

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 790 423**

51 Int. Cl.:

G06K 9/00 (2006.01)

G05D 1/02 (2010.01)

G06Q 10/08 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.04.2017 PCT/US2017/025650**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.10.2017 WO17173424**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2017 E 17722181 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3436880**

54 Título: **Navegación usando rutas de viaje de robot planificadas**

30 Prioridad:

01.04.2016 US 201615088474

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

27.10.2020

73 Titular/es:

**LOCUS ROBOTICS CORP. (100.0%)
301 Ballardvale Street
Wilmington, MA 01887, US**

72 Inventor/es:

**WELTY, BRUCE;
POWERS, BRADLEY y
TAPPAN, ERIC**

74 Agente/Representante:

SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 790 423 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

Navegación usando rutas de viaje de robot planificadas

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] Esta invención se refiere a la navegación del robot y más particularmente a la actualización dinámica de las rutas de viaje planificadas del robot y la superposición de imágenes de costes de las rutas de viaje planificadas en los mapas utilizados para la navegación del robot.

10

ANTECEDENTES

[0002] Ordenar productos a través de Internet para la entrega a domicilio es una forma muy popular de comprar. Cumplir dichos pedidos de manera oportuna, precisa y eficiente es, por decir lo menos, un desafío logístico. Al hacer clic en el botón "pagar" en un carrito de compras virtual, se crea un "pedido". El pedido incluye una lista de artículos que se enviarán a una dirección en particular. El procedimiento de "cumplimiento" implica tomar o "recoger" físicamente estos artículos de un gran almacén, empacarlos y enviarlos a la dirección designada. Por lo tanto, un objetivo importante del procedimiento de cumplimiento de pedidos es enviar tantos artículos en el menor tiempo posible.

15

[0003] El procedimiento de cumplimiento del pedido típicamente se lleva a cabo en un gran almacén que contiene muchos productos, incluidos los que se enumeran en el pedido. Por lo tanto, entre las tareas de cumplimiento de pedidos está la de atravesar el almacén para encontrar y recoger los diversos artículos enumerados en un pedido. Además, los productos que en última instancia se enviarán primero deben recibirse en el almacén y almacenarse o "colocarse" en contenedores de almacenamiento de forma ordenada en todo el almacén para que puedan recuperarse fácilmente para su envío.

20

25

[0004] En un gran almacén, los productos que se entregan y solicitan pueden almacenarse en el almacén muy separados entre sí y dispersarse entre una gran cantidad de otros productos. Con un procedimiento de cumplimiento de pedidos que utiliza solo operadores humanos para recoger y colocar los productos, los operadores deben caminar mucho y puede ser ineficiente y llevar mucho tiempo. Dado que la eficiencia del procedimiento de cumplimiento es una función de la cantidad de artículos enviados por unidad de tiempo, un mayor tiempo reduce la eficiencia de recogida/colocación.

30

[0005] Para aumentar la eficiencia, los robots se pueden usar para realizar funciones de seres humanos o se pueden usar para complementar las actividades humanas. Por ejemplo, a los robots se les puede asignar "colocar" una cantidad de artículos en diversas ubicaciones dispersas por todo el almacén o "recoger" artículos de diversas ubicaciones para su embalaje y envío. La recogida y colocación puede ser realizada por el robot solo o con la ayuda de operadores humanos. Por ejemplo, en el caso de una operación de recogida, el operador humano seleccionaría artículos de los estantes y los colocaría en los robots o, en el caso de una operación de colocar, el operador humano seleccionaría artículos del robot y los colocaría en los estantes.

35

40

[0006] En una operación ocupada, muchos robots pueden necesitar navegar rápidamente por el espacio del almacén evitando obstáculos fijos, tales como estantes y paredes, así como obstáculos dinámicos, tales como operadores humanos y otros robots. Para hacer esto, los robots pueden utilizar un radar láser a bordo y una técnica de mapeo llamada localización y mapeo simultáneos (SLAM), que es un problema computacional de la construcción y actualización de un mapa de un entorno. A medida que el robot comienza a atravesar el entorno, por ejemplo, un almacén, utiliza su radar láser para determinar si hay obstáculos en su ruta, ya sean fijos o dinámicos, y actualiza iterativamente su ruta hacia su destino para evitar objetos observados. El robot puede evaluar y potencialmente volver a planificar su ruta muchas veces por segundo, por ejemplo, aproximadamente una vez cada 50 milisegundos.

45

50

[0007] El documento U.S. 2007/156 286 describe un robot móvil que está equipado con un telémetro y un sistema de visión estéreo. El robot móvil es capaz de navegar de forma autónoma a través del terreno urbano, generar un mapa basado en datos del telémetro y transmitir el mapa al operador, como parte de varias operaciones de reconocimiento seleccionables por el operador. El robot móvil emplea una técnica de transformación de Hough para identificar características lineales en su entorno y a continuación se alinea con las características lineales identificadas para navegar por todo el terreno urbano; mientras que, al mismo tiempo, se aplica una técnica de histograma de campo vectorial escalado a la combinación del telémetro y los datos de visión estéreo para detectar y evitar obstáculos que el robot móvil encuentra al navegar de forma autónoma. Además, las misiones realizadas por el robot móvil pueden incluir parámetros de limitación basados en la distancia o tiempo transcurridos, para garantizar la finalización de las operaciones autónomas.

55

60

[0008] Este es un procedimiento complejo y computacionalmente desafiante para los robots y puede dar lugar a numerosos cambios de ruta e ineficiencias en las rutas seleccionadas por los robots para llegar a sus destinos.

65 RESUMEN

[0009] En un aspecto, la invención presenta un procedimiento para generar un mapa de navegación de un entorno en el que navegarán una pluralidad de robots. El procedimiento incluye obtener una imagen del entorno, la imagen definida por una pluralidad de píxeles, y teniendo cada píxel un valor de coste asociado. La imagen del entorno
 5 incluye una imagen de al menos un objeto fijo que comprende un conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo en el entorno. El conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo que tiene un primer valor de coste definido. El procedimiento incluye obtener una imagen de ruta planificada de la pluralidad de robots en el entorno, incluyendo la imagen de ruta planificada para cada robot un primer conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de cada robot en el entorno y un segundo conjunto de píxeles adyacentes
 10 al primer conjunto de píxeles y que se extiende a lo largo de una ruta de viaje planificada de cada robot hacia un destino. Los píxeles en el primer conjunto de píxeles de cada robot tienen el primer valor de coste definido y el segundo conjunto de píxeles de cada robot comprende píxeles que tienen un segundo valor de coste definido. El segundo valor de coste definido es menor que el primer valor de coste definido.

[0010] En otros aspectos de la invención, se pueden incluir una o más de las siguientes características. La imagen del entorno que incluye la imagen de al menos un objeto fijo puede almacenarse localmente con cada uno de la pluralidad de robots. Cada uno de la pluralidad de robots puede producir su propia ruta planificada y comunica su propia ruta planificada al otro de la pluralidad de robots. Cada robot puede combinar la imagen del entorno, incluida la imagen de al menos un objeto fijo con imágenes que representan las rutas planificadas recibidas de otro de la pluralidad de robots para formar un mapa de navegación. Cada robot puede usar el mapa de navegación para planificar una ruta desde su ubicación actual hasta su destino. Cada uno de la pluralidad de robots puede producir su propia ruta planificada actualizada a intervalos de tiempo regulares a medida que cada robot atraviesa su ruta hacia su destino y comunica su propia ruta planificada actualizada al otro de la pluralidad de robots en tales intervalos regulares y donde cada robot puede usar la ruta planificada actualizada del otro de la pluralidad de robots para producir un mapa de navegación actualizado y actualiza su ruta planificada a su destino usando el mapa de navegación actualizado.
 15
 20
 25

[0011] En otros aspectos más de la invención, se pueden incluir una o más de las siguientes características. El segundo conjunto de píxeles de cada robot puede comprender píxeles que tienen una pluralidad de valores de coste menores que el primer valor de coste, y donde los valores de coste de los píxeles pueden disminuir proporcionalmente en valor a medida que se extienden desde adyacentes al primer conjunto de píxeles a lo largo de la ruta de viaje planificada de cada robot hacia un destino. El segundo conjunto de píxeles de cada robot puede formarse produciendo una pluralidad de regiones a lo largo de la ruta de viaje planificada de cada robot hacia un destino y donde cada región puede comprender sucesivamente píxeles que tienen valores de píxeles inferiores a la región precedente. Las regiones pueden ser de forma circular y las regiones pueden tener un radio correspondiente al tamaño de los robots. El entorno
 30
 35 puede ser un almacén.

[0012] En otro aspecto, la invención presenta un procedimiento para navegar un robot en un entorno desde una ubicación actual hasta un destino. El entorno incluye al menos un objeto fijo y al menos otro robot. El procedimiento comprende obtener una imagen del entorno, la imagen definida por una pluralidad de píxeles, teniendo cada píxel un valor de coste asociado. La imagen del entorno incluye una imagen de el al menos un objeto fijo que comprende un conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo en el entorno. El conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo que tiene un primer valor de coste definido. El procedimiento incluye obtener una imagen de el al menos otro robot en el entorno, incluyendo la imagen de el al menos otro robot un primer conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos otro robot en el entorno. Hay
 40 un segundo conjunto de píxeles adyacentes al primer conjunto de píxeles y que se extiende a lo largo de una ruta de viaje planificada de el al menos otro robot hacia un destino. Los píxeles en el primer conjunto de píxeles de el al menos otro robot tienen el primer valor de coste definido y el segundo conjunto de píxeles de el al menos otro robot comprende píxeles que tienen un segundo valor de coste definido. El segundo valor de coste definido es menor que el primer valor de coste definido. El procedimiento también incluye planificar una ruta desde la ubicación actual del robot hasta el destino del robot basándose en la imagen de el al menos un objeto fijo y la imagen de el al menos otro robot.
 45
 50

[0013] En otros aspectos de la invención, se pueden incluir una o más de las siguientes características. La imagen del entorno que incluye la imagen de al menos un objeto fijo puede almacenarse localmente dentro del robot. El al menos otro robot puede producir su propia ruta planificada desde una ubicación actual hasta un destino y
 55 comunica su propia ruta planificada al robot. El robot puede combinar la imagen del entorno, incluida la imagen de al menos un objeto fijo con una imagen de la ruta planificada recibida de el al menos otro robot para formar un mapa de navegación. El robot puede usar el mapa de navegación para planificar una ruta desde su ubicación actual hasta su destino.

