

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 914 778**

51 Int. Cl.:

G05D 1/02 (2010.01)

B62D 6/00 (2006.01)

G01C 21/00 (2006.01)

G06T 7/62 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.06.2018 PCT/IL2018/050620**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.12.2018 WO18225071**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.06.2018 E 18813730 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2022 EP 3635500**

54 Título: **Procedimiento de navegación para un vehículo y sistema del mismo**

30 Prioridad:

08.06.2017 IL 25276917

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

16.06.2022

73 Titular/es:

**ISRAEL AEROSPACE INDUSTRIES LTD. (100.0%)
Ben Gurion International Airport
7010000 Lod, IL**

72 Inventor/es:

**COHEN, OFIR;
APPELMAN, DINA y
DEGANI, ARNON**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 914 778 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

Procedimiento de navegación para un vehículo y sistema del mismo

Campo técnico

5 La materia objeto divulgada en la presente memoria se refiere a la navegación autónoma en general y, más particularmente, a la navegación de un vehículo no tripulado.

Antecedentes

10 En general, un vehículo terrestre no tripulado (UGV), también denominado vehículo no tripulado, es una máquina móvil que se desplaza integrando datos sensoriales con la toma de decisiones basada en el ordenador con el fin de conducir el vehículo de forma autónoma. En algunos casos, el vehículo puede llevar pasajeros, por ejemplo, operadores que no pueden ver el entorno circundante y/o maniobrar el vehículo.

Generalmente, los UGVs comprenden varios sensores para obtener información sobre el entorno circundante, así como varios subsistemas para operar, controlar y comunicarse con el vehículo.

15 Una cuestión relacionada con el funcionamiento de los UGV es la navegación autónoma. Al navegar el vehículo, la información con respecto a los obstáculos que se encuentran dentro del área atravesada se utiliza para determinar una ruta que evite los obstáculos, para permitir que el vehículo viaje de forma segura a través del área. Un obstáculo puede ser cualquier zona u objeto que deba evitarse. Por ejemplo, un obstáculo puede ser un objeto o zona que bloquee o ponga en peligro al vehículo, como por ejemplo, cuevas, socavones en el suelo, masas de agua, muros, grandes rocas, obstáculos tipo pórtico, por ejemplo, puentes, etc. Los obstáculos también pueden ser cualquier zona que se desee evitar (por ejemplo, zonas nocivas, zonas de hábitat que deban evitarse por razones ecológicas o de conservación de los animales, zonas pobladas por personas que deban evitarse por razones de seguridad, etc.)

20 Cuando se planifica una ruta hacia un destino, la ruta debe evitar obstáculos, y posiblemente también cumplir con otras limitaciones, por ejemplo, ser eficiente, por ejemplo, no debe ser alargada innecesariamente. Además, debido a los requisitos en tiempo casi real de las tareas de navegación y a la limitada potencia de procesamiento disponible en el UGV, la planificación y el seguimiento de una ruta deben ser eficientes en términos de tiempo de procesamiento, potencia de procesamiento, almacenamiento de datos y otros recursos.

25 La solicitud de patente US no. US 2009/0149990 divulga un procedimiento, un medio y un aparato para realizar la planificación de la ruta de un robot móvil. El aparato para realizar la planificación de la ruta de un robot móvil incluye una unidad de generación de mapa grosero para generar un mapa grosero compuesto por una pluralidad de células; una unidad de generación de mapa fino para generar un mapa fino compuesto por una pluralidad de subcélulas en las que se divide al menos una de la pluralidad de células, y una unidad de generación de rutas para controlar la unidad de generación de mapa fino para generar el mapa fino con respecto a una posición especificada en el mapa grosero generado a través de la unidad de generación de mapa grosero.

Descripción general

35 La divulgación se refiere a la navegación de un UGV dentro de un área, en presencia de obstáculos. Los procedimientos conocidos incluyen la generación de una representación de la zona, como un mapa o cualquier otra estructura de datos interna, la representación que comprende indicaciones de los obstáculos y un destino de la navegación. El mapa puede utilizarse para planificar una ruta que conduzca al destino evitando los obstáculos. Durante la navegación real, se pueden generar órdenes de dirección al UGV para seguir la ruta.

40 Existe un compromiso inherente entre los recursos, como el almacenamiento, el tiempo y la capacidad de procesamiento, necesarios para generar un mapa y utilizarlo para la navegación de un UGV, por un lado, y el tamaño del área representada por el mapa, así como la resolución del mismo, por otro. Cuanto mayor sea el área y/o la resolución, más recursos se necesitarán para generar un mapa, planificar una ruta basada en el mapa y controlar un UGV de acuerdo con la ruta. En particular, en presencia de obstáculos, puede ser necesario un mapa de alta resolución, ya que el UGV puede tener que atravesar pasos estrechos o pasar cerca de obstáculos. Además, el destino del UGV puede estar a una distancia significativa de la ubicación actual, por lo que puede ser necesario un mapa que represente un área adecuadamente grande. Sin embargo, los recursos informáticos disponibles para un UGV pueden ser limitados, y el tiempo de procesamiento también puede ser restringido, ya que puede ser necesario el procesamiento en tiempo real (o casi) y el control del vehículo. Por lo tanto, puede ser poco práctico utilizar un mapa grande que también sea de alta resolución.

50 Algunos ejemplos de la materia objeto divulgada se refieren a la generación y utilización simultánea de dos o más mapas, en los que un mapa, denominado en el presente documento "el mapa grande", representa un área en la que se va a navegar con una primera resolución, y otro mapa, denominado en el presente documento "el mapa pequeño", representa un área más pequeña que la del primer mapa, con una segunda resolución, siendo la segunda resolución mayor que la primera. Cada mapa puede representarse como, o puede comprender, una cuadrícula, en la que cada célula se clasifica como asociada a un área que contiene un obstáculo (o parte de él) o que no contiene un

obstáculo, por ejemplo, como no atravesable o atravesable, respectivamente. Se apreciará que, de acuerdo con los ejemplos de la materia objeto actualmente divulgada, si un obstáculo ocupa incluso una fracción de una célula, la célula (toda el área de la célula) se clasifica como no atravesable. Las células del mapa pequeño representan áreas más pequeñas que las del mapa grande. El mapa pequeño y el mapa grande pueden superponerse al menos parcialmente, existiendo una correlación que asigna, dentro de las partes superpuestas, cada célula del mapa pequeño, a una o más células del mapa grande, y viceversa.

Los mapas pueden ser creados en base a la información proporcionada por un dispositivo de escaneo que explore las áreas que rodean al UGV. Así, cada mapa puede centrarse en torno a una ubicación actual del UGV. El mapa pequeño puede representar las zonas adyacentes al UGV a alta resolución, mientras que el mapa grande representa las mismas zonas, así como otras más lejanas en una o más direcciones, a menor resolución. Los dos mapas pueden actualizarse continuamente a medida que el UGV avanza y se reciben lecturas del dispositivo de escaneo, que explora continuamente la zona que rodea al UGV.

El mapa grande puede utilizarse para planificar una ruta desde una ubicación actual hasta un destino objetivo, mientras que el mapa pequeño puede utilizarse cuando el UGV está siguiendo la ruta para proporcionar instrucciones de dirección precisas al UGV.

De acuerdo con algunos ejemplos de la divulgación, la planificación y el seguimiento de la ruta, utilizando cualquiera de los dos mapas, puede utilizar información cruzada, es decir, información obtenida del otro mapa que se refiere a los obstáculos en la zona correspondiente del mapa utilizado.

Como se ha mencionado anteriormente, aunque se indique que un obstáculo en cualquiera de los mapas ocupa al menos una célula, puede ser más pequeño. Por ejemplo, un obstáculo en el mapa grande puede ser significativamente más pequeño que el área representada por una célula en el mapa grande, incluso hasta el punto de poder ser ignorado o sobrepasado. Esta información puede obtenerse a veces cruzando la información sobre el obstáculo del mapa grande, con la información correspondiente del mapa pequeño. Por ejemplo, al determinar el área que ocupa un obstáculo en el mapa pequeño, por ejemplo una o más células, se puede deducir que el área total del obstáculo es significativamente menor que el área representada por una célula del mapa grande, y puede en ciertos casos ser tratada en consecuencia.

En otro ejemplo, usando el mapa pequeño, puede no saberse si un obstáculo situado en un borde del mapa pequeño se extiende más allá del área representada por el mapa pequeño, y es realmente más grande de lo que parece basándose en la información del mapa pequeño. Esto puede resolverse a partir de la información obtenida de la zona correspondiente en el mapa grande.

Así, un aspecto de la materia objeto divulgada se refiere a un procedimiento de navegación para un vehículo terrestre no tripulado según la reivindicación 1.

Se proporcionan realizaciones según las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con otro aspecto de la materia objeto actualmente divulgada, se proporciona un sistema montable en un vehículo terrestre no tripulado según la reivindicación 9.

De acuerdo con otro aspecto de la materia objeto actualmente divulgada, se proporciona un dispositivo de almacenamiento de programas no transitorio según la reivindicación 13.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de comprender mejor la materia objeto que se divulga en la presente memoria descriptiva y para ejemplificar cómo puede llevarse a cabo en la práctica, se describirán a continuación ejemplos, solamente a título de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La Fig. 1 ilustra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de navegación de un UGV, de acuerdo con ciertos ejemplos de la materia objeto divulgada;

La Fig. 2 muestra una ilustración esquemática que ejemplifica un entorno en el que un UGV tiene que navegar;

La Fig. 3 ilustra un diagrama de flujo generalizado de un procedimiento para la navegación de un UGV en presencia de obstáculos, utilizando dos mapas, de acuerdo con ciertos ejemplos de la materia objeto divulgada;

La Fig. 4 ilustra las representaciones visuales de dos mapas de un entorno, de acuerdo con ciertos ejemplos de la materia objeto divulgada actualmente;

La Fig. 5 ilustra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de navegación de un UGV que utiliza dos mapas y un sistema de navegación integrado (INS), de acuerdo con ciertos ejemplos de la materia objeto divulgada en la actualidad; y

La Fig. 6 ilustra un diagrama de flujo generalizado de un procedimiento para la navegación de un UGV en presencia de obstáculos utilizando dos mapas y un sistema de navegación integrado (INS), de acuerdo con ciertos ejemplos de la materia objeto divulgada.

Descripción detallada

5 En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión completa de la invención. Sin embargo, los expertos en la materia entenderán que la materia objeto actualmente divulgada puede practicarse sin estos detalles específicos. En otros casos, los procedimientos, procedimientos, componentes y circuitos bien conocidos no se han descrito en detalle para no oscurecer la materia objeto divulgada.

10 A menos que se indique específicamente lo contrario, como se desprende de las siguientes explicaciones, se apreciará que a lo largo de las explicaciones de la presente memoria se utilizan términos como "procesamiento", "computación", "determinación", "representación", "comparación", "generación", "evaluación", "coincidencia", "actualización", "creación" o similares, se refieren a la(s) acción(es) y/o proceso(s) de un ordenador que manipula(n) y/o transforma(n) los datos en otros datos, dichos datos representados como cantidades físicas, tales como electrónicas, y/o dichos datos que representan los objetos físicos.

