

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 655 565**

51 Int. Cl.:

B63G 7/00 (2006.01)
F41H 11/136 (2011.01)
G06K 9/00 (2006.01)
G06K 9/46 (2006.01)
G06K 9/62 (2006.01)
G06K 9/66 (2006.01)
H04N 13/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.03.2013 PCT/US2013/031281**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.12.2013 WO13187966**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2013 E 13805204 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 2825446**

54 Título: **Detección de minas desde el aire**

30 Prioridad:

14.03.2012 US 201213419931

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.02.2018

73 Titular/es:

**LOCKHEED MARTIN CORPORATION (100.0%)
6801 Rockledge Drive
Bethesda, MD 20817, US**

72 Inventor/es:

LI, BING

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 655 565 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

Detección de minas desde el aire

5 Sector de la técnica

Las realizaciones se refieren en general a la detección de minas y, más en particular, a la detección de minas desde el aire.

10 Estado de la técnica

Los acercamientos convencionales para la detección de minas submarinas incluyen el uso de un filtro adaptado, para procesar datos de imágenes bidimensionales. Los acercamientos convencionales pueden estar sujetos a falsos positivos, que pueden producir un subconjunto de imágenes más grande que puede requerir la revisión por parte de uno o más humanos. Adicionalmente, el acercamiento con filtro emparejado bidimensional puede ser sensible a los cambios de rotación y/o de tamaño, y puede ser sensible también a objetos que interfieran con el mismo.

El documento US 6 052 485 da a conocer un método para identificar ecos parásitos en una imagen, tal como una imagen de sonar. Un esquema de detección identifica porciones de la imagen que tengan una relación entre señal y ruido mayor que un umbral dado. A continuación, se aplica un esquema de clasificación a cada una de dichas porciones para generar los valores característicos fractales, asociados con las mismas, con el fin de clasificar la porción en términos de si es o no un objetivo. Para identificar los ecos parásitos, se asigna cada porción a un grupo, en función de la distancia desde la posición de cada porción a otra de las porciones, la que sea más colindante. Luego se llevan a cabo una serie de pruebas para cada grupo, utilizando los valores de las características fractales asociadas con cada porción en cada grupo. Un fallo en cualquiera de las series de pruebas para un grupo identificará cada porción asociada con ese grupo como ecos parásitos.

El documento US 2008/175434 da a conocer un método para detectar objetos en el agua, que incluye capturar múltiples imágenes de una zona de interés, extraer de las imágenes datos de vóxeles y procesar los datos de vóxeles, para detectar elementos de interés en la zona de interés.

El documento US 2010/074551 da a conocer un marco de aprendizaje de un sistema de varias EDP a partir de datos reales, para llevar a cabo una tarea de visión específica. Se describe un sistema que consta de dos EDP, controlando una de ellas la evolución de la salida y sirviendo la otra para una función de indicador que ayuda a recopilar información global. Ambas EDP son ecuaciones acopladas entre la imagen de salida y la función de indicador, hasta sus derivadas parciales de segundo orden. Las EDP analizadas son del tipo de autoaprendizaje que conforman un marco unificado para manejar diferentes tareas de visión, tales como la detección de bordes, la eliminación de ruido, la segmentación y la detección de objetos.

40 Objeto de la invención

Las realizaciones se concibieron a la luz de los anteriores problemas y limitaciones de ciertos sistemas convencionales, entre otras cosas.

Una o más realizaciones incluyen un sistema de detección de minas desde el aire de acuerdo con la reivindicación 1.

Una o más realizaciones pueden incluir también un método informático de detección de minas submarinas de acuerdo con la reivindicación 6.

Una o más realizaciones pueden incluir también un medio no transitorio, legible por ordenador, que tenga almacenadas en el mismo instrucciones de software que, al ser ejecutadas por un procesador, hagan que el procesador lleve a cabo una serie de operaciones de acuerdo con la reivindicación 10.

La extracción incluye el uso de ecuaciones de difusión para generar una secuencia de cortes en 2D, mientras que la acción de analizar la zona conectada incluye el análisis de elementos de píxeles volumétricos, con el procesador.

En una o más realizaciones, llevar a cabo el reconocimiento fino incluye aplicar una métrica que incluya la métrica de Hausdorff. En una o más realizaciones, la extracción puede incluir la extracción de objetos de diferentes tamaños, a través de una serie de operaciones de filtrado.

En una o más realizaciones, las operaciones pueden incluir además llevar a cabo una operación de filtrado basto. Además, el medio no transitorio legible por ordenador puede estar configurado para su ejecución en un procesador instalado en una aeronave.

65

Descripción de las figuras

La FIG. 1 es un diagrama de un sistema ejemplar de contramedidas para minas desde el aire, de acuerdo con al menos una realización.

5 La FIG. 2 es un gráfico que muestra un método ejemplar de contramedidas para minas desde el aire, de acuerdo con al menos una realización.

La FIG. 3 es un diagrama de una aeronave ejemplar, que cuenta con un sistema de contramedidas para minas desde el aire de acuerdo con al menos una realización.

10 La FIG. 4 es un diagrama de la extracción y clasificación ejemplares de características invariantes en 3D, de acuerdo con al menos una realización.