[0014] En otros aspectos más de la invención, se pueden incluir una o más de las siguientes características. El al menos otro robot puede producir su propia ruta planificada actualizada a intervalos de tiempo regulares a medida que atraviesa su ruta hacia su destino y comunica su propia ruta planificada actualizada al robot a tales intervalos regulares. El robot puede usar la ruta planificada actualizada de el al menos otro robot para producir un mapa de navegación actualizado y actualiza su ruta planificada a su destino usando el mapa de navegación actualizado. El
 60
 65 segundo conjunto de píxeles de el al menos otro robot puede comprender píxeles que tienen una pluralidad de valores

de coste menores que el primer valor de coste, y donde los valores de coste de los píxeles pueden disminuir proporcionalmente en valor a medida que se extienden desde adyacentes al primer conjunto de píxeles a lo largo de la ruta de viaje planificada de el al menos otro robot hacia su destino. El segundo conjunto de píxeles de el al menos otro robot puede formarse produciendo una pluralidad de regiones a lo largo de la ruta de viaje planificada de el al menos otro robot hacia su destino y donde cada región puede comprender sucesivamente píxeles que tienen valores de píxeles inferiores a la región precedente. Las regiones pueden ser de forma circular y las regiones pueden tener un radio correspondiente al tamaño de los robots. El entorno puede ser un almacén.

[0015] En otro aspecto, la invención presenta un robot configurado para navegar en un entorno que incluye al menos un objeto fijo y una pluralidad de otros robots. El robot comprende una base móvil para impulsar el robot por todo el entorno y un dispositivo de comunicación que permite la comunicación entre el robot y la pluralidad de otros robots. También hay un procesador, en comunicación con el dispositivo de comunicación. El procesador está configurado para obtener una imagen del entorno. La imagen está definida por una pluralidad de píxeles, teniendo cada píxel un valor de coste asociado. La imagen del entorno incluye una imagen de el al menos un objeto fijo que comprende un conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo en el entorno. El conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo tiene un primer valor de coste definido. El procesador está configurado para obtener una imagen de la pluralidad de otros robots en el entorno, incluyendo la imagen para cada robot un primer conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de cada robot en el entorno. Hay un segundo conjunto de píxeles adyacentes al primer conjunto de píxeles y que se extiende a lo largo de una ruta de viaje planificada de cada otro robot hacia un destino. Teniendo los píxeles en el primer conjunto de píxeles de cada otro robot el primer valor de coste definido y teniendo el segundo conjunto de píxeles de cada otro robot que comprende píxeles un segundo valor de coste definido. El segundo valor de coste definido es menor que el primer valor de coste definido. El procesador también está configurado para planificar una ruta desde la ubicación actual del robot hasta el destino del robot basándose en la imagen de el al menos un objeto fijo y las imágenes de la pluralidad de otros robots.

[0016] En otros aspectos de la invención, también se pueden incluir una o más de las siguientes características. La imagen del entorno que incluye la imagen de al menos un objeto fijo puede almacenarse localmente con cada uno de la pluralidad de robots. Cada uno de la pluralidad de otros robots puede configurarse para producir su propia ruta planificada y comunicar su propia ruta utilizando su dispositivo de comunicaciones al otro de la pluralidad de robots. El procesador puede configurarse para combinar la imagen del entorno, incluida la imagen de al menos un objeto fijo con imágenes de las rutas planificadas recibidas del otro de la pluralidad de robots para formar un mapa de navegación. El procesador puede configurarse para usar el mapa de navegación para planificar una ruta desde su ubicación actual hasta su destino. El procesador puede configurarse para recibir de cada uno de la pluralidad de otros robots una ruta planificada actualizada a intervalos de tiempo regulares a medida que cada otro robot atraviesa su ruta hacia su destino. El procesador puede configurarse para usar la ruta planificada actualizada del otro de la pluralidad de robots para producir un mapa de navegación actualizado y puede actualizar su ruta planificada a su destino usando el mapa de navegación actualizado.

[0017] En otros aspectos de la invención, también se pueden incluir una o más de las siguientes características. El segundo conjunto de píxeles de cada uno de la pluralidad de otros robots puede comprender píxeles que tienen una pluralidad de valores de coste menores que el primer valor de coste. Los valores de coste de los píxeles pueden disminuir proporcionalmente en valor a medida que se extienden desde adyacentes al primer conjunto de píxeles a lo largo de la ruta de viaje planificada de cada robot hacia un destino. El segundo conjunto de píxeles de cada uno de la pluralidad de otros robots puede formarse produciendo una pluralidad de regiones a lo largo de la ruta de viaje planificada de cada robot hacia un destino y cada región puede comprender sucesivamente píxeles que tienen valores de píxeles inferiores a la región precedente. Las regiones pueden ser de forma circular y las regiones pueden tener un radio correspondiente al tamaño de los robots. El entorno puede ser un almacén.

[0018] Estas y otras características de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y las figuras adjuntas, en las que:

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0019]

La figura 1 es una vista en planta superior de un almacén de cumplimiento de pedidos;

La figura 2 es una vista en perspectiva de una base de uno de los robots utilizados en el almacén que se muestra en la figura 1;

La figura 3 es una vista en perspectiva del robot de la figura 2 equipado con una armadura y estacionado frente a un estante que se muestra en la figura 1;

La figura 4 es un mapa parcial del almacén de la figura 1 creado usando un radar láser en el robot;

- La figura 5 es un diagrama de flujo que representa el procedimiento para localizar marcadores fiduciales dispersos por todo el almacén y almacenar poses de marcadores fiduciales;
- 5 Las figuras 6 es una tabla de identificación fiducial para el mapeo de pose;
- La figura 7 es una tabla de la ubicación de contenedores al mapeo de identificación fiducial;
- La figura 8 es un diagrama de flujo que representa la SKU del producto para plantear el procedimiento de mapeo;
- 10 La figura 9 es un mapa de navegación con imágenes de coste superpuestas de rutas de viaje de robot planificadas según esta invención;
- La figura 10 es un diagrama de flujo que representa el procedimiento para producir el mapa de navegación de la figura 9;
- 15 Las figuras 11a y b representan una manera de construir imágenes de coste superpuestas de rutas de viaje de robot planificadas como se muestra en la figura 9 y
- 20 La figura 12 es un diagrama de flujo que representa el procedimiento para producir las imágenes de coste superpuestas de rutas de robot planificadas según esta invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 25 **[0020]** Con referencia a la figura 1, un almacén típico de cumplimiento de pedidos 10 incluye estantes 12 llenos de los diversos artículos que podrían incluirse en un pedido 16. En funcionamiento, el pedido 16 del servidor de gestión de almacén 15 llega a un servidor de pedidos 14. El servidor de pedidos 14 comunica el pedido 16 a un robot 18 seleccionado de una pluralidad de robots que deambulan por el almacén 10.
- 30 **[0021]** En una realización preferida de la invención, el robot 18, mostrado en la figura 2, incluye una base 20 con ruedas autónoma que tiene un radar láser 22. La base 20 también presenta un transceptor 24 que permite al robot 18 recibir instrucciones del servidor de pedidos 14 y una cámara 26. La base 20 también presenta un procesador 32 que recibe datos del radar láser 22 y la cámara 26 para capturar información representativa del entorno del robot y una memoria 34 que coopera para llevar a cabo diversas tareas asociadas con la navegación dentro del almacén 10, así como para navegar al marcador fiducial 30 colocado en los estantes 12, como se muestra en la figura 3. El marcador fiducial 30 (por ejemplo, un código de barras bidimensional) corresponde a la ubicación/contenedor de un artículo pedido. La estrategia de navegación de esta invención se describe en detalle a continuación con respecto a las figuras 4-11.
- 40 **[0022]** Si bien la descripción inicial proporcionada en esta invención se centra en la recogida de artículos de ubicaciones de contenedores en el almacén para cumplir con un pedido de envío a un cliente, el sistema es igualmente aplicable al almacenamiento o colocación de artículos recibidos en el almacén en ubicaciones de contenedores en todo el almacén para la posterior recuperación y envío a un cliente. La invención también es aplicable a tareas de control de inventario asociadas con dicho sistema de almacén, tales como consolidación, conteo, verificación, inspección y limpieza de productos.
- 45 **[0023]** Con referencia nuevamente a la figura 2, una superficie superior 36 de la base 20 presenta un acoplamiento 38 que se aplica a cualquiera de una pluralidad de armaduras intercambiables 40, una de las cuales se muestra en la figura 3. La armadura particular 40 en la figura 3 presenta un porta-bolsas 42 para transportar una bolsa 50 44 que recibe artículos, y un porta-tabletas 46 para soportar una tableta 48. En algunas realizaciones, la armadura 40 soporta una o más bolsas para transportar artículos. En otras realizaciones, la base 20 soporta una o más bolsas para transportar artículos recibidos. Como se usa en esta invención, el término "bolsa" incluye, sin limitación, cargadores, contenedores, jaulas, estantes, barras de las cuales se pueden colgar artículos, caddies, cajones, bastidores, soportes, caballetes, contenedores, cajas, botes, recipientes y repositorios.
- 55 **[0024]** Aunque un robot 18 es excelente para moverse por el almacén 10, con la tecnología de robot actual, no es muy bueno para recoger de forma rápida y eficiente los artículos de un estante y colocarlos en la bolsa 44 debido a las dificultades técnicas asociadas con la manipulación robótica de objetos. Una forma más eficiente de recoger artículos es utilizar un operador local 50, que es típicamente humano, para llevar a cabo la tarea de retirar físicamente un artículo pedido de un estante 12 y colocarlo en el robot 18, por ejemplo, en la bolsa 44. El robot 18 comunica el pedido al operador local 50 a través de la tableta 48, que el operador local 50 puede leer, o transmitiendo el pedido a un dispositivo portátil utilizado por el operador local 50.
- 60 **[0025]** Al recibir un pedido 16 del servidor de pedidos 14, el robot 18 avanza a una primera ubicación de almacén, por ejemplo, mostrada en la figura 3. Lo hace basándose en el software de navegación almacenado en la
- 65

memoria 34 y llevado a cabo por el procesador 32. El software de navegación se basa en datos relacionados con el entorno, como los recopila el radar láser 22, una tabla interna en la memoria 34 que identifica la identificación fiducial ("ID") del marcador fiducial 30 que corresponde a una ubicación en el almacén 10 donde se puede encontrar un artículo particular, y la cámara 26 para navegar.

