

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 013 898**

51 Int. Cl.:

B66F 9/07	(2006.01)	G05D 1/00	(2014.01)
G01C 21/00	(2006.01)		
G01S 7/48	(2006.01)		
G01S 17/42	(2006.01)		
G01S 17/58	(2006.01)		
G01S 17/86	(2010.01)		
G01S 17/931	(2010.01)		
B66F 1/00	(2006.01)		
B66F 9/075	(2006.01)		
B66F 9/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2022** **E 22216292 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2024** **EP 4276564**

54 Título: **Controlador de posición basado en sensores de imagen y distancia y procedimiento asociado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.04.2025

73 Titular/es:

HIAB AB (100.00%)
Hyllie Vattenparksgata 12
215 32 Malmö, SE

72 Inventor/es:

VIHONEN, JUHO;
RAIVIO, LEEVI;
MÄENPÄÄ, PEKKA;
SIVANANDA, KRISHNANANDA y
AREF, MOHAMMAD M.

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 3 013 898 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

Controlador de posición basado en sensores de imagen y distancia y procedimiento asociado

Campo

- 5 La presente invención se refiere a localizar un vehículo de manipulación de cargas y un objetivo de carga. Las soluciones particulares pertenecientes a la presente invención se refieren al guiado de un vehículo de manipulación de cargas, como un vehículo con un elevador de gancho o una grúa cargadora, hacia un objetivo de carga.

Antecedentes

- 10 La localización de objetivos en un entorno incierto o no controlado es una tarea desafiante con aplicaciones en la operación semiautónoma y autónoma de vehículos de manipulación de cargas. Un vehículo de manipulación de cargas alejado de su objetivo se enfrenta al problema de navegar con seguridad hasta el objetivo con una incertidumbre potencialmente grande en la posición del objetivo. Proporcionar las capacidades de localización mejoradas tiene el potencial de mejorar el guiado de un vehículo de manipulación de cargas hacia el objetivo.

- 15 El documento US 2022/0017341 A1 divulga un sistema de carga robótico autónomo para mover y posicionar con precisión carga dentro de una aeronave o en cualquier otra ubicación designada en un entorno austero. El documento EP 3995925 A1 divulga un robot móvil autónomo que tiene un conductor, un primer detector, un segundo detector, una parte de estimación de localización, una parte de generación de rutas y una parte de control. Li Jing et al (ISSN: 0925-2312) divulgan la construcción y optimización de un mapa semántico 3D basado en Lidar y en la fusión de cámaras.

Sumario

Un objetivo es aliviar los problemas de localización para la manipulación semiautónoma o autónoma de cargas.

- 20 Según un primer aspecto, se proporciona un controlador para localizar un vehículo de manipulación de cargas y un objetivo de carga. De este modo, el controlador puede utilizarse como controlador de manipulación de cargas. El controlador está preparado para obtener un mapa espacial que describe el entorno del vehículo de manipulación de cargas. Esto permite que el problema de localización se realice en un marco de coordenadas del mapa espacial, en lugar de en marcos de coordenadas móviles o inciertos. El controlador puede estar preparado además para recibir
25 señales de un primer sistema de sensores para generar nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de cargas y recibir señales de un segundo sistema de sensores para generar imágenes del entorno del vehículo de manipulación de cargas. Las señales del segundo sensor pueden estar sincronizadas en el tiempo con las señales del primer sensor. Esto permite que dos sistemas de sensores independientes proporcionen datos sincronizados en el tiempo para localizar el vehículo de manipulación de la carga y el objetivo de carga. El controlador puede entonces
30 ser dispuesto para localizar el vehículo de manipulación de carga y el objetivo de carga en el mapa espacial basado en las señales del primer sensor y las señales del segundo sensor. La solución permite mitigar la acumulación de errores, en particular en presencia de cualquier incertidumbre en el mapa espacial.

- 35 Localizar el objetivo de carga en el mapa espacial comprende identificar el objetivo de carga basándose en una o más imágenes del entorno del vehículo de manipulación de carga generadas por el segundo sistema de sensores para obtener un objetivo de carga identificado en una imagen de identificación de la una o más imágenes. La localización del objetivo de carga en el mapa espacial comprende además la determinación de la posición del objetivo de carga en el mapa espacial mediante la proyección de una o más segundas nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de carga obtenidas a partir de las señales del primer sensor a la imagen de identificación, estando la una o más segundas nubes de puntos sincronizadas en el tiempo con respecto a la una o más imágenes.

- 40 En una realización, el vehículo de manipulación de carga se localiza en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor y el objetivo de carga se localiza en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor y las señales del segundo sensor.

- 45 En una realización, localizar el vehículo de manipulación de carga comprende ajustar una o más primeras nubes de puntos de los alrededores del vehículo de manipulación de carga obtenidas a partir de las señales del primer sensor en el mapa espacial para determinar la posición del vehículo de manipulación de carga en el mapa espacial.

En una realización, la una o más primeras nubes de puntos comprenden o están sincronizadas en el tiempo con la una o más segundas nubes de puntos.

- 50 En una realización, la identificación del objetivo de carga comprende proporcionar una región de imagen que delinea el objetivo de carga identificado en la imagen de identificación y la una o más segundas nubes de puntos se proyectan a la imagen de identificación para determinar puntos de la una o más segundas nubes de puntos correspondientes al objetivo de carga identificado dentro de la imagen de identificación.

En una realización, el controlador está dispuesto para planificar una ruta para el vehículo de manipulación de carga desde la posición del vehículo de manipulación de carga en el mapa espacial hasta la posición del objetivo de carga

en el mapa espacial. El controlador puede estar además preparado para determinar un conjunto de datos de trayectoria para dirigir el vehículo de manipulación de cargas a lo largo de la ruta hacia el objetivo de carga para cargar y/o descargar en el objetivo de carga. En particular, la ruta puede comprender una o más curvas paramétricas, como las rutas/curvas de Bézier.

- 5 En una realización, el controlador está dispuesto para hacer que el conjunto de datos de trayectoria se transmita a través de una interfaz de trayectoria a una unidad de control dispuesta para generar instrucciones de conducción para el vehículo de manipulación de cargas basándose en el conjunto de datos de trayectoria.

En una realización, el conjunto de datos de trayectoria comprende una indicación de dirección y una indicación de velocidad para el vehículo de manipulación de cargas a lo largo de la ruta.

- 10 En una realización, el controlador está dispuesto para actualizar repetidamente el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor.

En una realización, el controlador está dispuesto para actualizar repetidamente la posición del objetivo de carga y/o del vehículo de manipulación de carga en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor.

- 15 En una realización, el controlador está dispuesto para recibir señales de un tercer sensor procedentes de un tercer sistema de sensores que monitoriza un estado del vehículo de manipulación de cargas y localizar el vehículo de manipulación de cargas en el mapa espacial determinando primero una posición inicial del vehículo de manipulación de cargas basándose en las señales del primer sensor y actualizando después la posición inicial basándose en las señales del tercer sensor. Esto permite al controlador seguir actualizando la posición del vehículo de manipulación de cargas incluso cuando el primer sistema de sensores no proporciona información, por ejemplo debido a un mal funcionamiento o a que la vista del primer sistema de sensores está temporalmente ocluida. Además, facilita el control en tiempo crítico con el tercer sistema de sensores. Del mismo modo, esto permite al controlador seguir actualizando la posición del objetivo de carga en el mapa espacial incluso cuando el primer sistema de sensores no proporciona información, lo que puede ocurrir temporalmente.
- 20

- 25 En una realización, el controlador está dispuesto para actualizar repetidamente con una primera frecuencia la posición del vehículo de manipulación de cargas basándose en las señales del tercer sensor y actualizar repetidamente con una segunda frecuencia la ruta basándose en la posición del vehículo de manipulación de cargas, en donde la primera frecuencia es igual o mayor que la segunda frecuencia. Esto permite un control suave en el que el vehículo de manipulación de cargas en control de tiempo crítico es guiado hacia la ruta y se pueden minimizar los grandes cambios en la ruta.

- 30 En una realización, el controlador está dispuesto para actualizar repetidamente con una primera frecuencia la posición del vehículo de manipulación de cargas basándose en las señales del tercer sensor, en la que la primera frecuencia es mayor que la frecuencia con la que el primer sistema de sensores proporciona las señales del primer sensor para generar nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de cargas. Esto permite que el tercer sistema de sensores proporcione una mejor capacidad de respuesta con una frecuencia de operación mayor en comparación con el primer sistema de sensores que proporciona nubes de puntos.
- 35

En una realización, el controlador está dispuesto para estimar la marcha y/o la velocidad del vehículo de manipulación de carga basándose en las señales del primer sensor y para localizar el vehículo de manipulación de carga en el mapa espacial basándose en la marcha y/o la velocidad estimadas.

- 40 En una realización, el controlador está dispuesto para almacenar el mapa espacial en una memoria para ser activado cuando el vehículo de manipulación de cargas llega al entorno descrito por el mapa espacial.

- La localización del vehículo de manipulación de cargas puede comprender o consistir en determinar una posición y/o una orientación del vehículo de manipulación de cargas en el mapa espacial. La localización del objetivo de carga puede comprender o consistir en determinar una posición y/o una orientación del objetivo de carga en el mapa espacial. En una realización, localizar el vehículo de manipulación de carga y el objetivo de carga comprende determinar una orientación del vehículo de manipulación de carga y una orientación del objetivo de carga en el mapa espacial. Esto facilita el control del vehículo de manipulación de la carga para que su orientación pueda alinearse con la orientación del objetivo de carga para la carga y/o descarga. En general, cualquier referencia a la posición en el presente documento puede complementarse con una referencia a la orientación, de modo que, por ejemplo, cualquier referencia a la determinación de la posición puede interpretarse como una referencia a la determinación tanto de la posición como de la orientación. Esto se aplica igualmente a las referencias a cualquier posición del vehículo de manipulación de la carga y a cualquier posición del objetivo de carga. En otras palabras, cualquier referencia a la posición puede sustituirse por una referencia a la pose, en la que la pose indica tanto la posición como la orientación, por lo que comprende información de traslación y/o rotación.
- 45
- 50

- 55 Según un segundo aspecto, se proporciona un conjunto de equipo de trabajo para un vehículo de manipulación de cargas. El conjunto del equipo de trabajo comprende el controlador según el primer aspecto o cualquiera de sus realizaciones. El conjunto del equipo de trabajo también puede comprender el primer sistema de sensores dispuesto para monitorizar un entorno del vehículo de manipulación de cargas y/o el segundo sistema de sensores dispuesto

para monitorizar el entorno del vehículo de manipulación de cargas. El conjunto del equipo de trabajo puede comprender uno o más accionadores móviles del equipo de trabajo dispuestos para facilitar la carga y/o descarga del vehículo de manipulación de cargas. El conjunto del equipo de trabajo puede comprender además un controlador del equipo de trabajo dispuesto para controlar el movimiento de los accionadores del equipo de trabajo durante la carga y/o la descarga.

Según un tercer aspecto, se proporciona un procedimiento para localizar un vehículo de manipulación de cargas y un objetivo de carga. El procedimiento comprende la obtención de un mapa espacial que describe un entorno del vehículo de manipulación de cargas. El procedimiento puede comprender la recepción de señales de un primer sistema de sensores para generar nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de cargas y la recepción de señales de un segundo sistema de sensores para generar imágenes del entorno del vehículo de manipulación de cargas. Las señales del segundo sensor pueden estar sincronizadas en el tiempo con las señales del primer sensor. El procedimiento puede comprender además la localización del vehículo de manipulación de la carga y del objetivo de carga en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor y las señales del segundo sensor. Cualquier característica descrita con referencia a las realizaciones del primer aspecto es aplicable también en relación con el procedimiento del segundo aspecto.

Localizar el objetivo de carga en el mapa espacial comprende identificar el objetivo de carga basándose en una o más imágenes del entorno del vehículo de manipulación de carga generadas por el segundo sistema de sensores para obtener un objetivo de carga identificado en una imagen de identificación y determinar la posición del objetivo de carga en el mapa espacial proyectando una o más segundas nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de carga obtenidas a partir de las señales del primer sensor a la imagen de identificación, estando las una o más segundas nubes de puntos sincronizadas en el tiempo con respecto a las una o más imágenes.

Según un cuarto aspecto, un producto de programa de ordenador comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el procedimiento según el tercer aspecto o cualquiera de sus realizaciones.

Las soluciones divulgadas permiten también abordar el reto de los "fallos de punto único" facilitando la planificación y ejecución de trayectorias continuas y bien comportadas incluso en presencia de fallos de percepción exteroceptivos o incertidumbres considerables dependientes de la distancia. Las soluciones también pueden proporcionarse de forma sustancialmente independiente de las características de la carga (por ejemplo, el contenedor) o del vehículo de manipulación de la carga, lo que permite utilizarlas sin requisitos específicos de carga o vehículo. Las soluciones facilitan el control, por ejemplo a distancia, de la operación de un vehículo de manipulación de cargas con un intercambio de datos minimizado, e incluso operaciones autónomas. Al facilitar una mejor monitorización del entorno del vehículo de manipulación de cargas y, opcionalmente, una mejor planificación de la ruta, las soluciones pueden mejorar la productividad y reducir el elemento humano para operar el vehículo de manipulación de cargas, reduciendo así también los requisitos potencialmente elevados de destreza del conductor.

Además de las ventajas en términos de productividad mejorada y facilidad de uso u operación, las soluciones divulgadas pueden mejorar aún más la seguridad en el entorno de la manipulación de carga y/o para un conductor del vehículo de manipulación de carga. A modo de ejemplo, las soluciones divulgadas pueden permitir al conductor supervisar la localización y el guiado del vehículo de manipulación de cargas hacia el objetivo de forma remota o desde una cabina del vehículo sin necesidad de asistencia de un colega fuera del vehículo o la necesidad de salir de la cabina él mismo en una aplicación semiautónoma de las soluciones.

Debe entenderse que los aspectos y realizaciones descritos anteriormente pueden utilizarse en cualquier combinación entre sí. Varios de los aspectos y formas de realización pueden combinarse entre sí para formar otra forma de realización de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una mayor comprensión y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran ejemplos y junto con la descripción ayudan a explicar los principios de la divulgación. En los dibujos:

- La **fig. 1** ilustra esquemáticamente un vehículo con un controlador según un ejemplo,
- La **fig. 2** ilustra un procedimiento según un ejemplo,
- Fig. **3** ilustra un ejemplo de localización del vehículo y del objetivo de carga,
- La **fig. 4** ilustra un ejemplo de planificación de ruta para carga y/o descarga,
- La **fig. 5** ilustra un ejemplo de desviación de trayectoria, y
- La **Fig. 6** ilustra un ejemplo de flujo de datos y módulos para la solución.

