



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 999 136**

⑮ Int. Cl.:

G06Q 10/08 (2014.01)
B65G 1/04 (2006.01)
G05D 1/00 (2014.01)
G06Q 10/087 (2013.01)
B65G 1/137 (2006.01)
G06Q 10/04 (2013.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.06.2015** PCT/EP2015/062380

⑦ Fecha y número de publicación internacional: **10.12.2015** WO15185628

⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.06.2015** E 15794475 (2)

⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2024** EP 3152712

⑮ Título: **Métodos, sistemas y aparatos para controlar el movimiento de dispositivos de transporte**

⑩ Prioridad:

03.06.2014 GB 201409883

⑮ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.02.2025

⑬ Titular/es:

OCADO INNOVATION LIMITED (100.00%)
The IP Department c/o, Buildings One & Two
Trident Place, Mosquito Way
Hatfield, Hertfordshire AL10 9UL, GB

⑭ Inventor/es:

STADIE, ROBERT;
WHELAN, MATTHEW y
BRETT, CHRISTOPHER

⑮ Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 999 136 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

Métodos, sistemas y aparatos para controlar el movimiento de dispositivos de transporte

5 La presente invención se refiere a métodos, sistemas y aparatos para controlar el movimiento de dispositivos de transporte. Más específicamente, pero no exclusivamente, se refiere a sistemas de almacenamiento y métodos para recuperar unidades de un sistema de almacenamiento. En particular, pero no exclusivamente, la invención se refiere además a sistemas y métodos para coordinar y controlar el movimiento de productos.

10 Ciertas actividades comerciales e industriales requieren sistemas que permitan el almacenamiento y recuperación de una gran cantidad de productos diferentes.

15 Un sistema conocido para el almacenamiento y recuperación de artículos en múltiples líneas de productos implica la disposición de contenedores o contenedores de almacenamiento en filas de estanterías dispuestas en pasillos. Cada contenedor o contenedor contiene uno o más productos de uno o más tipos de productos. Los pasillos permiten el acceso entre las filas de estanterías, para que los productos requeridos puedan ser recuperados por operarios o robots que circulan por los pasillos.

20 Sin embargo, se apreciará que la necesidad de proporcionar espacio en los pasillos para acceder a los productos significa que la densidad de almacenamiento de dichos sistemas es relativamente baja. En otras palabras, la cantidad de espacio realmente utilizado para el almacenamiento de productos es relativamente pequeña en comparación con la cantidad de espacio requerido para el sistema de almacenamiento en su conjunto.

25 Por ejemplo, las empresas minoristas en línea que venden múltiples líneas de productos, como las tiendas de comestibles y los supermercados en línea, requieren sistemas que puedan almacenar decenas o incluso cientos de miles de líneas de productos diferentes. Las operaciones de almacenamiento y cadenas de suministro de estas empresas dependen en gran medida de su capacidad para organizar, recuperar y devolver artículos a varios contenedores.

30 En implementaciones particulares de varios diseños de instalaciones de almacenamiento y almacenes, los contenedores pueden apilarse unos encima de otros y las pilas pueden disponerse en filas. Entonces se puede acceder a los contenedores desde arriba, eliminando la necesidad de pasillos entre las filas y permitiendo que se almacenen más contenedores en un volumen o área determinados. En algunas de estas implementaciones, se accede a los contenedores por uno o más medios robóticos o automatizados, que se desplazan a través de una cuadrícula de rutas para acceder a los contenedores para una variedad de operaciones diferentes, como mover un contenedor de un lugar a otro para manipularlo, realizar operaciones sobre un contenedor, devolver un contenedor a una posición en un almacén, etc.

40 La coordinación del movimiento del uno o más medios robóticos o de otro modo automatizados puede ser una consideración importante para determinar la eficacia global y la escalabilidad de un sistema para almacenamiento y recuperación de un gran número de productos diferentes.

45 En el documento US 6.654.662 y en el documento EP 1037828, se describe un sistema de almacenamiento y recuperación en el que los contenedores "con forma de paralelepípedo" se "apilan profundamente y se suministran en conjunto" en un armazón vertical, formando varias capas horizontales de contenedores cuyas posiciones son aleatorias en todo momento. Un sistema informático monitorea y registra continuamente las posiciones de los contenedores; los contenedores deseados se recuperan de la parte superior del armazón, los contenedores no deseados se mueven, uno cada vez, y se reubicán en ubicaciones temporales hasta que se recupera el contenedor deseado, momento en el cual los contenedores reubicados temporalmente se devuelven a la misma pila, y se recolocan en el mismo orden relativo; y el contenedor deseado se devuelve (eventualmente) a la parte superior de la pila original.

55 El sistema descrito en el documento US 6.654.662 y en el documento EP 1037828 tiene varias coordenadas horizontales que forman capas de contenedores cuyas posiciones son aleatorias en todo momento. Además, los contenedores reubicados temporalmente se devuelven a la pila original, de modo que se retiene su orden relativo, y en el que el contenedor deseado se devuelve a la parte superior de la pila.

60 En contraste con el sistema proporcionado, puede ser ventajoso proporcionar una colocación de contenedores deliberada que pueda optimizarse en los dominios horizontal y vertical en función de diferentes criterios, como flujos de tráfico, frecuencia de acceso (histórica, actual y pronosticada), agrupaciones específicas de contenedores, tiempo de acceso, resistencia al fuego y/u otras divisiones ambientales.

Hay necesidad, por lo tanto, de sistemas y procedimientos para coordinar y controlar el movimiento de productos.

65 [0013] El documento US-A-4973219 describe un depósito de almacenamiento de contenedores adyacente a una instalación para cargar y descargar contenedores, tal como a y desde barcos, estando apilados los contenedores

individuales almacenados en el mismo hasta cuatro contenedores de altura. Un sistema integrado de manipulación de contenedores está diseñado para mover los contenedores desde el depósito de almacenamiento de contenedores a la instalación de carga y descarga, e incluye un sistema de carril de cuadrícula superior en el que los vehículos lanzadera portadores de contenedores se dirigen a ubicaciones de depósito designadas por un sistema de control maestro. Los mecanismos de conmutación pasivos se utilizan para mover selectivamente los vehículos lanzadera a través de la red de carriles de cuadrícula, en donde el mecanismo de conmutación real se lleva en el vehículo lanzadera en lugar de en la pista o vía. La instalación de carga y descarga comprende grúas aéreas y amortiguadores asociados en una terminal portuaria para cargar y descargar un barco portacontenedores. También se divultan instalaciones intermodales para transferir contenedores de transporte entre diferentes tipos de sistemas de transporte de contenedores, tales como entre barcos de transporte de contenedores y vagones ferroviarios. HattelandSolutions en el documento "AutoStore Logística - Technical presentation" del 26 de agosto de 2009 describe que los productos se almacenan en compartimentos apilados uno encima del otro en una cuadrícula de aluminio autoportante. La cuadrícula alinea los contenedores y también funciona como pistas para los robots AutoStore. Los robots controlados por radio y alimentados por batería manejan los contenedores en la cabina hacia y desde puertos donde los bienes se toman dentro y fuera de los contenedores AutoStore. El sistema de control AutoStore planifica la lista de recogida y se transfiere desde un sistema de gestión de almacén. El sistema de control planifica y controla el tráfico de robots y tiene un control completo sobre los contenedores de robot de AutoStore.

El documento WO2013167907 describe un método de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

La presente invención proporciona un método para controlar el movimiento de uno o más dispositivos de transporte dispuestos para transportar una pluralidad de contenedores, estando dispuestos dichos dispositivos para funcionar en una instalación, comprendiendo la instalación la pluralidad de contenedores dispuestos en una pluralidad de pilas ubicadas en ubicaciones de pilas respectivas, teniendo además la instalación una pluralidad de vías dispuestas en una estructura similar a una cuadrícula por encima de las pilas, estando dispuestos uno o más dispositivos de transporte para funcionar en la estructura similar a una cuadrícula, siendo el método de acuerdo con la reivindicación 1.

La presente invención también proporciona un sistema de acuerdo con la reivindicación 10.

En diversos aspectos, la invención de esta memoria proporciona métodos, sistemas y conjuntos de instrucciones codificadas ejecutables por máquina correspondientes para coordinar y controlar el movimiento del producto en al menos un sistema de cumplimiento de pedidos semiautomático que comprende una instalación de mantenimiento. En diversos aspectos, la invención proporciona mejoras en la coordinación y el control del movimiento de robots que manejan una variedad de bienes en cumplimiento de pedidos que, en algunos casos, pueden incluir una variedad de artículos que tienen diferentes tamaños, pesos, fragilidades y otras características.

En diversas realizaciones de los aspectos anteriores y otros aspectos, tal instalación de retención puede incluir uno o más aparatos de almacenamiento. En la misma u otras realizaciones, al menos una parte de la instalación de retención puede configurarse para moverse dinámicamente.

En la misma u otras realizaciones, la instalación de retención puede compartirse entre dos o más estaciones de trabajo.

Ahora se describirá la invención con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, siendo los dibujos a modo de ejemplo y no limitativos, y en los que las referencias similares pretenden referirse a partes similares o correspondientes.

La figura 1 es un diagrama ilustrativo que proporciona una implementación genérica de hardware y software de ordenador de ciertos aspectos, como se detalla en la descripción.

La figura 2 proporciona un diagrama de bloques de muestra del sistema, según algunas realizaciones de la invención.

La figura 3 proporciona un diagrama de bloques de muestra del sistema de control de robot con más detalle, según algunas realizaciones de la invención.

La figura 4 proporciona un flujo de trabajo de muestra para un algoritmo de búsqueda de trayectoria recursivo de muestra, según algunas realizaciones de la invención.

La figura 5 proporciona un mapa de calor de muestra, según algunas realizaciones de la invención.

La figura 6 ilustra cómo el uso de diferentes coeficientes de coste demostrado en la Tabla 1 cambia qué ramificación será seleccionada por la próxima iteración del algoritmo de búsqueda.

La figura 7 proporciona una vista en perspectiva de muestra de un almacén, según algunas realizaciones de la invención.

La figura 8 proporciona un diagrama de muestra de un robot con un cabrestante y un contenedor, según algunas realizaciones de la invención.

Las realizaciones preferidas de métodos, sistemas y aparatos adecuados para su uso en la implementación de la invención se describen con referencia a los dibujos.