5

[0026] Al llegar a la ubicación correcta, el robot 18 se estaciona frente a un estante 12 en el que se almacena el artículo y espera a que un operador local 50 recupere el artículo del estante 12 y lo coloque en la bolsa 44. Si el robot 18 tiene otros artículos para recuperar avanza a esas ubicaciones. El(los) artículo(s) recuperado(s) por el robot 18 se entregan a continuación a una estación de embalaje 100, figura 1, donde se embalan y envían.

10

[0027] Los expertos en la materia entenderán que cada robot puede estar cumpliendo uno o más pedidos y cada pedido puede consistir en uno o más artículos. Típicamente, se incluiría alguna forma de software de optimización de ruta para aumentar la eficiencia, pero esto está más allá del alcance de esta invención y, por lo tanto, no se describe en esta invención.

15

[0028] Para simplificar la descripción de la invención, se describe un único robot 18 y un operador 50. Sin embargo, como es evidente por la figura 1, una operación de cumplimiento típica incluye muchos robots y operadores que trabajan entre sí en el almacén para completar un flujo continuo de pedidos.

20 **[0029]**

La estrategia de navegación de esta invención, así como el mapeo semántico de una SKU de un artículo que se recuperará a una ID/pose fiducial asociada con un marcador fiducial en el almacén donde se ubica el artículo, se describe en detalle a continuación con respecto a las figuras 4-11.

[0030]

Al usar uno o más robots 18, se debe crear y actualizar dinámicamente un mapa del almacén 10 para determinar la ubicación de los objetos, tanto estáticos como dinámicos, así como las ubicaciones de diversos marcadores fiduciales dispersos por todo el almacén. Para hacer esto, los robots 18 inicialmente navegan por el almacén y construyen/actualizan un mapa 10a, figura 4, utilizando su radar láser 22 y localización y mapeo simultáneos (SLAM), que es un problema computacional para construir o actualizar un mapa de un entorno desconocido. Los procedimientos de solución aproximada SLAM populares incluyen el filtro de partículas y el filtro Kalman extendido. La estrategia SLAP GMapping es la estrategia preferida, pero se puede usar cualquier estrategia SLAM adecuada.

30

[0031]

El robot 18 utiliza su radar láser 22 para crear/actualizar el mapa 10a del almacén 10 a medida que viaja a través del espacio identificando, el espacio abierto 112, las paredes 114, los objetos 116 y otros obstáculos estáticos, tales como el estante 12, en el espacio basándose en los reflejos que recibe cuando el radar láser escanea el entorno.

35

[0032]

Mientras construyen/actualizan el mapa 10a, los robots 18 navegan a través del almacén 10 usando la cámara 26 para escanear el entorno para localizar marcadores fiduciales (códigos de barras bidimensionales) dispersos por todo el almacén en estantes de contenedores cercanos, tales como 32 y 34, figura 3, en los que se almacenan los artículos. Los robots 18 usan un punto de partida u origen conocido como referencia, tal como el origen 110. Cuando un marcador fiducial, tal como el marcador fiducial 30, figuras 3 y 4, está localizado por el robot 18 usando su cámara 26, se determina la ubicación en el almacén en relación con el origen 110.

40

[0033]

Mediante el uso de codificadores de rueda y sensores de rumbo, se puede determinar el vector 120 y la posición del robot en el almacén 10. Al usar la imagen capturada de un marcador fiducial/código de barras bidimensional y su tamaño conocido, el robot 18, usando técnicas conocidas, puede determinar la orientación y la distancia con respecto al robot del marcador fiducial/código de barras bidimensional, el vector 130. Con los vectores 120 y 130 conocidos, se puede determinar el vector 140, entre el origen 110 y el marcador fiducial 30. A partir del vector 140 y la orientación determinada del marcador fiducial/código de barras bidimensional en relación con el robot 18, se puede determinar la pose (posición y orientación) definida por un cuaternión (x, y, z, co) para el marcador fiducial 30.

50

[0034]

Se describe el diagrama de flujo 200, figura 5, que describe el procedimiento de localización del marcador fiducial. Esto se realiza en un modo de mapeo inicial y cuando el robot 18 encuentra nuevos marcadores fiduciales en el almacén mientras realiza tareas de selección, colocación y/u otras tareas. En la etapa 202, el robot 18 que usa la cámara 26 captura una imagen y en la etapa 204 busca marcadores fiduciales dentro de las imágenes capturadas. En la etapa 206, si se encuentra un marcador fiducial en la imagen (etapa 204) se determina si el marcador fiducial ya está almacenado en la tabla fiducial 300, figura 6, que se encuentra en la memoria 34 del robot 18. Si la información fiducial ya está almacenada en la memoria, el diagrama de flujo vuelve a la etapa 202 para capturar otra imagen. Si no está en la memoria, la pose se determina según el procedimiento descrito anteriormente y en la etapa 208, se añade a fiducial para plantear la tabla de búsqueda 300.

60

[0035]

En la tabla de búsqueda 300, que puede almacenarse en la memoria de cada robot, se incluye para cada marcador fiducial una identificación fiducial, 1, 2, 3, etc., y una pose para el marcador fiducial/código de barras asociado con cada identificación fiducial. La pose consiste en las coordenadas x, y, z en el almacén junto con la orientación o el cuaternión (x, y, z, ω).

65

- [0036]** En otra tabla de búsqueda 400, figura 7, que también puede almacenarse en la memoria de cada robot, es una lista de ubicaciones de contenedores (por ejemplo, 402a-f) dentro del almacén 10, que se correlacionan con las ID fiduciales particulares 404, por ejemplo, el número "11". Las ubicaciones de los contenedores, en este ejemplo, consisten en siete caracteres alfanuméricos. Los primeros seis caracteres (por ejemplo, L01001) pertenecen a la ubicación del estante dentro del almacén y el último carácter (por ejemplo, AF) identifica el contenedor particular en la ubicación del estante. En este ejemplo, hay seis ubicaciones de contenedores diferentes asociadas con la ID fiducial "11". Puede haber uno o más contenedores asociados con cada ID/marcador fiducial.
- [0037]** Las ubicaciones de los contenedores alfanuméricos son comprensibles para los seres humanos, por ejemplo, el operador 50, figura 3, como corresponde a una ubicación física en el almacén 10 donde se almacenan los artículos. Sin embargo, no tienen significado para el robot 18. Al mapear las ubicaciones a las ID fiduciales, el robot 18 puede determinar la pose de la ID fiducial utilizando la información de la tabla 300, figura 6, y a continuación navegar a la pose como se describe en esta invención.
- [0038]** El procedimiento de cumplimiento de pedidos según esta invención se representa en el diagrama de flujo 500, figura 8. En la etapa 502, el sistema de gestión de almacén 15, figura 1, obtiene un pedido, que puede consistir en uno o más artículos a recuperar. En la etapa 504, el(los) número(s) de SKU de los artículos (es)son determinado(s) por el sistema de gestión de almacenes 15, y a partir del(los) número(s) de SKU, la(s) ubicación(es) del contenedor se determinan en la etapa 506. Una lista de ubicaciones del contenedor del pedido se transmite a continuación al robot 18. En la etapa 508, el robot 18 correlaciona las ubicaciones del contenedor con las ID fiduciales y, a partir de las ID fiduciales, la pose de cada ID fiducial se obtiene en la etapa 510. En la etapa 512, el robot 18 navega hacia la pose como se muestra en la figura 3, donde un operador puede seleccionar el artículo que se va a recuperar del contenedor apropiado y colocarlo en el robot.
- [0039]** La información específica del artículo, tal como el número de SKU y la ubicación del contenedor, obtenida por el sistema de gestión de almacenes 15, se puede transmitir a la tableta 48 en el robot 18 para que el operador 50 pueda ser informado de los artículos particulares que se recuperarán cuando el robot llegue a cada ubicación del marcador fiducial.
- [0040]** Con el mapa SLAM y la pose de las ID fiduciales conocidas, el robot 18 puede navegar fácilmente a cualquiera de las ID fiduciales utilizando diversas técnicas de navegación del robot. La estrategia preferida implica establecer una ruta inicial a la posición del marcador fiducial dado el conocimiento del espacio abierto 112 en el almacén 10 y las paredes 114, los estantes (como el estante 12) y otros obstáculos 116. A medida que el robot comienza a atravesar el almacén utilizando su radar láser 26, determina si hay algún obstáculo en su ruta, ya sea fijo o dinámico, tal como otros robots 18 y/u operadores 50, y actualiza iterativamente su ruta a la pose del marcador fiducial. El robot vuelve a planificar su ruta aproximadamente una vez cada 50 milisegundos, buscando constantemente la ruta más eficiente y efectiva, evitando obstáculos.
- [0041]** Con la SKU del producto/ID fiducial a la técnica de mapeo de pose fiducial combinada con la técnica de navegación SLAM descrita en esta invención, los robots 18 pueden navegar de manera muy eficiente y efectiva por el espacio del almacén sin tener que usar estrategias de navegación más complejas que típicamente se utilizan, que involucran líneas de cuadrícula y marcadores fiduciales intermedios para determinar la ubicación dentro del almacén.
- [0042]** Dado el entorno dinámico en una operación de almacén ocupada, muchos robots necesitan navegar rápidamente por el espacio del almacén evitando obstáculos fijos, tales como estantes y paredes, así como obstáculos dinámicos, tales como operadores humanos y otros robots. Este puede ser un procedimiento complejo y computacionalmente desafiante para los robots y puede resultar en numerosos cambios de ruta e ineficiencias en las rutas seleccionadas por los robots para llegar a sus destinos.
- [0043]** A medida que los robots viajan por el almacén, pueden usar un mapa actualizado dinámicamente para navegar. El mapa utilizado por los robots para planificar sus rutas puede ser bidimensional y comprender una pluralidad de píxeles con los píxeles individuales asignados a un color que indica la presencia o ausencia de un objeto en el área particular. El color negro puede usarse para indicar la presencia de un objeto sólido, mientras que el blanco indica que no hay objeto sólido o espacio abierto. Los colores de los píxeles también están correlacionados con los valores numéricos que utilizan los robots para evaluar el riesgo. A los píxeles negros, es decir, aquellos que indican un objeto sólido, se les asigna el valor numérico más alto que indica el mayor riesgo o "coste". A los píxeles blancos, es decir, aquellos que indican espacio abierto, se les asigna el valor numérico más bajo que indica el riesgo o coste más bajo. También se pueden usar píxeles de diversos tonos de gris y se les asignan valores numéricos que van desde el más bajo (tonos más cercanos al blanco) al más alto (tonos más cercanos al negro) para indicar el "coste" o riesgo asociado con cada píxel. Los píxeles que tienen valores numéricos que van de 0 a 255, por ejemplo, pueden usarse para indicar los valores de coste más bajo a más alto.
- [0044]** A medida que los robots evalúan las rutas potenciales que pueden tomar de un punto a otro, pueden determinar la mejor ruta posible para tomar basándose no solo en la distancia de la ruta, sino también en el coste o

riesgo asociado con cada ruta. En otras palabras, los valores de coste numérico de los píxeles individuales a lo largo de cada ruta se pueden sumar y la suma proporcionará un coste o riesgo general asociado con la ruta. A continuación, se puede seleccionar una ruta optimizada basándose en la longitud y el coste de cada ruta. Los procedimientos de selección de ruta optimizados, basados en la distancia y el coste de la ruta, son bien conocidos y se puede utilizar cualquier procedimiento estándar, incluido el procedimiento de búsqueda de ruta A*.