Se utilizan referencias semejantes para designar partes equivalentes o al menos funcionalmente equivalentes en los dibujos adjuntos.

Descripción detallada

La descripción detallada proporcionada a continuación en relación con los dibujos adjuntos pretende ser una descripción de ejemplos y no pretende representar las únicas formas en las que el ejemplo puede construirse o utilizarse. Sin embargo, las mismas funciones y estructuras, o equivalentes, pueden realizarse mediante ejemplos diferentes.

- 5 Las soluciones actualmente divulgadas pueden utilizarse para la manipulación móvil, en particular para la manipulación de cargas. En particular, pueden utilizarse para la manipulación de cargas asistida por el usuario, teleoperada y autónoma.

La Fig. 1 muestra un ejemplo esquemático de un vehículo 100, tal como un vehículo de manipulación de cargas, para el que pueden utilizarse las presentes soluciones. El vehículo puede desplazarse libremente, en cuyo caso puede enfrentarse a diversos retos de navegación, desde la evitación de colisiones hasta la localización de objetivos. Puede disponerse para moverse libremente en dos dimensiones, por ejemplo, sobre suelo pavimentado o sin pavimentar. El vehículo puede ser un vehículo con ruedas, que puede proporcionar libertad de movimiento sobre una superficie de trabajo. El vehículo puede ser autónomo o semiautónomo. Por ejemplo, el vehículo puede estar preparado para moverse de forma autónoma, mientras que el frenado manual puede seguir facilitándose para permitir que un usuario que monitorice la operación del vehículo reduzca la velocidad y/o detenga el vehículo. El vehículo puede ser un vehículo cableado. Por ejemplo, el vehículo puede ser un camión.

El vehículo puede estar equipado con una o más unidades de trabajo 110 (que también pueden denominarse piezas de equipo de trabajo). La(s) unidad(es) de trabajo puede(n) comprender uno o varios accionadores móviles del equipo de trabajo dispuestos para facilitar la carga y/o descarga del vehículo. La(s) unidad(es) de trabajo puede(n) comprender una grúa (por ejemplo, una grúa cargadora) y/o un elevador de gancho (también llamado desmontable. Con la(s) unidad(es) de trabajo montada(s) en un vehículo, éste puede estar preparado para cargar y/o descargar objetos como contenedores, por ejemplo, plataformas o volquetes. Los objetos pueden denominarse en el presente documento objetivos de carga o simplemente cargas. El (los) objetivo(s) de carga puede(n) referirse al objeto de carga o a su espacio. También puede referirse a un espacio de descarga, que puede estar vacío. El vehículo puede disponerse para diversas aplicaciones, como el transporte, la manipulación de residuos o la construcción.

Como las unidades de trabajo están montadas en un vehículo móvil, la posición y/u orientación de la unidad de trabajo con respecto al objetivo de carga puede variar dependiendo de la posición y/u orientación del vehículo. Para optimizar el flujo de trabajo, a menudo puede ser necesario ajustar la posición y/o la orientación del vehículo en relación con el objetivo de carga. Este ajuste también puede depender del entorno del vehículo, por ejemplo, para evitar una colisión.

La orientación del vehículo puede comprender uno o más componentes de orientación del vehículo, en particular su orientación unidimensional, bidimensional y/o tridimensional sobre su superficie de trabajo. Del mismo modo, la orientación del objetivo de carga puede comprender uno o más componentes de orientación del objetivo de carga, en particular su orientación unidimensional, bidimensional y/o tridimensional sobre dicha superficie de trabajo. Así pues, la orientación del vehículo puede comprender el balanceo y/o el cabeceo del vehículo. Del mismo modo, la orientación del objetivo de carga puede comprender el objetivo de carga de balanceo y/o cabeceo, por ejemplo en relación con el vehículo. Los objetivos de carga no siempre están sobre una superficie plana. Por otra parte, la orientación del objetivo de carga puede comprender o consistir en el ángulo de guiñada (o rumbo de la brújula) del objetivo de carga, por ejemplo con respecto al vehículo.

En un primer ejemplo, el vehículo tiene una conformidad de seguridad necesaria para la manipulación de carga autónoma o semiautónoma. En ese caso, un conductor (embarcado o no) puede supervisar la operación del vehículo y de la(s) unidad(es) de trabajo. El vehículo puede estar equipado con un sistema de frenado de seguridad (por ejemplo, autonomía SAE L3, L4 o L5) para que lo utilice el conductor. En un segundo ejemplo, el vehículo es fiable pero no cumple los requisitos de seguridad necesarios para la manipulación autónoma de cargas. En tal caso, el vehículo puede estar configurado para que un supervisor inicie la operación de la(s) unidad(es) de trabajo, permitiendo al supervisor guiar y monitorizar el sistema. A continuación, el supervisor puede encargarse de la gestión de excepciones (por ejemplo, autonomía SAE L2 - L3).

Las soluciones divulgadas, incluyendo un controlador y un procedimiento, como se describe a continuación, pueden disponerse para la estimación de la posición y/o la orientación de la carga. La carga para la carga y/o descarga aquí descrita puede ser, en particular, un contenedor, como un contenedor intermodal o un contenedor flatrack. El contenedor puede ser un contenedor ISO. La carga puede comprender una interfaz de agarre para la(s) unidad(es) de trabajo, como un asa de gancho, para cargar y/o descargar la carga en el vehículo. Por ejemplo, el objetivo de carga puede comprender uno o más flatracks equipados con una barra de fianza adecuada. Además, las soluciones pueden disponerse para la planificación simultánea de trayectorias para la operación automatizada/autónoma del vehículo. Estas soluciones de localización y planificación simultáneas pueden facilitar una operación autónoma o semiautónoma mejorada, en particular para la manipulación de cargas, ya que la trayectoria puede actualizarse continuamente con información de localización actualizada. Las soluciones también pueden proporcionarse como soluciones agnósticas para vehículos, lo que permite utilizarlas sin requisitos especiales para el vehículo, por ejemplo, en vehículos preexistentes a modo de reequipamiento.

Puede proporcionarse un controlador 120, tal como un controlador de manipulación de carga, para localizar el vehículo y/o el objetivo de carga. El controlador puede comprender uno o más procesadores y una o más memorias. Las memorias pueden incluir instrucciones que, al ser ejecutadas por el procesador o procesadores, hacen que el controlador realice cualquiera de las acciones descritas en el presente documento para el controlador. El controlador puede montarse en el vehículo para su operación. Por ejemplo, puede incluirse como parte de un conjunto de equipos de trabajo dispuestos para ser montados en el vehículo para su operación. Alternativa o adicionalmente, el controlador puede estar dispuesto para operar con conexión remota al vehículo, en cuyo caso el vehículo puede comprender un receptor y/o un transmisor-receptor para comunicarse con el controlador. En general, el vehículo puede comprender un receptor y/o un transmisor (ambas opciones incluyen la posibilidad también de un transmisor-receptor) acoplados al controlador para proporcionar instrucciones al controlador y/o facilitar la transmisión de información, como información de estado, desde el controlador. El controlador también puede ser un controlador distribuido. El controlador también puede comprender o estar acoplado a una interfaz de usuario para permitir que un usuario introduzca información en el controlador y/o reciba información del controlador. La interfaz de usuario puede incluir una pantalla, por ejemplo una pantalla táctil. La interfaz de usuario puede estar integrada a bordo o separada del vehículo, o puede ser una interfaz de usuario distribuida con algunos componentes integrados a bordo del vehículo.

El controlador 120 puede disponerse para obtener un mapa espacial que describa un entorno del vehículo. El mapa espacial puede ser obtenido por el propio controlador generando o facilitando la generación del mapa. También puede obtenerse como un mapa generado previamente recibido por el controlador, por ejemplo a través del receptor. El controlador puede estar preparado para almacenar el mapa espacial en una o más memorias. El controlador puede estar preparado para activar un mapa espacial generado previamente cuando el vehículo llega (por ejemplo, vuelve a llegar) al entorno descrito por el mapa espacial.

El mapa espacial describe un entorno 130 del vehículo. El entorno puede incluir uno o más puntos de referencia, como obstáculos. Puede tratarse de otros vehículos, edificios, contenedores, etc. El entorno también puede incluir el objetivo de carga. El mapa espacial puede ser bidimensional o tridimensional. Puede tener un sistema de coordenadas, que puede ser fijo. Esto permite proporcionar un marco de referencia, que puede ser estacionario. El uso de dicho mapa espacial permite mitigar el efecto del ruido en la localización, en particular para el vehículo y/o el objetivo de carga. El mapa espacial puede comprender puntos del entorno representados en el sistema de coordenadas del mapa espacial. Como tal, puede proporcionarse como una nube de puntos con coordenadas. También puede incluir el punto o puntos de referencia con sus coordenadas correspondientes. El controlador puede estar dispuesto para facilitar la salida visible del mapa espacial, por ejemplo en la pantalla.

Cualquiera de la(s) nube(s) de puntos aquí referida(s) puede proporcionarse como un conjunto discreto de puntos de datos en el espacio, en particular en el espacio bidimensional y/o en el espacio tridimensional. La nube de puntos puede incluir una coordenada, como una coordenada cartesiana, para cada punto de datos de la nube de puntos. La(s) nube(s) de puntos puede(n) representar la forma de uno o más objetos en el entorno del vehículo. La(s) nube(es) de puntos puede(n) comprender nube(s) de puntos de datos brutos obtenida(s) como salida de un sensor de un sistema generador de nubes de puntos como el primer sistema de sensores y/o nube(s) de puntos acondicionada(s) obtenida(s) después de que una o más nube(s) de puntos de datos brutos obtenida(s) como salida de un sensor haya(n) sido acondicionada(s), por ejemplo por el primer sistema de sensores y/o el controlador. El acondicionamiento puede implicar, por ejemplo, la eliminación de puntos que representan la superficie de trabajo, como el suelo, de la(s) nube(s) de puntos. La(s) nube(s) de puntos también puede(n) proporcionarse de acuerdo con cualquiera de los procedimientos disponibles para un experto en la materia y deben contrastarse con las imágenes, que se componen de forma marcadamente distinta, por ejemplo, a partir de píxeles. La(s) nube(s) de puntos puede(n) ser producida(s) por uno o más escáneres, a diferencia de las imágenes producidas con cámaras. La(s) nube(s) de puntos puede(n) comprender nube(s) de puntos simple(s) y/o nube(s) de puntos incrustada(s) en una malla, como una malla triangular o una malla poligonal.

El vehículo 100 puede comprender un primer sistema de sensores 140 para generar nubes de puntos del entorno 130 del vehículo. Para ello, el primer sistema de sensores puede incluir uno o varios LiDAR. Alternativa o adicionalmente, el primer sistema de sensores puede comprender uno o más radares y/o cámaras de tiempo de vuelo para generar las nubes de puntos. El primer sistema de sensores también puede incluir una o más cámaras RGB-D. El primer sensor puede estar dispuesto para proporcionar nubes de puntos bidimensionales y/o tridimensionales. El vehículo también puede incluir un segundo sistema de sensores 142 para generar imágenes del entorno 130 del vehículo. Para ello, el primer sistema de sensores puede comprender una o más cámaras, como las cámaras RGB. La(s) cámara(s) permite(n) proporcionar mediciones del color y/o del rumbo, que pueden convertirse en una indicación cuantizada, como una vista pixelada, del entorno, que puede utilizarse para identificar el objetivo de carga y/o cualquier otro objeto del entorno. Los parámetros intrínsecos pueden utilizarse para corregir los sesgos en las mediciones de la cámara. La(s) cámara(s) puede(n) ser de imagen en color. La(s) cámara(s) y/o el/los controlador(es) pueden estar configurados para proporcionar matrices de datos legibles por máquina para la identificación automatizada de un objetivo y/o imágenes legibles por humanos para interactuar con un operador humano embarcado o no embarcado. En particular, pueden utilizarse cámaras con una resolución de 2 megapíxeles o superior. También se pueden utilizar filtros ópticos, por ejemplo IRIS, para generar imágenes lúcidas del entorno en un ambiente exterior. Las cámaras pueden estar preparadas para operar bajo la luz directa del sol. El segundo sistema de sensores puede tener un conjunto de parámetros intrínsecos, como el centro óptico, la distancia focal y la distorsión radial y tangencial de la lente. El

controlador puede estar preparado para utilizar la información de los parámetros intrínsecos para procesar las señales del segundo sensor para localizar el vehículo y/o el objetivo de carga.

La solución permite en particular combinar de manera mejorada las ventajas de un LiDAR con las de una cámara. El primero y/o el segundo sistema de sensores pueden montarse en el vehículo para permitir la navegación, por ejemplo autónoma, del vehículo basándose en las señales proporcionadas por el sistema o sistemas de sensores. El primer sistema de sensores puede orientarse a lo largo del eje longitudinal de la(s) unidad(es) de trabajo, como un gancho elevador, para generar las nubes de puntos. El segundo sistema de sensores puede orientarse a lo largo del eje longitudinal de la(s) unidad(es) de trabajo, como un gancho elevador, para generar las imágenes. El primer sistema de sensores y/o el segundo sistema de sensores pueden proporcionarse como una matriz que comprenda múltiples sensores, por ejemplo, como una matriz de 3 por 4. El primer y el segundo sistema de sensores pueden tener campos de visión que se solapan, al menos parcialmente. El primer sistema de sensores y/o el segundo sistema de sensores pueden estar dispuestos para su montaje en el vehículo y/o en la(s) unidad(es) de trabajo, de forma que permitan orientar el(los) sistema(s) de sensores en una dirección fija con referencia al vehículo y/o a la(s) unidad(es) de trabajo. Alternativamente, puede preverse un montaje ajustable que permita adaptar la dirección del sistema o sistemas de sensores durante su uso, por ejemplo, en función de la aplicación.

El controlador 120 puede estar dispuesto para recibir señales de primer sensor del primer sistema de sensores para generar nubes de puntos de los alrededores del vehículo y/o recibir señales de segundo sensor del segundo sistema de sensores para generar imágenes de los alrededores del vehículo. Las señales del segundo sensor pueden estar sincronizadas en el tiempo con las señales del primer sensor, permitiendo que la entrada del primer sistema de sensores y el segundo sistema de sensores se coordinen en el tiempo. Para ello, el primer sistema de sensores y el segundo sistema de sensores pueden llevar incorporados componentes electrónicos de sincronización. De este modo, cualquier imagen proporcionada por el segundo sistema de sensores puede asociarse a una nube de puntos proporcionada por el primer sistema de sensores, donde la imagen y la nube de puntos pueden corresponder al entorno en el mismo instante de tiempo. El controlador puede estar preparado para realizar dicha asociación.