Descripción detallada de la invención

15 La FIG. 1 es un diagrama de un sistema 100 ejemplar de contramedidas para minas desde el aire. En particular, el sistema 100 incluye una unidad 102 de contramedidas para minas desde el aire (CMDA), acoplada a una memoria 104 y a una interfaz 106.

20 En funcionamiento, el módulo 102 de CMDA recibe datos 108 de entrada (por ejemplo, datos de imagen) y procesa los datos de acuerdo con un método de CMDA, descrito a continuación. Los datos de imagen pueden obtenerse, por ejemplo, desde un sensor de imagen instalado en una aeronave, tal como un avión, vehículo aéreo no tripulado (UAV) o helicóptero (véase, por ejemplo, la FIG. 3, número de referencia 300). El módulo 102 de CMDA puede almacenar un resultado del procesamiento en la memoria 104, y/o el módulo 102 de CMDA puede transmitir los datos resultantes a uno o más sistemas externos, a través de la interfaz 106. El resultado puede proporcionarse como datos 110 de salida a otro sistema, o enviarse a un dispositivo de visualización o impresora.

25 El resultado de salida puede ser una imagen mejorada que muestre posibles minas submarinas, que pueden no haber sido visibles o distinguibles en la imagen de entrada.

30 La interfaz 106 puede ser un bus especializado instalado en una aeronave o vehículo (por ejemplo, un bus CAN del tipo 1553, o similar), o una interfaz de red cableada o inalámbrica.

La FIG. 2 es un gráfico que muestra un método ejemplar de contramedidas para minas desde el aire. El procesamiento comienza en la etapa 202 y continúa en la etapa 204.

35 En la etapa 204, se reciben datos de entrada (por ejemplo, datos de imagen). El procesamiento pasa a la etapa 206.

En la etapa 206, se extrae una serie de cortes en 2D de los datos de entrada. Pueden utilizarse ecuaciones de difusión para extraer la serie de cortes bidimensionales, por ejemplo, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\frac{\partial u(x, y, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 u(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(x, y, t)}{\partial y^2}$$

40 donde

$$u(x, y, 0) = I(x, y) \text{ (la Imagen Original).}$$

Con ciertas condiciones de contorno, la solución es:

$$45 \quad u(x, y, t) = cI(x, y) \otimes \exp\left(-\frac{(x^2 + y^2)}{2t}\right)$$

y

$$\frac{\partial u(x, t)}{\partial t} = \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2}$$

donde

$$50 \quad u(x, 0) = I(x) \text{ (la Imagen Original).}$$

Con ciertas condiciones de contorno, la solución es:

$$u(x,t) = cI(x,y) \otimes \exp\left(-\frac{(x^2)}{2t}\right)$$

5 El acercamiento de ecuaciones de difusión anteriormente descrito puede permitir a un sistema extraer objetos de diferentes tamaños, a través de una serie de operaciones de filtrado de tipo pasabanda. La técnica de ecuaciones de difusión se describe en "Repeatedly smoothing, discrete scale-space evolution, and dominant point detection", de Bing C. Li, Pattern Recognition, vol. 29, n.º 6, 1996, que se incorpora como referencia en el presente documento. Cabe observar que pueden utilizarse técnicas distintas a las ecuaciones de difusión. Al extraer segmentos en 2D, puede mejorarse el tiempo de procesamiento de la imagen. El procesamiento pasa a la etapa 208.

10 En la etapa 208, se lleva a cabo un análisis de zonas conectadas en 3D. El análisis de zonas conectadas en 3D puede efectuarse, por ejemplo, utilizando vóxeles (o elementos de píxeles volumétricos). El análisis de zonas conectadas en 3D puede ayudar a reducir los falsos positivos. El procesamiento continúa en la etapa 210.

15 En la etapa 210, se extraen las características invariantes tridimensionales de los datos de imagen. Las características invariantes tridimensionales son aquellas características que no cambian sustancialmente con respecto a un aspecto de un objeto, tal como el tamaño, la orientación u otra característica de ese objeto en una imagen. Las características invariantes tridimensionales pueden incluir momentos invariantes, que son promedios ponderados (es decir, momentos) de las intensidades de los píxeles de imagen, o una función de dichos momentos. Por lo general, los momentos invariantes se eligen de modo que tengan alguna propiedad atractiva, tal como la invariabilidad del tamaño o la orientación. Es posible calcular momentos que sean invariantes a la traslación, la escala (o el tamaño) y/o la rotación, por ejemplo, el conjunto Hu de momentos invariantes es un conjunto común de momentos invariantes, que puede utilizarse para extraer características invariantes. Cabe observar que pueden utilizarse otros momentos invariantes.

25 Una característica invariante tridimensional de la orientación es una característica que puede extraerse de un objeto de una imagen, y que será sustancialmente la misma independientemente de la orientación del objeto que se esté visualizando. Por ejemplo, una característica invariante tridimensional de la orientación podría utilizarse para identificar una mina submarina, independientemente de la orientación de la mina cuando se obtuviera imágenes de la misma. Podría utilizarse una característica invariante del tamaño para identificar un objeto, independientemente del tamaño aparente del objeto en la imagen. Los tamaños de imagen del objeto, incluso del mismo objeto, pueden parecer diferentes por una serie de razones, tales como la distancia del objeto con respecto al sensor de imagen y la óptica que se utilice, por ejemplo. Las características invariantes tridimensionales pueden ser características invariantes del tamaño y/o la orientación. Al convertir los datos de píxeles en características invariantes representativas, la ubicación, tamaño y orientación específicos de un objeto se reemplazan con características invariantes, que pueden compararse con un catálogo de referencia de características invariantes de objetos de interés (por ejemplo, diferentes tipos de mina submarina). Así, las características invariantes permiten que un procesador reconozca un objeto tridimensional en los datos de imagen, independientemente de su orientación, ubicación o escala en la imagen.