- 5 Los sistemas de recuperación y almacenamiento de productos totalmente automatizados y semiautomatizados, algunos de los cuales a veces se denominan sistemas de "preparación de pedidos", "almacenamiento y recuperación" y/o "preparación de pedidos", pueden implementarse en una amplia variedad de tipos y formas. Una forma de proporcionar acceso a los productos almacenados para su recuperación de manera total y/o semiautomática, por ejemplo, comprende la colocación de productos, que pueden ser de cualquier tipo deseado, en contenedores u otros contenedores (a continuación en el presente documento denominados genéricamente contenedores), y apilar y/o disponer de otro modo los contenedores en estanterías o verticalmente en capas, de modo que los contenedores individuales puedan ser accesibles mediante sistemas de recuperación de contenedores total o parcialmente automatizados.
- 10 En algunas realizaciones, los sistemas pueden incluir sistemas más allá del almacenamiento y la recuperación de productos, como sistemas en los que los productos se procesan, reparan, manipulan, ensamblan, clasifican, etc., y se requiere el movimiento de productos, bienes, partes, componentes, subcomponentes, tanto dentro de una instalación como a otras instalaciones o transporte.
- 15 A los efectos de esta memoria descriptiva, una instalación de almacenamiento para el almacenamiento, la recuperación, el procesamiento y/o la preparación de pedidos, en la que el acceso a dichos productos se proporciona mediante una recuperación total o semiautomática, se denomina "colmena". La "colmena" puede estar compuesta por un diseño en forma de cuadrícula de las posibles rutas para el movimiento de elementos o dispositivos robóticos ("robot") para atravesar y realizar operaciones en varios lugares de la "colmena" (denominada "cuadrícula").
- 20 La memoria descriptiva no se limita solo a sistemas que tienen "colmenas", "cuadrículas" y/o "robots", sino que también se pueden contemplar sistemas que controlen y/o coordinen ampliamente el movimiento y/o actividades de una pluralidad de dispositivos. Estos dispositivos pueden estar configurados para el transporte de varios artículos, tales como productos y/o bienes, y/o contenedores que pueden estar vacíos y/o contener dichos productos y/o bienes. Estos dispositivos también pueden estar involucrados en la preparación de pedidos, pero también pueden estar involucrados en cualquier otro tipo de actividad, como el transporte de contenedores hasta y desde las estaciones de trabajo, el movimiento de objetos desde las ubicaciones de origen a las ubicaciones de destino, etc.
- 25 Como se indica, los dispositivos pueden ser robots, y los dispositivos pueden configurarse para moverse alrededor de una colmena y/o comunicarse con un sistema de control para coordinar/recibir instrucciones sobre su movimiento. En algunas realizaciones, los dispositivos pueden configurarse para comunicarse entre ellos y/o coordinar el movimiento entre ellos. En consecuencia, los dispositivos pueden tener varios medios de transporte, medios de comunicación, medios de alimentación, medios de procesamiento, medios procesadores, medios de sensor, medios de monitoreo, estaciones de trabajo integradas, medios de almacenamiento electrónico/físico y/o medios de elevación/transporte (como un cabrestante, brazos, etc.).
- 30 35 40 45 50 55 60 65
- 30 Si bien los dispositivos pueden configurarse para recibir instrucciones del sistema, puede haber situaciones en las que los dispositivos pierdan la comunicación con el sistema, tengan rutas de comunicación degradadas y/o no reciban comunicaciones del sistema dentro de un espacio de tiempo particular.
- 35 En algunas realizaciones, los dispositivos también pueden configurarse para comunicarse entre sí y/o detectar la presencia de los demás. Estas comunicaciones y/o entradas sensoriales se pueden utilizar, por ejemplo, en información de creación y diseño compartido sobre el medio ambiente, proporcionando canales de comunicación redundantes, verificando instrucciones, etc.
- 40 La preparación de pedidos puede incluir varias operaciones, como, pero que no se limitan a: ensamblar pedidos donde se compran y agregan varios productos para entregarlos a un cliente, como para una cadena de supermercados; ensamblar productos con varios subcomponentes; realizar diversas operaciones sobre productos (como soldar componentes en conjunto), clasificar productos, etc.
- 45 Los pedidos también se pueden devolver, por ejemplo, si se cancela un pedido, falla una entrega, etc. En algunas situaciones, mientras un pedido está en procedimiento de preparación dentro de la colmena, se puede cancelar y es posible que sea necesario devolver los artículos. En algunas situaciones, es posible que sea necesario volver a colocar los artículos en contenedores y mover los contenedores a varias ubicaciones. En algunas situaciones, una estación de trabajo puede necesitar realizar tareas para rechazar/reelaborar productos cuando se devuelve o cancela un pedido.
- 50 Además, como se mencionó anteriormente, los contenedores individuales pueden estar en capas verticales, y sus ubicaciones en la "colmena" pueden indicarse usando coordenadas en tres dimensiones para representar la posición del robot o del contenedor y la profundidad del contenedor (por ejemplo, contenedor en (X, Y, Z), profundidad W). En algunas realizaciones, las ubicaciones en la "colmena" se pueden indicar en dos dimensiones para representar la posición del robot o de un contenedor y la profundidad del contenedor (por ejemplo, contenedor en (X, Y), profundidad Z).

- 5 La "colmena" en sí misma puede ser un entorno "dinámico", en el sentido de que las ubicaciones de las estaciones de trabajo y los robots pueden asociarse con diferentes partes de la colmena para participar en acciones. Por ejemplo, es posible que los robots necesiten acceder a un contenedor específico en una ubicación específica en las dimensiones de la colmena (por ejemplo, contenedor en (X, Y, Z), profundidad W) para preparar un pedido en particular o para almacenar un producto en la "colmena". Esto implica movimientos de los robots a lo largo de varias trayectorias posibles, por ejemplo, a lo largo de la parte superior de la cuadrícula y luego accediendo a contenedores particulares en profundidades seleccionadas de una pila.
- 10 El acceso de contenedores particulares a profundidades seleccionadas de una pila puede requerir el movimiento de contenedores que de otro modo podrían obstruir la capacidad de acceder a un contenedor en particular (por ejemplo, cuando los contenedores están apilados, primero se debe mover una cantidad de contenedores para poder acceder a un contenedor que no está en un extremo accesible de la pila). En la presente realización, es ventajoso tener el sistema configurado para permitir la evaluación y optimización de una nueva posición para cada contenedor que debe retirarse para acceder a un contenedor objetivo.
- 15 Los contenedores que se sacaron de una pila no necesitan moverse de vuelta a su pila original.
- 20 Una de las posibles ventajas es la capacidad de modificar la distribución de los contenedores de modo que los contenedores estén ubicados en lugares de más fácil acceso o más convenientes.
- 25 Esto puede ayudar a mantener una distribución óptima de contenedores dentro de la instalación, por ejemplo, disponiendo los contenedores que se espera que tengan una mayor demanda en ubicaciones de más fácil acceso, como ubicaciones cercanas o dentro de las estaciones de trabajo, para reducir la distancia de desplazamiento.
- 30 La figura 7 proporciona una vista en perspectiva de muestra de un almacén, según algunas realizaciones de la invención.
- 35 Los robots pueden tener varias formas, tamaños y configuraciones, y pueden tener varios medios de comunicación, sensores y herramientas. En algunas realizaciones, cada robot puede comunicarse con el sistema de control a través de un conjunto de canales de frecuencia establecidos a través de un conjunto de estaciones base y controladores de estaciones base. Los robots pueden utilizar varias herramientas para mover y obtener contenedores de una pila, que incluyen, por ejemplo, un cabrestante para transportar un contenedor.
- 40 La figura 8 proporciona un diagrama de muestra de un robot con un cabrestante y un contenedor, según algunas realizaciones de la invención.
- 45 La cuadrícula no se limita a elementos de cuadrícula rectangulares y puede estar comprendida por pistas curvas, pistas hacia arriba y hacia abajo, etc. Las rutas de la cuadrícula pueden tener intersecciones y más de un robot puede acceder a ellas.
- 50 Cada cuadrícula puede estar segmentada, física o lógicamente, en una o más subcuadrículas.
- 55 La cuadrícula puede estar compuesta por una o más estaciones de trabajo. Las estaciones de trabajo pueden ser manuales, semiautomatizadas o completamente automatizadas, y pueden consistir en ubicaciones o áreas donde se realizan operaciones dentro de la colmena, o se realizan operaciones en relación con la colmena, los contenedores o los productos, como mover productos dentro o fuera de la colmena, la fabricación de productos, el ensamblaje de productos, el procesamiento de productos en sus componentes, el suministro de ubicaciones de apilado para respaldar otras etapas u operaciones, etc.
- 60 Las estaciones de trabajo pueden incluir, por ejemplo, ubicaciones a las que se mueven los artículos desde transportadores entrantes, ubicaciones en las que se llevan a cabo diversas operaciones sobre productos (por ejemplo, montaje de componentes, pintura, clasificación, embalaje, desmontaje, reelaboración de productos, reparación de embalajes, sustitución de productos en pedidos cancelados, rechazo de productos devueltos, eliminación de productos), los productos se trasladan a transportadores salientes, ubicaciones con capacidad para refrigeración, ubicaciones donde se ensamblan componentes u objetos, ubicaciones utilizadas para la presentación o la pre-búsqueda de productos, ubicaciones en donde se reparan y mantienen los robots, ubicaciones en donde se cargan los robots, ubicaciones en donde los trabajadores "escogen" los productos para colocarlos en los contenedores, ubicaciones en donde los trabajadores "escogen" los productos para retirarlos de los contenedores durante la preparación de los pedidos, las bolsas se colocan en los contenedores, etc.
- 65 Cuando los artículos/productos se devuelven a la colmena, el sistema puede respaldar y/o controlar el procedimiento de devolución del producto, la reelaboración del producto y/o el desechado del producto si se rechaza. La situación puede, en algunas realizaciones, involucrar el procesamiento del contenedor devuelto (que puede ser una caja de entrega u otro objeto también) en una estación de trabajo para determinar si se puede volver a aceptar en el

sistema, si necesita reelaboración/reenvasado y/o si el producto debe desecharse en su lugar (por ejemplo, un producto perecedero ha caducado).

5 Las estaciones de trabajo pueden tener uno o más trabajadores o robots presentes para realizar diversas tareas, como recoger artículos para la preparación de pedidos.

10 En algunas realizaciones, las estaciones de trabajo también pueden ser estaciones con transportadores, refrigeradores, diversas tecnologías de herramientas y/u otra tecnología para manipular, pintar, sujetar, reparar, congelar, calentar, exponer a productos químicos, refrigerar, filtrar, ensamblar, desensamblar, clasificar, envasar, explorar, probar, transportar, almacenar o procesar productos, contenedores, etc.