[0045] Al usar dicho procedimiento de optimización, se sabe que incluye en los mapas utilizados por los robots, información estática, tal como objetos fijos como estanterías y paredes, y áreas "de acceso restringido", como áreas predefinidas fuera de límites para los robots, así como información dinámica como la ubicación de robots y operadores humanos. Sin embargo, para mejorar y hacer más eficiente la navegación del robot dentro del espacio del almacén, la estrategia actual incluye la construcción de mapas con información en tiempo real no solo sobre las ubicaciones actuales de los diversos robots sino también sobre sus rutas de viaje planificadas. Esto permite que cada robot planifique de manera más proactiva su ruta desde su ubicación actual hasta su destino, teniendo en cuenta el potencial de otros robots que se crucen en su ruta mientras dichos robots se dirigen a sus propios destinos.

[0046] Un ejemplo de dicho mapa se muestra en la figura 9 como mapa 600. En el mapa 600 se incluyen las unidades de estantería 602, 604 y 606, que son de color negro para indicar el mayor coste o riesgo, ya que son objetos fijos sólidos y los robots deben evitarlos. Entre los estantes hay filas 608 y 610, que son de color blanco, lo que indica un bajo coste o riesgo y áreas en las que los robots pueden viajar con un riesgo relativamente bajo, suponiendo que no haya otros objetos presentes. Cerca de los extremos de las unidades de estantería hay áreas 612 y 614 que también son de color blanco, lo que indica un riesgo relativamente bajo de desplazamiento, suponiendo que no haya otros objetos presentes.

[0047] Además, los robots 620 y 622 se muestran en el mapa 600 en sus ubicaciones actuales en las áreas 612 y 614, respectivamente. Los destinos finales para los robots 620 y 622 son las ubicaciones 624 y 626, respectivamente. A lo largo de la ruta de viaje planificada del robot 620 se muestra una imagen de coste superpuesta 630 que se extiende desde su ubicación actual hasta su destino 624 en la fila 608. A lo largo de la ruta de viaje proyectada del robot 622 se muestra una imagen de coste superpuesta 632 que se extiende desde su ubicación actual hasta su destino 626 en la fila 610.

[0048] Las imágenes de coste superpuestas 630 y 632 incluyen píxeles de valor de coste más oscuro/alto más cercanos a la ubicación actual a continuación de los robots 620 y 622 y colores gradualmente más claros y valores de coste más bajos a lo largo de las rutas proyectadas hacia sus destinos. El ancho de las imágenes de coste superpuestas se correlaciona con el ancho del robot para tener en cuenta su tamaño más un búfer para garantizar un espacio libre adecuado. Para los robots de tamaño previstos para la solicitud actual, se superpone en el robot un "búfer" que tiene un radio de un metro. Este ancho se utiliza a lo largo de la ruta proyectada, por lo tanto, el ancho de la imagen de coste superpuesta es de aproximadamente dos metros.

[0049] También se muestra en el mapa 600 otro robot 640. No se incluye una imagen de coste superpuesta para su ruta planificada, ya que este mapa es el mapa que se utilizará para que el robot 640 planifique su viaje. Por lo tanto, el mapa de cada robot utilizado para planificar su viaje incluye las imágenes de coste superpuestas de todos los demás robots, pero no su propia ruta de viaje planificada. Cuando el robot 640 planifica su ruta de viaje utilizando, por ejemplo, el procedimiento de búsqueda de ruta A*, las imágenes de coste superpuestas 630 y 632 de los robots 620 y 622, respectivamente, son consideradas por el robot 640. Por lo tanto, para cualquier ruta potencial para el robot 640 que podría intersecar las imágenes de coste superpuestas 630 o 632, los valores numéricos de los píxeles de dichas imágenes de coste superpuestas intersecadas se factorizarán en el algoritmo de optimización de ruta. Si la ruta propuesta interseca las imágenes de coste superpuestas cerca de la ubicación del robot, los valores de coste numéricos encontrados serán más altos, lo que indica un mayor riesgo de colisión. Si la ruta propuesta interseca las imágenes de coste superpuestas más lejos de la ubicación del robot, los valores de coste numéricos serán más bajos, lo que indica un menor riesgo de colisión.

[0050] El procedimiento para la construcción del mapa de navegación se representa en el diagrama de flujo 650, figura 10. Los mapas pueden ser construidos localmente por cada robot o centralmente por un sistema de gestión de almacén y proporcionados a los robots. En esta descripción, se supone que los mapas son construidos localmente por cada uno de los robots. En la etapa 652 se obtiene un mapa estático del almacén y en la etapa 654 se obtiene un mapa "de acceso restringido" para el almacén. Estos mapas habrían sido previamente creados y almacenados localmente en cada robot. En la etapa 656 se obtienen las rutas de viaje actuales para todos los demás robots. Las rutas son generadas por cada robot y transmitidas a los otros robots por wifi. En la etapa 658, se crea un mapa de navegación consolidado superponiendo el mapa estático, el mapa de acceso restringido y las rutas de robot actuales recibidas. En la etapa 660, el algoritmo de optimización de ruta se ejecuta utilizando el mapa de navegación actual para actualizar la ruta del robot. En la etapa 662, cada robot actualiza su ruta de viaje y la transmite a los otros robots. En la etapa 664, si no se ha alcanzado el destino del robot, el procedimiento vuelve a la etapa 656 para la siguiente iteración. Si se ha alcanzado el destino, el robot determina su próximo destino.

[0051] Los robots típicamente volverán a evaluar sus rutas de viaje y generarán rutas actualizadas varias veces

por segundo, por ejemplo, a una velocidad de 5-10 veces por segundo o más. Por lo tanto, cada ruta de robot se actualiza y se transmite a los otros robots a esa velocidad.

5 **[0052]** El procedimiento para construir las rutas de viaje individuales del robot con imágenes de coste superpuestas se representa en las figuras 11-12. En la figura 11a, se muestra un robot 700 destinado a la ubicación 702 a lo largo de la ruta 704. La ruta 704 se divide primero en una pluralidad de incrementos o puntos cada uno a una distancia "D" a lo largo de la ruta 704. La distancia "D" utilizada es de aproximadamente cinco (5) cm, pero esto puede variar dependiendo de la aplicación y la velocidad de captura de datos. En cada incremento/punto a lo largo de la ruta, se dispone un círculo centrado en el punto y con un radio de aproximadamente un (1) metro. Esto es para proporcionar
10 un búfer suficiente alrededor del robot dado su tamaño de robot esperado, como se analizó anteriormente. Dado el tamaño de los círculos y los incrementos de 5 cm para ubicar el centro de cada círculo, existe una cantidad significativa de superposición de los círculos.

15 **[0053]** Como se muestra en la figura 11b, los círculos se rellenan con un valor de coste (color) basado en la distancia que está el centro del círculo desde la ubicación actual del robot. Como se puede ver cerca del robot 700, en la región 706, los círculos se rellenan con un valor de alto coste y, por lo tanto, son de color negro, mientras que en la región 708, que está cerca del destino en la ubicación 702, los círculos se rellenan con valores de menor coste y, por lo tanto, son de color gris claro o blanco.

20 **[0054]** El diagrama de flujo 720, figura 12, muestra el procedimiento para crear las imágenes de coste superpuestas para cada robot. En la etapa 722 se determina la ubicación actual del robot y en la etapa 724, la ruta planificada a lo largo de la cual viajará el robot desde su ubicación actual hasta su destino se segmenta en una pluralidad de puntos. En la etapa 726 se determina el siguiente punto a lo largo de la ruta. Por ejemplo, en la figura 11, el punto de partida sería el punto 710. En la etapa 728 se determinaría la distancia del robot al punto. Para el punto
25 710, esa distancia sería la distancia "D". En la etapa 730 se crearía un círculo que tiene un radio de aproximadamente 1 m (véase el círculo 712) y en la etapa 732 se calcula el valor del coste que se aplicará a los píxeles en el círculo.

[0055] El valor del coste puede calcularse de la siguiente manera:

30 • Coste $\propto 1/e^{\text{distancia_a_pt}}$

[0056] Este procedimiento de cálculo proporciona un valor de coste que es proporcional a la distancia a lo largo de la ruta desde la ubicación actual de los robots (es decir, "distancia_a_pt"). En la etapa 734, los píxeles contenidos dentro del círculo se rellenan con el valor numérico correspondiente al valor de coste calculado en la etapa 732 basado
35 en el intervalo de valores de píxeles disponibles (en este ejemplo 0-255). En la etapa 736 se determina si quedan puntos adicionales a lo largo de la ruta y si el procedimiento vuelve a la etapa 726. Si no los hay, la imagen de coste superpuesta para la ruta de viaje planificada está completa y en la etapa 738 el nuevo mapa de ruta se transmite (de conformidad con la etapa 662, figura 10) a los otros robots.