15 Los términos "procesador", "ordenador", "unidad de procesamiento" o similares deben interpretarse de forma amplia para incluir cualquier tipo de dispositivo electrónico con circuitos de procesamiento de datos, que incluye un procesador informático como el que se describe a continuación (por ejemplo una unidad central de procesamiento (CPU), un microprocesador, un circuito electrónico, un circuito integrado (IC), un firmware escrito para o portado a un procesador específico, como un procesador de señales digitales (DSP), un microcontrolador, una matriz de puertas programables en campo (FPGA), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), etc.) y posiblemente una memoria de ordenador y que sea capaz de ejecutar diversas operaciones de procesamiento de datos.

20 Las operaciones de acuerdo con las enseñanzas del presente documento pueden ser realizadas por un ordenador especialmente construido para los fines deseados o por un ordenador de propósito general especialmente configurado para los fines deseados por un programa informático almacenado en un medio de almacenamiento legible por ordenador.

25 En la siguiente descripción detallada, se exponen numerosos detalles específicos con el fin de proporcionar una comprensión completa de la invención. Sin embargo, los expertos en la materia entenderán que la materia objeto divulgada actualmente puede practicarse sin estos detalles específicos. En otros casos, los métodos, procedimientos, componentes y circuitos bien conocidos no se han descrito en detalle para no ocultar la materia objeto divulgada.

30 Las Figs. 3 y 6 son diagramas de flujo que ilustran las operaciones de los respectivos procesos, de acuerdo con la materia objeto actualmente divulgada. En las realizaciones de la materia objeto divulgada actualmente, menos, más y/o diferentes etapas que las mostradas en las Figs. 3 y 6 pueden ser ejecutados. En las realizaciones de la materia objeto divulgada actualmente, una o más etapas ilustradas en las Figs. 3 y 6 pueden ejecutarse en un orden diferente y/o uno o más grupos de etapas pueden ejecutarse simultáneamente. Por ejemplo, el bloque 306 de la Fig. 3 puede ejecutarse junto o después de la ejecución del bloque 308.

35 Las Figs. 1 y 5 ilustran un esquema general de la arquitectura del sistema de acuerdo con un ejemplo de la materia objeto de la presente divulgación. Cada módulo de las Figs. 1 y 5 pueden estar formados por cualquier combinación de software, hardware y/o firmware que realice las funciones definidas y explicadas en el presente documento. Los módulos de las Figs. 1 y 5 pueden estar centralizados en un lugar o dispersos en más de un lugar. En diferentes ejemplos de la materia objeto divulgada actualmente, el sistema puede comprender menos, más y/o diferentes módulos que los mostrados en las Figs. 1 y 5.

40 El término "vehículo terrestre no tripulado" (VTN), como se utiliza en el presente documento, debe interpretarse de forma amplia para incluir cualquier tipo de vehículo que pueda ser operado de forma autónoma, por un teleoperador o por un conductor a bordo que no pueda ver el entorno y que dirija el vehículo, por ejemplo, de acuerdo con un mapa o con instrucciones de dirección explícitas. Un UGV de acuerdo con la descripción está equipado con un dispositivo de escaneo configurado para escanear el área que rodea al UGV, y un INS configurado para proporcionar datos de posicionamiento del UGV.

45 El término "dispositivo de escaneo", como se utiliza en el presente documento, debe interpretarse de forma amplia para incluir cualquier tipo de dispositivo configurado para identificar que un objeto está presente a una distancia específica y en una dirección específica en relación con el dispositivo. Entre los ejemplos de dispositivos de escaneo se incluyen, entre otros, los siguientes: escáneres láser (incluido el LIDAR), RADAR, sensor de imágenes, sonar, etc. Un dispositivo de escaneo puede escanear, por ejemplo, 360° en un plano que rodea al dispositivo, o en algún otro ángulo de escaneo menor (por ejemplo, 180°). Alternativamente, el dispositivo de escaneo puede escanear una esfera o parte de ella alrededor del UGV. Un dispositivo de escaneo puede proporcionar información para generar un mapa tridimensional del área escaneada. En algunos ejemplos, para ahorrar recursos, se puede generar un mapa de 2,5 dimensiones, como se detalla a continuación.

55 El término "mapa", como se utiliza en el presente documento, debe interpretarse de forma amplia para incluir cualquier estructura de datos que represente un área geográfica. Un mapa puede ser absoluto, es decir, comprender

5 indicaciones de coordenadas absolutas de un objeto o una ubicación, o relativo, es decir, comprender información sobre ubicaciones u objetos, independientemente de su ubicación en coordenadas absolutas. Un mapa puede representarse en un dispositivo de visualización computarizado, en papel o en cualquier otro medio tangible. En algunos ejemplos de la divulgación, se puede generar y utilizar un mapa de 2,5 dimensiones. Un mapa de 2,5
 10 dimensiones se refiere a un mapa que indique la altura mínima de un obstáculo sobre el suelo, es decir, la distancia vertical entre el suelo y el obstáculo en cada lugar del terreno. En otras palabras, se proporciona, para cada ubicación en el suelo, la altura del espacio libre sobre el suelo. Así, la información indica, para cada lugar, la altura libre para un UGV, por ejemplo la altura más baja de la copa de un árbol o de un puente en un punto determinado. Se apreciará que para los obstáculos que están en el suelo, como una casa o el tronco de un árbol, esta altura puede indicarse como cero. La altura libre puede tenerse en cuenta para la planificación de la ruta, al determinar, por ejemplo, si el UGV puede pasar por debajo de un árbol o un puente.

Se hace referencia ahora a la Fig. 1, que muestra un diagrama de bloques esquemático de un sistema de navegación de un UGV, de acuerdo con algunos ejemplos de la divulgación.

15 El UGV 100 comprende el sistema de navegación 102. Se apreciará que el sistema de navegación 102 puede comprender componentes, algunos de los cuales también pueden servir para otros propósitos, y que los componentes del sistema de navegación 102 pueden estar ubicados en diferentes partes del UGV 100. Además, el sistema de navegación 102 también puede recibir servicios de otros componentes del UGV 100 y comunicarse con ellos.

20 El sistema de navegación 102 puede comprender o estar conectado operativamente a un dispositivo de escaneo 104 configurado para escanear un área que rodea al vehículo, y proporcionar datos de salida de escaneo para generar mapas, como se describe más adelante.

25 El sistema de navegación 102 puede comprender además o estar conectado operativamente a los subsistemas de control del vehículo 112, incluyendo por ejemplo la unidad de control de la dirección, la unidad de control de la marcha, la unidad de control del acelerador, etc. Los subsistemas de control del vehículo 112 están configurados para recibir instrucciones de control del vehículo (por ejemplo, comandos de dirección) y controlar el UGV 100 en consecuencia. Las instrucciones pueden ser absolutas o relativas, por ejemplo, una instrucción absoluta puede ser "ir 20 m al norte", mientras que una instrucción relativa puede ser "continuar recto durante 20 m" o "gas 30%, régimen de guiñada 50%".

30 El sistema de navegación 102 puede comprender además una unidad de obtención de destino 116 para obtener un destino al que el UGV 100 tiene que llegar. La unidad de obtención de destino 116 puede comprender o utilizar componentes tales como, pero no limitados a, un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), una unidad de comunicación para recibir una ubicación o instrucciones de una fuente externa, una cámara y un sistema de visión computarizado para capturar imágenes del entorno e identificar en las imágenes una señal predeterminada que indique un destino objetivo. La indicación puede incluir, por ejemplo, una luz visible o invisible, un gesto predeterminado realizado por una persona o una máquina, o algo similar.

35 El UGV 100 puede comprender además un dispositivo de almacenamiento informático 120 para almacenar información como uno o más mapas, información sobre obstáculos, instrucciones de navegación o similares.

40 El sistema de navegación 102 puede además comprender o estar conectado operativamente a una o más unidades de procesamiento para controlar y ejecutar varias operaciones, como se revela en el presente documento. Cada unidad de procesamiento comprende un circuito de procesamiento respectivo que incluye al menos un procesador informático que puede estar, por ejemplo, conectado operativamente a un dispositivo de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones informáticas almacenadas en el mismo para ser ejecutadas por el procesador informático.

45 Según un ejemplo, diferentes elementos funcionales (unidades, módulos) en el sistema de navegación 102 pueden ser implementados como una unidad de procesamiento dedicada que comprende un procesador informático dedicado y un almacenamiento informático para ejecutar operaciones específicas.

Adicional o alternativamente, uno o más elementos funcionales pueden estar operativamente conectados a una unidad de procesamiento común configurada para ejecutar operaciones de acuerdo con las instrucciones almacenadas en los elementos funcionales.

50 Por ejemplo, el sistema de navegación 102 puede comprender un ordenador o unidad de procesamiento (por ejemplo, el procesador 124), que puede estar configurado para ejecutar varios módulos funcionales de acuerdo con instrucciones legibles por ordenador almacenadas en un medio no transitorio legible por ordenador (por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 120) conectado operativamente al procesador 124. A efectos ilustrativos, estos módulos funcionales se denominan en lo sucesivo como comprendidos en el procesador.

55 El procesador 124 puede comprender, a modo de ejemplo, el módulo de generación o actualización de rutas 128, el módulo de generación y actualización de mapas 132 y el módulo de generación de comandos de dirección 136.

El módulo 132 de generación o actualización de mapas puede estar configurado para recibir lecturas del dispositivo de escaneo 104 y crear o actualizar al menos un mapa grande y un mapa pequeño que representan áreas grandes y pequeñas, respectivamente, y que comprenden células que representan partes grandes y pequeñas de las áreas, respectivamente.

5 En algunos ejemplos, dado que el dispositivo de escaneo 104 escanea alrededor del UGV 100, los mapas pueden representar al UGV 100 en su centro, y representar los obstáculos en ubicaciones relativas al UGV 100. Como parte de la creación o actualización de los mapas, se puede cruzar información relacionada con uno o más obstáculos, y los obstáculos, o las células que contienen los obstáculos en cualquiera de los mapas, se pueden clasificar en consecuencia, como se detalla a continuación.

10 El módulo de generación o actualización de rutas 128 puede estar configurado para determinar una ruta desde una ubicación actual del UGV 100 hasta el destino obtenido, en la que la ruta evita los obstáculos. Según un ejemplo, la planificación de la ruta se basa generalmente en el mapa grande, pero puede utilizar información sobre los obstáculos obtenida mediante el cruce de información de los dos mapas, como se detalla a continuación.