15 Las estaciones de trabajo pueden tener sus propias rutas dentro de la instalación, compartir rutas con la instalación, etc. Las estaciones de trabajo también pueden tener varias rutas de entrada y salida u otros tipos de puntos de entrada/salida dentro de la instalación.

20 En algunas realizaciones, las estaciones de trabajo se comunican con uno o más sistemas de gestión de almacenes para proporcionar información y datos relacionados con el estado de la estación de trabajo, el flujo de trabajo, los contenedores requeridos, los problemas, el estado de los productos retenidos o manipulados de otro modo (por ejemplo, los subcomponentes que se ensamblan en conjunto), etc.

25 En las estaciones de trabajo, los artículos pueden retirarse de los contenedores de almacenamiento y colocarse en una instalación de retención intermedia antes de recogerlos en los contenedores de entrega.

30 Como se indica a lo largo de esta memoria descriptiva, puede ser ventajoso tener una distribución de contenedores de manera que los contenedores que probablemente entren para ciertas estaciones de trabajo estén ubicados cerca de esas estaciones de trabajo.

35 La recogida de artículos de los contenedores puede ser realizada manualmente por recogedores humanos, o ser realizada de manera semiautomatizada o completamente automatizada con la asistencia o participación de varios elementos mecánicos o robóticos.

40 Cuando los contenedores individuales se apilan verticalmente en capas, acceder a un contenedor que no está en la capa superior puede requerir un conjunto adicional de operaciones para mover los contenedores almacenados en capas por encima del contenedor deseado antes de poder acceder al contenedor deseado. Por ejemplo, si un contenedor deseado está un nivel por debajo de la capa superior, será necesario mover el contenedor que se encuentra dentro de la capa superior a otra ubicación antes de acceder al contenedor deseado. Como se indica a lo largo de esta memoria descriptiva, puede ser ventajoso tener una distribución de contenedores de manera que los contenedores que contienen artículos de mayor demanda estén dispuestos hacia las posiciones de más fácil acceso (por ejemplo, si hay una pila vertical de contenedores, los niveles más altos). En la presente realización, un módulo de optimización proporciona una ubicación óptima para colocar estos contenedores.

45 En una operación de recogida de productos básicos habitual adaptada para manipular una gran variedad de artículos, como un sistema de procesamiento de pedidos de comestibles, a veces se encuentra que se debe manipular o acomodar de otro modo una amplia gama de artículos de varios tamaños, formas, pesos y otras características, y que es posible que sea necesario mover estos artículos alrededor de una instalación a varias estaciones para realizar varias operaciones, durante la preparación de uno o más pedidos. Según el tamaño, la organización y la disposición de la instalación, el movimiento de estos artículos puede optimizarse ventajosamente para que los artículos se muevan de manera eficaz, se eviten las colisiones y se resuelvan las dependencias (por ejemplo, los objetos se recogen y descargan en el orden correcto).

55 Las diversas acciones involucradas en estos grupos de trabajo, como la colocación de artículos en diferentes tipos de contenedores, el almacenamiento de contenedores dentro de la colmena y la clasificación/entrega como se describe, pueden dar como resultado varios movimientos de los contenedores, incluso dentro de la colmena, pero también la colocación de contenedores en diferentes lugares. Estas acciones pueden incluir actividad de entrada/salida a/de la colmena (por ejemplo, llevar artículos hasta y desde un almacén) y también pueden incluir sistemas de clasificación/entrega asociados, como la gestión del transporte de productos fuera de los vehículos para el almacenamiento/entrega, y también el transporte sobre vehículos para la preparación de los pedidos.

60 En otras realizaciones de la invención, las estaciones de trabajo se pueden utilizar para proporcionar otros tipos de manipulación de artículos o manipulación de contenedores, como estaciones de trabajo donde se realizan acciones en los artículos (por ejemplo, montaje, desmontaje, modificación, clasificación, secado, congelación, prueba,

exposición a productos químicos, manipulación física, sujeción, reparación, impresión, pintura, corte, envasado, almacenamiento, procesamiento, soldadura, templado, reprocesamiento). Estas estaciones de trabajo pueden ser manuales, semiautomatizadas o automatizadas y tienen varios parámetros asociados con su funcionamiento o desempeño, como el rendimiento, las entradas requeridas, las salidas requeridas, el equilibrio de carga, los retrasos requeridos (por ejemplo, el tiempo de secado), etc.

Los diversos movimientos de los robots, la colocación de contenedores/objetos y el control sobre la selección de cuándo retirar el producto de los contenedores pueden controlarse y optimizarse mediante uno o más sistemas de control. Este control puede incluir la implementación de varias estrategias, que incluyen, por ejemplo:

10 La gestión central de uno o más robots;

15 Gestionar los robots no solo para recuperar contenedores para su procesamiento, sino también para "precargar" contenedores en ubicaciones más convenientes, por ejemplo, ubicaciones cercanas o dentro de las estaciones de trabajo;

20 Optimización de trayectorias mediante la aplicación de uno o más algoritmos de búsqueda de trayectorias (por ejemplo, técnicas de ramificación y límite);

25 Optimización de trayectorias a través de la aplicación de una o más técnicas heurísticas al uno o más algoritmos de búsqueda de trayectoria (por ejemplo, coste más bajo proyectado, donde en una realización de la invención, el coste puede calcularse como una función del tiempo total hasta el objetivo y el "calor acumulado" total para la mitigación de la congestión en la cuadrícula cuando se ve como un todo);

30 Programación/procesamiento previo de rutas de movimiento por adelantado;

35 Realización de simulaciones para determinar la profundidad óptima de análisis al realizar la programación/procesamiento previo de las rutas de movimiento;

40 Aplicación de técnicas de aprendizaje automático para optimizar exponentes y coeficientes aplicados a las funciones de coste de uno o más algoritmos. En algunas realizaciones, esto puede incluir algoritmos de búsqueda de trayectoria, ubicación de contenedores y equilibrio de carga de la estación de trabajo;

45 Un sistema de resolución de conflictos de trayectoria de robot justo a tiempo;

50 La subdivisión de la población de robots en grupos de control separados, conteniendo cada uno de los cuales uno o más robots;

55 Optimización de la ubicación de contenedores a través de varios medios, como la aplicación de un algoritmo de selección puntuado que utiliza coeficientes de coste ponderados;

60 Optimización de la asignación de trabajo a las estaciones de trabajo;

65 Procesamiento previo de tareas y acciones para programar futuras tareas y acciones.

En un entorno de ejemplo en el que se utilizan uno o más robots para la recuperación, el almacenamiento y el movimiento de objetos de manera totalmente automatizada o semiautomatizada, es posible que el almacén primero deba decidir cómo distribuir las cargas de contenedores entre diferentes robots o grupos de robots.

Por ejemplo, la asignación de tareas entre varios grupos de robots y estaciones de recogida puede optimizarse según el diseño particular de un almacén, la ubicación de los artículos, las características particulares de los productos (por ejemplo, el artículo va a caducar o es potencialmente peligroso) y el orden del flujo de trabajo.

Por ejemplo, puede ser deseable tener un sistema que compare de manera inteligente las posibles trayectorias que un robot debe seguir para llegar a su destino, teniendo en cuenta, entre otros, la posible congestión a lo largo de esa trayectoria, el tiempo necesario para completar las operaciones, la posibilidad de colisiones, los objetos mantenidos en el inventario de un robot en particular, las operaciones futuras previstas y las características de un robot en particular (por ejemplo, niveles de batería, problemas de servicio).

Además, puede ser deseable tener un sistema que se adapte inteligentemente a varias condiciones en la "colmena", como robots inactivos que puedan obstaculizar o bloquear la trayectoria de un robot, obstáculos u otros robots que reserven trayectorias que un robot en particular pretende atravesar.

Además, puede ser deseable tener un sistema que ubique contenedores de manera inteligente en función de un algoritmo para sesgar el sistema hacia una distribución de contenedores que ayude en la recuperación eficaz de

artículos (por ejemplo, los contenedores con artículos de SKU de alta demanda se mantienen cerca de la parte superior y cerca de sus estaciones de trabajo para facilitar el acceso).

5 Estos son ejemplos no limitativos, y puede implementarse cualquier método, disposición o consideración de optimización.

10 Refiriéndose a la figura 2, se proporciona un diagrama esquemático de sistemas de recuperación y almacenamiento de productos totalmente automatizados y semiautomatizados de muestra, según algunas realizaciones de la invención. La figura 2 se proporciona a un alto nivel, ilustrando una implementación de ejemplo. Varias 15 implementaciones del sistema 200 pueden involucrar más o menos componentes y la figura 2 se proporciona simplemente como un ejemplo.

15 El sistema 200 se compone de un sistema 202 de control de robot; un sistema 204 de mantenimiento/supervisión; un controlador 206 de estación base; una o más estaciones 208a y 208b base; uno o más robots 210a, 210b y 210c y una o más estaciones 230 de carga. Mientras que solo dos estaciones 208a y 208b base y tres robots 210a, 210b y 210c se ilustran, debe entenderse que puede haber más o menos robots y estaciones base en otras realizaciones del sistema.

20 Puede haber uno o más sistemas 232 de gestión de almacenes (WMS), sistemas 234 de gestión de pedidos y uno o más sistemas 236 de gestión de información.

25 Los sistemas 232 de gestión de almacenes pueden contener información como artículos requeridos para un pedido, números de SKU en el almacén, pedidos esperados/previstos, artículos que faltan en los pedidos, cuándo se debe cargar un pedido en un transportador, fechas de vencimiento de los artículos, qué artículos están en qué contenedor, si los artículos son frágiles o grandes y voluminosos, etc.

30 En algunas realizaciones, los sistemas 232 de gestión de almacenes pueden estar en comunicación con las estaciones de trabajo y también puede contener información relacionada con el funcionamiento de las estaciones de trabajo, como el estado de la estación de trabajo, qué productos y/o qué contenedores debe recibir la estación de trabajo en momentos específicos, qué productos y/o contenedores tendrá que mover la estación de trabajo a otra ubicación en momentos específicos, el flujo de trabajo previsto para las operaciones en la estación de trabajo, la cantidad de robots que actualmente esperan para llevar contenedores a una estación de trabajo, etc.