El controlador 120 puede estar dispuesto para localizar el vehículo en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor. Esto puede hacerse basándose exclusivamente en las señales del primer sensor o incluyendo, por ejemplo, información de las segundas señales. La localización del vehículo puede comprender o consistir en la determinación de la posición y/u orientación del vehículo en el mapa espacial. La localización del vehículo puede comprender la determinación de una o más coordenadas para el vehículo en el sistema de coordenadas del mapa espacial.

El controlador 120 puede estar dispuesto para localizar el objetivo de carga en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor y las señales del segundo sensor. Esto puede hacerse basándose exclusivamente en las señales del primer sensor y las señales del segundo sensor, pero también puede utilizarse información adicional. La localización del objetivo de carga puede comprender o consistir en la determinación de la posición y/u orientación del objetivo de carga en el mapa espacial. La localización del objetivo de carga puede comprender la determinación de una o más coordenadas para el objetivo de carga en el sistema de coordenadas del mapa espacial.

Localizar el vehículo 100 en el mapa espacial puede comprender ajustar una o más (primeras) nubes de puntos de los alrededores 130 del vehículo obtenidas a partir de las señales del primer sensor en el mapa espacial para determinar la posición y/u orientación del vehículo en el mapa espacial. El ajuste puede realizarse mediante cualquier procedimiento de ajuste adecuado disponible para un experto en la materia.

Localizar el objetivo de carga en el mapa espacial comprende identificar el objetivo de carga basándose en una o más imágenes del entorno del vehículo generadas por el segundo sistema de sensores. Esto permite obtener un objetivo de carga identificado en una imagen de identificación. La identificación puede realizarse automáticamente. Para ello, el controlador puede estar preparado para el reconocimiento de objetos, en el que se puede utilizar cualquier procedimiento de reconocimiento de objetos adecuado disponible para un experto en la materia. El "reconocimiento de objetos" al que se hace referencia a lo largo de la divulgación puede realizarse para abordar el patrón y/o la forma de los puntos en el espacio, por ejemplo, el espacio bidimensional y/o tridimensional, para la clasificación de objetos. En particular, el "reconocimiento de objetos" al que se hace referencia a lo largo de esta divulgación puede ser o implicar el reconocimiento de objetos basado en imágenes. Cabe señalar que cualquier referencia al reconocimiento de objetos en la presente divulgación también puede incluir la detección y/o clasificación. La identificación también puede realizarse manualmente, por ejemplo a través de la interfaz de usuario. El controlador puede estar dispuesto para facilitar la salida visible para la una o más imágenes, por ejemplo a través de la interfaz de usuario, por ejemplo en la pantalla, en base a la cual un usuario puede identificar el objetivo de carga a partir de la una o más imágenes para el controlador. La localización del objetivo de carga en el mapa espacial comprende además la determinación de la posición y/u orientación del objetivo de carga en el mapa espacial. Para ello, se proyectan en la imagen de identificación una o varias (segundas) nubes de puntos del entorno del vehículo obtenidas a partir de las señales del primer sensor. En particular, la proyección puede realizarse como una transformación de cuerpo rígido para los dos sistemas de sensores: el primer sistema de sensores con respecto al segundo sistema de sensores. Las una o más (segundas) nubes de puntos están sincronizadas en el tiempo con respecto a la una o más imágenes. Además, la una o más primeras nubes de puntos pueden comprender o estar sincronizadas en el tiempo con la una o más segundas nubes de puntos.

El objetivo de carga puede identificarse utilizando una o más regiones de imagen que perfilan el objetivo de carga identificado. El contorno puede ser grueso, por ejemplo mediante un cuadro delimitador, o puede seguir los contornos del objetivo de carga. La región o regiones de la imagen pueden proporcionarse en la imagen de identificación de forma automática o manual, por ejemplo, a través de la interfaz de usuario, por ejemplo, la pantalla. Las una o más segundas nubes de puntos pueden entonces proyectarse a la imagen de identificación para determinar puntos de las una o más segundas nubes de puntos correspondientes al objetivo de carga identificado dentro de la región de la imagen.

Como tal, el enfoque permite no sólo el reconocimiento automatizado, sino también, alternativa o adicionalmente, el reconocimiento manual del objetivo de carga de una manera interactiva, por ejemplo mediante el uso de una pantalla táctil.

El controlador puede disponerse para la planificación de la ruta del vehículo basándose en la localización del vehículo y/o el objetivo de carga. En particular, el controlador puede planificar una ruta para el vehículo desde la posición y/u orientación del vehículo en el mapa espacial hasta la posición y/u orientación del objetivo de carga en el mapa espacial. En este caso, planificar la ruta según la orientación del objetivo de carga puede corresponder a planificar la ruta de modo que la orientación del vehículo y/o su(s) unidad(es) de trabajo asuman una orientación para la carga y/o descarga en el objetivo de carga, permitiendo así que el vehículo se utilice inmediatamente para la carga y/o descarga en el objetivo de carga. En particular, la ruta puede planificarse como una ruta libre de obstáculos para el vehículo.

El controlador puede disponerse para planificar una ruta en la que el vehículo se alinea con el objetivo de carga para cargar y/o descargar. Por ejemplo, el controlador puede planificar una ruta en la que el vehículo retrocede hasta el objetivo de carga para cargar y/o descargar, por ejemplo, para permitir que la(s) unidad(es) de trabajo enganche(n) la carga. Para una operación de descarga, el controlador puede estar preparado para planificar una ruta en la que el vehículo esté alineado para descargar la carga en un espacio libre de obstáculos. En ambos casos, el controlador puede estar dispuesto para planificar la ruta utilizando información de la(s) unidad(es) de trabajo, como su posición en el vehículo, maniobrabilidad y/o distancia de operación.

El controlador puede estar dispuesto además para determinar un conjunto de datos de trayectoria para dirigir el vehículo a lo largo de la ruta hacia el objetivo de carga para cargar y/o descargar en el objetivo de carga. El controlador puede estar dispuesto para hacer que el conjunto de datos de trayectoria se transmita a través de una interfaz de trayectoria 160 a una unidad de control 170 dispuesta para generar instrucciones de conducción para el vehículo basadas en el conjunto de datos de trayectoria. La unidad de control puede montarse en el vehículo. El montaje del controlador también en el vehículo permite que los datos de la trayectoria se transmitan a través de la interfaz de trayectoria de forma fiable y rápida. El conjunto de datos de la trayectoria puede comprender una o más indicaciones de dirección y/o velocidad del vehículo a lo largo de la ruta. En particular, puede comprender una secuencia de tales indicaciones a lo largo de la ruta, permitiendo al vehículo cambiar de dirección y/o velocidad a lo largo de la ruta hasta llegar al objetivo de carga, opcionalmente con una orientación alineada con el objetivo de carga para cargar y/o descargar. La una o más indicaciones de dirección pueden comprender, por ejemplo, un ángulo de giro del vehículo y/o un cambio del mismo.

Como el mapa espacial puede generarse basándose en las señales de los sensores, puede tener ruido. En cualquier caso, puede cambiar con el tiempo, por ejemplo debido a que comprende uno o varios obstáculos móviles. De este modo, el controlador puede estar preparado para actualizar repetidamente el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor. Del mismo modo, el controlador puede estar dispuesto para actualizar repetidamente la posición y/u orientación del objetivo de carga y/o del vehículo en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor. En ambos casos, el ruido en el mapa espacial puede reducirse, en particular para los objetivos más cercanos al vehículo. El controlador puede estar dispuesto para actualizar el mapa espacial con una frecuencia fija y/o con algún otro criterio.

El controlador puede estar dispuesto para recibir señales de un tercer sensor procedentes de un tercer sistema de sensores 180 que monitoriza un estado del vehículo. Este estado puede ser un estado interno del vehículo, que puede comprender, por ejemplo, la velocidad y/o la pose (es decir, la posición y/o la orientación) del vehículo. Por otra parte, el estado interno puede comprender un desplazamiento y/o una o más indicaciones de orientación del vehículo, como un rumbo del vehículo, un cambio del rumbo del vehículo, un ángulo de dirección del vehículo o un cambio del ángulo de dirección del vehículo. Las señales del tercer sensor pueden tener un comportamiento incremental e indicar cambios a corto plazo en el movimiento del vehículo y/o la detención del vehículo. El controlador puede entonces estar preparado para localizar el vehículo en el mapa espacial utilizando las señales del tercer sensor como información suplementaria. En particular, esto puede hacerse determinando primero una posición inicial y/o una orientación inicial del vehículo de manipulación de cargas basándose en las señales del primer sensor y, a continuación, actualizando y/o validando la posición inicial y/o la orientación inicial basándose en las señales del tercer sensor, lo que permite actualizaciones también cuando el sistema primeros sensores no está disponible o reaccionaría con demasiada lentitud, facilitando así el control en tiempo crítico, en particular de manera suave. El controlador puede estar dispuesto para actualizar repetidamente, por ejemplo con una primera frecuencia, la posición y/u orientación del vehículo basándose en las señales del tercer sensor. También puede estar dispuesto para actualizar repetidamente, por ejemplo, con una segunda frecuencia, la ruta mencionada basándose en la posición y/o la orientación del vehículo. La primera frecuencia puede ser menor o igual que la segunda pero, para mejorar la capacidad de respuesta, también

puede ser mayor, por ejemplo, al menos el doble. El controlador puede entonces estar dispuesto para proporcionar el conjunto de datos de trayectoria antes de que se actualice la ruta, de modo que el curso del vehículo pueda corregirse hacia la ruta antes de que se actualice. Alternativa o adicionalmente, la primera frecuencia puede ser mayor que, por ejemplo al menos dos veces mayor, una tercera frecuencia con la que el primer sistema de sensores proporciona las señales del primer sensor para generar nubes de puntos del entorno del vehículo. En particular, esto puede ser utilizado para la capacidad de respuesta en tiempo crítico o la operación cuando las primeras señales del primer sistema de sensores no están disponibles temporalmente, por ejemplo, debido a un mal funcionamiento, oclusión y / o comunicación o retraso en el procedimiento. La tercera frecuencia puede ser menor, igual o mayor que la segunda.

Lo que se consigue con el tercer sistema de sensores, como se ha descrito anteriormente, también puede conseguirse con el primer sistema de sensores, cuando el primer sistema de sensores facilita la estimación de la velocidad basada en Doppler. Por ejemplo, el primer sistema de sensores puede comprender o consistir en un LiDAR de onda continua modulada en frecuencia (FMCW) para este fin. El controlador puede estar preparado para estimar la velocidad del vehículo basándose en las señales del primer sensor. También puede localizarse el vehículo en el mapa espacial basándose en la velocidad estimada, por ejemplo actualizando la posición inicial y/o la orientación inicial como se ha descrito anteriormente. El uso de este tipo de estimación de la velocidad permite proporcionar la funcionalidad sin otros sensores, como odómetros, que pueden ser propensos a un tedioso reequipamiento, por ejemplo de codificadores de efecto Hall, que pueden estar sujetos a desgaste, especialmente en el ámbito de servicio pesado.

El controlador puede comprender un sistema de reconocimiento de objetos para identificar el objetivo de carga y/o cualquier objeto en el entorno del vehículo. Como alternativa, el sistema de reconocimiento de objetos también puede estar separado del controlador y puede estar acoplado al controlador para la identificación.

Puede proporcionarse un conjunto de equipo de trabajo 190 para un vehículo, tal como un vehículo de manipulación de cargas o el vehículo descrito en cualquiera de los ejemplos del presente documento. El conjunto del equipo de trabajo comprende una o más unidades de trabajo 110. También puede incluir el controlador 120 descrito en el presente documento. El conjunto del equipo de trabajo también puede comprender el primer sistema de sensores 140, dispuesto para monitorizar el entorno del vehículo, y/o el segundo sistema de sensores 142, dispuesto para monitorizar el entorno del vehículo 100. Del mismo modo, puede comprender el tercer sistema de sensores 180 dispuesto para monitorizar el estado del vehículo. El conjunto del equipo de trabajo puede comprender además un controlador del equipo de trabajo dispuesto para controlar el movimiento de la(s) unidad(es) de trabajo, como el (los) accionador(es) móvil(es) del equipo de trabajo descrito(s) anteriormente, durante la carga y/o la descarga.

La Fig. 2 muestra un ejemplo de un procedimiento 200. El procedimiento consta de varias partes que pueden ejecutarse independientemente unas de otras y/o en cualquier orden. El procedimiento puede utilizarse para localizar un vehículo, como un vehículo de manipulación de cargas o el vehículo descrito en cualquiera de los ejemplos del presente documento, y el objetivo de carga. Asimismo, las partes 210, 220 y 230 descritas a continuación, en particular en este orden, pueden utilizarse para el procedimiento de localización del vehículo y del objetivo de carga. Cualquiera de las características descritas con referencia al vehículo 100 son aplicables también en relación con el procedimiento 200 y cualquiera de sus partes.

El procedimiento puede comprender la obtención 210, por ejemplo generando o recibiendo como se ha descrito anteriormente, de un mapa espacial que describe un entorno del vehículo. El procedimiento puede comprender la recepción de 220 señales de un primer sistema de sensores para generar nubes de puntos del entorno del vehículo y/o la recepción de señales de un segundo sistema de sensores para generar imágenes del entorno del vehículo. Las señales del segundo sensor pueden estar sincronizadas en el tiempo con las señales del primer sensor. El procedimiento también puede comprender la localización de 230 el vehículo y el objetivo de carga en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor y las señales del segundo sensor, por ejemplo de cualquiera de las formas descritas anteriormente. La localización del objetivo de carga en el mapa espacial comprende, por tanto, la identificación del objetivo de carga basándose en una o más imágenes del entorno del vehículo de manipulación de carga generadas por el segundo sistema de sensores para obtener un objetivo de carga identificado en una imagen de identificación y la determinación de la posición del objetivo de carga en el mapa espacial mediante la proyección de una o más segundas nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de carga obtenidas a partir de las señales del primer sensor a la imagen de identificación. La una o más segundas nubes de puntos están sincronizadas en el tiempo con respecto a la una o más imágenes.