40 Las características invariantes pueden incluir invariantes globales o locales, y pueden basarse en invariantes tridimensionales de momentos. El procesamiento continúa en la etapa 212.

45 En la etapa 212 se lleva a cabo un filtrado basto. El filtrado basto puede incluir el cálculo de una distancia entre características invariantes de datos de imagen de entrada y características invariantes de un catálogo de características. El catálogo de características puede basarse en datos de aprendizaje (véanse la FIG. 4 y la correspondiente descripción, a continuación, para obtener más detalles). La distancia puede ser una distancia euclidiana, y el filtrado puede incluir etiquetar objetos en los datos de imagen de entrada, de acuerdo con los K vecinos más cercanos de dichos objetos en los datos del catálogo de características. Una salida del filtrado basto puede incluir la provisión de una lista de los objetos, en la imagen de entrada, que coincidan más estrechamente con uno o más objetos del catálogo de características. El filtrado basto basado en características invariantes puede ayudar a acelerar el procesamiento de la imagen. El procesamiento continúa en la etapa 214.

55 En la etapa 214 se lleva a cabo un reconocimiento fino de objetos. El reconocimiento fino de objetos puede efectuarse sobre los datos de imagen utilizando un método con métrica, tal como una métrica de Hausdorff. El reconocimiento fino de objetos puede centrarse en la lista de objetos obtenida en la etapa (212) de filtrado basto, y puede utilizarse como ayuda para lograr una baja tasa de falsos positivos. Una salida del proceso de filtrado fino puede incluir una lista de aquellos objetos que se hayan determinado adicionalmente como coincidentes con las características de los objetos del catálogo (por ejemplo, aquellos objetos que parezcan coincidentes con uno o más tipos de mina submarina). El procesamiento continúa en la etapa 216.

60 En la etapa 216 puede proporcionarse un resultado del procesamiento de contramedidas para minas. El resultado puede mostrarse en un dispositivo de visualización, enviarse a un dispositivo de impresión, o transmitirse a un sistema externo a través de una red cableada o inalámbrica. El procesamiento continúa en la etapa 218, en la que

finaliza el procesamiento.

Cabe observar que las etapas 204-216 pueden repetirse en su totalidad, o en parte, con el fin de lograr una tarea contemplada de contramedidas para minas desde el aire.

5 La FIG. 3 es un diagrama de una aeronave 300 ejemplar, que cuenta con un sistema 100 de contramedidas para minas desde el aire de acuerdo con la presente divulgación. El sistema 100 de contramedidas para minas desde el aire está acoplado a un sensor 302 de imagen, que está adaptado para captar imágenes de una masa de agua con el fin de detectar una mina subacuática 304. La aeronave 300 puede ser una aeronave de alas fijas o de alas rotativas. Además, la aeronave 300 puede ser una aeronave tripulada o un vehículo aéreo no tripulado (UAV).

10 En funcionamiento, la aeronave 300 utiliza un sensor 302 de imagen para captar imágenes de una masa de agua, con el fin de detectar una mina submarina 304. El sistema 100 de contramedidas para minas desde el aire está adaptado para recibir imágenes del sensor 302 de imagen, y para procesar las imágenes, como se ha descrito anteriormente, con el fin de detectar una mina subacuática 304. El procesamiento puede incluir proporcionar una pantalla de salida mejorada, que indique la presencia de objetos que sean potenciales minas submarinas.

15 La FIG. 4 es un diagrama de un sistema 400 ejemplar de extracción y clasificación de características invariantes tridimensionales. El sistema 400 incluye un subsistema 402 de aprendizaje que cuenta con uno o más conjuntos 404 de datos de aprendizaje, un módulo 406 de extracción de características invariantes y un catálogo 408 de características invariantes tridimensionales.

20 El sistema 400 también incluye un subsistema 410 de procesamiento de datos "en vivo", que cuenta con datos 412 en vivo, un módulo 414 de extracción de características invariantes tridimensionales, un clasificador 416, y datos 418 de resultado de salida. Los datos en vivo son datos recopilados durante el funcionamiento del sistema, y no están destinados al uso primario como datos de aprendizaje. Los datos en vivo no se limitan a los datos recopilados y procesados en tiempo real, y pueden incluir datos de imagen operacionales recopilados y almacenados para su posterior análisis.

25 En funcionamiento, una primera fase incluye extraer características invariantes tridimensionales de los datos 404 de aprendizaje. Las características invariantes pueden incluir características invariantes de momentos. Además, las características pueden ser invariantes del tamaño y/o invariantes de la orientación. Los datos 404 de aprendizaje pueden incluir imágenes de uno o más objetos conocidos, tales como minas submarinas. Los datos 404 de aprendizaje pueden incluir datos de imagen de un objeto real, o datos que presenten una imagen de un objeto generada por ordenador. El proceso de extracción de las características invariantes tridimensionales puede ser un proceso supervisado, semi-supervisado y/o no supervisado.