40 **[0057]** Alternativamente, para reducir la cantidad de datos transmitidos a través de wifi, en lugar de transmitir las imágenes de coste total de las rutas de viaje, después de la etapa 724, las coordenadas de los puntos a lo largo de la ruta de viaje segmentada para cada robot podrían transmitirse a todos los demás robots. A partir de las coordenadas de la ruta de viaje recibidas de cada robot, los robots receptores pueden ejecutar las etapas 726-736 y generar y superponer localmente en su mapa de navegación las imágenes de coste para la ruta de viaje de cada robot.
45

[0058] Como será evidente, la imagen de coste superpuesta comprenderá un gradiente de valores numéricos/colores de mayor a menor (255-0) a lo largo de la ruta planificada del robot. Se debe tener en cuenta que en la etapa 722, cuando se determina la ubicación actual del robot, se crearía un círculo que tiene un radio de aproximadamente 1 m (véase el círculo sobre el robot 700) con un valor de coste igual a 255 (es decir, el equivalente de un objeto fijo) se aplicaría a los píxeles en ese círculo. Por lo tanto, el gradiente comienza con un valor de coste de 255 (equivalente a un objeto fijo) y disminuye a medida que el punto se aleja del robot a lo largo de su ruta de viaje planificada.
50

[0059] Como se indicó anteriormente, hay una cantidad significativa de superposición con los círculos formados a lo largo de la ruta y cada círculo sucesivo contendrá píxeles con un valor numérico diferente. Una forma de abordar este problema es que, para cada círculo superpuesto con un círculo anterior, los valores de los píxeles del círculo anterior pueden sobrescribirse con los valores determinados para el nuevo círculo superpuesto.
55

[0060] Una vez descrita la invención, y una realización preferida de la misma, lo que se reivindica como nuevo y asegurado mediante la patente es:
60

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de generación de un mapa de navegación de un entorno en el que navegarán una pluralidad de robots, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 obtener una imagen del entorno, la imagen definida por una pluralidad de píxeles, teniendo cada píxel un valor de coste asociado; donde la imagen del entorno incluye una imagen de al menos un objeto fijo que comprende un conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo en el entorno, teniendo el conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo un primer valor de coste definido y
 - 10 **caracterizado** el procedimiento **porque** comprende, además: obtener una imagen de ruta planificada para cada uno de la pluralidad de robots en el entorno, incluyendo la imagen de ruta planificada para cada robot un primer conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de cada robot en el entorno y un segundo conjunto de píxeles adyacentes al primer conjunto de píxeles y que se extiende a lo largo
 - 15 de una ruta de viaje planificada de cada robot hacia un destino; teniendo los píxeles en el primer conjunto de píxeles de cada robot el primer valor de coste definido y teniendo el segundo conjunto de píxeles de cada robot que comprende píxeles un segundo valor de coste definido; donde el segundo valor de coste definido es menor que el primer valor de coste definido.
 - 20 2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde la imagen del entorno que incluye la imagen de al menos un objeto fijo se almacena localmente con cada uno de la pluralidad de robots.
 3. El procedimiento de la reivindicación 2, donde cada uno de la pluralidad de robots produce su propia ruta planificada y comunica su propia ruta planificada al otro de la pluralidad de robots y
 - 25 donde cada robot combina la imagen del entorno, incluida la imagen de al menos un objeto fijo con imágenes que representan las rutas planificadas recibidas de otro de la pluralidad de robots para formar un mapa de navegación.
 4. El procedimiento de la reivindicación 3, donde cada robot usa el mapa de navegación para planificar una ruta desde su ubicación actual hasta su destino;
 - 30 donde cada uno de la pluralidad de robots produce su propia ruta planificada actualizada a intervalos de tiempo regulares a medida que cada robot atraviesa su ruta hacia su destino y comunica su propia ruta planificada actualizada al otro de la pluralidad de robots en tales intervalos regulares y donde cada robot usa la ruta planificada actualizada del otro de la pluralidad de robots para producir un mapa de navegación actualizado y actualiza su ruta planificada a su destino usando el mapa de navegación actualizado.
 5. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el segundo conjunto de píxeles de cada robot puede comprender píxeles que tienen una pluralidad de valores de coste menores que el primer valor de coste, y donde los valores de coste de los píxeles disminuyen proporcionalmente en valor a medida que se extienden desde adyacentes al primer conjunto de píxeles a lo largo de la ruta de viaje planificada de cada robot hacia un destino.
 - 40 6. Procedimiento de navegación de un robot en un entorno desde una ubicación actual a un destino, incluyendo el entorno al menos un objeto fijo y al menos otro robot, comprendiendo el procedimiento:
 - 45 obtener una imagen de ruta planificada del entorno, la imagen definida por una pluralidad de píxeles, teniendo cada píxel un valor de coste asociado; donde la imagen del entorno incluye una imagen de el al menos un objeto fijo que comprende un conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo en el entorno, teniendo el conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo un primer valor de coste definido;
 - 50 **caracterizado** el procedimiento **porque** comprende, además: obtener una imagen de el al menos otro robot en el entorno, incluyendo la imagen de el al menos otro robot un primer conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos otro robot en el entorno y un segundo conjunto de píxeles adyacentes al primer conjunto de píxeles y que se extiende a lo largo de una ruta de viaje planificada de el al menos otro robot hacia un destino;
 - 55 teniendo los píxeles en el primer conjunto de píxeles de el al menos otro robot el primer valor de coste definido y teniendo el segundo conjunto de píxeles de el al menos otro robot que comprende píxeles un segundo valor de coste definido; donde el segundo valor de coste definido es menor que el primer valor de coste definido y planificar una ruta desde la ubicación actual del robot hasta el destino del robot basándose en la imagen de el al menos un objeto fijo y la imagen de el al menos otro robot.
 - 60 7. El procedimiento de la reivindicación 6, donde la imagen del entorno que incluye la imagen de al menos un objeto fijo se almacena localmente dentro del robot.
 8. El procedimiento de la reivindicación 7, donde el al menos otro robot produce su propia ruta planificada
 - 65 desde una ubicación actual hasta un destino y comunica su propia ruta planificada al robot y

donde el robot combina la imagen del entorno, incluida la imagen de al menos un objeto fijo con una imagen de la ruta planificada recibida de el al menos otro robot para formar un mapa de navegación.

9. El procedimiento de la reivindicación 8, donde el robot usa el mapa de navegación para planificar una
 5 ruta desde su ubicación actual hasta su destino;
 donde el al menos otro robot produce su propia ruta planificada actualizada a intervalos de tiempo regulares a medida que atraviesa su ruta hacia su destino y comunica su propia ruta planificada actualizada al robot a tales intervalos regulares; y
 donde el robot usa la ruta planificada actualizada de el al menos otro robot para producir un mapa de navegación
 10 actualizado y actualiza su ruta planificada a su destino usando el mapa de navegación actualizado.

10. El procedimiento de la reivindicación 6, donde el segundo conjunto de píxeles de el al menos otro robot comprende píxeles que tienen una pluralidad de valores de coste menores que el primer valor de coste, y donde los valores de coste de los píxeles disminuyen proporcionalmente en valor a medida que se extienden desde adyacentes
 15 al primer conjunto de píxeles a lo largo de la ruta de viaje planificada de el al menos otro robot hacia su destino.

11. Robot (18) configurado para navegar en un entorno, incluyendo el entorno al menos un objeto fijo y una pluralidad de otros robots, comprendiendo el robot (18):

20 una base móvil (20) para impulsar el robot (18) por todo el entorno;
 un dispositivo de comunicación (24) que permite la comunicación entre el robot (18) y la pluralidad de otros robots
 y
 un procesador (32) en comunicación con el dispositivo de comunicación (24) configurado para:

25 obtener una imagen de ruta planificada del entorno, la imagen definida por una pluralidad de píxeles, teniendo cada píxel un valor de coste asociado; donde la imagen del entorno incluye una imagen de el al menos un objeto fijo que comprende un conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo en el entorno, teniendo el conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de el al menos un objeto fijo un
 30 primer valor de coste definido;

caracterizado el robot (18) **porque** el procesador (32) está configurado además para:

35 obtener una imagen de la pluralidad de otros robots en el entorno, incluyendo la imagen para cada robot un primer conjunto de píxeles correspondiente a la ubicación de cada robot en el entorno y un segundo conjunto de píxeles adyacentes al primer conjunto de píxeles y que se extiende a lo largo de una ruta de viaje planificada de cada otro robot hacia un destino; teniendo los píxeles en el primer conjunto de píxeles de cada otro robot el primer valor de coste definido y teniendo el segundo conjunto de píxeles de cada otro robot que comprende píxeles un segundo
 40 valor de coste definido;

donde el segundo valor de coste definido es menor que el primer valor de coste definido y

40 planificar una ruta desde la ubicación actual del robot hasta el destino del robot basándose en la imagen de el al menos un objeto fijo y las imágenes de la pluralidad de otros robots.

12. El robot (18) de la reivindicación 11, donde la imagen del entorno que incluye la imagen de al menos un objeto fijo se almacena localmente con cada uno de la pluralidad de robots.

45 13. El robot (18) de la reivindicación 12, donde cada uno de la pluralidad de otros robots está configurado para producir su propia ruta planificada y comunicar su propia ruta planificada utilizando su dispositivo de comunicaciones (24) al otro de la pluralidad de robots y
 donde el procesador (32) está configurado para combinar la imagen del entorno, incluida la imagen de al menos un objeto fijo con imágenes de las rutas planificadas recibidas de otro de la pluralidad de robots para formar un mapa de
 50 navegación.

14. El robot (18) de la reivindicación 13, donde el procesador (32) está configurado para usar el mapa de navegación para planificar una ruta desde su ubicación actual hasta su destino;

55 donde el procesador (32) está configurado para recibir de cada uno de la pluralidad de otros robots una ruta planificada actualizada a intervalos de tiempo regulares a medida que cada otro robot atraviesa su ruta hacia su destino y
 donde el procesador (32) está configurado para usar la ruta planificada actualizada del otro de la pluralidad de robots para producir un mapa de navegación actualizado y actualizar su ruta planificada a su destino usando el mapa de navegación actualizado.

60 15. El robot (18) de la reivindicación 11, donde el segundo conjunto de píxeles de cada uno de la pluralidad de otros robots comprende píxeles que tienen una pluralidad de valores de coste menores que el primer valor de coste, y donde los valores de coste de los píxeles disminuyen proporcionalmente en valor a medida que se extienden desde adyacentes al primer conjunto de píxeles a lo largo de la ruta de viaje planificada de cada robot hacia un destino.