15 El módulo de generación de comandos de dirección 126 puede ser configurado para generar comandos de dirección para controlar el UGV 100. La orden de dirección puede generarse, por ejemplo, para seguir la ruta planificada, basándose en la ruta y en la ubicación actual del UGV 100. Por ejemplo, si el UGV 100 se acerca demasiado a un obstáculo, se pueden generar comandos de dirección para mantener el UGV 100 a una distancia segura del obstáculo. El UGV 100 avanza de acuerdo con los comandos de dirección dentro del área adyacente al UGV 100. En consecuencia, en algunos ejemplos, los comandos se generan de acuerdo con ambos mapas, en los que la
20 generación de instrucciones incluye información de cruce entre los mapas, como se detalla a continuación.

Con referencia ahora a la Fig. 2, ésta muestra una ilustración esquemática de un ejemplo de un entorno en el que el UGV 200 tiene que navegar desde una ubicación actual hasta la ubicación objetivo 212. El entorno puede comprender obstáculos tales como un obstáculo positivo 204, que está por encima del nivel del suelo, un obstáculo negativo 208 que está por debajo del nivel del suelo, un obstáculo superior 205 como un árbol o un puente, un terreno escarpado 206 que puede ser, por ejemplo, una pendiente trasera, lateral o frontal. Todos estos obstáculos son no atravesables para el UGV 200 y deben ser evitados. Se apreciará que algunos objetos presentan un
25 obstáculo cuando se accede desde un lado, pero no cuando se accede desde otro. Por ejemplo, una pendiente puede suponer un obstáculo cuando se accede a ella por un lado, pero no cuando se accede por delante o por detrás.

30 Los procedimientos tradicionales de navegación dentro de un área en presencia de obstáculos incluyen la generación de un mapa del área que comprende indicaciones de obstáculos y, opcionalmente, una ubicación o destino objetivo, y el uso del mapa para planificar y seguir una ruta. Aunque el uso de un mapa de alta resolución de un área lo más grande posible (por ejemplo, la mayor área de la que se dispone de información) puede servir para los dos propósitos, la creación de dicho mapa es costosa en términos de tiempo y recursos informáticos. Debido a
35 estas limitaciones, este tipo de mapas no pueden crearse y actualizarse con la frecuencia necesaria mientras avanza el UGV. Además, la planificación de una ruta basada en estos mapas también puede requerir cálculos intensivos, debido a la gran cantidad de datos.

Así, algunos ejemplos de la divulgación incluyen la generación de un mapa pequeño y un mapa grande, y el cruce de información relacionada con los obstáculos entre los dos mapas.

40 La generación y el uso de dos mapas permite ejecutar las operaciones requeridas mientras se benefician de las ventajas de un mapa de alta resolución a pesar de los limitados recursos de procesamiento del ordenador, incluyendo, por ejemplo, el tiempo, el espacio de almacenamiento y la potencia de procesamiento. Así, en algunos ejemplos, las operaciones a mayor escala, incluyendo la planificación de una ruta, pueden realizarse utilizando un mapa de baja resolución de gran superficie, mientras que las operaciones locales, como la generación de comandos
45 de dirección (incluyendo comandos dirigidos a evitar obstáculos), se realizan utilizando un mapa de alta resolución más pequeño. Las operaciones pueden ejecutarse mediante el cruce de información entre los dos mapas.

Con referencia ahora a la Fig. 3, ésta muestra un procedimiento de navegación dentro de un área. Las operaciones se describen a continuación con referencia a los elementos de la Fig. 1, aunque esto se hace a modo de ejemplo y no debe interpretarse como una limitación.

50 En el bloque 300, se recibe información que incluye datos que caracterizan el área a atravesar, así como los parámetros operativos del UGV 100 y del sistema de navegación 102. Por ejemplo, el procesador 124 puede recibir (300) dicha información al inicio de la navegación del vehículo. Los datos pueden incluir, pero no se limitan a, el tamaño o la ubicación del área que se va a atravesar, la densidad de obstáculos, la velocidad máxima o media del UGV dentro del terreno, la distancia de escaneo, el ángulo de escaneo (360° o menor) y la resolución de escaneo
55 (por ejemplo, cada 1°, 2°, etc.) de uno o más dispositivos de escaneo comprendidos por el UGV, la velocidad máxima o esperada del UGV dentro del área, o similares. El procesador 124 puede estar configurado para determinar los parámetros de los mapas de dos o más mapas, como el tamaño del área representada por cada mapa, el tamaño de la célula del mapa para cada mapa, o similares, como se detalla a continuación. Se apreciará

que en algunos ejemplos los mapas que representan el área que rodea al UGV son cuadrados. Sin embargo, en otros ejemplos el mapa puede ser rectangular, o tener alguna otra forma.

En el bloque 302 se reciben repetidamente datos de un dispositivo de escaneo, como el dispositivo de escaneo 104 de la Fig. 1. El escáner es operado para escanear un área alrededor del vehículo y generar datos de salida de escaneo, comprendiendo una o más lecturas de distancias del UGV a objetos en cualquier dirección. Un procesador, como el procesador 124, puede recibir la salida de datos de escaneo. El escáner se acciona para proporcionar las lecturas repetidamente, a un ritmo que depende de las capacidades del dispositivo, la configuración del usuario, o similares. Las lecturas pueden recibirse para un ciclo completo (360°) alrededor del dispositivo, o para un ángulo menor, como 180°, 270°, o similar. Las lecturas pueden recibirse con una resolución predefinida, como por ejemplo cada 0,5°, cada 1°, cada 2° o similar, en horizontal y en vertical. Se apreciará que los datos de salida del escaneo pueden recibirse de múltiples escáneres conectados operativamente al UGV, que pueden combinarse para generar los mapas. Se apreciará que la altura de varios objetos en el área del UGV puede determinarse a partir de las lecturas en varias direcciones verticales, proporcionando así información tridimensional. Sin embargo, para ahorrar recursos, se puede generar, actualizar y utilizar un mapa de 2,5 dimensiones, como se ha detallado anteriormente.

En los bloques 306 y 308, un mapa grande y un mapa pequeño, respectivamente, pueden ser generados cuando se reciben las primeras lecturas, y luego re-generados o actualizados al recibir lecturas posteriores. Se apreciará que los mapas pueden ser generados o actualizados alternativamente en el orden inverso o simultáneamente. Los mapas pueden ser generados o actualizados en base a los datos de salida del escaneo, por ejemplo, por el procesador 124 que ejecuta el módulo 132 de generación o actualización de mapas. Se apreciará que los mapas se generan inicialmente en base a los datos de salida de escaneo recibidos del escáner 104, después de lo cual los mapas pueden ser actualizados en base a otros datos de salida de escaneo. Según algunos ejemplos, cada mapa puede generarse y actualizarse de forma que esté centrado alrededor del UGV y las ubicaciones de los obstáculos en la zona del UGV se indiquen en relación con el UGV. Se apreciará que la generación de mapas también puede utilizar información adicional, como carreteras existentes, información sobre áreas que pueden o no pueden ser atravesadas, información obtenida del análisis de imágenes, información que indica si ciertos objetos son obstáculos o no, o similares, que pueden ser obtenidos de otras fuentes.

Cada mapa puede comprender una cuadrícula de células, en la que cada célula representa parte del área del mapa. Según algunos ejemplos, cada célula se clasifica en una de las siguientes clases, como mínimo: célula no atravesable (es decir, que representa una zona que incluye un obstáculo o una parte del mismo que debe evitarse); y célula atravesable (es decir, que representa una zona que no incluye un obstáculo). En algunos ejemplos, una célula también puede clasificarse como desconocida.

Se apreciará que inicialmente todas las células pueden ser clasificadas como desconocidas. A medida que el UGV se acerca a las zonas representadas por las células desconocidas, su clase puede volverse reconocida y entonces se pueden clasificar en atravesables o no atravesables. Por otra parte, en algunos ejemplos, la determinación de si un área representada por una célula con clase desconocida es atravesable o no, puede basarse en la tarea específica a realizar, u otros factores.

Una célula se clasifica de acuerdo con las lecturas relacionadas con las ubicaciones representadas por la célula. En algunos ejemplos, una lectura del escáner, que indica un obstáculo dentro de un área representada por una célula, hace que toda la célula sea no atravesable. En otros ejemplos, puede ser necesaria una multiplicidad de estas lecturas para que la célula sea no atravesable, de manera que se eviten las falsas indicaciones resultantes del ruido. Se apreciará que en otros ejemplos se pueden aplicar otros criterios para clasificar una célula como atravesable o no atravesable. Sin embargo, una célula clasificada como atravesable garantiza que el área representada por la célula está libre de obstáculos.

En algunos ejemplos, las lecturas pueden ser recibidas desde múltiples escáneres e integradas. En estos casos, un área puede ser indicada como no atravesable con o sin respecto al número de escáneres que proporcionan lecturas relacionadas con el área representada por la célula.

En algunos ejemplos, la información adicional puede ser asociada con una o más células en cualquiera de los mapas, o con obstáculos si la representación interna también mantiene una colección de obstáculos. Por ejemplo, una célula u obstáculo no atravesable puede asociarse con una indicación de tamaño, por ejemplo diminuto, pequeño, mediano, grande y enorme, o cualquier otra escala, en la que la indicación de tamaño puede determinarse de acuerdo con el área del obstáculo, al menos una dimensión del obstáculo, o una combinación de las mismas. En un ejemplo no limitativo, se puede asignar una indicación de objeto diminuto a un objeto que tenga un área hasta el área de una célula pequeña (es decir, célula del mapa pequeño), se puede asignar una indicación de objeto pequeño a un objeto que tenga un área hasta el área de una célula grande (es decir, célula del mapa grande), se puede asignar una indicación de objeto mediano a un objeto que tenga un área hasta el área de cuatro (2*2 o 1*4) células grandes, se puede asignar una indicación de objeto grande a un objeto que tenga un área de hasta el área de (3*3, 4*2 o similares) nueve células grandes, y se puede asignar una indicación de objeto enorme a cualquier objeto que ocupe un área de más de nueve células grandes. No obstante, se apreciará que se pueden utilizar otros esquemas de indicación, como pequeño, mediano y grande. Se apreciará además que las indicaciones pueden variar de acuerdo con el tipo de vehículo, la resolución disponible, el terreno, la tarea a realizar, o similares.