30 Las características invariantes tridimensionales extraídas pueden catalogarse y almacenarse en un almacén de datos, para el posterior acceso. El proceso de catalogación puede ser automático, manual, o una combinación de los anteriores.

El catálogo 408 de características invariantes tridimensionales puede actualizarse de modo que incluya características invariantes de objetos nuevos (por ejemplo, nuevos tipos de mina submarina).

35 Una vez que se ha generado el catálogo 408 de características invariantes tridimensionales, puede suministrarse el mismo a un sistema (por ejemplo, un sistema de contramedidas para minas desde el aire) para su uso en datos en vivo.

40 El subsistema 410 de procesamiento de datos en vivo recopila los datos 412 en vivo de imagen capturados por un dispositivo de captura de imágenes, y suministra los datos 412 en vivo de imagen, a modo de entrada, a un módulo 414 de extracción de características invariantes tridimensionales. El módulo 414 de extracción de características invariantes tridimensionales puede ser el mismo que (o diferente de) el módulo 406 de extracción de características invariantes tridimensionales del subsistema 402 de aprendizaje.

45 El módulo 414 de extracción de características invariantes tridimensionales extrae una o más características de los datos 412 en vivo de imagen, y proporciona dichas características al clasificador 416. El clasificador 416 determina el grado en el que las características extraídas de los datos en vivo de imagen coinciden con las características de uno o más objetos del catálogo. El clasificador puede utilizar cualquier técnica adecuada, tal como una red neuronal, K vecinos más cercanos, o una técnica de aprendizaje por máquina supervisada (por ejemplo, una máquina de vectores de soporte, o similar) o no supervisada. El clasificador 416 puede llevar a cabo la función de filtrado basto descrita anteriormente.

50 La salida 418 del clasificador 416 puede incluir una lista de objetos de los datos en vivo de imagen, y una indicación del grado en que las características de esos objetos coinciden con las características del catálogo 408 de características invariantes.

Los resultados 418 de salida pueden utilizarse para determinar si uno o más de los objetos de los datos 412 en vivo de imagen parecen ser un objeto de interés (por ejemplo, una mina submarina). Cualquier objeto de interés podrá proporcionarse a un módulo de reconocimiento fino de objetos, para determinar con mayor precisión o certeza si un objeto de una imagen es un objeto de interés.

5 Cabe observar que los módulos, procesos, sistemas, y secciones descritos anteriormente pueden implementarse en hardware, hardware programado por software, instrucciones de software almacenadas en un medio no transitorio legible por ordenador, o una combinación de los anteriores. Por ejemplo, un sistema de contramedidas para minas desde el aire puede incluir el uso de un procesador configurado para ejecutar una secuencia de instrucciones programadas, almacenadas en un medio no transitorio legible por ordenador. Por ejemplo, el procesador puede incluir, pero no se limita a, un ordenador personal o estación de trabajo, u otro sistema informático que incluya un procesador, microprocesador, dispositivo microcontrolador, o que comprenda una lógica de control que incluya circuitos integrados tales como, por ejemplo, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC). Las instrucciones pueden recopilarse a partir de instrucciones de código fuente proporcionadas de acuerdo con un lenguaje de programación, tal como Java, C, C++, C#.net, un lenguaje ensamblador, o similar. Las instrucciones también pueden comprender objetos de código y de datos proporcionados de acuerdo con el lenguaje Visual Basic®, u otro lenguaje de programación estructurado u orientado a objetos, por ejemplo. La secuencia de instrucciones programadas, o el software de configuración de dispositivo lógico programable, y los datos asociados a los mismos, pueden almacenarse en un medio no transitorio legible por ordenador, tal como una memoria o dispositivo de almacenamiento informático, que puede ser cualquier aparato de memoria adecuado, tal como, pero sin limitación, una ROM, PROM, EEPROM, RAM, memoria flash, unidad de disco, y similares.

Adicionalmente, los módulos, sistemas de proceso, y secciones pueden implementarse como un único procesador o como un procesador distribuido. Adicionalmente, debe apreciarse que las etapas mencionadas anteriormente pueden llevarse a cabo en un procesador único o distribuido (único y/o multinúcleo, o un sistema informático en la nube). Además, los procesos, componentes del sistema, módulos y submódulos descritos en las diversas figuras de y para las realizaciones anteriores pueden distribuirse a través de múltiples ordenadores, o sistemas, o pueden ubicarse conjuntamente en un único procesador o sistema. A continuación se proporcionan alternativas ejemplares de realizaciones estructurales adecuadas para implementar los módulos, secciones, sistemas, medios o procesos descritos en el presente documento.

Los módulos, procesadores o sistemas descritos anteriormente pueden implementarse como un ordenador de propósito general programado, un dispositivo electrónico programado con microcódigo, un circuito lógico analógico cableado, software almacenado en un medio o señal legible por ordenador, un dispositivo óptico informático, un sistema de dispositivos electrónicos y/u ópticos conectados en red, un dispositivo informático de propósito especial, un dispositivo de circuito integrado, un chip semiconductor, y un módulo u objeto de software almacenado en un medio o señal legible por ordenador, por ejemplo.