35 El sistema 202 de control de robots puede configurarse para controlar el desplazamiento/enrutamiento de los robots, lo que incluye, pero no se limita, al movimiento de un lugar a otro, la prevención de colisiones, la optimización de las trayectorias de movimiento, el control de las actividades a realizar, etc. El sistema 202 de control del robot puede implementarse utilizando uno o más servidores, conteniendo cada uno de los cuales uno o más procesadores configurados según las instrucciones almacenadas en uno o más medios de almacenamiento no transitorios legibles por ordenador. El sistema 202 de control de robots puede configurarse para enviar mensajes de control a uno o más 40 robots, recibir una o más actualizaciones de uno o más robots y comunicarse con uno o más robots mediante un protocolo en tiempo real o casi real. El sistema 202 de control de robots puede recibir información que indica la ubicación y disponibilidad del robot desde una o más estaciones 208a y 208b base. El sistema 202 de control de robots puede configurarse para realizar un seguimiento de la cantidad de robots disponibles, el estado de uno o más robots, la ubicación de uno o más robots y/o sus conjuntos de instrucciones actuales. El sistema 202 de control de robots 45 también se puede configurar para procesar y/o enviar mensajes de control al uno o más robots en previsión de futuros movimientos, reduciendo potencialmente la carga del procesador y también gestionando de forma proactiva la carga de tráfico con respecto a los enlaces de comunicaciones. Tal implementación podría ser ventajosa a la luz de los algoritmos complejos que utiliza el sistema 202 de control de robots para determinar rutas óptimas, calcular ubicaciones óptimas para contenedores y/o determinar reservas y/o autorizaciones.

50 En algunas realizaciones, los servidores pueden utilizar una plataforma de tipo 'informática en la nube' para la informática distribuida. Una implementación basada en la nube puede proporcionar una o más ventajas, que incluyen: apertura, flexibilidad y extensibilidad; manejable centralmente; fiabilidad; escalabilidad; estar optimizado para los recursos informáticos; tener la capacidad de agregar información a través de una cantidad de usuarios; y la 55 capacidad de conectarse a través de una cantidad de usuarios y encontrar subgrupos de interés coincidentes. Si bien las realizaciones e implementaciones de la presente invención pueden analizarse en ejemplos particulares no limitativos con respecto al uso de la nube para implementar aspectos de la plataforma del sistema, un servidor local, un único servidor remoto, una plataforma de software como servicio o cualquier otro dispositivo informático puede utilizarse en lugar de la nube.

60 En algunas realizaciones, el módulo de optimización de movimiento puede utilizar uno o más grupos de control para separar los robots en uno o más grupos. El uso de grupos de control para cuadrículas grandes puede brindar ciertas ventajas, como la capacidad de mantener el funcionamiento de una cuadrícula muy grande siempre que el cálculo en tiempo real no pueda mantenerse al día con la replanificación después de una anomalía de control, como cuando (i) un enlace de comunicación inalámbrica descarta más paquetes secuenciales de los permitidos en la 65

planificación; (ii) uno o más robots fallan; (iii) uno o más robots operan fuera de la tolerancia predeterminada en el desempeño.

5 Se puede retransmitir un mensaje de parada de control a los robots en un "grupo de control" particular; los posibles beneficios de la retransmisión de mensajes en lugar de enviar mensajes individuales pueden incluir comunicaciones mejoradas mediante el uso de múltiples ranuras de transmisión y una relación señal/ruido posiblemente más alta.

10 En algunas realizaciones, el sistema 202 de control de robots puede configurarse para asignar dinámicamente robots a diferentes "áreas de control" a medida que se mueven por la cuadrícula.

15 El sistema 204 de mantenimiento/monitoreo (MMS) puede configurarse para proporcionar funciones de monitoreo, lo que incluye la recepción de alertas de uno o más robots o una o más estaciones base, lo que establece conexiones para consultar robots. El MMS 204 también puede proporcionar una interfaz para la configuración de funciones de monitoreo. El MMS 204 puede interactuar con el sistema 202 de control de robots para indicar cuándo ciertos robots deben ser retirados.

20 El controlador 206 de estación base puede almacenar información de enrutamiento principal para mapear robots, estaciones base y cuadrículas. En algunas realizaciones, puede haber un controlador 206 de estación base por almacén, pero en otras realizaciones de la invención, puede haber una pluralidad de controladores de estaciones base. El controlador 206 de estación base puede estar diseñado para proporcionar alta disponibilidad. El controlador de estación base puede configurarse para gestionar la selección de frecuencia dinámica y la asignación de frecuencia de la una o más estaciones 208a y 208b base.

25 Las estaciones 208a y 208b base pueden organizarse como un grupo de estaciones base, que luego pueden configurarse para estar activas, en espera o para monitorear el sistema. Los mensajes se pueden enrutar a través de una variedad de medios de comunicación hasta/desde los robots. Los medios de comunicación pueden ser cualquier medio de comunicación, en algunas realizaciones, los medios de comunicación pueden ser un enlace de radiofrecuencia como los que se incluyen en el estándar inalámbrico 802.11. Las estaciones 208a y 208b base puede incluir además unidades 212a, 212b de procesamiento, procesadores 214a, 214b de señales digitales y radios 216a, 216b.

30 El uno o más robots 210a, 210b, y 210c pueden configurarse para moverse por la cuadrícula y realizar operaciones. Las operaciones pueden incluir mover un contenedor de una pila a otra, ir a una estación de carga para recargar, etc. Se pueden asignar uno o más robots para comunicarse con una o más estaciones 208a y 208b base.

35 El uno o más robots 210a, 210b, y 210c puede que no todos sean el mismo tipo de robot. Puede haber diferentes robots con varias formas, diseños y propósitos, por ejemplo, puede haber un robot con una huella de una única posición de cuadrícula que eleva con cabrestante contenedores para su almacenamiento interno, un robot voladizo, un robot puente, un robot de recuperación, etc.

40 En algunas realizaciones, el uno o más robots 210a, 210b y 210c tienen cabrestantes en los mismos que pueden usarse para retener un contenedor para el movimiento de una posición en la cuadrícula a otra.

45 Los robots 210a, 210b y 210c pueden tener, respectivamente, radios 218a, 218b, 218c, procesadores 220a, 220b, 220c de señales digitales, procesadores 222a, 222b, 222c, controladores 224a, 224b, 224c en tiempo real, pilas 226a, 226b, 226c y motores, sensores, conectores, etc., 228a, 228b, 228c.

50 La una o más estaciones 230 de carga puede configurarse para proporcionar energía para cargar baterías en el uno o más robots 210a, 210b y 210C. La una o más estaciones 230 de carga se pueden configurar además para proporcionar acceso a datos por cable a alta velocidad a uno o más robots, y se pueden colocar varias estaciones de carga alrededor de la red para uso de uno o más robots 210a, 210b y 210C.

55 Refiriéndose a la figura 3, se proporciona un diagrama de bloques del sistema 202 de control, según algunas realizaciones de la invención. El diagrama de bloques se proporciona con fines ilustrativos para identificar algunos de los componentes del sistema 202 de control con más detalle, sin embargo, es posible que no se requieran todos los módulos o interfaces identificados y, en varias realizaciones, se pueden incluir más o menos módulos.

60 El sistema 202 de control puede configurarse para evaluar cómo mejorar las asignaciones de trabajo, los movimientos del producto y la colocación del producto. Según varias realizaciones de la invención, las optimizaciones se pueden ejecutar en tiempo real, mientras que otras se ejecutan, por ejemplo, periódicamente durante momentos de inactividad o momentos menos activos.

65 El sistema 202 de control puede configurarse para programar cuándo deben ocurrir tipos específicos de movimientos y en qué orden deben ocurrir, dependiendo de la aplicación de varias reglas comerciales, indicando prioridad, etc. El sistema 202 de control está configurado para determinar los factores entrantes y salientes al tomar decisiones, incluso en relación con la colocación de productos, por ejemplo. Por ejemplo, el sistema 202 de control puede actuar

sobre la ubicación de entrega estimada del suministro del producto y la entrega saliente estimada del producto. El sistema de control puede tomar decisiones, y puede enviar señales para que las ejecute un sistema automático, y/o puede asignar tareas de manera eficaz a humanos (recogedores, cargadores, etc.).

- 5 El sistema 202 de control podrá determinar que uno o más robots o uno o más recogedores deban realizar una o más acciones para la preparación de un pedido o para cualquier otro fin. La acción del uno o más robots puede requerir que los robots atravesen la cuadrícula y/o realicen acciones, como recuperar un contenedor.
- 10 El sistema 202 de control puede configurarse para analizar varias rutas en la cuadrícula para determinar una o más rutas que pueden ser posiblemente preferibles en relación con otras rutas, dado un conjunto de restricciones y condiciones. Estas rutas preferibles pueden luego proporcionarse, una vez, periódicamente y/o dinámicamente a los robots para controlar sus movimientos a través de la cuadrícula.
- 15 Una trayectoria puede ser preferible por varias razones, que incluyen, pero no se limitan a: menor distancia recorrida, mayor velocidad promedio esperada del robot, menor probabilidad de encontrar tráfico (es decir, congestión), menor tiempo total requerido, menor probabilidad de colisión, menor energía utilizada, facilidad para cambiar a rutas alternativas, capacidad para evitar obstáculos (por ejemplo, un robot roto, un artículo caído, una trayectoria rota, una parte de la trayectoria está en reparación).
- 20 El sistema 202 de control puede usar varios algoritmos para identificar, diseñar y/o controlar el movimiento de varios robots a los que está conectado. En algunas realizaciones, el sistema de control se implementa utilizando uno o más servidores, cada uno de los cuales contiene uno o más procesadores configurados para realizar uno o más conjuntos de instrucciones almacenadas en uno o más medios legibles por ordenador no transitorios. Las ventajas potenciales para la implementación informática incluyen, pero no se limitan a, escalabilidad, capacidad para manejar grandes cantidades de procesamiento y complejidad computacional, mayor velocidad de reacción, capacidad para tomar decisiones rápidamente, capacidad para realizar análisis estadísticos complejos, capacidad para realizar aprendizaje automático, entre otros.
- 25 Estos algoritmos se analizan más en profundidad más adelante en la memoria descriptiva, y se proporcionan enfoques heurísticos y algoritmos de búsqueda de trayectorias según algunas realizaciones de la invención.
- 30 Las restricciones pueden incluir el diseño actual de la cuadrícula, la física del robot (por ejemplo, velocidad máxima, radio de giro, velocidad de giro, aceleración máxima, desaceleración máxima), congestión (por ejemplo, carga de tráfico esperada en una determinada trayectoria o intersección), 'autopistas' establecidas, impacto de los objetos transportados por el robot (por ejemplo, objetos grandes, voluminosos o frágiles), estado y condición del robot (incluido el estado de la batería, daños, problemas de mantenimiento) y estado de la estación (por ejemplo, la estación de destino está llena o temporalmente bloqueada).
- 35 El sistema 202 de control puede ser un sistema de control en tiempo real o casi real (que controla las acciones de las diversas unidades, incluidos los robots y, opcionalmente, las otras unidades asociadas involucradas, como transportadores, recogedores, humanos, etc.). El sistema 202 de control puede estar comprendido por uno o más módulos. El uno o más módulos pueden incluir una interfaz 302 de control, un módulo 304 de optimización de movimiento, un módulo 306 de optimización de colocación de productos, un módulo 308 de modelo de física de robot, un módulo 310 de reglas comerciales, un módulo 312 de autorización, un módulo 314 de reserva, un módulo 316 planificador y de generación de comandos, un módulo 318 de comunicaciones de robots, un módulo 320 de gestión de carga y un módulo 322 de alerta/notificación. Estos módulos pueden implementarse de varias formas, en algunas realizaciones se implementan como aplicaciones almacenadas como instrucciones en uno o más medios legibles por ordenador para ser realizadas por uno o más procesadores.
- 40 El sistema 202 de control puede proporcionar un control en tiempo real o casi real de la asignación de trabajo, las operaciones de la estación de trabajo, el movimiento de los robots y/o la colocación de contenedores, según algunas realizaciones de la invención. La asignación de trabajo, el movimiento y la colocación de contenedores pueden verse precipitados por acciones tan relevantes para las actividades dentro de un almacén, tales como la preparación de pedidos, la redistribución de contenedores a posiciones de más fácil acceso, secuencias de despacho estimadas, operaciones de mantenimiento, operaciones de estaciones de trabajo, anticipación de futuros pedidos, etc.
- 45 La interfaz 302 de control proporciona una interfaz para varios sistemas externos para proporcionar instrucciones e información al sistema 202 de control. La interfaz 302 de control puede, en varias realizaciones, proporcionar interfaces para usuarios humanos y/o interfaces para interactuar con varias máquinas y sistemas.
- 50 Las interfaces para humanos pueden incluir, por ejemplo, teclados, pantallas visuales, indicadores de comandos, etc.
- 55 Las interfaces para máquinas y sistemas pueden incluir interfaces programables de aplicaciones (API), implementadas usando diferentes especificaciones, que incluyen, pero no se limitan a, servicios de protocolo de objeto de acceso simple (SOAP) y transferencia de estado representacional (REST), y/o interfaces escritas en varios