El procedimiento puede comprender planificar 240 una ruta para el vehículo desde la posición y/u orientación del vehículo en el mapa espacial hasta la posición y/u orientación del objetivo de carga en el mapa espacial. El procedimiento puede comprender la determinación 250 de un conjunto de datos de trayectoria para dirigir el vehículo a lo largo de la ruta hacia el objetivo de carga para cargar y/o descargar en el objetivo de carga. El procedimiento puede realizarse de forma cíclica.

Las soluciones divulgadas pueden disponerse para un procedimiento continuo de toma de decisiones para controlar el vehículo que opera bajo incertidumbre y grandes errores de localización. Esto puede permitir la operación automatizada y autónoma asistida por el conductor del vehículo y su(s) unidad(es) de trabajo. No se requiere necesariamente ninguna infraestructura externa para apoyar la función sostenida, es decir, cualquiera o todas las características divulgadas se pueden arreglar para ser proporcionadas a bordo del vehículo.

El primer y el segundo sistema de sensores pueden utilizarse únicamente para detectar, clasificar y alcanzar objetos (por ejemplo, seres humanos o contenedores). Esto puede hacerse en tres dimensiones a bajo coste. Los medios de posicionamiento absoluto, como los sistemas de navegación por satélite, pueden utilizarse opcionalmente para complementar la localización, pero cabe señalar que la presente solución permite principalmente la localización en el mapa espacial y dentro de su propio sistema de coordenadas.

El vehículo y el objetivo de carga pueden localizarse, por ejemplo, resolviendo el problema de registro de la nube de puntos con el algoritmo de Punto más Cercano Iterativo (ICP). Como ejemplo particular, el vehículo y el objetivo de carga pueden localizarse mediante una variante punto a punto del algoritmo de Levenberg-Marquardt (LMA). Esto puede estar motivado por los estimadores M y las funciones de pérdida robustas para el filtrado de valores atípicos. A modo de ejemplo, las salidas algebraicas de localización y postura de la carga del LMA pueden fusionarse con el estado de movimiento del ego del vehículo, por ejemplo, mediante un filtro de Kalman robusto (KF) para obtener estimaciones continuas de gran ancho de banda, adecuadas para el control de bucle cerrado. Esto puede motivarse de nuevo por los estimadores M y la estadística robusta.

Para la planificación de la ruta, puede planificarse una ruta como curva paramétrica, en particular una ruta /curva de Bézier, hacia el objetivo de carga utilizando las estimaciones de posición antes mencionadas. Esto permite que el vehículo y su(s) unidad(es) de trabajo se aproximen suavemente y se enganchen a la carga, minimizando cualquier desalineación. La ruta puede trasladarse a una trayectoria local, que puede planificarse cíclicamente, por ejemplo en el marco Frenet, para obtener ventajas tanto de control coordinado sincronizado en el tiempo como de evitación reactiva de obstáculos. La trayectoria local puede ser proporcionada para describir los estados de movimiento deseados, cinemáticamente factibles en el futuro, por ejemplo, por algunos segundos, para el control feed-forward de gran ancho de banda de la(s) unidad(es) de trabajo del vehículo, tales como el(los) accionador(es) (por ejemplo, a una curvatura deseada, desaceleración de freno deseada o par de accionamiento deseado).

A modo de ejemplo, las soluciones pueden proporcionarse en una cadena de herramientas de diseño basado en modelos (MBD) para un amplio cumplimiento de los estándares de hardware de ordenador de a bordo y software de alta integridad, como ISO 26262 e IEC 61508, lo que permite una oferta de modo mixto.

La Fig. 3 muestra un ejemplo de localización 300 del vehículo 100 y el objetivo de carga 310, tal como un contenedor. En particular, puede determinarse la pose (es decir, la posición y/o la orientación) del vehículo y/o del objetivo de carga. Esto se puede hacer, por ejemplo, por el controlador, tan pronto como la información sensorial esté disponible, por ejemplo, desde el primer y el segundo sistema de sensores. Ya antes del siguiente ciclo de medición por el primer sistema de sensores, puede planificarse la ruta desde el vehículo hacia el objetivo de carga. La ruta se planifica en el mapa espacial, por lo que no es necesario que se base en la posición u orientación absolutas del vehículo o del objetivo de carga. En su lugar, las soluciones permiten planificar la ruta desde la posición y/u orientación mejor conocidas del vehículo hacia la posición y/u orientación mejor conocidas del objetivo de carga. La ruta puede planificarse mientras el vehículo circula. La ruta puede planificarse incluso cuando el vehículo no se encuentra exactamente en ella. La ruta puede planificarse para garantizar la suavidad de la misma, mientras que el controlador intenta mantener el vehículo en la ruta y corregir las perturbaciones derivadas de propiedades desconocidas del vehículo y del entorno. La solución permite mejorar la suavidad y la continuidad de la ruta y trayectoria correspondiente del vehículo, lo que permite controlarlo en tiempo real, en particular en el caso de los vehículos autónomos. Esto puede hacerse a pesar de los cambios considerablemente grandes en los datos sensoriales actualizados.

La localización puede verse en términos de tres marcos de coordenadas: un marco de mapa 320, un marco de vehículo 322 y un marco de objetivo de carga 324. El marco del mapa es un marco de coordenadas para el mapa espacial, por ejemplo, un marco de coordenadas cartesianas. Aunque el bastidor del vehículo puede estar centrado en cualquier lugar del vehículo, por ejemplo, en un origen del primer sistema de sensores o en un origen de la(s) unidad(es) de trabajo (donde el origen puede estar situado en la posición desde la que se realiza la medición o el trabajo), el bastidor del vehículo sigue moviéndose con el vehículo 100. Por el contrario, la trama del mapa puede corresponder a una verdad sobre el terreno sustancialmente estacionaria, incluso si se actualiza repetidamente debido a la actualización del mapa espacial, por ejemplo, a medida que el primer sistema de control proporciona más información del entorno del vehículo al controlador. Esto permite al controlador estabilizar la operación del vehículo. Como ejemplo, la posición y/u orientación del vehículo puede estimarse 330 dentro del marco del mapa. Del mismo modo, la posición y/u orientación del objetivo de carga puede estimarse 332 dentro del marco del mapa. Sin embargo, la posición y/u orientación del objetivo de carga también puede estimarse 334 de manera relativa, por ejemplo dentro del bastidor del vehículo. En el mapa espacial, puede planificarse la ruta 340 desde la posición y/u orientación del vehículo hasta la posición y/u orientación del objetivo de carga. En consecuencia, el controlador puede estar dispuesto para planificar la ruta para que el vehículo llegue al objetivo de carga con una posición final y/u orientación 342 para alinearse con el objetivo de carga para cargar y/o descargar. La ruta puede actualizarse repetidamente, incluso cuando el vehículo se desplaza. El controlador puede proporcionar un conjunto de datos de trayectoria para que una trayectoria 344 del vehículo siga la ruta (ilustrada en la Fig. 3 como una línea continua superpuesta a la línea discontinua de la ruta). El conjunto de datos de trayectoria puede proporcionarse a una unidad de control del vehículo para controlar el movimiento del vehículo a lo largo de la ruta, por ejemplo a través de la interfaz de trayectoria.

Como se ha indicado anteriormente, el tercer sistema de sensores también puede utilizarse para planificar la ruta. En particular, el controlador puede estar dispuesto para utilizar las señales del tercer sensor del tercer sistema de sensores

para guiar el vehículo hacia la ruta. Las señales del tercer sensor pueden utilizarse para localizar el vehículo cuando las señales del primer sensor no están disponibles y/o con una frecuencia mayor que la localización del vehículo basada en las señales del primer sensor. Por lo tanto, no es necesario actualizar continuamente la ruta, pero las señales del tercer sensor pueden utilizarse para que el vehículo vuelva a la ruta cuando el vehículo se desvíe de ella. Esto también permite mitigar las fluctuaciones en el control del vehículo debidas a la incertidumbre en los resultados de las mediciones de los sistemas de sensores. El controlador puede seguir la trayectoria corrigiendo los errores causados por las salidas ruidosas de los sensores. La ruta puede actualizarse con una frecuencia menor que la trayectoria, en cuyo caso la ruta y la trayectoria pueden desviarse la una de la otra, en particular para evitar obstáculos. Basándose en las señales del tercer sensor, el controlador puede estar preparado para generar un conjunto de datos de trayectoria local para devolver el vehículo a la ruta. Esto puede proporcionarse como una actualización del conjunto de datos de la trayectoria y transmitirse a través de la interfaz de trayectoria a la unidad de control del vehículo.

El tercer sistema de sensores puede comprender un sensor de estado de movimiento del vehículo, por ejemplo, un sensor de velocidad del vehículo, como un cuentakilómetros. Esto permite que las señales del tercer sensor comprendan un estado de movimiento del vehículo, como la velocidad, para determinar la posición y/u orientación del vehículo, por ejemplo, mediante cambios incrementales en la posición y/u orientación del vehículo. Esto puede hacerse, por ejemplo, actualizando la posición inicial y/o la orientación basándose en el estado de movimiento del vehículo, como la velocidad y/o el ángulo de giro. Como se ha indicado anteriormente, el estado de movimiento del vehículo para tal fin también puede obtenerse de un LiDAR FMCW, como un LiDAR FMCW coherente 4D. Este sistema permite obtener el estado de movimiento del vehículo con un tiempo de muestreo fijo. Del mismo modo, el tercer sistema de sensores puede comprender un sensor de rumbo del vehículo y/o de velocidad de rumbo, como un giroscopio y/o un sistema de navegación inercial (INS). Esto permite que las señales del tercer sensor comprendan el rumbo del vehículo y/o la velocidad de rumbo para determinar la orientación del vehículo, por ejemplo, actualizando la orientación inicial basada en el rumbo del vehículo y/o la velocidad de rumbo. El rumbo del vehículo y/o la velocidad de rumbo para tal fin también pueden obtenerse del LiDAR FMCW. El rumbo del vehículo y/o la velocidad de rumbo pueden obtenerse con un tiempo de muestreo fijo.

Para la localización, por ejemplo, del vehículo 100 y/o del objetivo de carga 310 pero también de cualquier otro objeto en el entorno 130, el controlador puede estar dispuesto para realizar un ajuste de una o más primeras nubes de puntos del entorno del vehículo obtenidas a partir de las señales del primer sensor en el mapa espacial. Para el ajuste, se puede utilizar una transformación como, por ejemplo, una transformación de cuerpo rígido. La transformación puede comprender o consistir en una o más rotaciones y/o una o más traslaciones. Esto permite una solución robusta, escalable y sin mantenimiento. La transformación de cuerpo rígido puede obtenerse a partir de un algoritmo de registro, como ICP, que puede utilizarse de forma iterativa.

La localización permite determinar la posición y/u orientación del vehículo de manipulación de cargas en el mapa espacial, ya que el entorno capturado en las señales del primer sensor puede mapearse en el mapa espacial. En particular, la localización puede realizarse utilizando el algoritmo de Levenberg-Marquardt (LMA).

Un modelo de observación puede formularse como

$$\mathbf{y} = \mathbf{R}\mathbf{x} + \mathbf{t}, \text{ donde } \mathbf{y}, \mathbf{x}, \mathbf{t} \in \mathbb{R}^3 \text{ y } \mathbf{R} \in \text{SO}(3)$$

donde $\mathbf{R}$ es una matriz de rotación de 3 por 3 y $\mathbf{t}$ es un vector de traslación de 3 por 1 y $\mathbf{x}$ es un punto de 3 por 1. La suma de los cuadrados ponderados de los errores entre los datos observados y los ajustados/transformados puede minimizarse de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \chi^2(\mathbf{p}) &= \sum_{i=1}^m \left[\frac{\mathbf{y}(t_i) - \hat{\mathbf{y}}(t_i; \mathbf{p})}{\sigma_{y_i}} \right]^2 \\ &= (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}(\mathbf{p}))^T \mathbf{W} (\mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}}(\mathbf{p})) \\ &= \mathbf{y}^T \mathbf{W} \mathbf{y} - 2\mathbf{y}^T \mathbf{W} \hat{\mathbf{y}} + \hat{\mathbf{y}}^T \mathbf{W} \hat{\mathbf{y}} \end{aligned}$$

Esto permite mejorar la estabilidad en comparación con el procedimiento estándar de mínimos cuadrados, en particular si hay valores atípicos presentes en los datos de puntos 3D. La minimización de la función anterior para el vector parámetro $\mathbf{p}$ puede utilizarse para resolver incógnitas como el rumbo, las coordenadas x e y del vehículo o de un objeto del entorno, como el objetivo de carga, dado un conjunto de puntos 3D. Esto puede ajustarse bien a los optimizadores iterativos, como el LMA. Para las estadísticas robustas, el efecto de los valores atípicos sobre $\mathbf{p}$ puede minimizarse introduciendo una función de ponderación que se dirija a los componentes diagonales $\mathbf{W}$. En particular, la función Welch entre la familia de estimadores M puede utilizarse como función de ponderación. La ponderación puede ser la siguiente para el componente i:

$$u_{ij} = e^{-\left(\frac{\|p_i^k - y_j^l\|}{c}\right)^2}$$

Aquí el parámetro c permite determinar la influencia y puede modificarse disminuyendo geométricamente su valor en cada iteración del LMA.

- 5 Para la localización, el controlador puede disponerse así para estimar, por ejemplo usando el LMA, la transformación de cuerpo rígido que optimiza la alineación del espacial, que puede representarse por una nube de puntos de origen (como se representa por y con un signo de intercalación en las ecuaciones), a la una o más nubes de puntos, tales como la nube de puntos observada (también "objetivo") (como se representa por y en las ecuaciones).

- 10 Para la planificación de la ruta, la nube de puntos de origen puede elegirse de modo que alinee mejor el vehículo para engancharse a la carga en el mapa espacial. Esta alineación puede obtenerse, por ejemplo, utilizando un modelo CAD en combinación con un modelo de sensor LiDAR, empíricamente registrando la nube de puntos fuente antes del enganche, o de forma interactiva guiando al conductor mediante la pantalla, por ejemplo una pantalla táctil. Una vez estimadas y aplicadas las transformaciones en el modelo de observación, por ejemplo en la variante LMA aquí descrita, la función de error puede evaluarse repetidamente eliminando los valores atípicos y redefiniendo las correspondencias punto a punto. Este procedimiento puede iterarse hasta alcanzar un número fijo de iteraciones que, dadas unas nubes de puntos de tamaño limitado, puede hacer que la carga computacional sea determinista y, por tanto, conveniente en aplicaciones en tiempo real. La iteración también puede detenerse antes de alcanzar el número fijo de iteraciones si la función de error converge más rápidamente.