Las realizaciones del método y el sistema (o sus subcomponentes o módulos) pueden implementarse en un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial, un microprocesador o microcontrolador programado, y un elemento de circuito integrado periférico, un ASIC u otro circuito integrado, un procesador de señales digitales, un circuito electrónico o lógico cableado tal como un circuito de elementos discretos, un circuito lógico programado tal como un PLD, PLA, FPGA, PAL, o similar. En general, cualquier procesador capaz de implementar las funciones o etapas descritas en el presente documento puede utilizarse para implementar las realizaciones del método, sistema, o producto de programa informático (programa de software almacenado en un medio no transitorio legible por ordenador).

Adicionalmente, las realizaciones del método, sistema y producto de programa informático dados a conocer pueden implementarse fácilmente, total o parcialmente, en un software que utilice, por ejemplo, entornos de desarrollo de software objeto u orientado a objetos que proporcionen un código fuente portátil que pueda utilizarse en diversas plataformas informáticas. Alternativamente, las realizaciones del método, sistema y producto de programa informático dados a conocer pueden implementarse parcial o totalmente en hardware que utilice, por ejemplo, circuitos lógicos estándar o un diseño VLSI. Pueden utilizarse otros tipos de hardware o software para implementar las realizaciones, dependiendo de los requisitos de velocidad y/o eficiencia de los sistemas, la función particular, y/o del sistema de software o hardware, microprocesador o microordenador particulares que se estén utilizando. Las realizaciones del método, sistema y producto de programa informático pueden implementarse en hardware y/o software que utilicen cualquiera de los sistemas o estructuras, dispositivos y/o software conocidos, o desarrollados posteriormente por los expertos en la materia aplicable a partir de la descripción de funciones proporcionada en el presente documento, y con un conocimiento básico general de las técnicas de ingeniería de software y/o de procesamiento de imágenes.

Adicionalmente, las realizaciones del método, sistema y producto de programa informático dados a conocer pueden implementarse en un software ejecutado en un ordenador de propósito general programado, un ordenador de propósito especial, un microprocesador, o similar.

65 Por lo tanto, resulta evidente que, de acuerdo con las diversas realizaciones dadas a conocer en el presente

documento, se proporcionan sistemas informáticos, métodos, y medios legibles por ordenador para contramedidas para minas desde el aire.

5 Si bien la invención se ha descrito junto con diversas realizaciones, resulta evidente que muchas alternativas, modificaciones y variaciones serán o son evidentes para los expertos en las técnicas aplicables. La invención queda así definida por las reivindicaciones, y por los equivalentes de las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) de detección de minas submarinas desde el aire, adaptado para operar a bordo de una aeronave (300), comprendiendo el sistema (100) de detección de minas submarinas desde el aire:
- 5 un sensor (302) de imagen externo;
un dispositivo de visualización; y
un procesador acoplado a una memoria (104), teniendo almacenada la memoria (104) instrucciones de software que, al ser ejecutadas por el procesador, hacen que el procesador lleve a cabo una serie de operaciones de procesamiento de imagen, que incluyen:
- 10 obtener datos (108) de imagen de entrada de una masa de agua, desde el sensor (302) de imagen externo;
extraer una secuencia de cortes en 2D a partir de los datos (108) de imagen de entrada, aplicando ecuaciones de difusión para generar la secuencia de cortes en 2D;
15 llevar a cabo un análisis de zonas conectadas en 3D en la secuencia de cortes en 2D, incluyendo el análisis de zonas conectadas analizar elementos de píxeles volumétricos;
calcular características invariantes tridimensionales en los datos (108) de imagen;
llevar a cabo un filtrado basto basándose en las características invariantes tridimensionales;
llevar a cabo un reconocimiento fino; y
20 emitir y enviar, al dispositivo de visualización, un resultado del procesamiento de imágenes que tenga una indicación de la presencia de cualquier mina submarina, dentro de los datos (108) de imagen de entrada.
2. El sistema de la reivindicación 1, en el que la acción de llevar a cabo el reconocimiento fino incluye aplicar una métrica, que incluye la métrica de Hausdorff.
- 25 3. El sistema de la reivindicación 1, en el que la extracción incluye extraer objetos de diferentes tamaños, a través de una serie de operaciones de filtrado.
4. El sistema de la reivindicación 1, en el que las características invariantes tridimensionales incluyen invariantes de momentos.
- 30 5. El sistema de la reivindicación 1, en el que la aeronave (300) es un helicóptero, un avión de alas fijas, o un vehículo aéreo no tripulado.
- 35 6. Un método informático para detectar minas submarinas, comprendiendo el método:
- obtener, con un procesador instalado en una aeronave, datos (108) de imagen de entrada de una masa de agua desde un sensor (302) de imagen externo, instalado en la aeronave (300);
40 extraer, utilizando el procesador, una secuencia de cortes en 2D a partir de los datos (108) de imagen de entrada, mediante la aplicación de ecuaciones de difusión para generar la secuencia de cortes en 2D;
llevar a cabo un análisis de zonas conectadas en 3D, utilizando el procesador, sobre la secuencia de cortes en 2D, incluyendo análisis de zonas conectadas en 3D analizar elementos de píxeles volumétricos;
determinar, utilizando el procesador, características invariantes tridimensionales de un objeto en los datos (108) de imagen;
45 llevar a cabo un filtrado basto basado en las características invariantes tridimensionales, utilizando el procesador;
llevar a cabo un reconocimiento fino utilizando el procesador; y
emitir y enviar a un dispositivo de visualización instalado en la aeronave, utilizando el procesador, un resultado de procesamiento de imágenes que tenga una indicación de la presencia de cualquier mina dentro de los datos (108) de imagen de entrada.
- 50 7. El método de la reivindicación 6, en el que la acción de llevar a cabo el reconocimiento fino incluye aplicar una métrica, que incluye la métrica de Hausdorff.
8. El método de la reivindicación 6, en el que la extracción incluye extraer objetos de diferentes tamaños, a través de una serie de operaciones de filtrado.
- 55 9. El método de la reivindicación 6, en el que las operaciones incluyen adicionalmente generar una imagen mejorada que muestre potenciales minas submarinas, estando basada la imagen mejorada en el resultado del procesamiento de imágenes.
- 60 10. Un medio no transitorio legible por ordenador, que tiene almacenadas en el mismo instrucciones de software que, al ser ejecutadas por un procesador instalado en una aeronave, hacen que el procesador lleve a cabo una serie de operaciones para detectar minas submarinas, que incluyen:
- 65 obtener, con el procesador, datos (108) de imagen de entrada procedentes de un sensor (302) de imagen externo instalado en la aeronave (300);