- Se apreciará que la indicación de tamaño asociada a un obstáculo puede ser determinada por el tamaño total de las células indicadas como no atravesables en uno o más de los mapas. Por ejemplo, un obstáculo que ocupe al menos 3*3 células en el mapa grande puede considerarse un obstáculo enorme basándose únicamente en el mapa grande; un obstáculo que ocupe una célula situada en un borde del mapa pequeño puede indicarse como pequeño, mediano, grande o incluso enorme si ocupa dos o más células en el mapa grande, dependiendo del número de células que ocupe en el mapa grande; un objeto que ocupe una célula en el mapa grande puede indicarse como diminuto o pequeño si ocupa una o dos células en el mapa pequeño, respectivamente, o similares. El tamaño puede ser determinado, mantenido en asociación con el obstáculo, y reutilizado cuando se construyan otros mapas, de tal manera que se pueden evitar algunos cálculos en tiempo real. Así, por ejemplo, aunque se muestre una pequeña porción de un obstáculo en un borde del mapa, se puede disponer de una indicación de que el objeto es grande, y viceversa: un objeto que ocupe una, dos o más células en el mapa grande puede seguir siendo diminuto o pequeño, por ejemplo si el obstáculo está situado en el borde de dos o más células, o en una esquina de cuatro células.
- En algunos ejemplos, los obstáculos o las células que comprenden obstáculos también pueden clasificarse en tipos, basándose en la forma del obstáculo o en conocimientos predeterminados. Por ejemplo, un obstáculo que tenga una superficie pequeña pero una altura importante puede clasificarse como columna. Los obstáculos también pueden clasificarse en función de si son positivos, es decir, por encima del nivel del suelo, o negativos, es decir, por debajo del nivel del suelo, como una zanja.
- En algunos ejemplos, el mapa grande puede representar un área de 50-200 metros en cada dimensión, y cada célula puede representar un área de unos 40-100 cm en cada dimensión.
- En algunos ejemplos, el mapa pequeño puede representar un área de 5-30 metros en cada dimensión, y cada célula puede representar un área de unos 10-30 cm en cada dimensión.
- En algunos ejemplos, ambos mapas están centrados alrededor del UGV, por lo que el área representada por el mapa pequeño está generalmente representada también por el mapa grande, pero con una resolución más gruesa.
- Se hace referencia ahora también a la Fig. 4, que muestra un par de mapas 400 y 400' de acuerdo con un ejemplo no limitante presentado con el fin de demostrar ciertos principios de la materia objeto actualmente divulgada. El mapa 400 representa un área, de tamaño por ejemplo cualquiera de: 5 m*5 m, 12 m*12 m, 24 m*24 m o similares, en la que cada célula representa un área de cualquiera de: 0,1*0,1 m, 0,2*0,2 m, o similares. El "mapa 400" representa una zona más amplia, por ejemplo cualquiera de: 30 m*30 m, 50 m*50 m, 70 m*70 m, o similares, en la que cada célula representa un área de cualquiera de: 0,5*0,5 m, 0,8*0,8 m, o similares.
- En el ejemplo no limitativo de la Fig. 4, cada célula del mapa 400' se representa como cuatro (2*2) células en el mapa 400. Así, el mapa 400 representa una zona más pequeña con una resolución más fina que el mapa 400'. El área cubierta por el mapa 400 se muestra en el mapa 400' como área 422, como también indican las líneas discontinuas.
- Los mapas 400 y 400' pueden crearse, como se ha descrito en asociación con los bloques 306 y 308 anteriores, basándose en las lecturas proporcionadas por el dispositivo de escaneo, y representan las áreas respectivas en un momento determinado. Se apreciará que en otros momentos, debido a nuevas lecturas obtenidas después de que el UGV se haya movido, los obstáculos pueden estar localizados en diferentes lugares con respecto al UGV. Algunos obstáculos, como las personas o los animales, pueden aparecer o desaparecer en los mapas posteriores.
- Los mapas 400 y 400' están centrados alrededor del UGV 404, y muestran los obstáculos en las áreas respectivas. Los obstáculos representados como áreas 408, 412, 416, 420, 424 y 428 del mapa 400 se muestran también en el mapa 400' como áreas 408', 412', 416', 420', 424' y 428', respectivamente. Se apreciará que los obstáculos se representan como células, en las que cada célula de cada mapa se indica como atravesable o no atravesable. De acuerdo con la materia objeto divulgada actualmente, se implementa una regla de "todo o nada" que define que un obstáculo ubicado dentro del área de una célula hace que toda la célula sea no atravesable, incluso si el obstáculo cubre sólo una parte del área de la célula. Por lo tanto, incluso un obstáculo que sea significativamente menor que el tamaño del área representada por una célula hará que al menos una célula se indique como no atravesable. Debido a esta discretización, los tamaños de los obstáculos en los mapas 400 y 400' no son necesariamente proporcionales, y a veces ni siquiera tienen la misma forma. Por ejemplo, un pequeño obstáculo que se encuentre en una célula del mapa pequeño hará que esa célula pequeña se indique como no atravesable, mientras que el mismo obstáculo, cuando se encuentre en la esquina de cuatro células y se superponga parcialmente a cuatro células del mapa grande, hará que las cuatro células grandes se clasifiquen como no atravesables. Se apreciará que también es posible el caso opuesto, en el que un obstáculo se encuentra dentro de una célula grande, pero en la esquina de cuatro células pequeñas. Además, si el obstáculo está situado en la frontera entre dos células pequeñas (que cubren una parte del área de cada célula), las dos células pequeñas se indicarán como no atravesables, lo que dará lugar a proporciones diferentes para el obstáculo en los dos mapas. Por ejemplo, un obstáculo representado en la frontera de dos células pequeñas tendrá forma de rectángulo, mientras que el mismo obstáculo cuando se encuentre dentro de una célula grande tendrá forma de cuadrado. En otro ejemplo, como resultado de la regla de "todo o nada", un obstáculo que cubra una sola célula 428 en el mapa pequeño, también puede hacer que una célula única

correspondiente 428' en el mapa grande sea clasificada como no atravesable. El cruce de información entre los dos mapas mostrará que el obstáculo real es menor que el área de una célula en el mapa grande.

5 El mapa 400 puede utilizarse para planificar una ruta hacia un destino, en la que se deben evitar los obstáculos. Los comandos para dirigir el UGV pueden entonces ser proporcionados basados en el mapa 400', sobre los cambios rastreados en la ubicación del UGV.

La planificación de la ruta y la generación de los comandos pueden incluir información de cruce (bloque 310) entre los mapas de una o más maneras, como se detalla a continuación.

10 El cruce de la información (bloque 310) puede ser realizado por el procesador 124 durante la ejecución del módulo 132 de generación o actualización de mapas. Alternativamente, la operación descrita con referencia al bloque 310 puede realizarse como parte de otras operaciones descritas con referencia a otros bloques como el bloque 318 o el bloque 320, que se detallan a continuación.

El cruce de la información entre los mapas puede incluir la asociación de uno o más obstáculos con atributos, basándose en la información del mapa grande y del mapa pequeño.

15 Por ejemplo, el tamaño de un obstáculo representado por una sola célula no atravesable en el mapa grande puede determinarse como menor que el tamaño de la célula del mapa grande, si está representado por una o más células en el segundo mapa que cubren un área que es menor que el área de la célula grande. Por ejemplo, si el obstáculo está representado en el mapa pequeño por una única célula no atravesable (cuya ubicación se solapa con la del obstáculo en el mapa grande), entonces el obstáculo tiene un tamaño igual o menor que una célula pequeña. En estos casos, el obstáculo puede ser tratado de forma diferente, por ejemplo, ignorado o superado, o el vehículo puede posiblemente pasar por encima de una zona que forma parte de la célula grande sin chocar con el obstáculo.

25 Se apreciará que la comparación del tamaño del obstáculo entre los mapas también puede realizarse para los obstáculos que toman dos bloques del mapa grande que tienen un borde común, en el que el obstáculo se encuentra en el borde y tiene una superposición parcial con el área representada por cada célula. Del mismo modo, un obstáculo puede situarse en una esquina común a tres o cuatro células del mapa grande y ocupar parte del área representada por cada célula. Así, en este caso, un obstáculo o una célula del mapa grande pueden clasificarse como diminutos si su tamaño está representado como máximo por una sola célula del mapa pequeño, o pequeños si su tamaño está representado como máximo por una sola célula del mapa grande. Se apreciará que se pueden considerar otros atributos, por ejemplo, la altura del obstáculo, por ejemplo, una caja con una altura de 20 cm puede ser ignorada, mientras que un poste de tres metros no puede ser ignorado.

30 En otro ejemplo, un obstáculo representado como una o más células no atravesables ubicadas en un borde del mapa pequeño, por ejemplo en la primera o última fila o columna de células del mapa pequeño, puede determinarse que es mayor que el área del obstáculo, según se infiere del mapa pequeño. Dicha indicación puede deducirse de una o más células no atravesables del mapa grande que representan zonas adyacentes a la(s) célula(s) pequeña(s) correspondiente(s). Así, en este ejemplo, un obstáculo o una célula del mapa pequeño puede indicarse como un obstáculo grande.

40 Con referencia de nuevo a la Fig. 3, en el bloque 312, un destino al que el UGV tiene que llegar, puede ser obtenido, por ejemplo por el procesador 124. El destino puede representarse como coordenadas absolutas o relativas. El destino puede obtenerse, por ejemplo, a través de un canal de comunicación. Alternativamente, el destino puede obtenerse mediante la búsqueda manual o automática y la identificación de una señal predeterminada que indique el destino. La señal predeterminada puede ser, por ejemplo, un puntero que emite luz visible o invisible, un lugar en el que una persona o una máquina realiza un gesto predeterminado, o algo similar. Se apreciará que las opciones mencionadas se proporcionan sólo a modo de ejemplo y cualquier otro procedimiento de obtención de un destino puede ser utilizado en su lugar. En algunos ejemplos, el destino puede cambiar durante la navegación.

45 En el bloque 316, se puede obtener una ubicación del UGV, por ejemplo de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) o de otra fuente, por ejemplo un Sistema de Navegación Inercial (INS) asociado al UGV.

En el bloque 318, se actualiza o genera una ruta desde la ubicación actual hasta el destino al que tiene que llegar el UGV, por ejemplo utilizando el mapa grande e información adicional, incluyendo indicaciones obtenidas al cruzar el mapa grande con el mapa pequeño, como indicaciones de un obstáculo pequeño. La generación o actualización de la ruta puede ser realizada por el procesador 124.

50 La ruta puede determinarse de manera que se eviten los obstáculos indicados en los mapas por las células no atravesables. La determinación de la ruta también puede tener en cuenta los objetos peligrosos determinados a partir de un mapa de 2,5 dimensiones, por ejemplo, las pendientes pronunciadas o peligrosas. Sin embargo, la determinación de la ruta también puede realizarse sobre un mapa bidimensional o tridimensional. La determinación de la ruta también puede tener en cuenta objetos como las pendientes. Las pendientes pueden constituir una pendiente atravesable cuando se accede a ellas desde una o varias direcciones, por ejemplo la dirección de ascenso o de descenso, y un obstáculo no atravesable cuando se accede a ellas desde el lateral, dirección desde la que la pendiente puede constituir una pendiente peligrosa.

El bloque 128 de generación o actualización de rutas puede utilizar cualquier procedimiento de planificación de rutas que se conozca actualmente o que se conozca en el futuro. La ruta puede incluir uno o más puntos de paso. La determinación de la ruta puede tener en cuenta datos adicionales que caracterizan el entorno, como las carreteras existentes que deben utilizarse o evitarse para que no sean dañadas por el UGV.

- 5 La ruta puede ser actualizada en respuesta a nuevos datos de salida de escaneo recibidos del dispositivo de escaneo, en respuesta a la actualización en el destino, o en respuesta a la actualización en la ubicación del UGV.