- 20 La formulación puede proporcionarse fundamentalmente como un problema matemático inverso, por lo que la estimación p puede denominarse algebraica. Por lo tanto, las incertidumbres en p pueden considerarse perturbaciones de alta frecuencia en la mayoría de los casos de interés. Por otra parte, el estado (interno) del vehículo, que puede incluir la velocidad y/o el índice de dirección, puede proporcionarse como cantidades de gran ancho de banda sujetas a una deriva de baja frecuencia si se propagan en bucle abierto a lo largo del tiempo. Como se ha indicado anteriormente, pueden obtenerse a partir de la odometría, la navegación inercial o el sistema de percepción exteroceptivo.

- 25 El vehículo puede localizarse utilizando las señales del tercer sensor mediante fusión de sensores. Para ello puede utilizarse un filtro de Kalman (KF). Existe una amplia variedad de metodologías de fusión de sensores aplicables, en particular porque las estimaciones algebraicas en p son complementarias al estado de movimiento del vehículo (que también puede denominarse ego-vehículo). En particular, puede utilizarse un diseño de control de 2 entradas de tipo PI convencional. Esto puede expresarse en forma de espacio de estados de la siguiente manera:

30
$$\dot{y} = \dot{x} + \dot{b} + k_p(x - \hat{y}), \text{ donde } \dot{b} = k_i(x - \hat{y}) \text{ y } \dot{x} = \frac{dx}{dt}$$

- 35 donde el par de entradas comprende un estado de movimiento x y su derivada (la derivada temporal se ilustra con un punto sobre cada uno de los símbolos correspondientes) procedentes de diferentes sensores o modalidades. Debido a la suposición complementaria, el filtro puede minimizar las fuentes de error individuales de x y su derivada para obtener estimaciones de movimiento 1-DoF (grado de libertad) suaves, de baja latencia y sin deriva. La dinámica del filtro puede igualar con un alto grado de precisión el diseño del KF estacionario en el dominio temporal. Para tener en cuenta el efecto de los valores atípicos, las ganancias PI del KF pueden modificarse aplicando la función Welch (como se ha descrito anteriormente) sobre el residuo, por ejemplo, como con el LMA. Las ganancias del KF pueden ajustarse en tiempo real para adaptarse a las variaciones de la observación y el ruido del procedimiento, pero sin la complicada ecuación de Riccati ni el cálculo de actualización de ganancias del KF estándar.

- 40 Para la localización del objetivo de carga (o cualquier otro objeto del entorno), las una o más segundas nubes de puntos del entorno del vehículo obtenidas a partir de las señales del primer sensor pueden proyectarse a la imagen de identificación y el controlador puede disponerse en consecuencia. Para ello, puede utilizarse una matriz de proyección. La matriz de proyección puede escribirse como una transformación lineal

$$P = K[R|t]$$

- 45 donde P es una matriz de proyección, por ejemplo, una matriz de 3 por 4, que comprende dos partes, a saber, la matriz intrínseca K que puede aproximar una distancia focal y un centro óptico del segundo sistema de sensores, y $[R|t]$ que es una combinación de una matriz de rotación R , por ejemplo, una matriz de 3 por 3, y un vector de traslación t (p. ej., un vector de 3 por 1) que describe la transformación entre el origen del primer sistema de sensores y el segundo sistema de sensores, también denominada matriz extrínseca. Aunque no se muestran, también pueden tenerse en cuenta los parámetros de distorsión tangencial y radial.

Para la localización para cualquier objeto en el entorno, cualquiera o todos los tres procedimientos como sigue pueden ser utilizados. En primer lugar, las una o más imágenes del entorno del vehículo generadas por el segundo sistema de sensores pueden someterse a un reconocimiento de objetos para obtener una región de imagen que delimite un

objetivo de carga identificado en una imagen de identificación. El reconocimiento de objetos puede ser manual o automático, por ejemplo mediante una red neuronal, como una red neuronal profunda (DNN). La región de la imagen puede proporcionarse en dos dimensiones, por ejemplo definidas por las coordenadas xy, anchura y altura de cada objeto de la imagen. La región de la imagen puede proporcionarse simplemente como un cuadro delimitador.

5 En segundo lugar, las una o más segundas nubes de puntos del entorno del vehículo obtenidas a partir de las señales del primer sensor pueden proyectarse en la una o más imágenes, en particular en la imagen de identificación. Aquí, la matriz P puede utilizarse para identificar los puntos de cada objeto, como el objetivo de carga (identificado), que pueden ser puntos tridimensionales, contenidos dentro de la región de la imagen.

10 En tercer lugar, la posición y/u orientación (inicial) del objeto, tal como el objetivo de carga, puede propagarse a una posición y/u orientación actualizadas, por ejemplo, para localización en tiempo crítico. Para ello, puede utilizarse la señal del tercer sensor, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente. La posición y/o la orientación pueden propagarse mediante la fusión de sensores, por ejemplo, basándose en KF. El LMA puede aplicarse sobre los puntos 3D del objeto detectados por el reconocimiento de objetos aplicado en 2D a las señales del segundo sensor.

15 Observamos que el reconocimiento automatizado del objeto puede fallar temporalmente debido a la iluminación, limitaciones del campo de visión u otros problemas. Basándose en el mapa espacial, por ejemplo mediante la nube de puntos de origen, y, opcionalmente, en las dimensiones del objeto, la estimación continua del estado del objeto, que puede realizarse con las señales del tercer sensor, por ejemplo mediante la fusión de sensores, permite propagar y predecir un volumen de interés y descubrir los puntos 3D del objeto dentro de una nueva nube de puntos observada y. El LMA puede aplicarse posteriormente tal cual. Este procedimiento puede limitar cualquier deriva en el caso de que
20 falle el reconocimiento del objeto o el sistema del primer sensor no pueda proporcionar las señales del primer sensor. Este procedimiento, que complementa los fallos temporales o incluso la falta de capacidad de reconocimiento de objetos, permite relajar no sólo el rendimiento, sino también los requisitos de hardware. Por ejemplo, en la operación asistida por el usuario, el conductor del vehículo puede simplemente seleccionar el objetivo de carga a través de la interfaz de usuario, por ejemplo, una pantalla táctil, y luego activar la operación automatizada de carga y/o descarga.

25 El vehículo puede localizarse basándose en las señales del primer sensor. Esto permite estimar el movimiento del vehículo, que también puede denominarse ego-movimiento, basándose en el mapa espacial. Para este enfoque no se requiere un filtrado convencional ni una optimización intensiva basada en grafos ni la construcción de grandes marcos. La trayectoria del (ego-)vehículo puede estar compuesta puramente de estimaciones secuenciales de posición y/u orientación, que pueden representarse en el mapa espacial, y el marco del mismo, como una función del tiempo, por
30 ejemplo, de la siguiente manera:

$$\hat{\mathbf{y}}(t_i) = \hat{\mathbf{y}}(t_{i-1}) + \hat{\mathbf{p}}(t_i)$$

La localización, por ejemplo con el LMA como se ha descrito anteriormente, puede aplicarse progresivamente a la nube de puntos fuente, por ejemplo almacenada en memoria intermedia 1 segundo en el pasado mientras está en movimiento, con respecto a la nube o nubes de puntos de las señales del primer sensor (más) recientemente
35 observadas por el primer sistema de sensores. Aunque se inicializa a cero, la propagación puede comenzar una vez que el objetivo de carga se identifica por primera vez.

Para la autonomía a corto plazo, cualquier deriva en la acumulación progresiva puede mantenerse al mínimo. Esto permite calcular la desviación lateral actual y la desviación de rumbo del (ego-)vehículo en relación con la ruta sin depender de un costoso sistema de posicionamiento absoluto (por ejemplo, DGPS) o de la infraestructura. Esto
40 permite un control del movimiento muy maniobrable y preciso. Para la propagación crítica en el tiempo de la posición y/u orientación del (ego-)vehículo, las señales del tercer sensor pueden utilizarse en el marco de localización y mapeo para limitar cualquier deriva en los estados de movimiento internos del vehículo, por ejemplo, con el LMA y/o el KF como se ha descrito anteriormente.

45 Si hay un gran error en el mapa, por ejemplo, como el exhibido por el LMA, la transformación (de cuerpo rígido) entre la nube de puntos de origen y de destino puede ser propensa a errores. Tal exploración puede dejarse sin registrar sin ningún impacto inmediato en la propagación del estado de movimiento del ego utilizando señales de terceros sensores, o KF. De este modo se pueden tener en cuenta los fallos temporales en la cartografía, al tiempo que se mantiene siempre disponible una estimación de la posición y/o la orientación del vehículo (ego).

La utilización de las señales del tercer sensor, o la fusión de sensores, permite la disponibilidad continua de las estimaciones para la posición y/u orientación del (ego-)vehículo y/o el objeto, tal como el objetivo de carga. Esto
50 permite una planificación repetida o continua de la ruta. La planificación repetida puede ser importante, ya que el ruido en la planificación tiende a reducirse en función de la distancia al objeto, como el objetivo de carga.

El vehículo puede ser un vehículo similar a un automóvil con dirección, como un camión con gancho elevador, que tiene una dinámica no holonómica. En este tipo de dinámica, no se puede ordenar al vehículo que cree un movimiento lateral sin dirigirlo y tener velocidad en la dirección longitudinal. Por lo tanto, la ruta puede planificarse típicamente de
55 modo que comience desde el vehículo y termine en el objetivo de carga con una curva que permita al vehículo

engancharse suavemente al objetivo de carga, por ejemplo, enganchando la(s) unidad(es) de trabajo, como el gancho elevador, en el objetivo de carga.

La Fig. 4 ilustra la planificación de ruta 400 para carga y/o descarga, donde la ruta 340 puede ser proporcionada por el controlador. La ruta puede comenzar (P1) desde el vehículo 100, por ejemplo en la(s) unidad(es) de trabajo 110. Puede comenzar suavemente por su tangencia alineada con la orientación, por ejemplo la dirección longitudinal, del vehículo y/o de la(s) unidad(es) de trabajo. La ruta puede terminar (P4) en el objetivo de carga, por ejemplo, en un punto en el que la(s) unidad(es) de trabajo puede(n) engancharse al objetivo de carga para cargar y/o descargar. La ruta puede terminar con un segmento recto para permitir un mejor seguimiento de la ruta por parte del controlador de seguimiento de trayectoria. La ruta puede constar de varios segmentos alineados entre sí para que la posición, el rumbo y la curvatura previstos a lo largo de la ruta sigan siendo continuos. La ruta puede terminar suavemente por su tangencia alineada con el objetivo de carga, por ejemplo, su dirección longitudinal, para la carga y/o descarga. Por ejemplo, la definición de una ruta /curva Bézier quintica, una curva clotoide o una curva polinómica permite acomodar eficazmente tales restricciones geométricas. En particular, puede utilizarse un conjunto de seis o más puntos de control para la ruta. La ruta puede incluir su punto de inicio (P1) como punto de control. Del mismo modo, la ruta puede incluir su punto final (P4) como punto de control. Se pueden utilizar otros dos o más puntos dentro y/o fuera de la ruta. Un punto (P2), como un segundo punto, puede utilizarse como punto de control para definir la dirección de entrada en la ruta. Del mismo modo, un punto (P3), como un penúltimo punto, puede utilizarse como punto de control para definir la dirección de salida de la ruta. Por lo tanto, los dos puntos mencionados también pueden estar fuera de ruta. En algunas realizaciones, dos o más puntos adicionales pueden estar situados entre el segundo punto y el penúltimo punto. En otras realizaciones, pueden situarse cuatro o más puntos adicionales entre el segundo punto y el penúltimo.

El lugar geométrico de alguno o todos los puntos de control, por ejemplo P2, puede limitarse, por ejemplo, de modo que un rumbo inicial en la ruta (por ejemplo, como se indica mediante el segmento de línea de P1 a P2) sea tangencial o al menos sustancialmente tangencial al vehículo. Del mismo modo, el lugar de alguno o todos los puntos de control, por ejemplo P3, puede limitarse de modo que el rumbo final de la ruta (por ejemplo, el indicado por el segmento de línea de P3 a P4) sea tangencial o al menos sustancialmente tangencial al objetivo de carga y/o al vehículo cuando el vehículo está alineado para cargar y/o descargar en el objetivo de carga. Esto facilita que el vehículo llegue al punto final de la ruta (P4) en una orientación/posición en la que pueda realizar la carga y/o descarga. Estos puntos de control de la ruta pueden asegurar la correcta incorporación de las continuas actualizaciones en la posición final y/u orientación 342 del vehículo al final de la ruta, que depende de la posición y/u orientación del objetivo de carga. La actualización repetida de la ruta permite que esto se mantenga incluso cuando la estimación de la posición y/u orientación del objetivo de carga cambia durante el movimiento del vehículo. Lo mismo ocurre cuando la estimación de la posición y/u orientación del vehículo, dada por la localización basada en mapas del (ego)-vehículo, cambia durante el movimiento del vehículo, incluidos los cambios debidos al ruido de medición. El conjunto de datos de trayectoria puede proporcionarse para que el vehículo se mueva en la ruta con su rumbo alineado tangencialmente con la ruta. En la figura se ilustra un centro instantáneo de rotación (ICR) para el vehículo con radio de rotación r .

La ruta hacia cualquier objetivo P(s) puede definirse como una curva paramétrica P(s), tal como una ruta /curva de Bézier, parametrizada por el parámetro de ruta s , por ejemplo, tal que $P(0) = P1$, y $P(1) = P4$. Esto puede tener los siguientes efectos:

- 1) Una actualización discreta de la posición y/u orientación del vehículo o de la posición y/u orientación del objetivo de carga o una mejora gradual de las estimaciones de los mismos se acomodan mediante una actualización de la ruta mientras que la actualización puede preservar la suavidad del control.
- 2) Dada una tasa de progreso positiva en la ruta, el vehículo puede alcanzar P4, también con la posición final y/o la orientación correctas, desde cualquier lugar de la ruta.
- 3) P(s) tiene una formulación bien comportada, suave y diferenciable para los valores deseados del sistema en cualquier posición de la ruta entre P1 y P4.
- 4) El ajuste de la velocidad de avance (derivada de s) puede ser realizado por el controlador, o por cualquier módulo autónomo de manipulación de cargas, o en sistemas de asistencia por un operador embarcado/desembarcado de forma similar a comandar un pedal de aceleración del vehículo.
- 5) La ruta puede proporcionarse como una función continua. También se puede discretizar con cualquier frecuencia de muestreo. La solución permite al controlador adaptarse a una amplia gama de tiempos de muestreo, por ejemplo de 1 milisegundo a 1 segundo.
- 6) La forma exacta de la ruta puede ajustarse en función del problema, las dimensiones del vehículo, el rendimiento del control, etc.
- 7) La curvatura instantánea de la ruta ($1/r$) puede utilizarse para mantener los comandos de dirección del vehículo tangentes a la ruta en cualquier momento del movimiento. Por lo tanto, la suavidad de la ruta puede crear no sólo un rumbo suave, sino también un comportamiento de dirección suave, lo que puede aumentar la vida útil de los componentes del vehículo.