- extraer, utilizando el procesador, una secuencia de cortes en 2D a partir de los datos (108) de imagen de entrada, mediante la aplicación de ecuaciones de difusión para generar la secuencia de cortes en 2D;
llevar a cabo un análisis de zonas conectadas en 3D sobre la secuencia de cortes en 2D, incluyendo el análisis de zonas conectadas en 3D analizar elementos de píxeles volumétricos;
- 5 determinar características invariantes tridimensionales de al menos un objeto de los datos (108) de imagen;
llevar a cabo un filtrado basto, basándose en las características invariantes tridimensionales;
llevar a cabo un reconocimiento fino, para determinar si el al menos un objeto en los datos de imagen corresponde a un objeto que sea una mina submarina.
- 10 11. El medio no transitorio legible por ordenador de la reivindicación 10, en el que la extracción incluye extraer objetos de diferentes tamaños a través de una serie de operaciones de filtrado.
12. El medio no transitorio legible por ordenador de la reivindicación 11, en el que la acción de llevar a cabo el reconocimiento fino incluye aplicar una métrica, que incluye la métrica de Hausdorff.
- 15 13. El medio no transitorio legible por ordenador de la reivindicación 11, en el que las operaciones incluyen adicionalmente emitir un resultado que tenga una indicación de la presencia de cualquier posible imagen de una mina, dentro de los datos (108) de imagen de entrada.
- 20 14. El medio no transitorio legible por ordenador de la reivindicación 11, en el que el medio no transitorio legible por ordenador está configurado para su ejecución mediante un procesador, instalado en la aeronave (300).