En el bloque 320 se generan comandos de dirección para el UGV, con el fin de que el UGV siga la ruta planificada. Los comandos de dirección pueden generarse en respuesta a la actualización de la ubicación del UGV, que puede ser de mayor frecuencia que las actualizaciones del mapa, por ejemplo cada 2-50 milisegundos. De este modo, se puede generar una orden de dirección cada vez que se reciba una indicación de la ubicación del UGV, desde un sistema GPS o cualquier otra fuente, como se indica a continuación. Así, se pueden generar uno o más comandos de dirección para cada actualización del mapa. Durante la generación de los comandos de dirección, se pueden tener en cuenta las zonas adyacentes al UGV, por lo que los comandos se pueden determinar basándose en el pequeño mapa. Sin embargo, la generación de los comandos puede considerar las indicaciones de "obstáculos grandes" que pueden asociarse a uno o más obstáculos situados en un borde del mapa pequeño, cuyas indicaciones se obtienen cruzando información con el mapa grande.

El subsistema de control del vehículo puede entonces dirigir el UGV de acuerdo con los comandos.

Se apreciará que el procedimiento divulgado también puede utilizarse con más de dos mapas, en los que cada tarea del UGV utiliza un mapa del tamaño y resolución adecuados, y la información puede cruzarse entre dos mapas diferentes.

En algunos ejemplos, la materia objeto divulgada puede utilizarse para navegar un UGV utilizando un enfoque híbrido. En el enfoque híbrido, se genera o se actualiza la ruta del UGV utilizando un mapa grande del entorno e información cruzada con un mapa pequeño, como se ha detallado anteriormente. La ubicación del UGV se obtiene repetidamente de un sistema de navegación inercial (INS) implementado como parte del sistema de navegación 102, o montado de otra manera en el UGV. Los datos del INS pueden incluir información sobre un cambio en la posición, la velocidad y la aceleración del UGV desde una lectura anterior, lo que permite a un procesador determinar una ubicación actualizada del UGV en relación con los obstáculos. Basándose en la ruta y en la ubicación actualizada, se pueden generar comandos de dirección para hacer avanzar el UGV de forma segura. Según algunos ejemplos, los comandos se generan en base al mapa pequeño, con información cruzada con el mapa grande.

El INS permite evitar los problemas de otros dispositivos de obtención de la localización, como el GPS, que no es suficientemente preciso y sufre discontinuidades que pueden provocar colisiones con obstáculos o entrar en zonas no atravesables. En caso de que las lecturas del INS se reciban a una frecuencia mayor que las lecturas del dispositivo de escaneo, la ubicación del UGV en relación con los obstáculos puede actualizarse con mayor frecuencia que las actualizaciones del mapa. En estos casos se pueden generar los comandos de dirección para ajustar mejor el avance del UGV dentro de la zona. Por ejemplo, si las lecturas del INS indican que el UGV está a una distancia menor que un umbral de un obstáculo, se puede proporcionar un comando de dirección que mantenga al UGV a una distancia segura del obstáculo.

El tamaño de la célula de las células en cada mapa puede seleccionarse para que sea mayor que la deriva máxima que puede producirse al calcular las ubicaciones basadas en el INS durante la travesía a lo largo de alguna distancia predefinida (denominada en el presente documento "enfoque de navegación inercial libre"; el enfoque de navegación inercial libre también se describe en la solicitud de patente PCT/IL2018/050208 del Solicitante de fecha 22 de febrero de 2018). Según un ejemplo, la distancia predefinida es una distancia que equivale a la mitad del tamaño del borde del área representada por el mapa asociado (suponiendo que el UGV está situado en el centro del mapa). Por ejemplo, si el mapa grande representa un área de 70 m por 70 m, una desviación de un grado en la mitad de la longitud del mapa (35 m) equivale a unos 61 cm, ($35 \cdot \tan(1) = 0,61$). Por lo tanto, si se selecciona un tamaño de célula superior a 61 cm para el mapa grande, la presencia de un obstáculo, incluso un obstáculo inferior a 61 cm, hace que una o más células del mapa grande en las que está comprendida al menos una parte del objeto, sean no atravesables. Por lo tanto, dado que todos los obstáculos se representan relativamente al UGV, y en el que cada célula de cada mapa es mayor que la posible deriva sobre la mitad del tamaño del mapa, entonces incluso sin actualizar partes del mapa mientras el UGV avanza, que es una suposición más estricta que la situación esperada, el UGV puede navegar con seguridad sin colisionar con los obstáculos a pesar de la deriva inherente del INS.

En algunos ejemplos, el mapa pequeño representa un área de 24 m por 24 m, en la que una desviación de un grado sobre la mitad de la longitud del mapa (12 m) asciende a unos 61 cm, ($35 \cdot \tan(1) = 0,21$). Por lo tanto, cada célula puede representar un área de aproximadamente 21 cm por 21 cm.

55 En otros ejemplos, el tamaño de la célula puede seleccionarse de acuerdo con otras condiciones, como la deriva máxima sobre un tamaño completo del mapa, o de acuerdo con otras consideraciones.

- Aunque teóricamente, y bajo el supuesto de que no se tienen en cuenta las limitaciones de recursos como el tiempo y la capacidad de procesamiento, se puede realizar una planificación de la ruta y una navegación precisas utilizando un mapa grande con alta resolución. Esto no es posible cuando se utiliza el enfoque libre-inercial: dado que el área de cada célula en el mapa se determina basándose en la deriva del INS a lo largo de una determinada distancia, el tamaño predefinido de la célula establece un límite en la resolución del mapa. Por lo tanto, reducir el tamaño de las células para aumentar la resolución del mapa sólo puede hacerse si el tamaño del mapa también se reduce. Por lo tanto, se requiere una combinación de mapas grandes y pequeños, como se ha descrito anteriormente, para remediar las deficiencias de cualquier mapa y proporcionar una resolución deseada, así como cubrir un área cartografiada deseada (por ejemplo, 70 m).
- En algunos ejemplos, los mapas se actualizan constantemente, de manera que con cada actualización el UGV permanece en el centro de cada mapa, mientras que las ubicaciones de los obstáculos en el área cambian en relación con el UGV. A medida que el UGV avanza dentro de la zona, las zonas periféricas de cada mapa en los lados hacia los que avanza el UGV se acercan al centro, y las nuevas zonas se cartografían y se añaden al mapa, mientras que las zonas periféricas del mapa en los otros lados no se representan en el mapa actualizado, ya que la zona cubierta ya no las incluye.
- Se hace referencia ahora a la Fig. 5, que muestra un sistema de navegación de un UGV que utiliza dos mapas y un INS, de acuerdo con algunos ejemplos de la divulgación.
- De forma análoga a la Fig. 1, el UGV 500 comprende el sistema de navegación 502. El sistema de navegación 502, de forma similar al sistema de navegación 102, comprende el dispositivo de escaneo 104, los subsistemas de control del vehículo 112, la unidad de obtención de destino 116, el dispositivo de almacenamiento 120 y el procesador 124.
- El UGV 500 puede comprender además una unidad de medición inercial (IMU) 510 que proporciona datos de aceleración del UGV, y un sistema de medición inercial 514 que rastrea la posición, velocidad y orientación de un objeto basándose en los datos de salida de la IMU. En algunos ejemplos, el INS 514 comprende la IMU 510 para formar un sistema de navegación autónomo que utiliza las mediciones proporcionadas por la IMU 510 para rastrear la posición, la velocidad y la orientación de un objeto en relación con una posición, orientación y velocidad iniciales.
- El procesador 124, además del módulo de generación/actualización de rutas 128 y el módulo de generación de comandos de dirección 136 detallados en asociación con la Fig. 1 anterior, también puede comprender el módulo de cálculo de ubicación actualizada 526 para determinar la ubicación del UGV en relación con los obstáculos, basándose en una ubicación relativa anterior y el cambio en la ubicación como se recibe de INS 514. El módulo 532 de generación/actualización de mapas relativos es análogo al módulo 132 de generación/actualización de mapas de la Fig. 1, en el que los mapas se centran alrededor del UGV 500 y los obstáculos se indican en ubicaciones relativas al UGV 500.
- Se hace referencia ahora a la Fig. 6, que muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de navegación de un UGV usando dos mapas y un INS en presencia de obstáculos, de acuerdo con algunos ejemplos de la divulgación.
- De forma análoga a la Fig. 3 anterior, en el bloque 300 se puede recibir información que incluya datos que caractericen el área que se va a atravesar, así como los parámetros operativos del UGV 500 y del sistema de navegación 502, por ejemplo por un procesador como el procesador 124.
- En el bloque 302, la salida de escaneo de datos que comprende una o más lecturas de distancias desde el UGV al objeto más cercano en cualquier dirección particular puede ser recibida desde el dispositivo de escaneo 104. El dispositivo de escaneo 104 puede ser operado por el procesador 124, por un reloj interno, o por cualquier otro componente para realizar las operaciones de escaneo. Los datos se reciben repetidamente a medida que se proporcionan nuevas lecturas.
- En los bloques 606, 608, al menos un mapa relativo grande y un mapa relativo pequeño del área pueden ser generados o actualizados por el módulo de generación/actualización de mapas relativos 532, como se detalla en asociación con los bloques 306, 308 de la Fig. 3, anterior. Los mapas son relativos, de manera que el UGV se encuentra en su centro, por lo que la zona representada por el mapa pequeño está incluida en la zona representada por el mapa grande.
- El tamaño del área representada por el mapa grande puede determinarse de acuerdo con el alcance y la precisión del dispositivo de escaneo. Por ejemplo, un intervalo de escaneo de 35 m en cada dirección con una precisión apropiada para el terreno y la tarea, proporciona un gran mapa que representa un cuadrado con un borde del doble de la distancia de escaneo, es decir, 70 m.
- Para que el mapa pequeño proporcione una resolución significativamente mayor, el tamaño de la célula del mapa pequeño puede seleccionarse, por ejemplo, para que sea de 0,1 m*0,1 m, y el mapa pequeño puede cubrir un área de 14 m*14 m.
- En algunos ejemplos adicionales, el cuadrado obtenido de acuerdo con el borde calculado de cualquiera de los mapas puede aumentarse aún más de la siguiente manera: el escáner generalmente proporciona lecturas alrededor

del UGV, por lo que se puede definir un círculo para el cuadrado. Entonces, como los mapas redondos pueden ser inconvenientes, se puede definir un cuadrado de circunferencia para el círculo. El tamaño de la arista del mapa se puede ajustar al tamaño de la arista de la circunferencia. Esto equivale a multiplicar la distancia obtenida por la raíz cuadrada de dos, es decir, aproximadamente 1,41. La tasa de actualización de las instrucciones puede ajustarse en función de la distancia de frenado del UGV en el terreno específico.