La solución permite al controlador proporcionar trayectorias en tiempo real para el uso combinado de dirección y cambio de velocidad (es decir, frenado y/o aceleración). Se puede proporcionar un conjunto de soluciones óptimas dentro de las cuales se elige la mejor solución cinemáticamente factible para operar el vehículo con seguridad. Esto puede llevarse a cabo conectando el estado (ego)vehículo con un conjunto de estados terminales, por ejemplo,

utilizando trayectorias polinomiales de cuarto o quinto orden definidas en el sistema de coordenadas de Frenet o rutas/curvas de Bézier quinticas. Las funciones de coste para la planificación del movimiento lateral y longitudinal pueden definirse del siguiente modo:

$$C_d = K_j j_d + K_T T + K_d \Delta d_T^2 \quad \text{y} \quad C_s = K_j j_s + K_t T + K_d \Delta s_T^2$$

5 donde K_j , K_T , $K_d > 0$, las variables j_d y j_s son las sumas laterales y longitudinales de las sacudidas al cuadrado, T es el tiempo de espera y los términos con Δ describen el cuadrado de la desviación lateral y el cuadrado de la diferencia entre la velocidad deseada y la prevista al final de la trayectoria. Estas sumas pueden calcularse seleccionando una pequeña secuencia de puntos a lo largo de la ruta. A continuación se resumen algunas de las principales características de la planificación de rutas:

- 10 1. La planificación del movimiento puede llevarse a cabo en el marco de Frenet con funciones de costes laterales y longitudinales que imitan el comportamiento de conducción humano con limitaciones de velocidad, curvatura y aceleración, minimizando al mismo tiempo las sacudidas. La planificación de la trayectoria puede basarse en splines quinticos de Bezier para obtener velocidad de cálculo y suavidad.
- 15 2. Las trayectorias planificadas (el conjunto de datos de trayectorias) pueden tener un tiempo de espera fijo (por ejemplo, de 1 a 10 segundos, como 7 segundos). Esto permite que la evitación de colisión reactiva incorporada preserve la viabilidad cinemática en situaciones inesperadas o de emergencia. Además, la previsión también permite ejecutar maniobras seguras de riesgo mínimo.
- 20 3. La retroalimentación puede desvincularse de la planificación. De este modo, se puede suministrar la desviación lateral y/o de rumbo de la ruta, opcionalmente junto con la mejor trayectoria válida en cada paso de planificación. Esto puede reducir significativamente la dependencia de las características específicas del vehículo. También permite tener en cuenta la naturaleza no holonómica de un vehículo típico en controles de accionador de bajo nivel sin dificultades técnicas, es decir, la interfaz de trayectoria propuesta permite hacer que el controlador sea agnóstico al vehículo.

25 El conjunto de datos de trayectoria puede proporcionarse con entrada directamente desde la planificación de la ruta. Puede ajustarse para obtener los perfiles de velocidad y/o aceleración deseados en función de la distancia del vehículo y/o de la(s) unidad(es) de trabajo al objetivo de carga. Debido a las limitaciones, las maniobras resultantes pueden considerarse predecibles, precisas y cómodas al mismo tiempo. La solución también permite una integración segura, ya que las maniobras de conducción evasiva pueden parametrizarse fácilmente para tener en cuenta la presencia de obstáculos estáticos y/o dinámicos.

30 En operación semiautomatizada, por ejemplo, la ruta y/o trayectoria hacia el objetivo de carga puede visualizarse a un conductor mediante una pantalla. En esta operación asistida, el conductor puede controlar el pedal del freno mientras se aproxima al objetivo de carga. En general, cuando falla temporalmente la identificación del objetivo de carga, el controlador puede estar preparado para facilitar la proyección de una ilustración del objetivo de carga a partir del mapa espacial en la pantalla con fines de visualización. Esto aumenta la seguridad y el confort del conductor, ya que las maniobras que se avecinan son intuitivas y predecibles segundos antes desde la pantalla.

35 En contraste con los sistemas de automatización tradicionales, que se basan en configuraciones sensoriales precisas y accionadores a menudo con dependencia de infraestructuras que pueden costar cientos de miles de euros, la solución permite utilizar una arquitectura robótica. Puede basarse en sensores de percepción comúnmente disponibles (por ejemplo, LiDAR y cámara). En general, el primer y el segundo sistema de sensores pueden estar provistos de sensores exteroceptivos, que pueden hacer que sus mediciones dependan de la distancia y del ángulo de visión. Esto es particularmente eminente teniendo en cuenta las limitadas capacidades no holonómicas de dirección del vehículo, en particular cuando el vehículo requiere un espacio ampliado para la dirección. La solución de percepción y toma de decisiones divulgada puede funcionar con la mejor estimación disponible en cada momento, lo que la hace especialmente eficaz para los vehículos no holonómicos.

40 La Fig. 5 ilustra la desviación de trayectoria 500 según un ejemplo. Las desviaciones están exageradas en la figura para mayor claridad.

45 Un ciclo de operación para el controlador puede definirse como el que tiene lugar de una medición del primer sistema de sensores a la siguiente. La duración de un ciclo puede ser constante, pero también puede extenderse de forma espuria si, por alguna razón, las señales del primer sensor no se proporcionan o no pueden utilizarse para la localización. Entre dos actualizaciones de ciclo, las desviaciones del vehículo de la trayectoria deseada, que pueden incluir desviaciones en la posición y/u orientación, pueden compensarse mediante una respuesta 520 del controlador, que puede proporcionarse como una actualización del conjunto de datos de la trayectoria, por ejemplo basada en las señales del tercer sensor, como se ha descrito también anteriormente. El siguiente ciclo puede entonces acomodar las actualizaciones más recientes del primer sistema de sensores para el vehículo y/o cualquier objeto del entorno como el objetivo de carga. Estos pueden acomodarse en el mapa espacial y en el marco de coordenadas 320 del mismo.

La posición y/o orientación real del vehículo 100 puede diferir de la posición y/o orientación 510 planificada. La desviación puede incluir una desviación lateral 512 y/o una desviación de rumbo 514 (las líneas longitudinales discontinuas que se extienden desde la posición real y la posición planificada en la figura representan un rumbo real y un rumbo planificado para el vehículo, de modo que cualquier desviación angular de estas líneas paralelas significa una desviación de rumbo). Dentro de un ciclo de operación, por ejemplo, entre dos instancias separadas de las señales del primer sensor que se utilizan para la localización del vehículo y/o el objetivo de carga, el controlador puede proporcionar una respuesta, por ejemplo, una actualización del conjunto de datos de la trayectoria, para guiar el vehículo hacia la ruta 344 sin actualizar necesariamente la ruta.

La Fig. 6 muestra un ejemplo 600 de flujo de datos y módulos para la solución. Cualquiera o todos los módulos pueden ser proporcionados por el controlador 120. El controlador puede estar provisto de una arquitectura para la localización basada en modelos y la arquitectura puede proporcionar la localización del vehículo (ego) simultáneamente con la planificación de la ruta y el suministro del conjunto de datos de la trayectoria al objetivo de carga. La estructura modular facilita la división del cálculo en distintos equipos físicos con diferentes tiempos de ciclo en función de la aplicación. La arquitectura puede construirse mediante herramientas generalmente disponibles para un experto en la materia para la generación de código y la implementación agnóstica de hardware. El reconocimiento de objetos, o la identificación de los objetos del entorno, como el objetivo de carga, no se muestra explícitamente en la figura. Puede proporcionarse utilizando computación masivamente paralela basada en sistemas en chip (SoC) (por ejemplo, GPU).

El estimador de vehículo 610 facilita la localización del vehículo, por ejemplo como se ha descrito anteriormente, y puede estar configurado para utilizar diversas entradas que incluyen, al menos, las señales del primer sensor y, opcionalmente, las señales del tercer sensor. A continuación, proporciona, como primera salida 614, una estimación de la posición y/u orientación del vehículo. Esto puede ser entregado a un estimador de objetivo 620 y/o a un planificador de ruta 630. El estimador de vehículo 610 también puede proporcionar una o más salidas adicionales, en particular el mapa espacial 616 o un esquema del mismo, que puede proporcionarse, por ejemplo como un mapa de nube de puntos, para la interfaz de usuario y/o el estimador de objetivo.

El estimador de objetivo 620 facilita la localización del objetivo de carga, por ejemplo como se ha descrito anteriormente, y puede configurarse para utilizar cualquiera o todas las entradas 612 proporcionadas al estimador de vehículo. Además de las señales del primer sensor y, opcionalmente, las señales del tercer sensor, las entradas 622 al estimador de objetivo incluyen, al menos, las señales del segundo sensor y, opcionalmente, una entrada para definir la región de la imagen. Tanto para el estimador del vehículo como para el estimador del objetivo, puede proporcionarse una señal de tiempo, como el tiempo diferencial. El estimador de objetivo proporciona, como segunda salida 624, una estimación de la posición y/u orientación del objetivo de carga. Esto puede ser entregado al planificador de rutas 630.

El planificador de ruta 630 puede utilizar la estimación para la posición y/u orientación del vehículo y la estimación para la posición y/u orientación del objetivo de carga para determinar una ruta desde la posición y/u orientación del vehículo hasta la posición y/u orientación del objetivo de carga como una tercera salida 632. La tercera salida puede ser utilizada, opcionalmente junto con otras entradas 642 como la señal del tercer sensor para proporcionar el conjunto de datos de trayectoria 644. En particular, las otras entradas 634 pueden proporcionarse independientemente como entrada al planificador de trayectorias, de modo que el conjunto de datos de la trayectoria pueda actualizarse basándose en las otras entradas 634, en particular las señales del tercer sensor, incluso cuando las actualizaciones de la tercera salida no estén disponibles. El planificador de trayectorias también puede tener la capacidad de emitir una orden de parada del vehículo, por ejemplo, en caso de emergencia o de colisión anticipada, o cuando ha transcurrido un tiempo límite desde que se proporcionó el último tercer resultado al planificador de trayectorias. La orden de parada puede ser emitida como una salida separada 646 permitiendo que sea proporcionada directamente para el control del vehículo.

El estimador de vehículo 610 y el estimador de objetivo 620 pueden fundarse en el LMA y pueden, en cualquier caso, proporcionarse computacionalmente intensivos, por lo que pueden asignarse con una prioridad de recursos computacionales del controlador. El esfuerzo computacional puede gestionarse también fijando el número máximo de iteraciones en el estimador del vehículo y/o el estimador del objetivo, por ejemplo para el LMA, y fijando el tamaño del procesado en el estimador del vehículo y/o el estimador del objetivo, en particular por el LMA. El número de iteraciones puede limitarse por debajo de 100, por ejemplo a un máximo de 10-20. Las nubes de puntos también pueden reducirse de tamaño, por ejemplo a menos de 1.000 puntos, como puntos 3D, de los detectados por el primer sistema de sensores por cada exploración, cuyo número puede ser superior a cien mil.

El estimador de vehículo 610 y/o el estimador de objetivo 620 pueden utilizar las señales del primer sensor, por ejemplo utilizando el LMA, para proporcionar sus respectivas salidas. La llegada de las señales del primer sensor puede basarse en eventos, de modo que la salida dependiente de las señales del primer sensor puede basarse en eventos. Para la salida en tiempo real o en tiempo crítico, el estimador del vehículo 610 y/o el estimador del objetivo 620 pueden utilizar las señales del tercer sensor, por ejemplo mediante la fusión de sensores. Para ello, puede utilizarse el filtrado de Kalman. Esto permite que la primera salida 614 y/o la segunda salida 624 se suministren con una frecuencia mayor que la frecuencia de suministro de las señales del primer sensor, de forma crítica en el tiempo o incluso sustancialmente en tiempo real, en particular en caso de fallos puntuales en las actualizaciones de la nube de puntos.

Algunas características principales de la arquitectura hardware pueden resumirse como sigue:

1. La detección del entorno y de los objetos que lo rodean puede realizarse con el primer y el segundo sistema de sensores con electrónica de sincronización incorporada. Esto puede hacerse con la fiabilidad de un automóvil.
2. Para tareas intensivas en memoria, se puede proporcionar una unidad integrada basada en SoC, que permite el reconocimiento de objetos, o la identificación del objetivo de carga, y el procesamiento de las señales del primer y segundo sensor. También puede ser de calidad automovilística. La unidad puede suministrarse para cumplir los requisitos de la norma ISO 26262 para ASIL C(D).

3. Para el reconocimiento de objetos, pueden utilizarse uno o más algoritmos de aprendizaje profundo (DNN). El algoritmo o algoritmos de aprendizaje profundo pueden entrenarse en un conjunto de datos anotados para detectar objetos relevantes y pueden equilibrarse en cuanto a velocidad y precisión.

4. La unidad SoC puede conectarse mediante un PC industrial o seguro que cumpla los requisitos de seguridad pertinentes (por ejemplo, apto para PLe o SIL 3) para la fusión de sensores en tiempo real, la comunicación bidireccional y la interconexión de los cables auxiliares y el control de movimiento del vehículo. La retroalimentación típica del vehículo puede incluir, por ejemplo, las señales de velocidad y/o índice de rumbo (por ejemplo, del EBS), que pueden leerse desde el bus CAN.

Una solución de a bordo, por ejemplo como parte del vehículo o del conjunto de equipo de trabajo, puede comprender los sistemas de sensores primero y segundo acoplados al controlador, por ejemplo al SoC del mismo, para proporcionar las señales de los sensores primero y segundo al SoC. El controlador puede estar acoplado a la interfaz de trayectoria, por ejemplo mediante un iPC seguro, para la comunicación bidireccional con el vehículo. El controlador también puede estar acoplado a uno o más servidores externos, por ejemplo, a un sistema de computación en nube, por ejemplo, para el entrenamiento y/o despliegue de IA. Esto permite que la gobernanza y la gestión de los datos se realicen en el sistema de computación en nube.