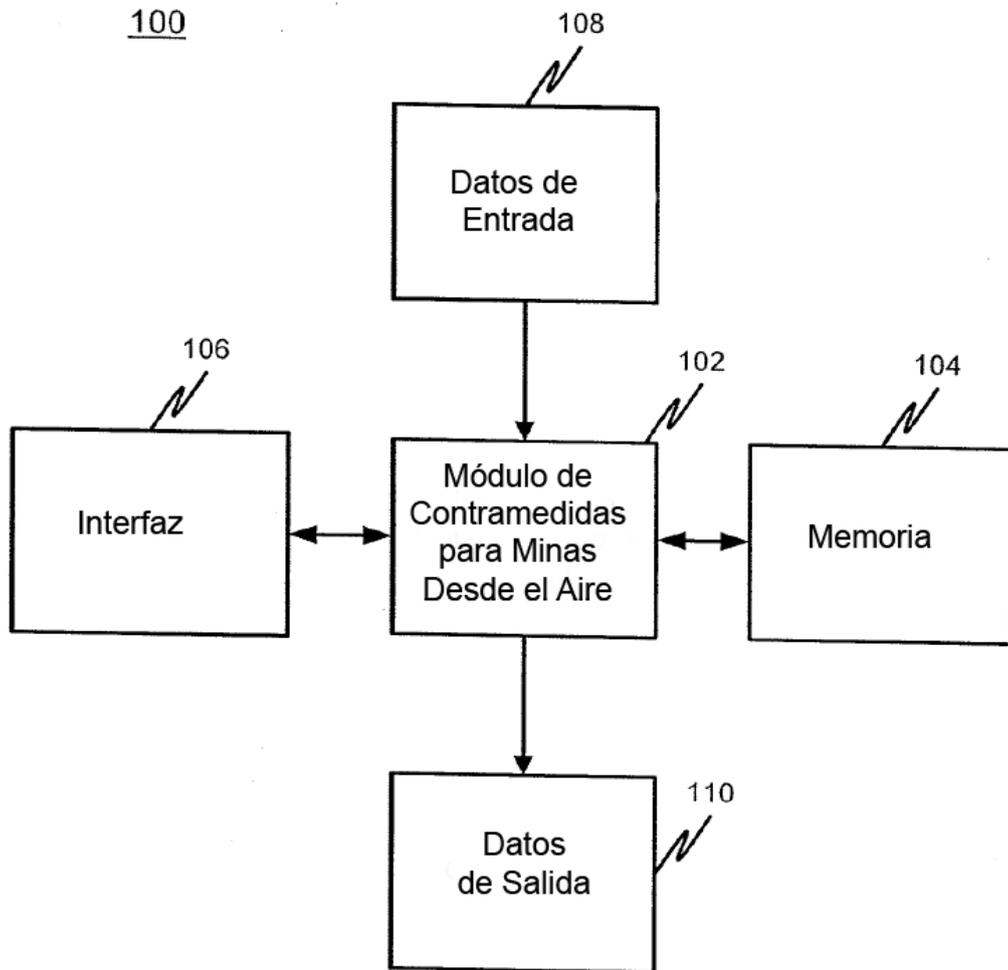


FIG. 1

200

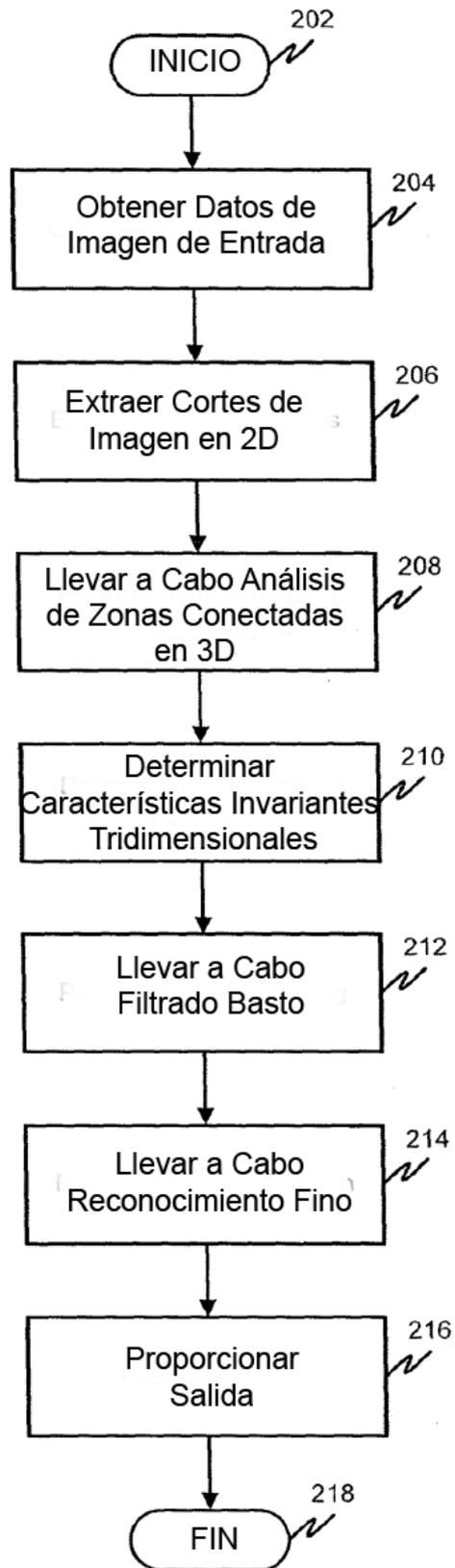


FIG. 2