Se apreciará, sin embargo, que el tamaño del área representada por cualquiera de los mapas puede determinarse de acuerdo con parámetros adicionales o diferentes, tales como el tamaño del área a ser atravesada, el intervalo de escaneo y la precisión del dispositivo de escaneo, la deriva del INS, las capacidades de cálculo disponibles para el UGV, u otros factores. Según algunos ejemplos, el tamaño del área representada por el mapa grande es del orden de magnitud de decenas de metros, como por ejemplo de 50 m a 200 m en cada dimensión, comandos, y el tamaño del área representada por el mapa pequeño es del orden de magnitud de decenas de metros, como por ejemplo de 5 m a 30 m en cada dimensión.

En el bloque 310, la información puede ser cruzada entre el mapa grande y el mapa pequeño, por ejemplo por uno o más de los módulos de generación/actualización de mapas relativos 532, el módulo de generación/actualización de ruta 128 o el módulo de generación de comandos de dirección 136. El cruce de la información puede comprender la asociación de información adicional con respecto a una o más células u obstáculos. En un ejemplo, una indicación de obstáculo pequeño puede asociarse con un obstáculo que se superpone con áreas representadas por hasta cuatro células en el mapa grande, en el que la indicación se determina en base al tamaño del obstáculo como se indica en el mapa pequeño. En otro ejemplo, un objeto que ocupa una sola célula en un borde del mapa pequeño puede indicarse como un objeto mayor si partes del mismo están contenidas en dos o más células del mapa grande, en cuyo caso parece un obstáculo de una sola célula en el mapa pequeño sólo debido al área de cobertura del mapa relativamente pequeña.

La combinación de los dos mapas proporciona datos cartográficos más precisos del área circundante que permiten la generación de comandos de dirección más precisos para maniobrar el vehículo.

En el bloque 312, se puede obtener un destino al que llegar, como se ha revelado en asociación con la Fig. 3 anterior.

En el bloque 610, se reciben una o más lecturas del INS 514 (por ejemplo, recibidas por el procesador 124), indicando una ubicación actual del UGV en relación con una ubicación anterior. Las lecturas pueden ser proporcionadas por el INS 514 a un ritmo que depende de las capacidades del INS 514, de los ajustes del usuario o de otros aspectos similares.

En el bloque 614, la ubicación de las áreas representadas en el mapa por células no atravesables en relación con el UGV se actualiza (por ejemplo, por el procesador 124) de acuerdo con los datos INS. Aunque la actualización de la ubicación se refiere al UGV, se apreciará que la actualización de la ubicación del UGV en relación con las células puede realizarse manteniendo la ubicación del UGV y actualizando la ubicación relativa de las células.

En caso de que un obstáculo que ha sido identificado en un escaneo anterior no sea detectado en el último escaneo, debido por ejemplo a la proximidad entre el obstáculo y el UGV, la ubicación actualizada del obstáculo en relación con el UGV puede aún ser determinada en base a su ubicación previamente determinada y de acuerdo con los datos INS actualizados. La ubicación relativa puede utilizarse en la actualización de los mapas (bloques 606, 608).

En el bloque 316 se puede generar o actualizar la ruta hacia el destino que evita los obstáculos, por ejemplo por el módulo 128 de generación/actualización de la ruta. El recorrido puede basarse en el mapa grande, con la información cruzada con el mapa pequeño. Por ejemplo, un pequeño obstáculo puede ser ignorado por la ruta. La generación o actualización de la ruta puede, por tanto, utilizar los mapas, el destino y la ubicación actualizada del UGV en relación con los obstáculos, como se ha determinado en el bloque 614.

En el bloque 320, se genera repetidamente el comando de dirección basado en la ruta y la ubicación actualizada, por ejemplo por el módulo de generación de comandos de dirección 136. Los comandos de dirección pueden generarse cada vez que se genere o actualice un mapa, o en cada actualización de la ubicación del UGV. Los comandos de dirección pueden determinarse de acuerdo con el mapa pequeño, mientras se tiene en cuenta la información cruzada con el mapa grande.

Un módulo de dirección del UGV puede dirigir el UGV de acuerdo con la ruta global actualizada mediante los subsistemas de control del vehículo 112.

Se apreciará que cualquiera de los dos ciclos de obtención del destino, recepción de las lecturas del dispositivo de escaneo y recepción de las lecturas de la IMU, pueden, o no, estar sincronizados. A modo de ejemplo no limitativo, las lecturas del dispositivo de escaneo pueden obtenerse cada 10-500 milisegundos, por ejemplo, 25 milisegundos, y las lecturas de la IMU pueden obtenerse cada 2-50 milisegundos, por ejemplo, 20 milisegundos. Los comandos de dirección pueden emitirse, por ejemplo, a 2-20Hz.

Se hace notar que las enseñanzas de la materia objeto actualmente divulgada no están limitadas por lo descrito con referencia a los componentes descritos en la Fig. 1 y la Fig. 5, y a los bloques descritos en la Fig. 3 y la Fig. 6. La funcionalidad equivalente y/o modificada puede ser consolidada o dividida de otra manera y puede ser implementada en cualquier orden o combinación apropiada de software, firmware y hardware y ejecutada en un dispositivo adecuado.

5

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de navegación para un vehículo terrestre no tripulado (UGV) (100) dentro de un área, el procedimiento comprende:

5 operar un procesador (124) para generar, basándose en los datos de salida del escaneo recibidos de un dispositivo de escaneo (104), un primer mapa de un área que rodea al UGV (100) y que comprende un primer grupo de células, **caracterizadas por** un primer tamaño; el procedimiento **caracterizado por**:

10 operar el procesador (124) para generar, basándose en los datos de salida de escaneo y simultáneamente con la generación del primer mapa, un segundo mapa de la zona que rodea al UGV (100), que es más pequeño que el primer mapa y que comprende un segundo grupo de células, cada una del segundo grupo de células **caracterizada por** tener un segundo tamaño más pequeño que el primer tamaño; el segundo mapa se superpone, al menos en parte, al primer mapa; en el que las células del primer grupo de células y del segundo grupo de células se clasifican en una clase seleccionada entre al menos dos clases, que comprenden las atravesables y las no atravesables;

15 operar el procesador (124) para generar datos deducidos basados en el cruce entre células del primer mapa y del segundo mapa, comprendiendo el cruce:

20 cruce entre una o más células del primer grupo de células que se clasifica como no atravesable y una o más células correspondientes del segundo grupo de células, en el que los datos deducidos son indicativos de si un tamaño de un área no atravesable representada por al menos una célula del primer grupo de células incluye un área que es menor que el tamaño de la al menos una célula del primer grupo de células;

25 cruce entre una o más células del segundo grupo de células que se clasifica como no atravesable y una o más células correspondientes del primer grupo de células, en el que los datos deducidos son indicativos de si un tamaño de un área no atravesable representada por la al menos una célula del segundo grupo es mayor que el tamaño de la al menos una célula del segundo grupo; y generar instrucciones de navegación para navegar el UGV (100) evitando la colisión con uno o más obstáculos asociados a la zona no atravesable, utilizando los datos deducidos.

30 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los datos deducidos incluyen datos que asocian uno o más atributos a uno o más obstáculos detectados en la zona y en el que los atributos incluyen la indicación del tamaño asignado a los uno o más obstáculos.

35 3. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende además: navegar el UGV (100) basándose en los datos del sistema de navegación inercial (INS) obtenidos por un INS a bordo del UGV (100); en el que el primer tamaño se selecciona para que sea mayor que los valores de deriva acumulados del INS a lo largo de una distancia predefinida.

4. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende además:

40 recibir datos INS indicativos de una ubicación actual del UGV (100) en relación con una ubicación anterior; actualizar la ubicación del UGV (100) en relación con las células no atravesables en el primer mapa y en el segundo mapa; y navegar el UGV (100) de acuerdo con los datos deducidos.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la navegación del UGV (100) se realiza de acuerdo con al menos el segundo mapa y los datos generados por el cruce entre las células del primer mapa y el segundo mapa.

45 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el primer mapa o el segundo mapa se genera mediante la acumulación de datos de salida de escaneo en una dirección de avance del UGV (100) a medida que el UGV (100) avanza en el área, y omitiendo la representación de áreas en una dirección opuesta más allá de un intervalo de escaneo.

7. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

50 obtener repetidamente una ruta hacia un destino del UGV (100); y actualizar la ruta utilizando el mapa grande y el mapa pequeño, en el que la ruta se determina para evitar las células no atravesables.

8. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que se determina que la distancia predefinida sea igual a una cualquiera de:

i. una dimensión de la zona representada por el primer mapa; y

- ii. una parte de una dimensión de la zona representada por el primer mapa.
- iii. un valor que supere la distancia máxima que se espera que recorra el UGV (100) entre actualizaciones consecutivas del mapa.

9. Un sistema montable en un vehículo terrestre no tripulado (UGV (100)), el sistema comprende:

5 un dispositivo de escaneo (104) para escanear un área que rodea al UGV (100), para así proporcionar datos de salida de escaneo que proporcionan información sobre las distancias entre los objetos en el área y el UGV (100) en una multiplicidad de direcciones;

el sistema **caracterizado por**: un procesador (124) configurado para:

10 generar, basándose en los datos de salida de escaneo recibidos del dispositivo de escaneo (104), un primer mapa de un área que rodea al UGV (100) que comprende un primer grupo de células **caracterizadas por** un primer tamaño;

15 generar, basándose en los datos de salida del escaneo y simultáneamente con la generación del primer mapa, un segundo mapa de la zona que rodea al UGV (100), que es más pequeño que el primer mapa y que comprende un segundo grupo de células, cada una de las células del segundo grupo **se caracteriza por** un segundo tamaño más pequeño que el primero; el segundo mapa se superpone, al menos en parte, al primer mapa;

en el que las células del primer grupo de células y del segundo grupo de células se clasifican en una clase seleccionada entre al menos dos clases, que comprenden las atravesables y las no atravesables;

20 generar datos deducidos basados en el cruce entre las células del primer mapa y el segundo mapa, comprendiendo el cruce:

cruce entre una o más células del primer grupo de células que se clasifica como no atravesable y una o más células correspondientes del segundo grupo de células, en el que los datos deducidos son indicativos de si un tamaño de un área no atravesable representada por al menos una célula del primer grupo de células incluye un área que es menor que el tamaño de la al menos una célula del primer grupo de células;

25 cruce entre una o más células del segundo grupo de células que se clasifica como no atravesable y una o más células correspondientes del primer grupo de células, en el que los datos deducidos son indicativos de si un tamaño de un área no atravesable representada por la al menos una célula del segundo grupo es mayor que el tamaño de la al menos una célula del segundo grupo;

30 y generar instrucciones para navegar el UGV (100) evitando la colisión con uno o más obstáculos asociados a la zona no atravesable, utilizando los datos deducidos.

10. El sistema de la reivindicación 9, en el que el procesador (124) está configurado además para:

recibir de un sistema de navegación inercial (INS)(514) conectado operativamente al sistema, datos INS indicativos de una ubicación actual del UGV (100) en relación con una ubicación anterior;

35 actualizar una ubicación del UGV (100) en relación con las células no atravesables en el primer mapa y en el segundo mapa; y

navegar el UGV (100) de acuerdo con los datos deducidos.