La solución puede proporcionarse agnóstica al vehículo. La interfaz de trayectoria puede utilizarse como capa de abstracción, lo que mitiga el efecto de los desarrollos específicos del vehículo en la solución. La interfaz de trayectoria también permite clarificar las responsabilidades y medidas entre la capa de by-wires del vehículo y cualquier capa(s) robótica(s) de la(s) unidad(es) de trabajo. Esto permite evitar complicaciones comerciales y técnicas en el análisis de seguridad y la integración de sistemas. Esto también permite monitorizar el rendimiento del vehículo en las maniobras para la operación de la(s) unidad(es) de trabajo, como el(los) gancho(s) elevador(es). No obstante, la presencia de la interfaz de trayectoria para el sistema de control by-wires del vehículo no es un requisito necesario para el despliegue de la solución. Se pueden proporcionar ecuaciones cinemáticas/dinámicas y algoritmos para que el controlador convierta la trayectoria en comandos de accionador para la transmisión, la dirección, el freno, etc.

Las unidades de procedimiento para la solución pueden estar provistas de diversas alternativas disponibles para el experto. Los subsistemas y los algoritmos, y en general todos los bloques, pueden considerarse en gran medida agnósticos de hardware con el diseño basado en modelos de la solución. Gracias al uso de sistemas de coordenadas para los sensores y a la transformación calibrada entre ellos, la solución puede hacerse robusta a los cambios en las propiedades del primer sistema de sensores, por ejemplo, el número o la resolución de los sensores o la frecuencia de barrido del sistema. La solución puede utilizarse con una amplia gama de sistemas de sensores a disposición del experto en la materia. Los requisitos de hardware de la solución pueden generalizarse lo suficiente para que se ajuste a los requisitos de la cartografía y la evitación de obstáculos. El primer sistema de sensores, como un sistema LiDAR, puede consistir o comprender un escáner láser giratorio, un escáner de estado sólido y/o un escáner de onda continua o pulsada. En el caso del segundo sistema de sensores, los cálculos y las proyecciones pueden realizarse tras la rectificación de las imágenes. Por lo tanto, se pueden adaptar diferentes ópticas de cámara para su uso. El controlador puede recibir cualquier parámetro intrínseco y/o extrínseco de los sistemas de sensores como información de entrada y/o mediante calibración.

La solución permite comandos de control suaves en tiempo real. Un inconveniente comúnmente conocido de la estimación de la pose y la localización tradicionales basadas en la percepción puede ser su comportamiento inestable. Tal característica, junto con la dinámica no holonómica del vehículo, puede crear órdenes de dirección innecesarias que pueden causar el desgaste de los componentes y pueden parecer irracionales a un usuario. La solución permite superar estas deficiencias, en particular, mediante estimaciones óptimas en combinación con la fusión de sensores, junto con una planificación del movimiento suave y de buen comportamiento basada en valores estimados y parametrizando el resultado como un generador de rutas en tiempo real.

La solución puede ofrecerse como módulos para un sistema mayor o compilada en un programa autónomo en una unidad de procedimiento independiente. Por ejemplo, en función de la aplicación, el controlador puede instalarse en un PC industrial dedicado al procedimiento de manipulación de cargas o en módulos ADAS (sistemas avanzados de asistencia al conductor). Un enfoque puede ser una combinación de la solución con enfoques de operación remota, de forma que un operador remoto in situ o externo comande el vehículo, beneficiándose así de una autonomía a corto plazo que elimina la necesidad de una comunicación sincrónica intensiva en datos. También se puede proporcionar un vehículo autónomo de manipulación de cargas que utilice las capacidades más avanzadas del vehículo mediante una interfaz digital hacia sus by-wires.

La solución también permite proporcionar detección y respuesta a objetos y eventos (OEDR). La solución puede organizarse para cubrir las verificaciones necesarias y las detecciones de fallos y problemas de seguridad relacionados con la planificación, la cartografía, la localización y el posicionamiento bajo el tema de las Tareas de Conducción

Dinámica (DDT) y OEDR para la conducción autónoma L4 de acuerdo con la norma J3016 de SAE International. Por ejemplo, la monitorización del objeto que permanece inmóvil o la coherencia entre los datos estimados de movimiento y fuerza pueden utilizarse para detectar anomalías y detectar dinámicas anómalas de la recogida y colocación de la carga. Además, el primer sistema de sensores que comprende el LiDAR FMCW puede proporcionar detección instantánea basada en Doppler y eliminación de objetos en movimiento para las nubes de puntos previas, por ejemplo, a la estimación de la pose.

Es importante destacar que, con la presente solución que utiliza el mapa espacial, la ruta puede planificarse y/o el conjunto de datos de trayectoria determinarse a partir de la posición y/u orientación en la que se supone que se encuentra el vehículo (en el mapa espacial), es decir, no es necesario dónde se encuentra el vehículo. Del mismo modo, la ruta puede planificarse y/o el conjunto de datos de la trayectoria determinarse en la posición y/u orientación donde se supone que está el objetivo de carga (en el mapa espacial), es decir, no es necesario donde está el objetivo de carga. Esto puede hacerse siempre que el controlador reciba las señales del primer y/o tercer sensor. La posición y/o la orientación del vehículo y/o del objetivo de carga pueden determinarse basándose en un marco de coordenadas en la cartografía espacial, en contraste con una característica en una imagen. La solución también permite desacoplar la planificación del control con todas las ventajas asociadas que aquí se describen.

El controlador descrito anteriormente puede implementarse en software, hardware, lógica de aplicación o una combinación de software, hardware y lógica de aplicación. La lógica de aplicación, el software o el conjunto de instrucciones pueden mantenerse en cualquiera de los diversos soportes legibles por ordenador convencionales. Un "medio legible por ordenador" puede ser cualquier medio o soporte que pueda contener, almacenar, comunicar, propagar o transportar las instrucciones para su uso por o en conexión con un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones, como un ordenador. Un medio legible por ordenador puede comprender un medio de almacenamiento legible por ordenador que puede ser cualquier medio o soporte que pueda contener o almacenar las instrucciones para su uso por o en conexión con un sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones, como un ordenador. Los ejemplos pueden almacenar información relativa a diversos procedimientos descritos en el presente documento. Esta información puede almacenarse en una o más memorias, como un disco duro, un disco óptico, un disco magneto-óptico, una memoria RAM y similares. Una o más bases de datos pueden almacenar la información utilizada para implementar las realizaciones. Las bases de datos pueden organizarse utilizando estructuras de datos (por ejemplo, registros, tablas, matrices, campos, gráficos, árboles, listas y similares) incluidas en una o más memorias o dispositivos de almacenamiento enumerados en el presente documento. Las bases de datos pueden estar ubicadas en uno o más dispositivos que comprenden dispositivos locales y/o remotos, como servidores. Los procedimientos descritos con respecto a las realizaciones pueden incluir estructuras de datos apropiadas para almacenar los datos recogidos y/o generados por los procedimientos de los dispositivos y subsistemas de las realizaciones en una o más bases de datos.

Todas o una parte de las realizaciones pueden implementarse usando uno o más procesadores de propósito general, microprocesadores, procesadores de señales digitales, microcontroladores, y similares, programados de acuerdo con las enseñanzas de las realizaciones, como apreciarán los expertos en la(s) técnica(s) informática(s) y/o de software. Un software apropiado puede ser fácilmente preparado por programadores de habilidad ordinaria basado en las enseñanzas de las realizaciones, como será apreciado por aquellos expertos en la técnica del software. Además, las realizaciones pueden implementarse mediante la preparación de circuitos integrados específicos para la aplicación o mediante la interconexión de una red adecuada de circuitos de componentes convencionales, como apreciarán los expertos en la técnica. Por lo tanto, las realizaciones no se limitan a ninguna combinación específica de hardware y/o software.

Las diferentes funciones aquí discutidas pueden realizarse en un orden diferente y/o concurrentemente entre sí.

Cualquier rango o valor de dispositivo dado aquí puede ser ampliado o alterado sin perder el efecto buscado, a menos que se indique lo contrario. Además, cualquier ejemplo puede combinarse con otro, a menos que esté explícitamente prohibido.

Aunque la materia se ha descrito en lenguaje específico de características y/o actos estructurales, debe entenderse que la materia definida en las reivindicaciones anexas no se limita necesariamente a las características o actos específicos descritos anteriormente. Más bien, las características y actos específicos descritos anteriormente se divulgan como ejemplos de implementación de las reivindicaciones y otras características y actos equivalentes están destinados a estar dentro del alcance de las reivindicaciones.

Se entenderá que los beneficios y ventajas descritos anteriormente pueden referirse a una realización o pueden referirse a varias realizaciones. Las realizaciones no se limitan a aquellas que resuelven alguno o todos los problemas mencionados o aquellas que tienen alguno o todos los beneficios y ventajas mencionados. Se entenderá además que la referencia a "un(una)" artículo puede referirse a uno o más de esos artículos.

El término "que comprende" se utiliza aquí para significar que incluye el procedimiento, bloques o elementos identificados, pero que dichos bloques o elementos no comprenden una lista exclusiva y un procedimiento o aparato puede contener bloques o elementos adicionales.

Los descriptores numéricos tales como "primero(a)", "segundo(a)" y similares se utilizan en este texto simplemente como una forma de diferenciar entre partes que de otro modo tienen nombres similares. Los descriptores numéricos no deben interpretarse como indicativos de ningún orden concreto, como un orden de preferencia, fabricación o aparición en una estructura determinada.

- 5 Aunque la invención se ha descrito en conjunción con un cierto tipo de aparato y/o procedimiento, debe entenderse que la invención no está limitada a ningún cierto tipo de aparato y/o procedimiento. Aunque las presentes invenciones se han descrito en relación con una serie de ejemplos, realizaciones e implementaciones, las presentes invenciones no están tan limitadas, sino que abarcan diversas modificaciones y disposiciones equivalentes, cuando entran dentro del ámbito de las reivindicaciones. Aunque varios ejemplos se han descrito anteriormente con un cierto grado de particularidad, o con referencia a una o más realizaciones individuales, los expertos en la materia podrían hacer numerosas alteraciones a los ejemplos divulgados sin apartarse del ámbito de esta memoria descriptiva.
- 10

REIVINDICACIONES

1. Un controlador de manipulación de cargas (120) para localizar un vehículo de manipulación de cargas (100) y un objetivo de carga (310), estando el controlador de manipulación de cargas dispuesto para:

- obtener un mapa espacial que describa un entorno (130) del vehículo de manipulación de cargas;
- recibir señales del primer sensor procedentes de un primer sistema de sensores (140) para generar nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de cargas;
- recibir señales del segundo sensor procedentes de un segundo sistema de sensores (142) para generar imágenes del entorno del vehículo de manipulación de cargas; y
- localizar el vehículo de manipulación de cargas y el objetivo de carga en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor y las señales del segundo sensor;

caracterizado porque las señales del segundo sensor están sincronizadas en el tiempo con las señales del primer sensor y localizar el objetivo de carga en el mapa espacial comprende:

- identificar el objetivo de carga basándose en una o más imágenes del entorno del vehículo de manipulación de carga generadas por el segundo sistema de sensores para obtener un objetivo de carga identificado en una imagen de identificación; y
- determinar la posición del objetivo de carga en el mapa espacial proyectando una o más segundas nubes de puntos de los alrededores del vehículo de manipulación de carga obtenidas a partir de las señales del primer sensor en la imagen de identificación, estando la una o más segundas nubes de puntos sincronizadas en el tiempo con respecto a la una o más imágenes.

2. El controlador de manipulación de carga según la reivindicación 1, en el que la localización del vehículo de manipulación de carga comprende ajustar una o más primeras nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de carga obtenidas a partir de las señales del primer sensor en el mapa espacial para determinar la posición del vehículo de manipulación de carga en el mapa espacial.

3. El controlador de manipulación de cargas según la reivindicación 2, en el que la una o más primeras nubes de puntos comprenden o están sincronizadas en el tiempo con la una o más segundas nubes de puntos.

4. El controlador de manipulación de cargas según cualquier reivindicación anterior, en el que la identificación del objetivo de carga comprende proporcionar una región de imagen que delinea el objetivo de carga identificado en la imagen de identificación y la una o más segundas nubes de puntos se proyectan en la imagen de identificación para determinar puntos de la una o más segundas nubes de puntos correspondientes al objetivo de carga identificado dentro de la región de imagen.

5. El controlador de manipulación de cargas según cualquier reivindicación anterior, dispuesto además para:

- planificar una ruta (340) para el vehículo de manipulación de carga desde la posición del vehículo de manipulación de carga en el mapa espacial hasta la posición del objetivo de carga en el mapa espacial; y
- determinar un conjunto de datos de trayectoria para dirigir el vehículo de manipulación de cargas a lo largo de la ruta hacia el objetivo de carga para cargar y/o descargar en el objetivo de carga.

6. El controlador de manipulación de cargas según cualquier reivindicación anterior, dispuesto para actualizar repetidamente el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor.

7. El controlador de manipulación de cargas según cualquier reivindicación anterior, dispuesto para recibir señales de un tercer sensor de un tercer sistema de sensores (180) que monitoriza un estado del vehículo de manipulación de cargas y localiza el vehículo de manipulación de cargas en el mapa espacial determinando primero una posición inicial del vehículo de manipulación de cargas basándose en las señales del primer sensor y actualizando después la posición inicial basándose en las señales del tercer sensor.

8. El controlador de manipulación de cargas según la reivindicación 7, cuando depende de la reivindicación 5, dispuesto para actualizar repetidamente con una primera frecuencia la posición del vehículo de manipulación de cargas basándose en las señales del tercer sensor y actualizar repetidamente con una segunda frecuencia la ruta basándose en la posición del vehículo de manipulación de cargas, en el que la primera frecuencia es igual o mayor que la segunda frecuencia.

9. El controlador de manipulación de cargas según cualquier reivindicación anterior, dispuesto para estimar la marcha y/o la velocidad del vehículo de manipulación de cargas basándose en las señales del primer sensor y para localizar el vehículo de manipulación de cargas en el mapa espacial basándose en la marcha y/o la velocidad estimadas.

10. El controlador de manipulación de cargas según cualquier reivindicación anterior, dispuesto para almacenar el mapa espacial en una memoria que se activará cuando el vehículo de manipulación de cargas llegue al entorno descrito por el mapa espacial.

11. El controlador de manipulación de cargas según cualquier reivindicación anterior, en el que localizar el vehículo de manipulación de cargas y el objetivo de carga comprende determinar una orientación del vehículo de manipulación de cargas y una orientación del objetivo de carga en el mapa espacial.