lenguajes de programación. La interfaz 302 de control puede interactuar con varias bases de datos externas, que incluyen, pero no se limitan a, varios sistemas de gestión de almacenes y sistemas de gestión de pedidos; y también pueden recibir información de varios robots (por ejemplo, un robot no funciona correctamente, un robot requiere carga, un robot está en camino al destino, un robot ha encontrado un obstáculo inesperado, etc.).

5 La interfaz 302 de control también puede recibir y transmitir información hasta y desde el sistema de gestión de almacenes (WMS) relevante para el control y movimiento de robots y contenedores. Dicha información puede incluir, pero no se limita a, la ubicación y el tamaño de la cuadrícula, el establecimiento de subcuadrículas, los registros principales de inventario y pedidos, ubicaciones de las estaciones de trabajo, los parámetros relacionados con las estaciones de trabajo y/o también la secuencia de despacho (por ejemplo, cuando los pedidos tienen que salir). A medida que se realizan las acciones, se llevan los contenedores a las estaciones de trabajo, se completan las operaciones de las estaciones de trabajo, se llenan las cajas de entrega, etc., la interfaz 302 de control puede proporcionar actualizaciones al WMS. En algunas realizaciones, existe un procedimiento de confirmación entre el WMS y la interfaz 302 de control. Estas actualizaciones del WMS pueden incluir, por ejemplo, niveles de existencias actualizados relacionados con números de SKU particulares, posiciones de contenedores actualizadas, posiciones de objetos actualizadas dentro de los contenedores, condiciones de instalaciones actualizadas, etc.

10 20 En algunas realizaciones del sistema, además del WMS, también puede haber un sistema de pedidos independiente que contenga y proporcione información sobre varios pedidos que ingresan al sistema, la preparación de los pedidos, las operaciones de la estación de trabajo, los próximos pedidos y los pedidos previstos.

15 La interfaz 302 de control también puede recibir comandos para detener el funcionamiento de un robot en particular, un grupo de robots o todos los robots (por ejemplo, en caso de mal funcionamiento, emergencia, etc.).

25 30 El módulo 304 de optimización de movimiento puede configurarse para optimizar el movimiento de los robots mediante la aplicación de varios algoritmos para determinar trayectorias posiblemente ventajosas de un lugar a otro. Las posibles ventajas pueden incluir una distancia recorrida más corta, menor probabilidad de encontrar congestión, menor tiempo requerido, menor consumo de energía, coordinación con los movimientos de otros robots, enrutamiento alrededor de obstáculos como robots rotos o áreas rotas de la vía, coordinación con varias operaciones de la estación de trabajo, etc.

35 40 El módulo 304 de optimización de movimiento puede configurarse para proporcionar funciones de asignación de trabajo, planificación y programación, incluido el desarrollo de un conjunto de tareas y luego seleccionar qué estación de recogida o robot debe realizar qué tarea. Por ejemplo, esto puede basarse en la ubicación de un robot o una estación de recogida, las capacidades particulares del robot o la estación de recogida, etc. Además, se determinan las permutaciones particulares y el conjunto de acciones necesarias para preparar un pedido en particular y se desarrollan tareas/acciones para uno o más robots y/o una o más estaciones de recogida. Las funciones pueden incluir, entre otras, entregar contenedores vacíos a estaciones de entrada, colocar contenedores cargados con productos alrededor del almacén, llevar contenedores a estaciones de recogida u otras áreas, mover contenedores de un lugar a otro en el almacén, etc.

45 50 El módulo 304 de optimización de movimiento puede configurarse para interactuar con el módulo 306 de optimización de colocación de productos en la determinación de un conjunto de ubicaciones posiblemente ventajosas para colocar un objeto. Por ejemplo, dado que un contenedor que contiene artículos de un número de SKU particular que se requiere con alta frecuencia, el módulo 306 de optimización de colocación de productos puede indicar que debe colocarse en un lugar determinado en una pila determinada que sea más accesible para su recuperación. Por el contrario, si un contenedor contiene artículos de un número de SKU particular que se requiere con poca frecuencia, se puede determinar que el producto se coloque a una profundidad más baja dentro de una ubicación de cuadrícula de acceso menos fácil.

55 60 En la optimización del movimiento, el módulo 304 de optimización de movimiento puede configurarse para considerar varios factores involucrados tanto en el movimiento como en el desempeño de una operación, como el tiempo esperado requerido para llegar a un lugar en particular, cómo de profundo está el contenedor dentro de una pila, cuánto tiempo llevaría la recuperación de un contenedor de una pila, las distintas operaciones necesarias para trasladar los contenedores situados encima a otros lugares, etc.

65 70 También se le puede proporcionar al módulo 304 de optimización de movimiento un conjunto de entradas del módulo 308 de modelo de física de robot, que puede comunicar un conjunto de restricciones en el movimiento del robot dependiendo de varios factores (por ejemplo, el robot solo puede moverse al 50 % de la velocidad máxima, ya que actualmente transporta objetos delicados). El módulo 304 de optimización de movimiento puede coordinar el movimiento de cajas en la cuadrícula, fuera de la cuadrícula y dentro de la cuadrícula.

75 80 En algunas realizaciones, el módulo 304 de optimización de movimiento puede recalcular dinámicamente las trayectorias preferidas durante el curso del desplazamiento de un robot para posiblemente determinar un conjunto actualizado de trayectorias a medida que las condiciones y restricciones cambian con el tiempo.

- En algunas realizaciones, la cuadrícula puede ser procesarse previamente por el módulo 304 de optimización de movimiento para aumentar posiblemente la velocidad de procesamiento y/o reducir la carga de procesamiento. También se contemplan otros métodos para reducir la carga de procesamiento, como la reducción de la profundidad/amplitud de la búsqueda, la división de la cuadrícula en subcuadrículas, el procesamiento distribuido, el almacenamiento en caché de trayectorias futuras, la simplificación computacional de la cuadrícula (por ejemplo, la reducción del número de nodos bajo análisis), reducir el recálculo de la trayectoria, etc.
- En algunas realizaciones, el módulo 304 de optimización de movimiento puede dividir una cuadrícula en una pluralidad de subcuadrículas más pequeñas para su análisis. Tal división puede aliviar las demandas de potencia de procesamiento, lo que puede ser particularmente útil si el tamaño de la cuadrícula es muy grande; por ejemplo, una cuadrícula de 1000×1000 se puede dividir en 100 cuadrículas de 100×100 y cada cuadrícula analizarse por separado. Esto puede ser más útil si el sistema intenta controlar una gran cantidad de robots o tiene en cuenta una gran cantidad de condiciones.
- El módulo 304 de optimización de movimiento también puede interactuar con el módulo 312 de autorización y el módulo 314 de reserva para determinar si la navegación de una ruta propuesta encontrará problemas relacionados con las autorizaciones y reservas de otros robots y también para determinar rutas que pueden reducir las posibilidades de encontrar estos problemas.
- Cuando un contenedor deseado se encuentra dentro de una pila a varias profundidades dentro de la pila, el módulo 304 de optimización de movimiento puede ser necesario controlar uno o más robots en el movimiento de contenedores fuera de la pila para que el contenedor deseado sea accesible. El módulo 304 de optimización de movimiento puede coordinar el movimiento a través de uno o más robots de modo que uno o más robots cooperen para sacar los contenedores de la pila.
- En algunas realizaciones, el módulo 304 de optimización de movimiento, puede que no sea necesario o incluso deseable reemplazar los contenedores en la pila, más bien, los contenedores que se han movido fuera de la pila pueden tener una posición óptima determinada por el módulo 306 de optimización de colocación de productos, y pueden moverse a la misma por uno o más robots. Una posible ventaja de tal realización es que se puede encontrar una mayor eficacia cuando los contenedores no se reemplazan en su posición original, sino que se colocan en una posición más óptima.
- En algunas realizaciones, el módulo 312 de autorización, el módulo 314 de reserva y el módulo 304 de optimización de movimiento se utilizan en conjunto como un solucionador de conflictos de trayectoria, en el que un módulo 304 de optimización de movimiento desarrolla una trayectoria y luego reserva la trayectoria usando el módulo 314 de reserva, y el módulo 312 de autorización proporciona un enfoque justo a tiempo para determinar la prioridad cuando los robots participan en trayectorias posiblemente conflictivas.
- En algunas realizaciones, el módulo 304 de optimización de movimiento está configurado para dar cuenta de situaciones en las que un robot intenta llevar un contenedor a una estación llena. En esta situación, el módulo 304 de optimización de movimiento está configurado para indicarle al robot que lleve el contenedor cerca para que el robot lo sostenga hasta que la estación pueda aceptar el contenedor. Cuando la estación puede aceptar el contenedor, este se deja. En estas realizaciones, los contenedores retenidos pueden dejarse en orden de prioridad.
- En algunas realizaciones, si una estación queda libre para dejar artículos antes de que el contenedor retenido llegue a su ubicación de retención, el módulo 304 de optimización de movimiento volverá a planificar el hecho de dejar el contenedor directamente, sin retención.
- En algunas realizaciones, el módulo 304 de optimización de movimiento está configurado además para operaciones de recogida previa, en las que un contenedor se mueve más cerca de una estación antes de que se requiera en la estación. Luego, los contenedores están listos para dejarlos cuando sea necesario, lo que puede reducir la incertidumbre del tiempo de entrega.
- En algunas realizaciones, el sistema puede configurarse para planificar las trayectorias de los robots y establecer reservas de trayectorias de robots lo suficientemente lejanas en el futuro para permitir que se completen los algoritmos.
- En algunas realizaciones, el grado de planificación anticipada requerido puede calcularse mediante simulación.
- Las simulaciones pueden usarse para adjudicar (en un sentido estadístico) entre las ganancias de eficacia de la planificación a largo plazo; contra la pérdida de eficacia de tener mayores probabilidades de tener que volver a planificar cuando los robots no logran mantener su plan, debido a varias razones, como pérdidas de paquetes de comunicación a corto plazo y/o robots que funcionan fuera de las tolerancias permitidas.
- El módulo 306 de optimización de colocación de productos se configura para determinar un conjunto de ubicaciones posiblemente ventajosas para colocar un contenedor particular que contenga artículos particulares. El módulo 306

