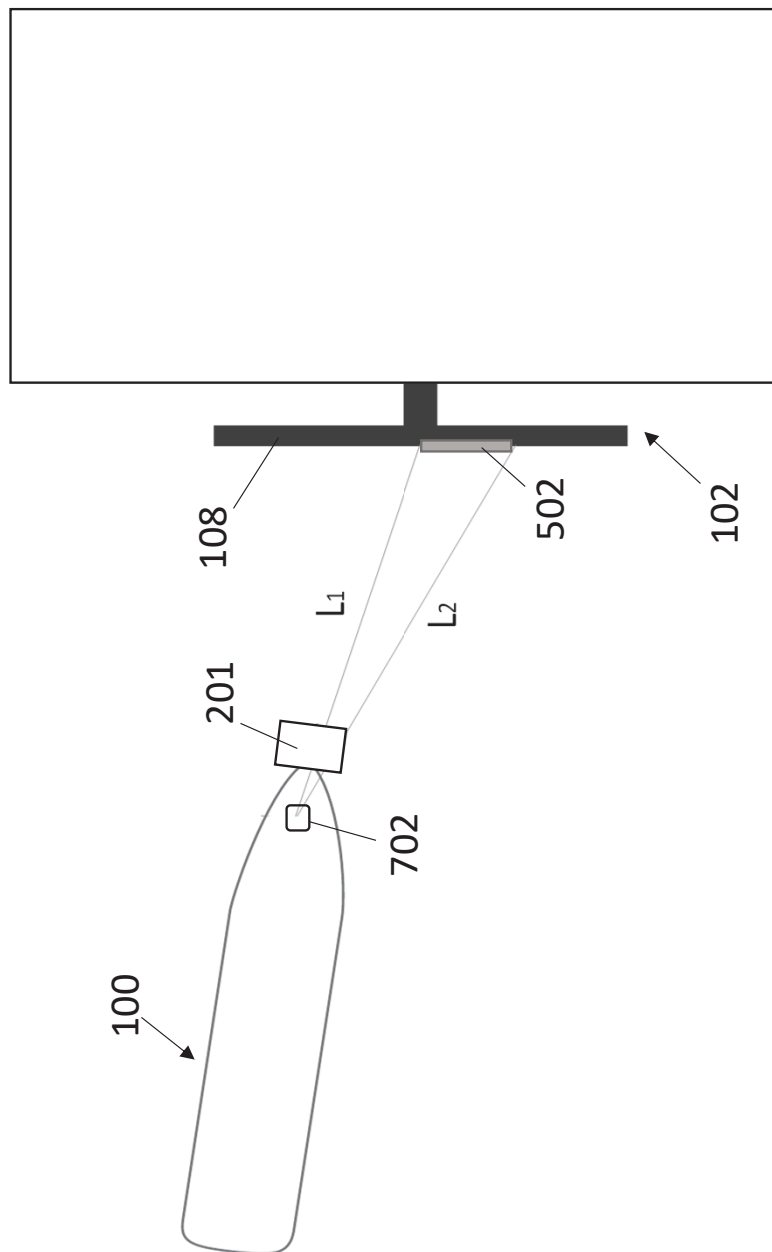


FIG. 7

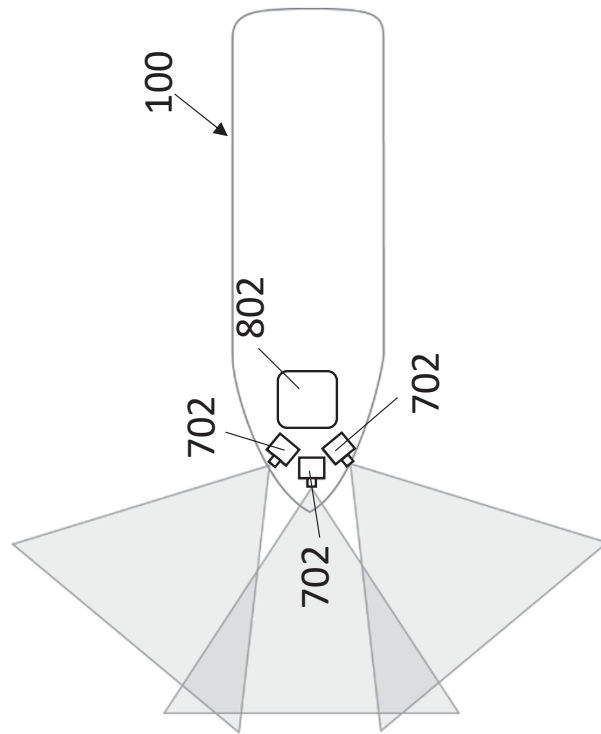


FIG. 8

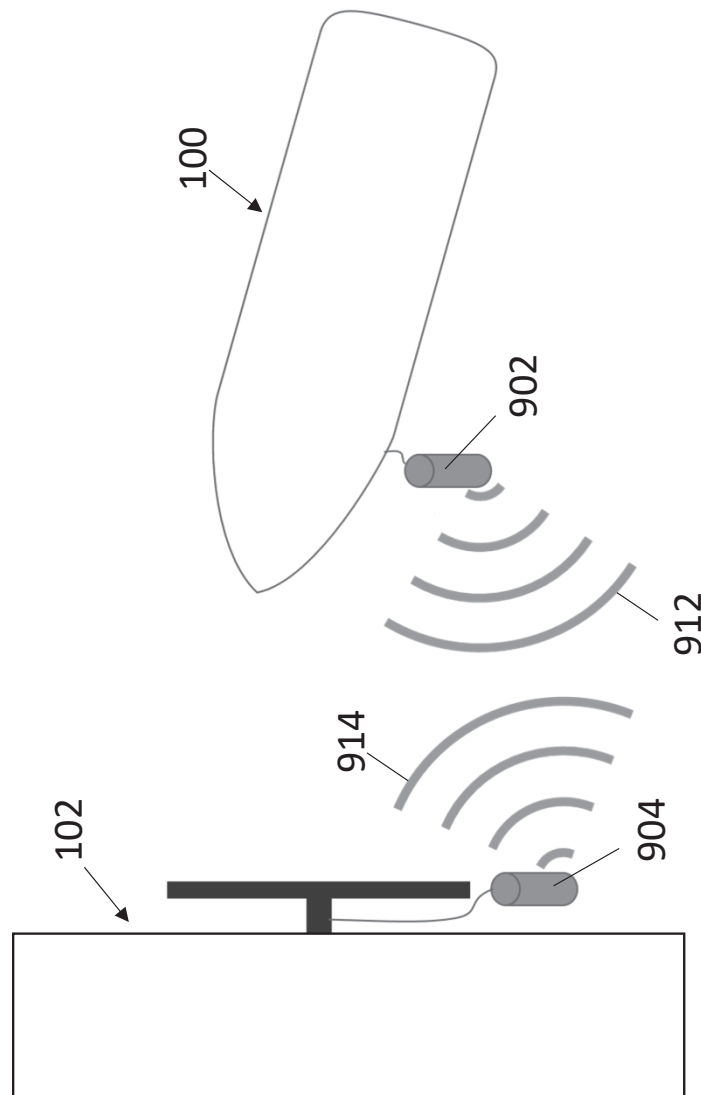


FIG. 9