11. El sistema de 9, en el que el procesador (124) está configurado para generar el primer mapa o el segundo mapa mediante la acumulación de datos de salida de escaneo en una dirección de avance del UGV (100), a medida que el UGV (100) avanza en el área, y omitiendo la representación de áreas en una dirección opuesta más allá de un intervalo de escaneo.

40 12. El sistema de la reivindicación 9, en el que los datos deducidos incluyen datos que asocian uno o más atributos a uno o más obstáculos detectados en la zona y en el que los atributos incluyen la indicación del tamaño asignado a los uno o más obstáculos detectados.

45 13. Un dispositivo de almacenamiento de programas no transitorio legible por un ordenador, que comprende tangiblemente instrucciones legibles por el ordenador para realizar el procedimiento según la reivindicación 1.

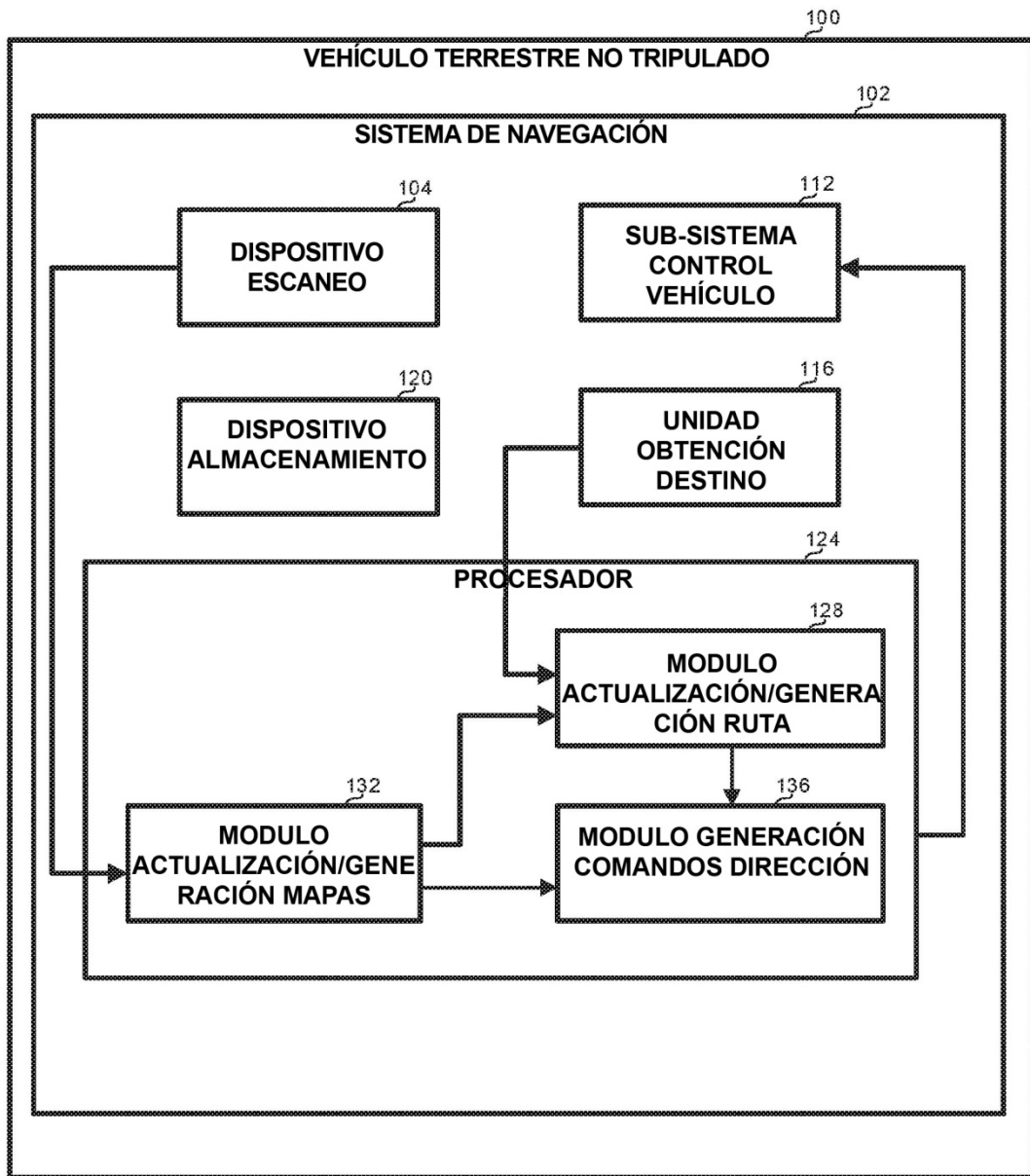


FIG. 1

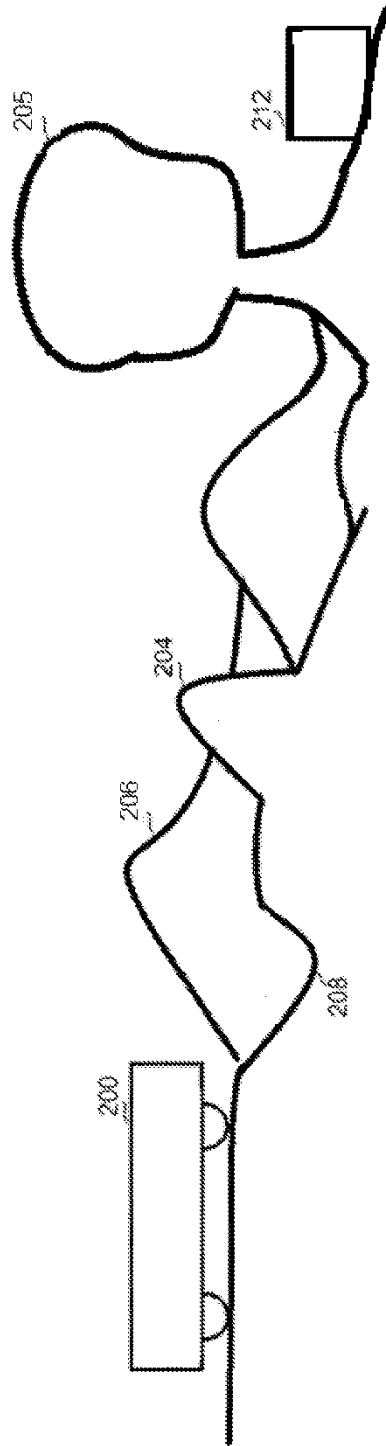


FIG. 2

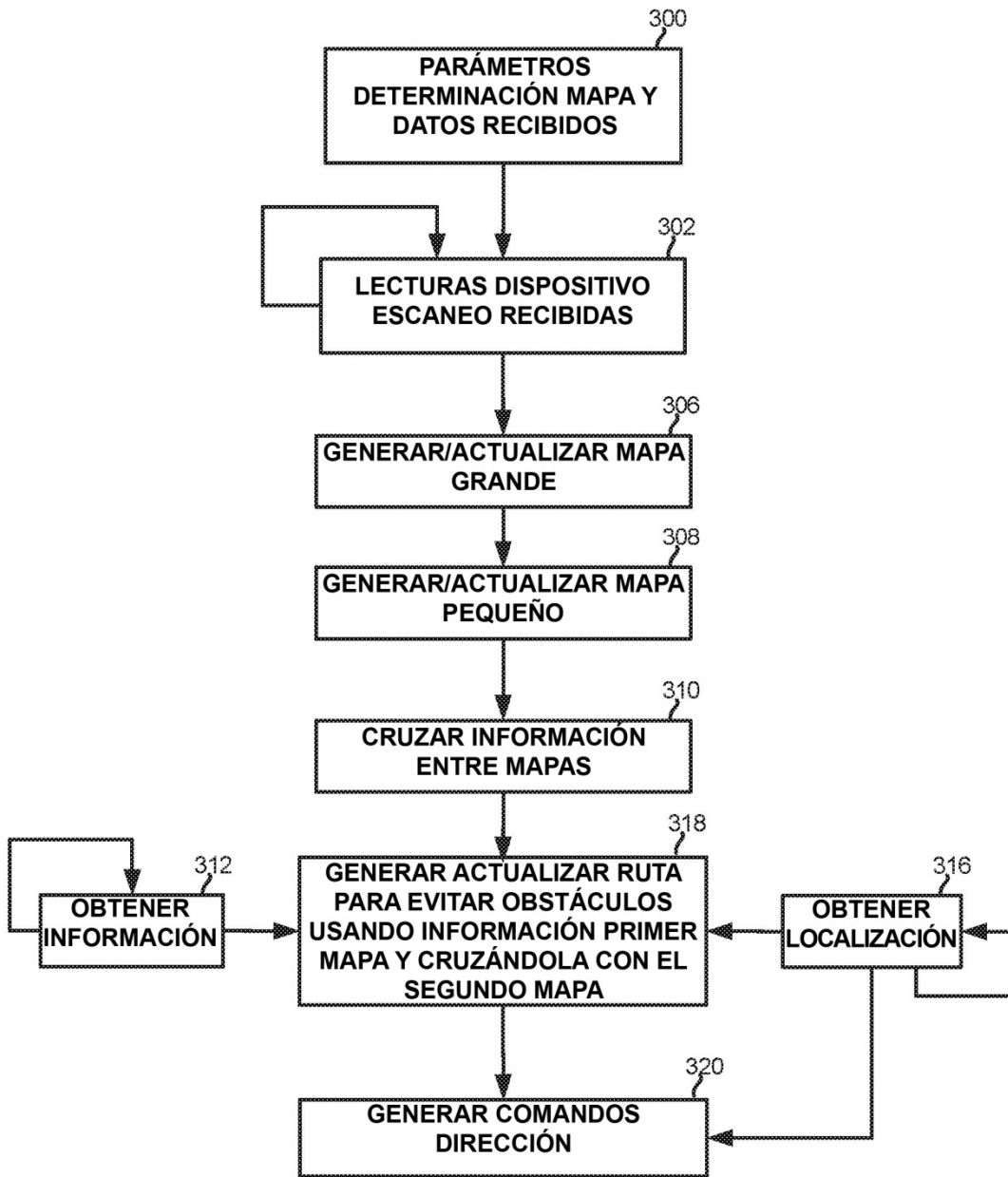


FIG. 3

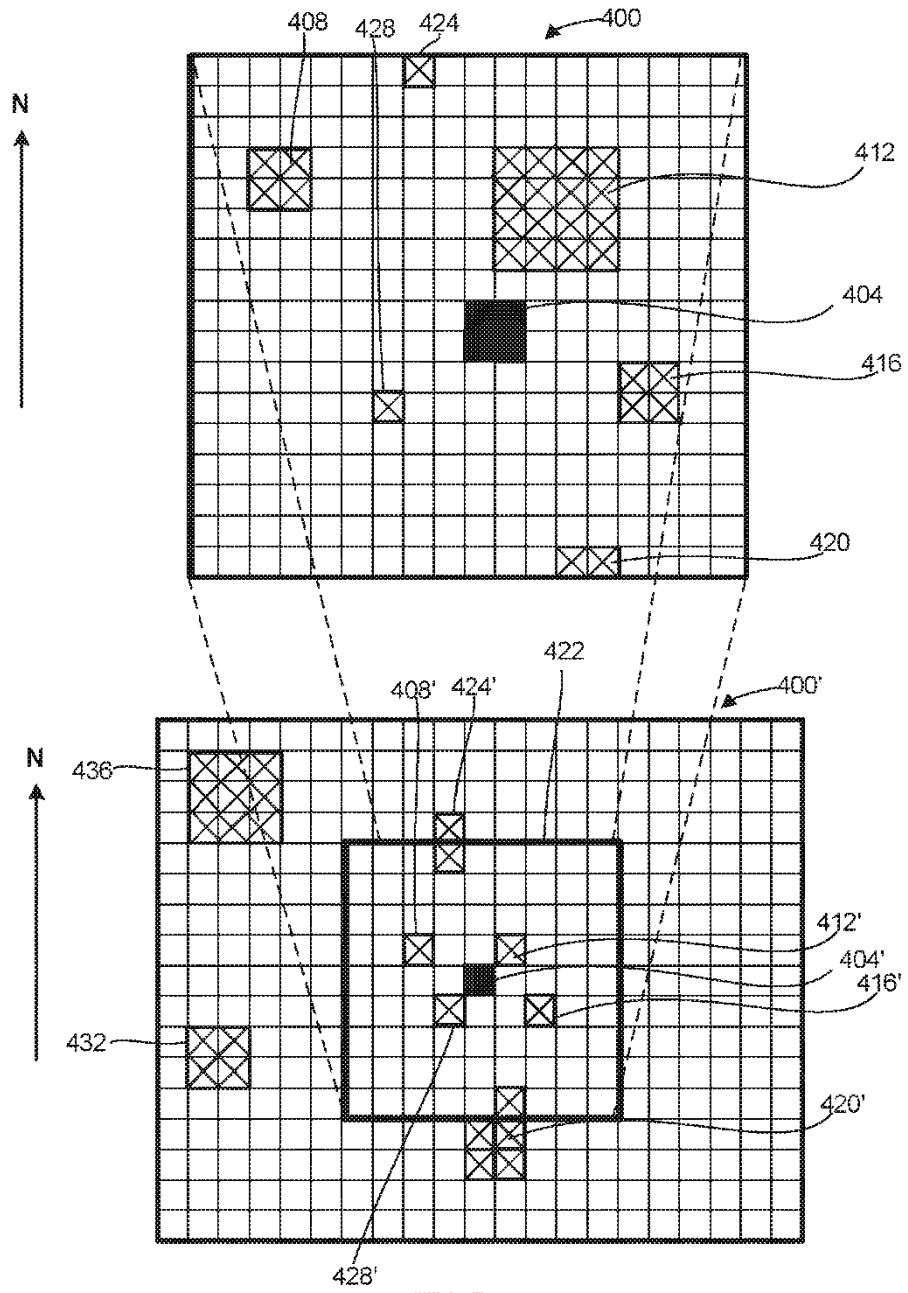


FIG. 4

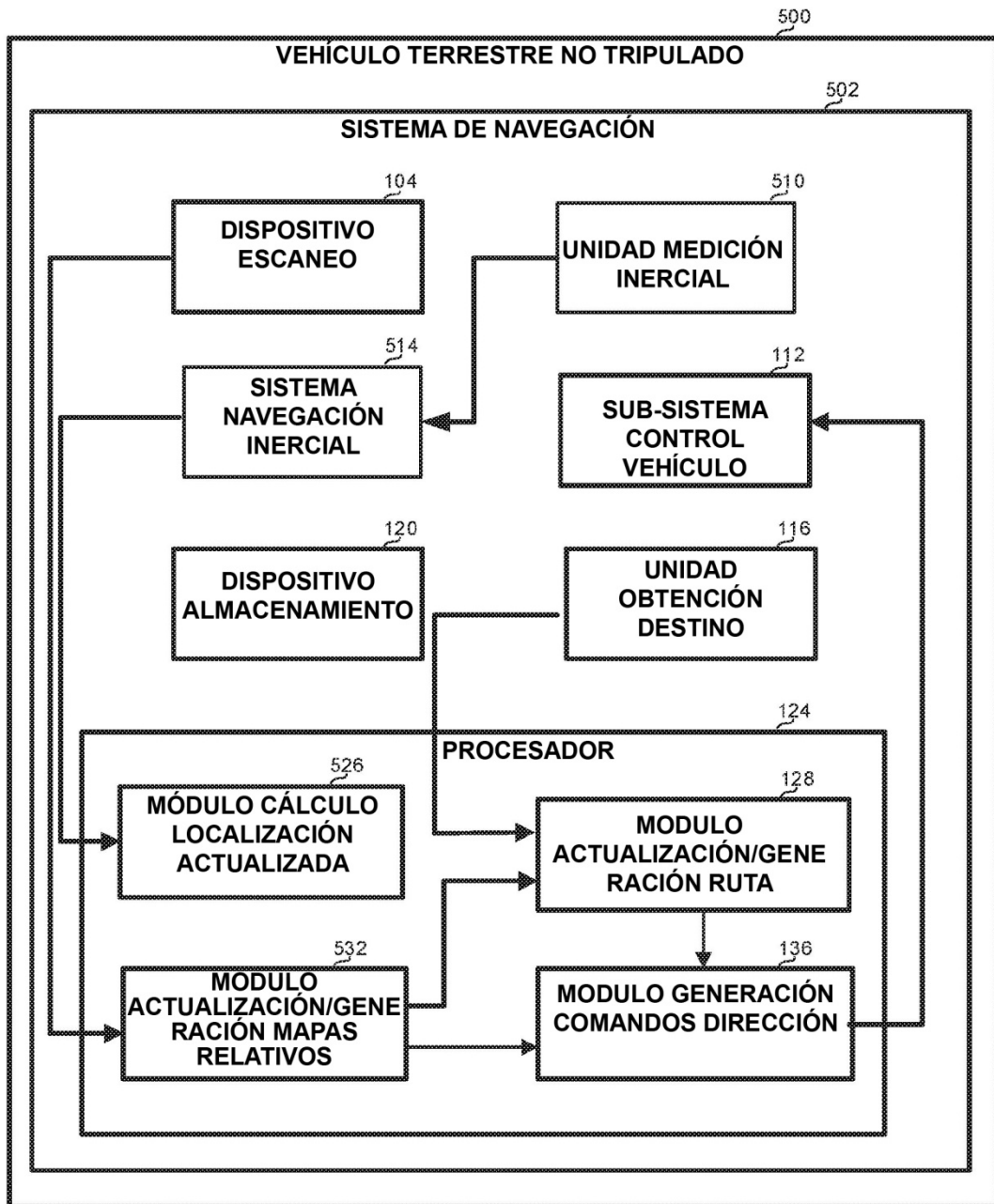


FIG. 5

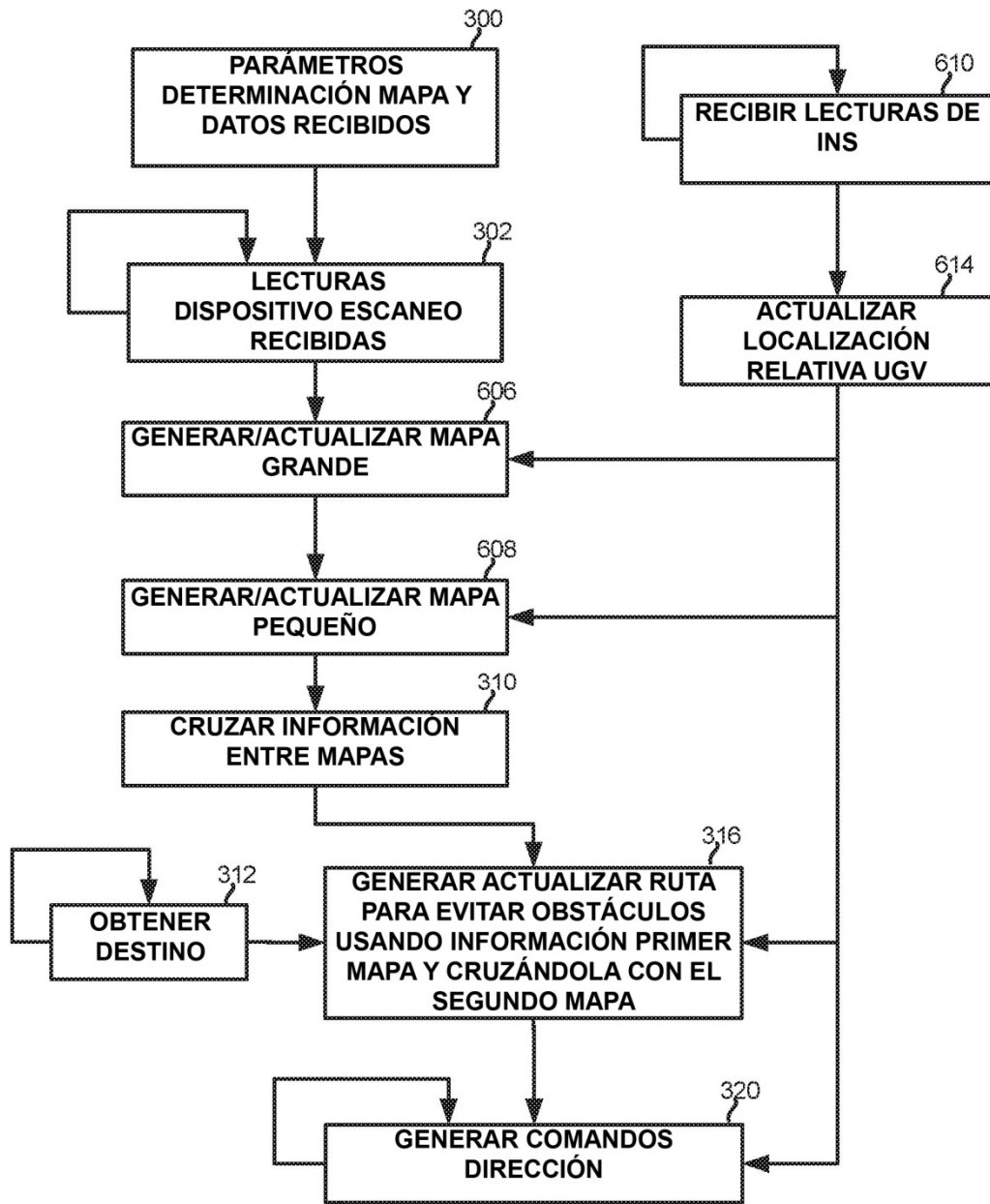


FIG. 6