- de optimización de colocación de productos puede utilizar información relevante, como el diseño de la cuadrícula, la frecuencia con la que se solicita un artículo en particular, pedidos futuros, pedidos futuros previstos, la ubicación de las estaciones de trabajo, la ubicación de las estaciones de carga y el nivel de congestión de áreas y ramificaciones particulares de la trayectoria, entre otros, en la determinación del conjunto de ubicaciones posiblemente ventajosas para colocar un contenedor particular que contenga artículos particulares.
- 5
- Un robot puede tener la tarea de transportar uno o más contenedores, cada uno de los cuales puede contener uno o más artículos, para satisfacer las demandas de una o más estaciones de recogida de servicios. Cada contenedor puede estar provisto de un número de índice relacionado con una ubicación de pila, de modo que los contenedores particulares puedan disponerse hacia ubicaciones de pila particulares.
- 10
- La distribución y la colocación de un contenedor dentro de una pila o en relación con el diseño de una cuadrícula pueden contribuir a la eficacia operativa general de un almacén.
- 15
- Hay varias situaciones en las que es necesario colocar un contenedor en algún lugar de la instalación y estas situaciones presentan una oportunidad para reevaluar y/u optimizar la distribución de la posición de los contenedores en la instalación.
- 20
- Hay varias consideraciones que indicarían que una posición es mejor o peor que otra posición, que pueden incluir, pero no se limitan a, distancia a las estaciones de trabajo, nivel de congestión en el área, qué contenedores serán bloqueados por un contenedor en particular, agrupaciones lógicas de contenedores en relación con factores ambientales (por ejemplo, los contenedores que contienen objetos inflamables pueden requerir una colocación especial), colocación previa inteligente en una ubicación por parte de una estación de trabajo.
- 25
- El sistema puede utilizar estas consideraciones para comparar una posición con otra, por ejemplo, utilizando un algoritmo ponderado o cualquier otro método adecuado.
- 30
- Por ejemplo, cuando se introduce un nuevo contenedor en la instalación, cuando se devuelve un contenedor a la instalación, cuando uno o más contenedores son movidos por robots que intentan acceder a los artículos almacenados de manera profunda dentro de una pila, cuando los artículos se colocan o retiran del contenedor, cuando un contenedor está marcado como dañado, cuando un contenedor está marcado como sucio, etc.
- 35
- Esta optimización se puede realizar en varios momentos, por ejemplo, en algunas realizaciones, la optimización se realiza para determinar una nueva posición para cada contenedor que debe moverse, como aquellos que deben retirarse para que pueda accederse a un contenedor particular situado debajo.
- 40
- Por ejemplo, la cantidad de movimientos y operaciones de robot posiblemente puede reducirse si los artículos solicitados con frecuencia y solo una cierta cantidad de artículos para cada número de SKU determinado se distribuyen en las áreas de más fácil acceso del almacén (por ejemplo, las ubicaciones más cercanas a cada estación de recogida) y/o las partes superiores de las pilas de contenedores).
- 45
- Una "ventana activa" se define como el número de pedidos de contenedores que se deben mantener en estado activo (disponibles para las estaciones de trabajo en servicio) y determinados por el sistema. El módulo 306 de optimización de colocación de productos se puede configurar para asignar puntuaciones a los contenedores, sesgando el diseño general de la colmena para tender hacia una capa superior de contenedores activos, con reservas debajo.
- 50
- Este sistema de puntuación puede ser determinado por el módulo 310 de reglas comerciales, y se establece en función de información como la fecha de vencimiento de las existencias. Los pedidos históricos se pueden utilizar, entre otra información, para tener en cuenta el cálculo de una puntuación para los contenedores, y esta puntuación se puede actualizar de forma continua cada vez que cambia el nivel de existencias de un número de SKU. Este sistema de puntuación se puede utilizar para ayudar a sesgar las posiciones de los contenedores para mantener la posición óptima de los contenedores dentro de la instalación.
- 55
- En algunas realizaciones, el sistema puede configurarse para controlar el movimiento de robot para mantener un grupo "activo" de uno o más contenedores por número de SKU para satisfacer las demandas de una o más estaciones de trabajo en servicio. A medida que se agota un grupo "activo", los contenedores de "reserva" pueden ascender al grupo "activo".
- 60
- En la presente realización del sistema, el sistema está configurado para controlar el movimiento de robot usando un "algoritmo de ubicación" para determinar una ubicación de pila "que mejor se adapte" a partir de un conjunto disponible de ubicaciones vacías cuando se coloca un contenedor.
- 65
- En algunas realizaciones, el grupo "activo" puede configurarse para soportar la demanda paralela de la una o más estaciones de trabajo en servicio.

En algunas realizaciones, el módulo 306 de optimización de colocación de productos también puede equilibrar pedidos entre las estaciones de recogida.

- 5 El módulo 308 de modelo de física de robot puede configurarse para almacenar un conjunto de variables que están diseñadas para modelar las propiedades físicas particulares relevantes para un robot. Por ejemplo, el modelo puede indicar características físicas como la longitud, el peso, la altura y el ancho de un robot, la capacidad de carga máxima de un robot, la velocidad de rotación del robot, el tiempo de ciclo de cabrestante de un robot, la velocidad y aceleración máximas de un robot, la capacidad de un robot para realizar ciertas acciones teniendo en cuenta una cantidad determinada de duración de la batería, etc. El módulo 308 de física de robot puede interactuar con el módulo 310 de reglas comerciales para determinar los límites de ciertas características del movimiento del robot, incluida la velocidad máxima, la aceleración máxima y la velocidad de rotación máxima de un robot. Por ejemplo, es posible que se requiera que un robot que transporta varias cajas de huevos solo acelere/desacelere al 25 % de la aceleración/desaceleración máxima del robot debido a la vulnerabilidad y fragilidad de los huevos debido a las fuerzas físicas.
- 10
- 15 El módulo 310 de reglas comerciales desarrolla y aplica un conjunto de reglas comerciales basadas en las circunstancias particulares del almacén, los robots y los sistemas de comunicaciones. Por ejemplo, el módulo 310 de reglas comerciales puede establecer que, para ciertas clases de artículos, se apliquen varias restricciones para que el módulo 308 de modelo de física de robot posiblemente reduzca la cantidad de daños sufridos por los productos en tránsito. Ejemplos de dónde se pueden implementar las reglas comerciales incluyen productos de alto riesgo (por ejemplo, ácido, lejía, etc.), contenedores con aerosoles y contenedores con contenido inflamable, entre otros. Los contenedores vacíos también pueden recibir un trato diferente a otros contenedores.
- 20
- 25 Las reglas comerciales pueden incluir acciones como la limpieza de un contenedor antes de su reutilización, la ralentización de los robots que contienen determinados objetos, etc.
- 30 El módulo 310 de reglas comerciales también puede configurarse para desarrollar y aplicar conjuntos de reglas que rigen la colocación de productos. Por ejemplo, es posible que existan diferentes reglas para artículos de alta frecuencia, artículos que se pueden seleccionar pronto debido a la entrada de pedidos, etc.
- 35 El módulo 312 de autorización puede configurarse para almacenar y proporcionar autorizaciones para varios robots. Se puede acceder a un sistema de autorizaciones para determinar si un camino está despejado para que lo atraviese un robot. El módulo 312 de autorización puede implementarse como un sistema pasivo para evitar colisiones, en el que a los robots solo se les asigna la menor cantidad de trabajo posible sin afectar el rendimiento.
- 40
- 45 Al proporcionar a un robot una nueva instrucción, el módulo 312 de autorización comprueba que no será posible colisionar con otro robot, basándose, por ejemplo, en las dimensiones de la cuadrícula, las posiciones de la cuadrícula, los comandos de movimiento generados por la planificación, la cancelación de los comandos de movimiento (generados en situaciones como una parada controlada), las posiciones actuales y velocidades de los robots, capacidad de frenado de los robots, así como a dónde se les ha autorizado para visitar.
- 50 El módulo 312 de autorización puede configurarse para emitir una autorización "justo a tiempo" y puede usarse para otorgar permisos a los robots para continuar por sus trayectorias planificadas. Se puede generar (o retener) una nueva autorización en respuesta a cada informe de estado del robot. Como tal, el módulo 312 de autorización puede actuar como un solucionador de conflictos de trayectoria. Cuando se requieren autorizaciones, el módulo 312 de autorización puede interactuar con el módulo 304 de optimización de movimiento para volver a planificar dinámicamente las trayectorias para resolver o evitar conflictos.
- 55
- 55 El módulo 312 de autorización puede proporcionar a la interfaz 302 de control cuáles serían las autorizaciones para una trayectoria, notificación de cuándo se emite una autorización (por ejemplo, al sistema de planificación, ya que esto puede permitir una replanificación dinámica desde el final de la autorización actual), notificación de cuándo se retiene una autorización (por ejemplo, para identificar casos de error y para identificar las necesidades de replanificación) y a un sistema de alerta (porque existe un posible problema con un robot, las comunicaciones de robots o el sistema 202 de control).
- 60
- 60 El módulo 312 de autorización puede configurarse para diseñar esquemas de autorización basados en un conjunto de tolerancias, incluidos mensajes perdidos, tiempo de procesamiento, sincronización del reloj y discrepancias de robots con el modelo físico, entre otros.
- 65
- 65 El módulo 312 de autorización, en algunas realizaciones, puede configurarse de manera que a los robots solo se les proporcionen autorizaciones durante un periodo de tiempo predeterminado (por ejemplo, 3 segundos). La

autorización otorgada a un robot puede configurarse de modo que el periodo de tiempo sea suficiente para que el robot se detenga sin riesgo de colisión.