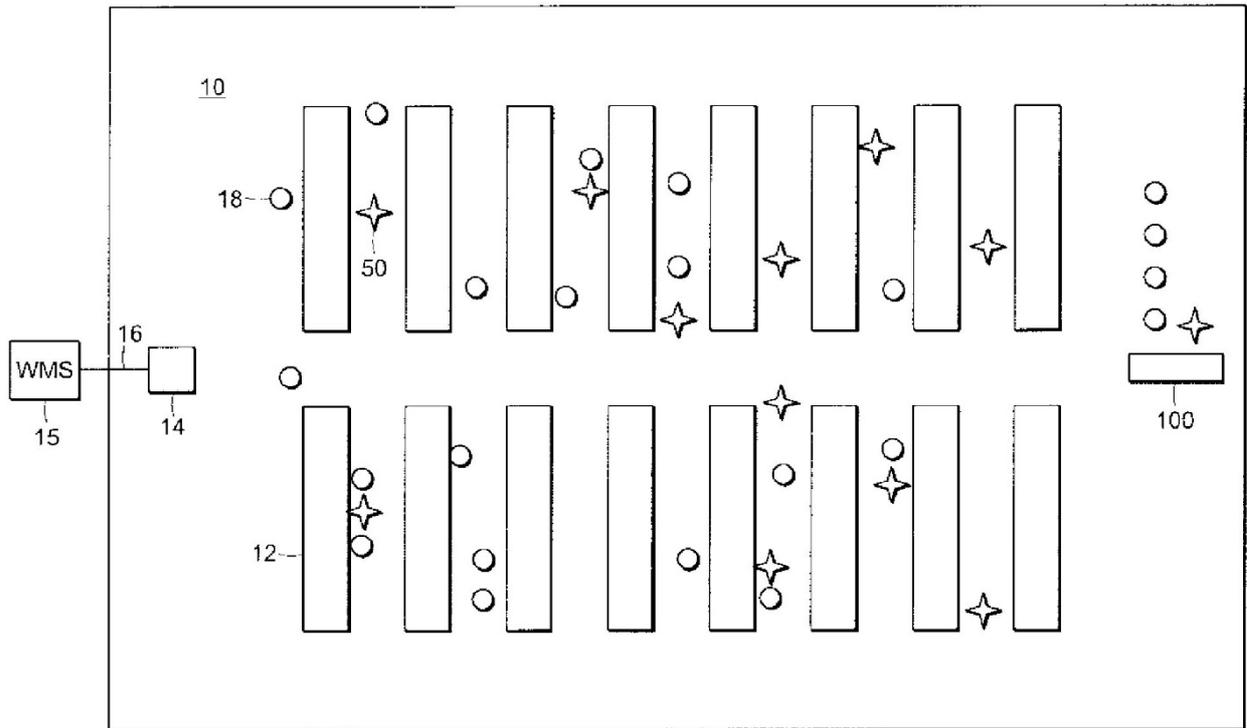


FIG. 1

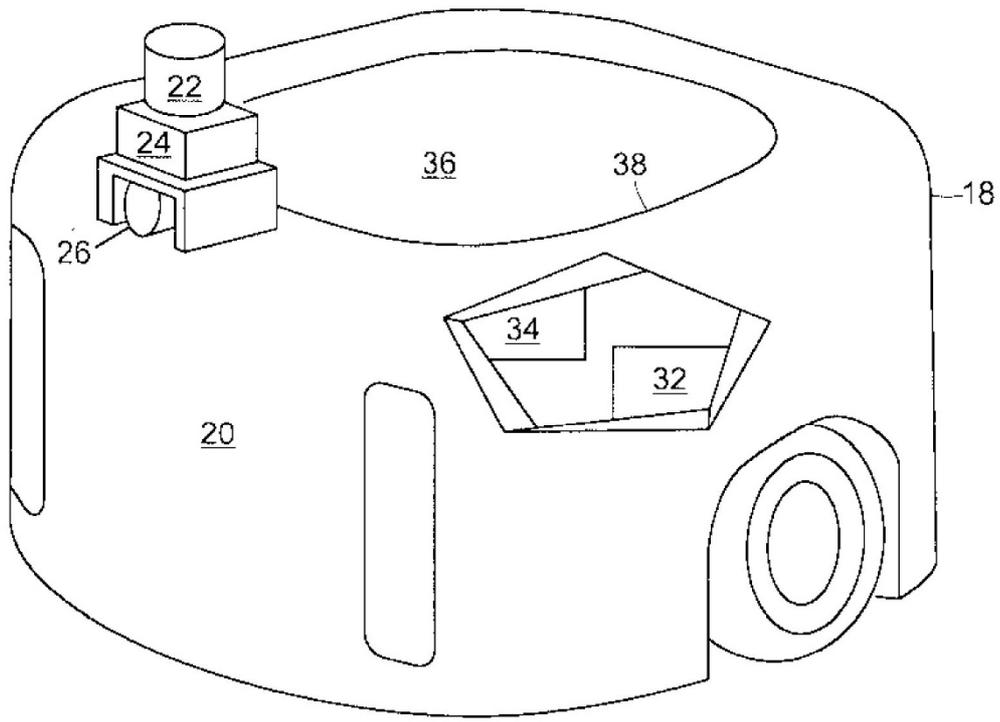


FIG. 2

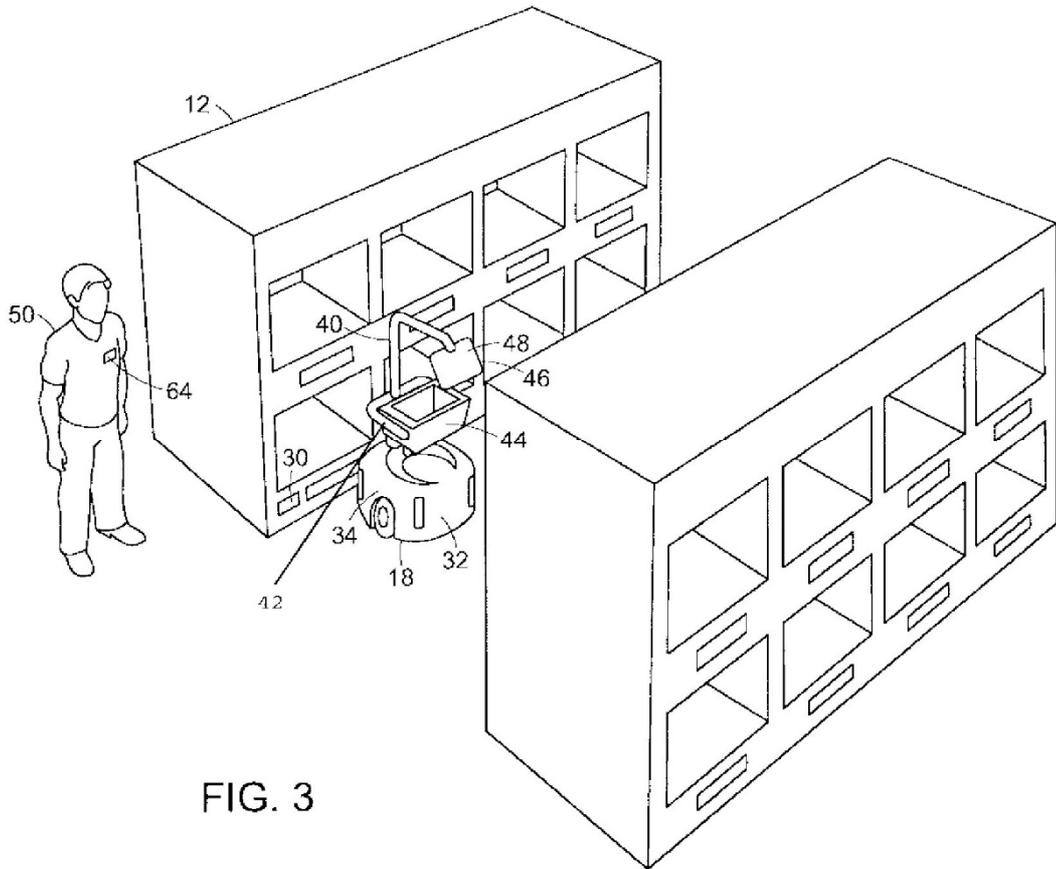


FIG. 3

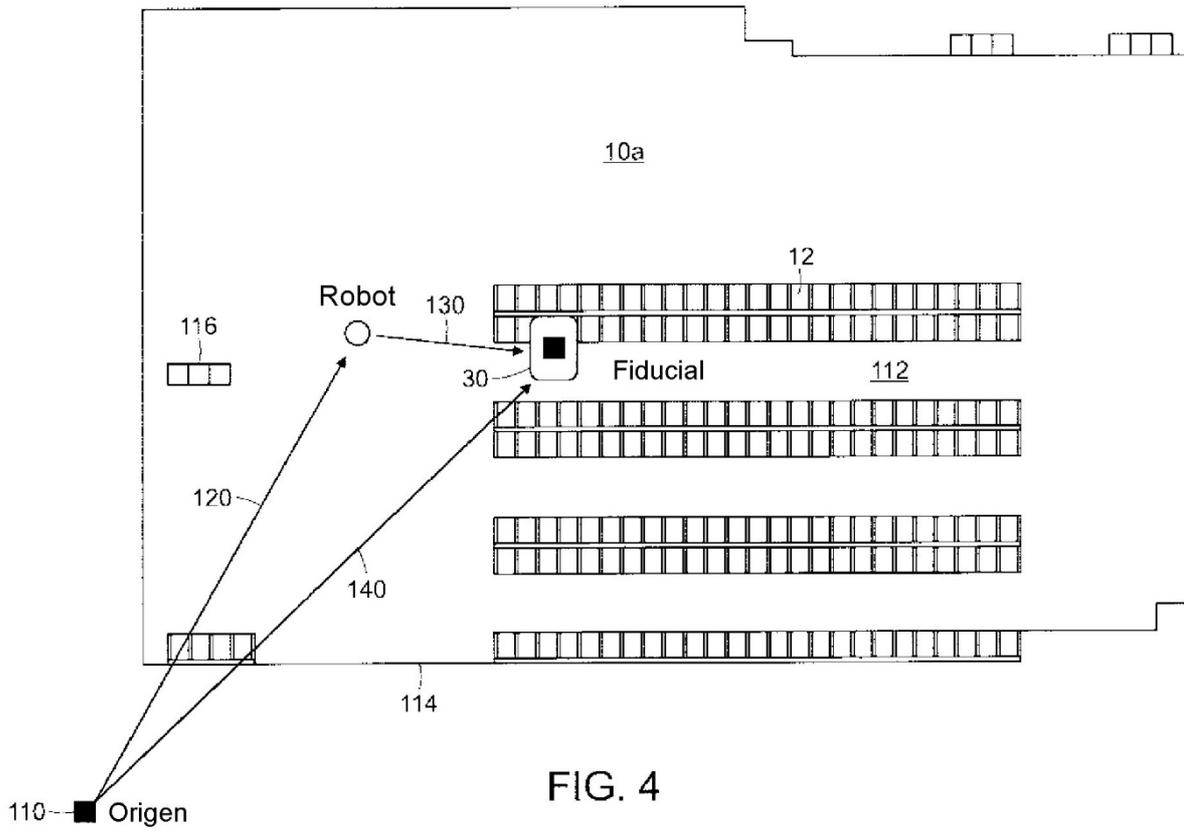


FIG. 4

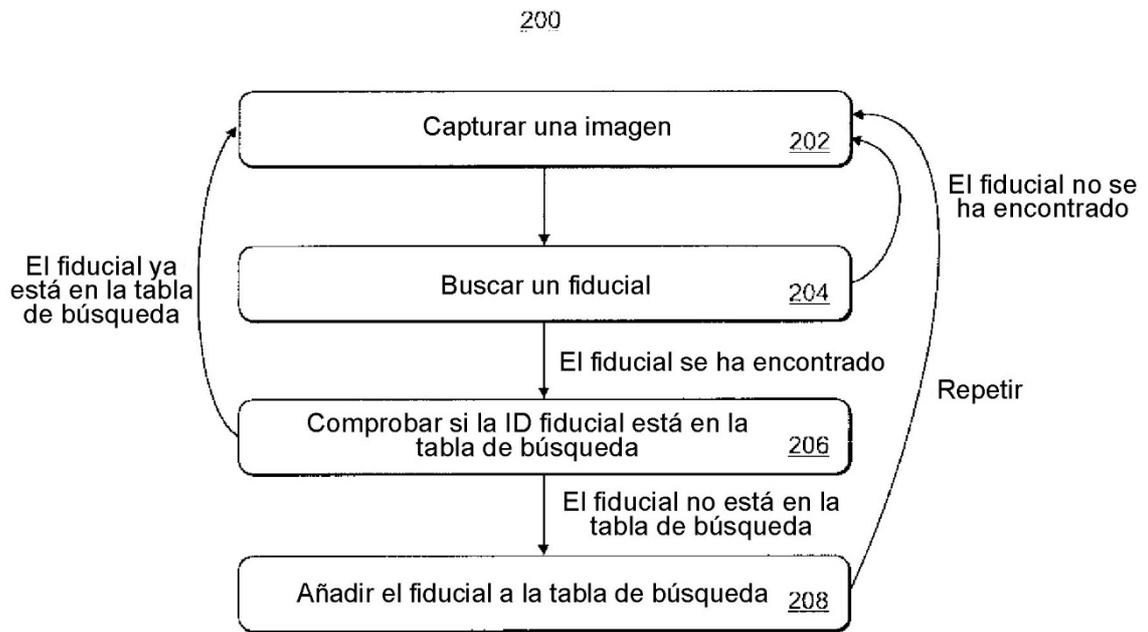


FIG. 5

ID Fiducial	x	y	z	cuaternión.x	cuaternión.y	cuaternión.z	cuaternión.w
1	-10.2	2.3	0	0	0	0	1
2	23.1	15.8	0	0	0	0	1
3	45.3	3.3	0	0	0	-1	0

FIG. 6

400

	Ubicación	ID Fiducial
402a	L01001A	11
402b	L01001B	11
402c	L01001C	11
402d	L01001D	11
402e	L01001E	11
402f	L01001F	11
	L01002A	12
	L01002B	12
	L01002C	12
	L01002D	12
	L01002E	12
	L01003A	13
	L01003B	13
	L01003C	13
	L01003D	13
	L01003E	13
	L01003F	13
	L01004A	14
	L01004B	14
	L01004C	14
	L01004D	14
	L01004E	14
	L01005A	15
	L01005B	15
	L01005C	15
	L01005D	15
	L01005E	15
	L01005F	15