5 12. Conjunto de equipo de trabajo para un vehículo de manipulación de cargas (100), comprendiendo el conjunto de equipo de trabajo:

- un controlador de manipulación de cargas (120) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores;
- el primer sistema de sensores (140) dispuesto para monitorizar un entorno (130) del vehículo de manipulación de cargas;
- 10 - el segundo sistema de sensores (142) dispuesto para monitorizar el entorno del vehículo de manipulación de cargas;
- uno o más accionadores móviles del equipo de trabajo dispuestos para facilitar la carga y/o descarga del vehículo de manipulación de cargas; y
- un controlador del equipo de trabajo dispuesto para controlar el movimiento de los accionadores del equipo de trabajo durante la carga y/o la descarga.

15 13. Un procedimiento (200) para localizar un vehículo de manipulación de cargas y un objetivo de carga, comprendiendo el procedimiento:

- obtener (210) un mapa espacial que describa un entorno del vehículo de manipulación de cargas;
- recibir (220) señales del primer sensor procedentes de un primer sistema de sensores para generar nubes de puntos del entorno del vehículo de manipulación de cargas;
- 20 - recibir (220) señales del segundo sensor procedentes de un segundo sistema de sensores para generar imágenes del entorno del vehículo de manipulación de cargas; y
- localizar (230) el vehículo de manipulación de la carga y el objetivo de carga en el mapa espacial basándose en las señales del primer sensor y las señales del segundo sensor;

25 **caracterizado porque** las señales del segundo sensor están sincronizadas en el tiempo con las señales del primer sensor y localizar el objetivo de carga en el mapa espacial comprende:

- identificar el objetivo de carga basándose en una o más imágenes del entorno del vehículo de manipulación de carga generadas por el segundo sistema de sensores para obtener un objetivo de carga identificado en una imagen de identificación; y
- 30 - determinar la posición del objetivo de carga en el mapa espacial proyectando una o más segundas nubes de puntos de los alrededores del vehículo de manipulación de carga obtenidas a partir de las señales del primer sensor en la imagen de identificación, estando la una o más segundas nubes de puntos sincronizadas en el tiempo con respecto a la una o más imágenes.

14. Un producto de programa de ordenador que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el procedimiento de la reivindicación 13.

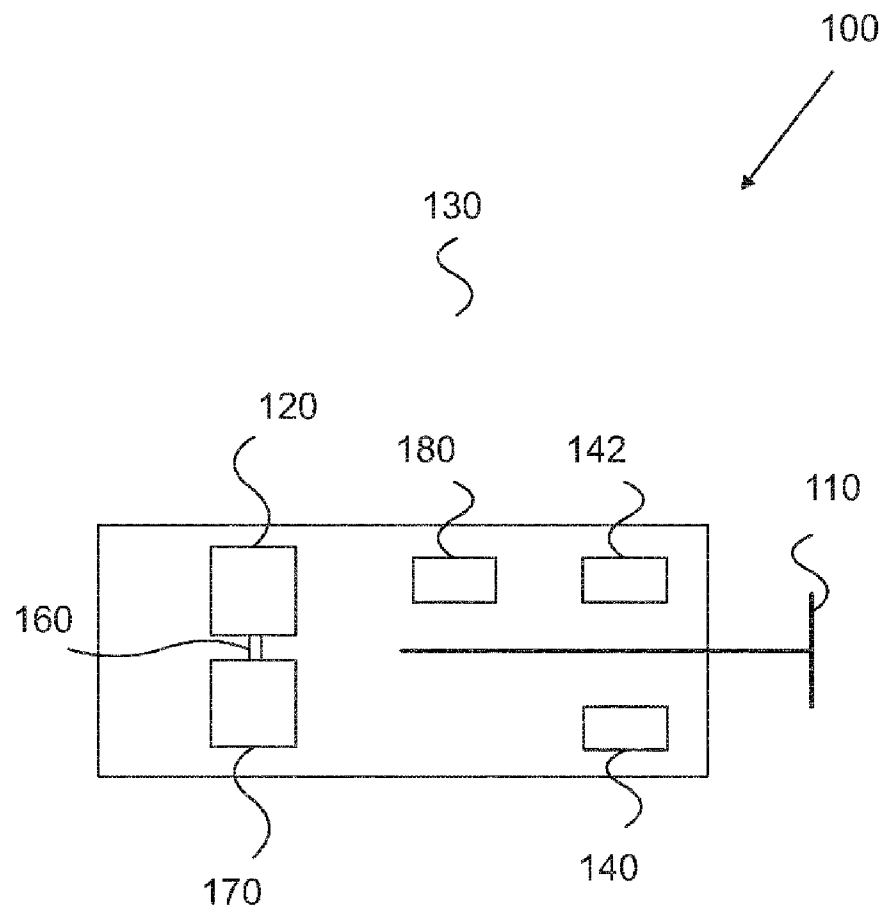


FIG. 1

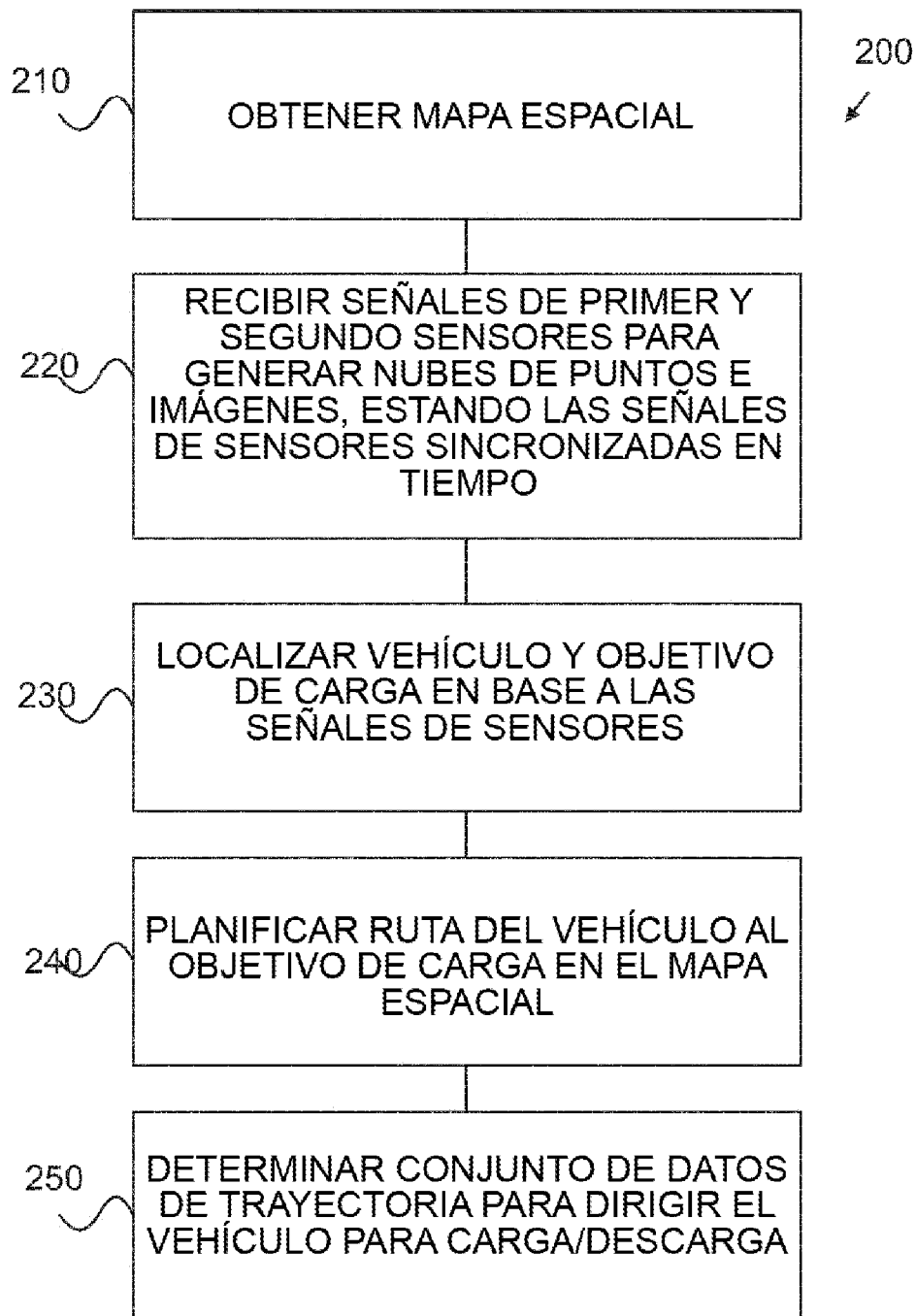


FIG. 2

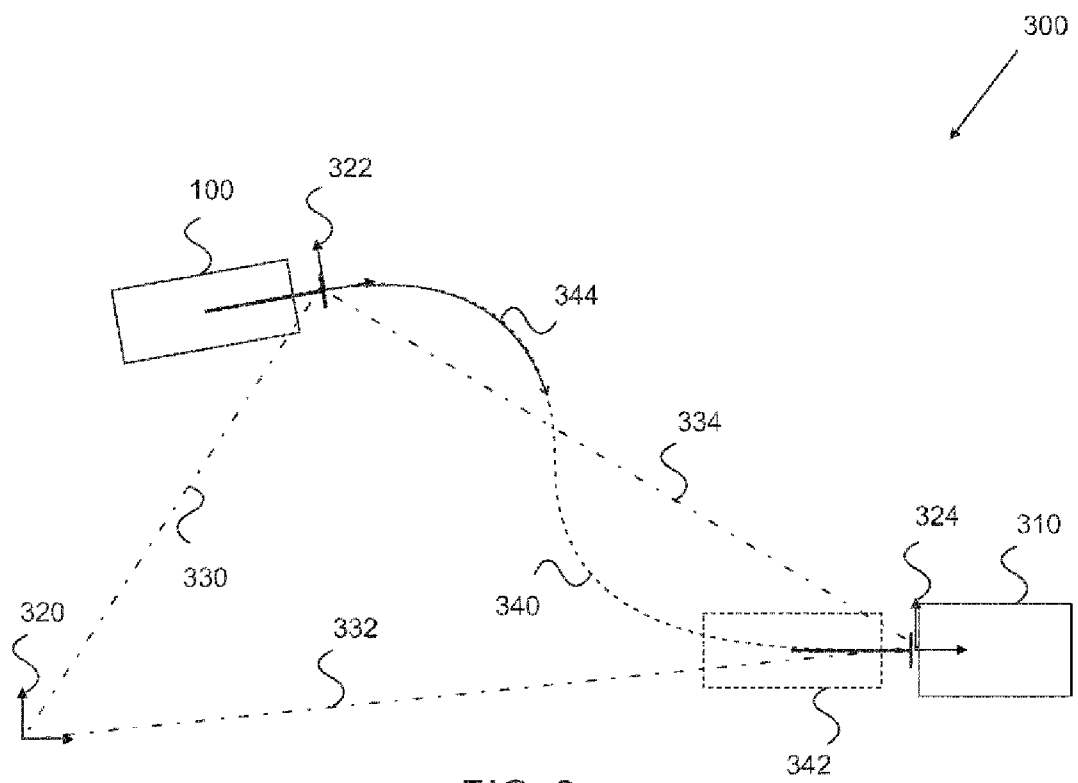


FIG. 3

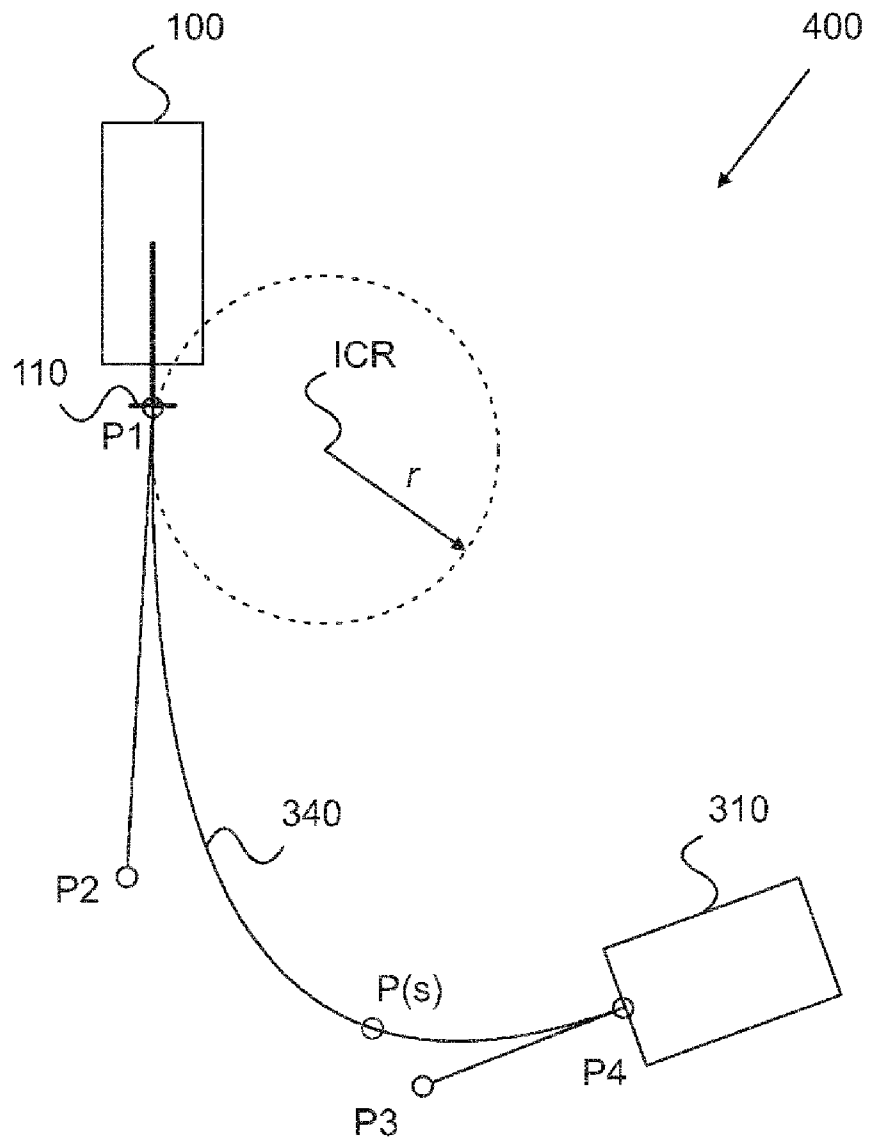


FIG. 4