5 En algunas realizaciones, el módulo 312 de autorización puede configurarse de tal manera que se proporcionen autorizaciones de tal manera que el sistema 202 de control pueda perder una cantidad configurable de mensajes de estado del robot y aun así el robot continúe funcionando durante un breve periodo de tiempo. Este diseño puede dar como resultado un sistema que puede ser más tolerante a los paquetes perdidos, lo que puede ser ventajoso para tener una operación continua incluso cuando se encuentran algunos problemas con las comunicaciones. El número configurable se puede establecer de manera que exista una alta probabilidad de que el sistema 202 de control es probable que reciba un mensaje de estado por parte del robot antes de que el robot desacelere de forma autónoma para estar en reposo al final de su autorización.

10 En algunas realizaciones, si un robot ha comenzado a desacelerar, se le permitirá detenerse y el sistema 202 de control puede entonces cancelar sus reservas posteriores y volver a planificar su trayectoria sobre la cuadrícula.

15 15 El módulo 314 de reserva reserva varias trayectorias en la cuadrícula (por ejemplo, el robot A planea tomar la trayectoria X y reserva la trayectoria X durante el tiempo de recorrido esperado. El robot B, sabiendo que el robot A ha reservado la trayectoria X, elige la trayectoria Y en su lugar). El módulo 314 de reserva puede diseñarse para crear planes de movimiento de robots que no entren en conflicto y puede configurarse para trabajar en conjunto con el módulo 312 de autorización y el módulo 304 de optimización de movimiento.

20 20 El módulo 314 de reserva puede configurarse para proporcionar reservas para un robot para una ubicación de cuadrícula durante un periodo de tiempo, donde no se pueden dar reservas superpuestas a dos robots, teniendo en cuenta las tolerancias para los robots que están marginalmente fuera del plan, las tolerancias para los mensajes de comunicación perdidos del robot y las tolerancias para discrepancias de reloj, entre otras.

25 25 En algunas realizaciones, el módulo 314 de reserva se utiliza para reservar rutas con anticipación y para asegurarse de que los robots no planeen tomar trayectorias conflictivas, especialmente cuando hay una gran cantidad de acciones y tareas de robots que se llevan a cabo simultáneamente. El módulo 314 de reserva puede configurarse para permitir suficiente tolerancia para que cualquier robot se detenga con un frenado controlado sin correr el riesgo de una colisión.

30 30 El módulo 314 de reserva puede configurarse para interactuar con el módulo 304 de optimización de movimiento para establecer las reservas de trayectoria de robot lo suficientemente lejos en el futuro para permitir la planificación anticipada. En algunas realizaciones, el módulo 314 de reserva y el módulo 304 de optimización de movimiento permiten suficiente planificación anticipada para completar el cálculo de los algoritmos de movimiento.

35 35 El módulo 316 planificador y de generación de comandos genera un conjunto de instrucciones para ser transmitidas a uno o más robots. Estas instrucciones pueden incluir, por ejemplo, que se requiera que el robot A se mueva a la ubicación B para obtener el contenedor C, llevar el contenedor C a una estación de trabajo y luego devolver el contenedor C a una ubicación D en particular. Estas instrucciones pueden transmitirse en una configuración en tiempo real/casi tiempo real, en una configuración justo a tiempo, y/o proporcionarse con anticipación para permitir trayectorias planificadas/programadas. Además, en algunas realizaciones, el módulo 316 planificador y de generación de comandos coordina las reservas y autorizaciones para ayudar a un robot a desplazarse rápidamente a través de una instalación.

40 40 El módulo 316 planificador y de generación de comandos puede configurarse para proporcionar un conjunto de comandos que comprende una única trayectoria, o una o más trayectorias, y/o una serie de operaciones que se realizarán en varios lugares. El módulo 316 planificador y de generación de comandos proporciona estos comandos al módulo 318 de comunicaciones de robots que se proporcionará a los robots individuales. En algunas realizaciones, el módulo 316 planificador y de generación de comandos rellena previamente las instrucciones para un robot en particular, estas instrucciones se pueden proporcionar entonces al robot a través del módulo 318 de comunicaciones de robots para ejecutarse en un tiempo futuro.

45 45 El módulo 318 de comunicaciones de robots puede configurarse para transmitir información de ida y vuelta desde los robots a través de una o más estaciones base y el controlador 206 de estación base. En algunas realizaciones, el módulo 318 de comunicaciones de robots puede comunicarse mediante el uso de señales inalámbricas. Como se indicó anteriormente, estos conjuntos de instrucciones no son necesariamente conjuntos de instrucciones justo a tiempo, los conjuntos de instrucciones pueden enviarse para la coordinación de movimientos futuros.

50 50 60 El módulo 318 de comunicaciones de robots puede recibir informes de estado de varios robots. El módulo 318 de comunicaciones de robots puede implementarse de varias maneras, como utilizando metodologías sincrónicas, asincrónicas, de sondeo, tira o empuja. Además, varias implementaciones pueden o no incluir el uso de "apretón de manos" de comunicaciones.

- En algunas realizaciones en las que no hay "apretón de manos", los sistemas de comunicación pueden no garantizar la entrega del mensaje y pueden producirse paquetes perdidos. Las posibles ventajas de un sistema de este tipo pueden incluir requisitos de ancho de banda reducidos y la presentación de instrucciones en base a los mejores esfuerzos. Se pueden implementar varios esquemas para minimizar el impacto de los paquetes perdidos, como la retransmisión temporizada de paquetes de instrucciones, el envío de paquetes de instrucciones superpuestos que contienen información de paridad u otros esquemas de validación, u otros esquemas de retransmisión y control de flujo.
- En otras realizaciones de la invención, se puede utilizar "apretón de manos" para garantizar que se reciban los paquetes.
- Los comandos a los robots se pueden emitir antes de la hora de inicio para que un robot realice una operación, y este tiempo entre la hora de inicio y la emisión de un comando puede ser un parámetro configurable.
- En algunas realizaciones, los comandos se repiten a los robots para garantizar la entrega, y los robots pueden proporcionar acuses de recibo de los comandos recibidos.
- Cuando no se recibe un mensaje antes de la hora de inicio programada, el robot puede configurarse para ignorar el comando y puede devolver un mensaje de estado que indica que el comando se recibió demasiado tarde. En este caso, el sistema 202 de control de robots puede configurarse para cancelar las reservas existentes para el robot; y vuelve a planificar la asignación de tareas para el robot.
- En algunas realizaciones, el robot devuelve un mensaje de estado regular que reconoce el último comando recibido (por ejemplo, mediante un número de secuencia de comando). El sistema 202 de control de robots, en algunas realizaciones, puede configurarse de manera que no se pueda emitir un nuevo comando a un robot en particular hasta que el robot reconozca el último comando emitido. Si el robot no reconoce el comando después de un periodo determinado (por ejemplo, un periodo de tiempo de espera configurable); el sistema 202 de control de robots se puede configurar para cancelar las reservas existentes para el robot. Cuando se restablece la comunicación (comando) con el robot; el sistema 202 de control de robots vuelve a planificar la operación para el robot.
- Al recibir cada mensaje de estado de robot, el sistema 202 de control de robots se puede configurar para extender la autorización de movimiento actual de un robot a través del módulo 312 de autorización.
- El módulo 320 de gestión de carga puede configurarse para desarrollar un plan de movimiento para recargar robots. El módulo 320 de gestión de carga puede configurarse para estimar cuándo los robots tendrán una carga mínima específica y garantizar que todos los robots puedan cargarse en ese punto o antes.
- El módulo 322 de alerta/notificación se puede configurar para proporcionar una alerta o notificación a la interfaz 302 de control cuando haya surgido un posible problema, o en base a una regla comercial predeterminada, por ejemplo, se ha retenido un número predeterminado de autorizaciones debido a conflictos.
- El presente sistema y método se pueden llevar a la práctica en varias realizaciones. Un dispositivo informático adecuadamente configurado y las redes, dispositivos, software y firmware de comunicaciones asociados pueden proporcionar una plataforma para habilitar una o más realizaciones como se ha descrito anteriormente. A modo de ejemplo, la figura 1 muestra un dispositivo 100 informático genérico que puede incluir una unidad 102 central de procesamiento ("CPU") conectada a una unidad 104 de almacenamiento y a una memoria 106 de acceso aleatorio. La CPU 102 puede procesar un sistema 101 operativo, un programa 103 de aplicación y datos 123. El sistema 101 operativo, el programa 103 de aplicación y los datos 123 se puede almacenar en la unidad 104 de almacenamiento y cargarse en la memoria 106, según sea necesario. El dispositivo 100 informático puede incluir además una unidad 122 de procesamiento de gráficos (GPU) que está operativamente conectada a la CPU 102 y a la memoria 106 para descargar cálculos intensivos de procesamiento de imágenes de la CPU 102 y ejecutar estos cálculos en paralelo con la CPU 102. Un operario 107 puede interactuar con el dispositivo 100 informático usando un elemento 108 de visualización de video conectado por una interfaz 105 de video y varios dispositivos de entrada/salida como un teclado 115, ratón 112 y unidad 114 de disco o unidad de estado sólido conectada por una interfaz 109 de I/O. De manera conocida, el ratón 112 puede configurarse para controlar el movimiento de un cursor en el elemento 108 de visualización de video y para operar varios controles de la interfaz gráfica de usuario (GUI) que aparecen en elemento 108 de visualización de video con un botón del ratón. La unidad 114 de disco o unidad de estado sólido puede configurarse para aceptar medios 116 legibles por ordenador. El dispositivo 100 informático puede formar parte de una red a través de una interfaz 111 de red, permitiendo que el dispositivo 100 informático se comunique con otros sistemas de procesamiento de datos adecuadamente configurados (no mostrados). Uno o más tipos diferentes de sensores 135 pueden utilizarse para recibir entradas desde varias fuentes.
- El presente sistema y método pueden llevarse a la práctica en prácticamente cualquier tipo de dispositivo informático, incluido un ordenador de sobremesa, un ordenador portátil, una tableta o un dispositivo portátil inalámbrico. El presente sistema y método también pueden implementarse como un medio legible/utilizable por ordenador que incluye un código de programa informático para permitir que uno o más dispositivos informáticos

implementen cada una de las diversas etapas del procedimiento en un método según la presente invención. En los casos en que más de un dispositivo informático realice la operación completa, los dispositivos informáticos se conectan en red para distribuir las diversas etapas de la operación. Se entiende que los términos medio legible por ordenador o medio utilizable por ordenador comprenden uno o más de cualquier tipo de realización física del código del programa. En particular, el medio legible/utilizable por ordenador puede comprender un código de programa incorporado en uno o más artículos de almacenamiento portátil de manufacturación (por ejemplo, un disco óptico, un disco magnético, una cinta, etc.), en una o más divisiones de almacenamiento de datos de un dispositivo informático, como la memoria asociada a un ordenador y/o un sistema de almacenamiento.