404

FIG. 7

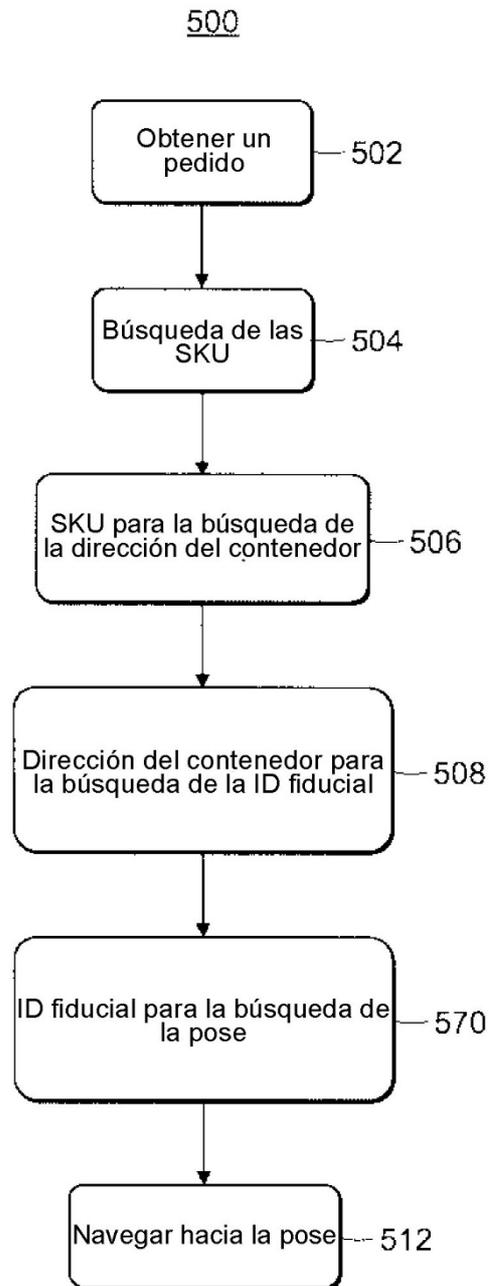


FIG. 8

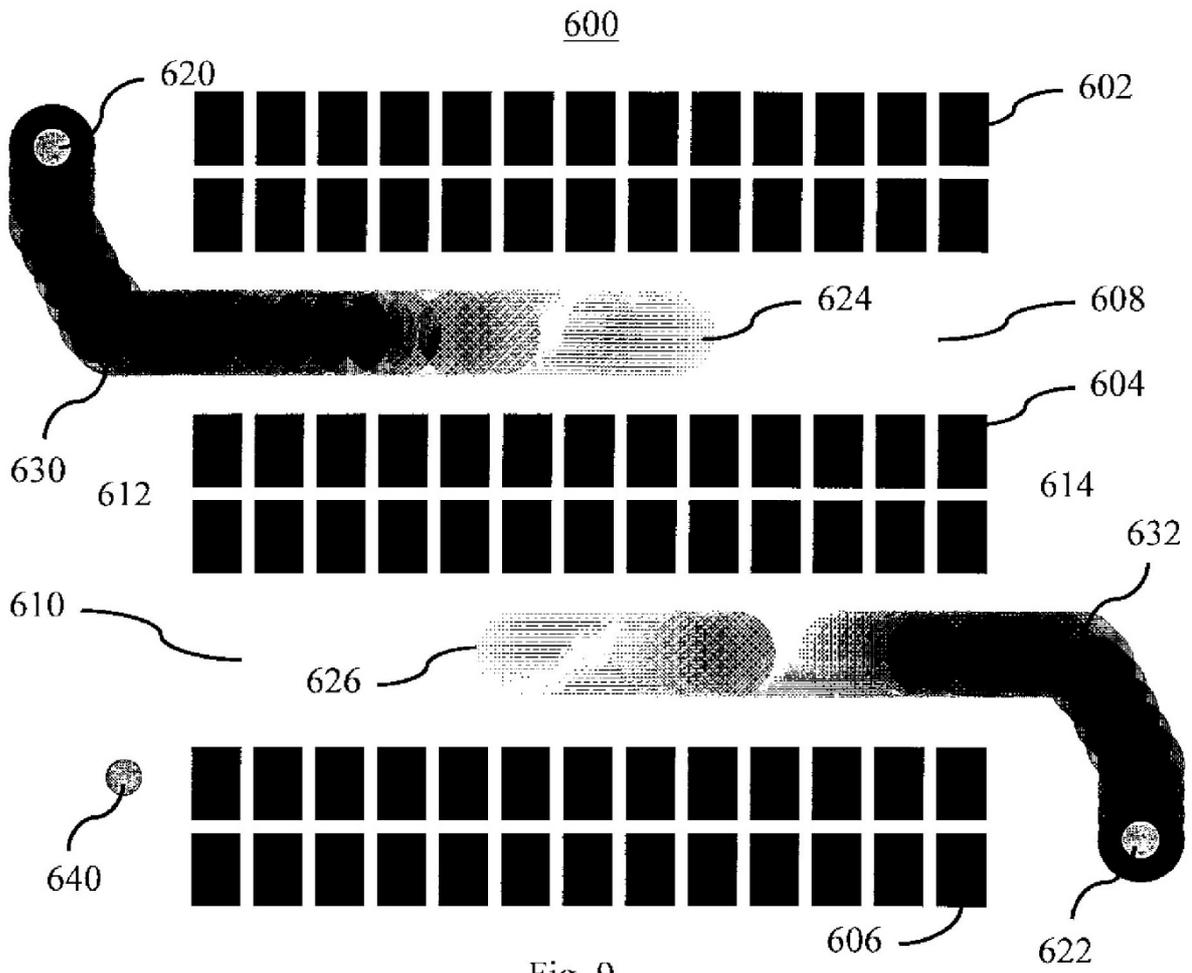


Fig. 9

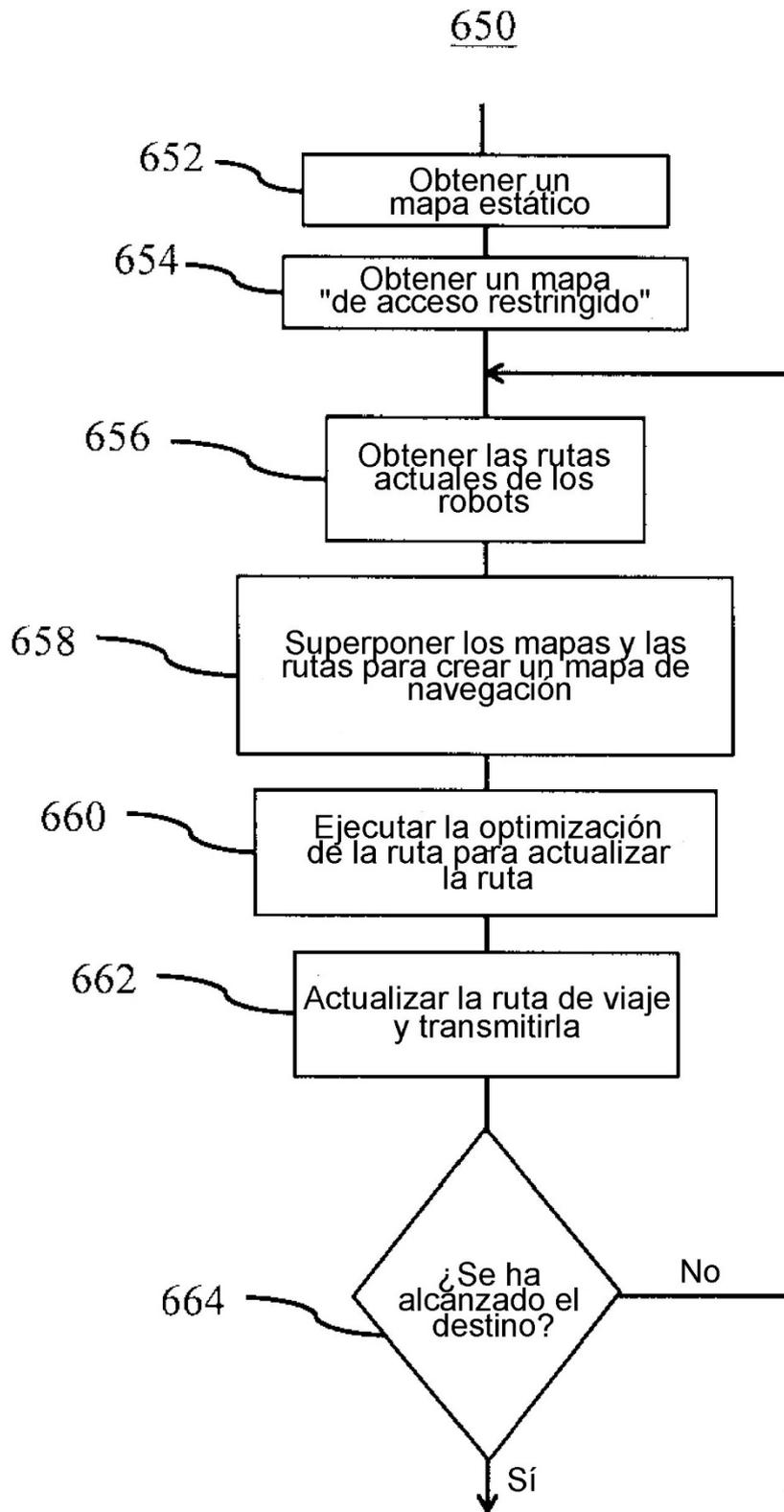