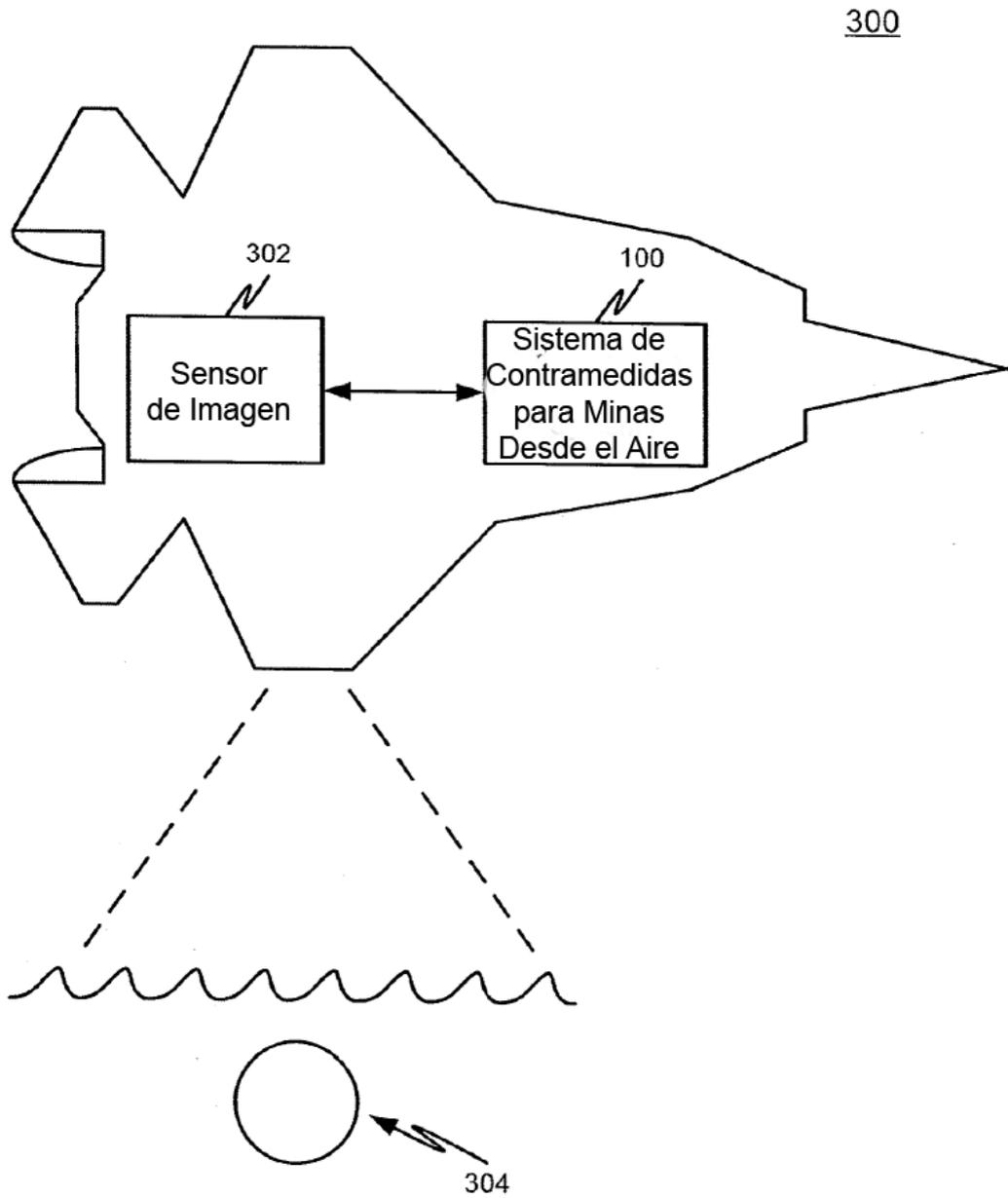


FIG. 3

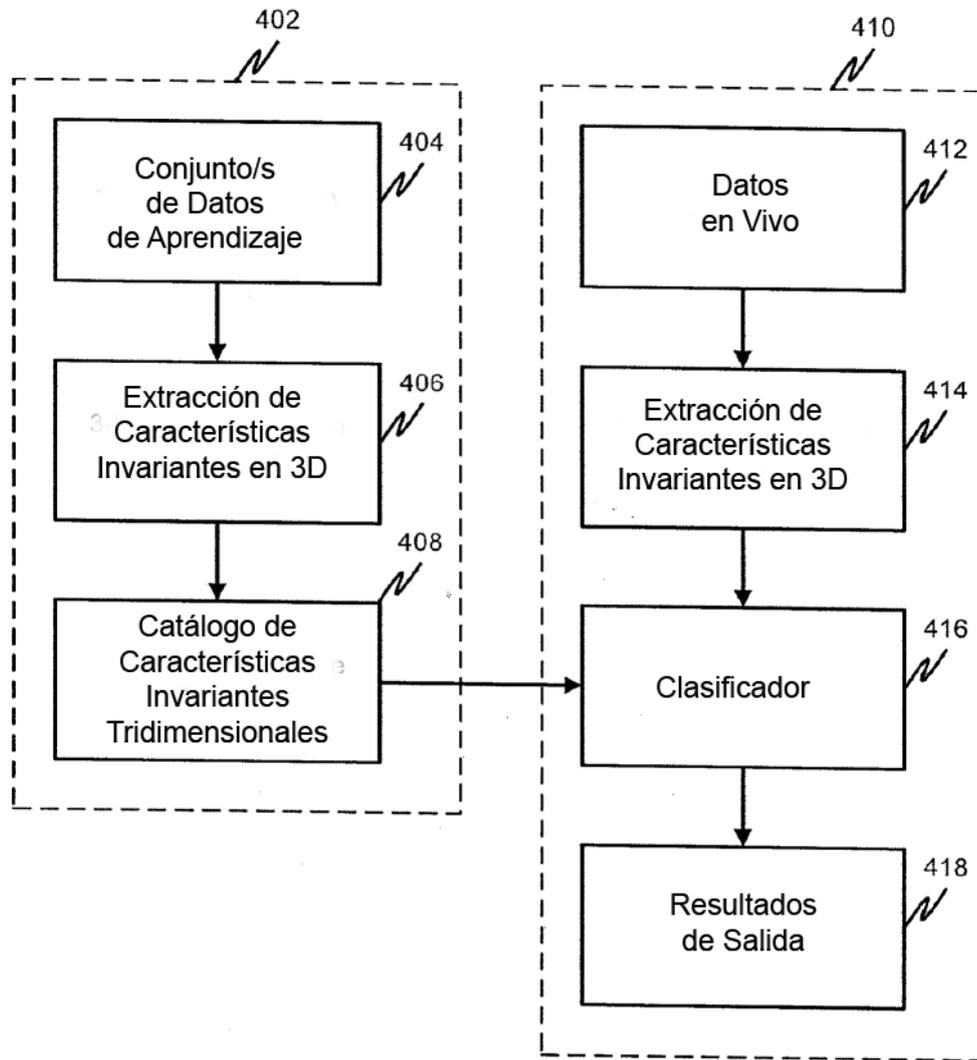


FIG. 4