Fig. 10

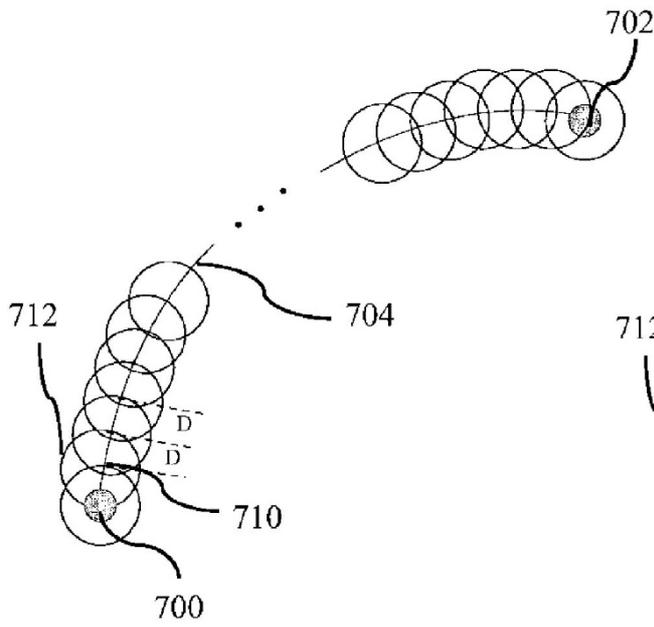


Fig. 11a

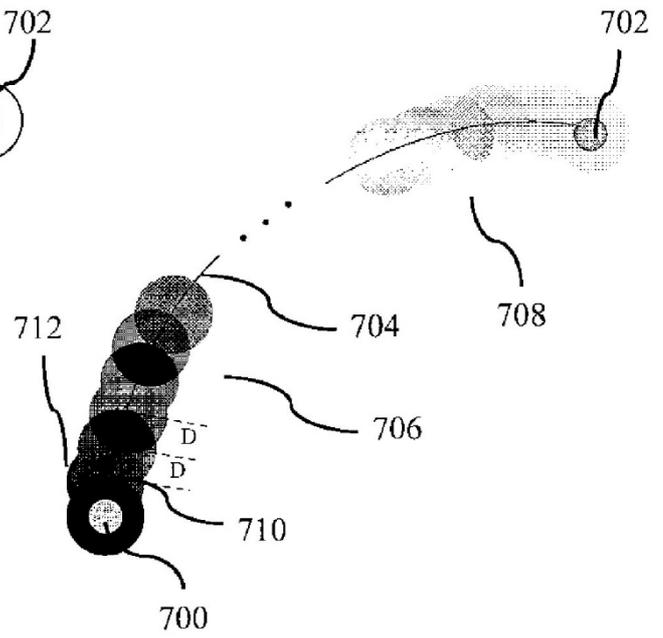


Fig. 11b

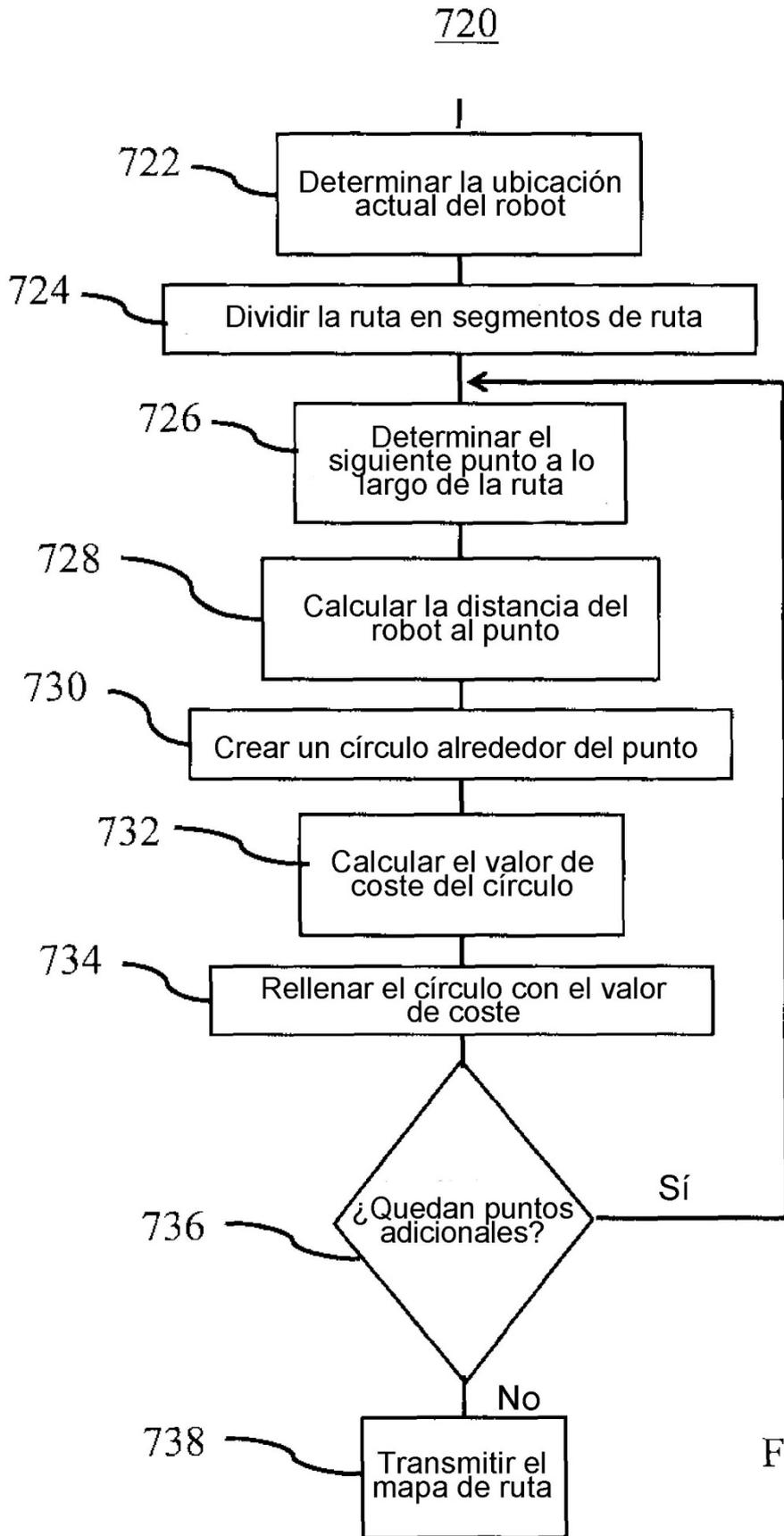


Fig. 12