10 La aplicación móvil de la presente invención puede implementarse como un servicio web, donde el dispositivo móvil incluye un enlace para acceder al servicio web, en lugar de una aplicación nativa.

15 La funcionalidad descrita puede implementarse en cualquier plataforma móvil, incluida la plataforma iOS™, ANDROID™, WINDOWS™ o BLACKBERRY™.

15 Los expertos en la técnica apreciarán que también pueden llevarse a la práctica otras variaciones de las realizaciones descritas en el presente documento sin alejarse del alcance de la invención. Por lo tanto, son posibles otras modificaciones.

20 Se pueden usar varios algoritmos y técnicas diferentes para determinar una trayectoria preferida para que tome un robot, lo que incluye, pero no se limita a: algoritmos de ramificaciones y límites, programación de restricciones, búsqueda local, heurística, recorrido de gráficos, técnicas de asesoramiento de aprendizaje de trayectoria dinámica, técnicas de poda y técnicas de búsqueda de gráficos bayesianos, algoritmo de Dijkstra, algoritmo de Bellman-Ford, algoritmo de Floyd-Warshall, algoritmo de Johnson, búsquedas recursivas primero en amplitud y búsquedas recursivas primero en profundidad, trayectorias ponderadas, algoritmo de búsqueda A*, variantes en el algoritmo de búsqueda A* (por ejemplo, D*, Campo D*, IDA*, Fringe, Fringe Saving A*, Adaptativo generalizado A*, Planificación permanente A*, Limitado de memoria simplificado A*, Búsqueda de punto de salto, Theta*).

30 En las secciones siguientes, se proporcionan heurísticas y algoritmos de búsqueda de muestra, según algunas realizaciones de la invención.

Algoritmo de búsqueda de muestra

En esta sección, se proporciona un algoritmo simplificado de muestra, según algunas realizaciones de la invención.

35 Con fines ilustrativos, el algoritmo se proporciona gráficamente como un flujo de trabajo bajo la figura 4, según algunas realizaciones de la invención. Debe entenderse que este algoritmo de muestra es un ejemplo no limitativo que se proporciona únicamente como ilustración de los conceptos descritos anteriormente.

40 El algoritmo puede ser un algoritmo de búsqueda iterativo que puede utilizar una búsqueda de ramificación y límite y puede aplicar un modelo heurístico "los próximos primero mejor" que incluye un 'mapa de calor' para evitar la congestión. Las ramificaciones se pueden seleccionar usando una función de coste ponderado, y el algoritmo se puede acoplar libremente a la forma/tamaño de la cuadrícula/robot.

45 En algunas realizaciones, las ramificaciones pueden mantenerse en una colección clasificada.

45 Según una realización del algoritmo, se aplica la siguiente función recursiva de ramificación y límite:

En cada iteración:

- 50 (a) Seleccionar la ramificación de coste menor b,
 (b) Ramificar b en todas direcciones para crear nuevas ramificaciones B
 (c) Para cada ramificación b' en B:

55 Si b' ha alcanzado el objetivo:

devolver b'

de lo contrario:

añadir b' a la búsqueda

60 El comparador de coste permite el seguimiento de la ramificación de coste más inferior para la próxima iteración

65 Al realizar una búsqueda de trayectoria, se pueden aplicar varias heurísticas para reducir los cálculos requeridos, dependiendo de la heurística aplicada, eliminando ramificaciones enteras o realizando un análisis computacionalmente menos intensivo. Las técnicas heurísticas de muestra se proporcionan en una sección posterior de esta memoria descriptiva.

Cuando una nueva ramificación entra en conflicto con una trayectoria que puede estar tomando otro robot, o entra en conflicto con un robot inactivo, el algoritmo de búsqueda puede:

- 5 Modificar la ramificación para dejar atrás la reserva conflictiva (si el perfil de aceleración lo permite);
- Modificar la ramificación para que contenga una espera en cualquier posición a lo largo de su trayectoria; o
- 10 Descartar la ramificación como inviable
- 10 En algunas realizaciones, se pueden seleccionar trayectorias donde los robots esperan en sus puntos de partida.
- 15 Al hacerlo, el espacio de búsqueda nunca se puede agotar realmente (por ejemplo, si actualmente no hay trayectorias aceptables para que un robot tome su destino, se puede seleccionar una trayectoria donde el robot espera hasta que esté disponible una trayectoria que no esté en conflicto).
- 20 Técnicas heurísticas de muestra
El algoritmo de búsqueda puede configurarse para equilibrar preferiblemente cualquier número de objetivos, como tardar el menor tiempo posible, tender a evitar áreas congestionadas, etc.
- 25 En una realización de la invención, cada búsqueda puede rastrear la ramificación de coste menor actual y las funciones de coste ponderado pueden usarse para sesgar el orden de selección de las ramificaciones en función de varias heurísticas, que pueden incluir: (a) un tiempo de trayectoria más corto proyectado y (b) un calor acumulado proyectado basado en un mapa de calor. Se pueden contemplar otras técnicas heurísticas, pero con fines ilustrativos, se proporcionarán detalles adicionales para las dos identificadas anteriormente.
- 30 (a) Tiempo de trayectoria más corto proyectado
Para cualquier ramificación, el sistema de control puede determinar el tiempo de trayectoria más corto posible desde la punta de ramificación actual hasta el destino.
- 35 El coste de tiempo proyectado puede entonces determinarse como el tiempo total para la ramificación hasta el momento (incluyendo, por ejemplo, cualquier espera que haya sido requerida, etc.) añadido al tiempo para la trayectoria sin restricciones más corta posible hacia el objetivo.
- 40 (b) Calor mínimo proyectado (basado en un mapa de calor)
Al desarrollar un mapa de calor, se puede asignar un valor de 'calor' a cada coordenada, aproximando un modelo de congestión en puntos de la cuadricula, o para áreas particulares de la cuadricula.
- 45 La figura 5 proporciona un mapa de calor de muestra, según algunas realizaciones de la invención.
- 50 En algunas realizaciones, el valor "calor" se puede determinar usando la proximidad a las estaciones de trabajo, pero en otras realizaciones de la invención, el "calor" se puede observar/aprender/calcular/predecir usando una variedad de técnicas adicionales, algunas de las cuales pueden ser técnicas dinámicas o iterativas.
- 55 De manera similar a la trayectoria más corta proyectada, se puede proyectar una trayectoria sin restricciones hacia el destino.
- 55 Entonces se puede determinar el calor mínimo proyectado. En algunas realizaciones, el coste de calor proyectado es la suma del calor de todas las coordenadas visitadas en la ramificación actual sumado al calor de la "más fría" (la menos caliente) de las trayectorias proyectadas.
- 60 Función de coste ponderado de muestra
En algunas realizaciones, los algoritmos utilizados se basan en funciones de costes ponderados. Dichos algoritmos pueden ser susceptibles de optimización de los coeficientes de coste asociados al estudiar los resultados de un gran número de simulaciones simultáneas en la nube configuradas para usar diferentes coeficientes y/o aplicar varios enfoques y técnicas de aprendizaje automático, posiblemente usando grandes conjuntos de datos observados y/o simulados.
- 65 En algunas realizaciones, el algoritmo de búsqueda tiene dos coeficientes de costo: (a) el coeficiente de tiempo de trayectoria más corto proyectado (C_t), y (b), el coeficiente de calor mínimo proyectado (C_h).
- 65 En algunas realizaciones, el algoritmo de búsqueda puede incluir la siguiente ecuación:

$$\text{Coste de ramificación} = C_t^* \text{PSP} + C_h^* \text{PMH}$$

(En donde PSP se refiere a tiempo de trayectoria más corto proyectado y PMH se refiere a calor mínimo proyectado)

5 En algunas realizaciones, la función de coste puede utilizarse con exponentes configurables o derivados del aprendizaje automático que modelan relaciones complejas. Una función de coste simplificada de muestra, que se proporciona con fines ilustrativos, incluye:

10 Coste de ramificación = $C_t^* \text{PSP}^x + C_h^* \text{PMH}^y$, en donde x e y pueden ser exponentes configurables y/o de aprendizaje automático adicionales.

15 La Tabla 1 proporciona una tabla que demuestra cómo podría cambiar el coste proyectado de una ramificación de búsqueda como resultado del uso de diferentes coeficientes en el algoritmo de búsqueda de trayectoria. Estos coeficientes podrían obtenerse mediante el refinamiento mediante una técnica de aprendizaje automático según algunas realizaciones de la invención.

La figura 6 ilustra cómo el uso de diferentes coeficientes de coste demostrados en la Tabla 1 cambia qué ramificación será seleccionada por la próxima iteración del algoritmo de búsqueda.

20 En algunas realizaciones, el sistema 202 de control puede configurarse adicionalmente para desarrollar, adaptar y aplicar un conjunto de reglas a lo largo del tiempo para refinar un conjunto de coeficientes y/o exponentes de aprendizaje automático. El uso de coeficientes y/o exponentes de aprendizaje automático puede posiblemente aumentar la eficacia de las técnicas heurísticas durante un periodo de tiempo.

25 Búsqueda de desvío de muestra

30 El sistema puede configurarse para ajustar las trayectorias de los robots para tener en cuenta las posiciones de los robots inactivos. En algunas realizaciones, puede haber robots inactivos que pueden rastrearse independientemente de los robots con tareas. Es posible que estos robots inactivos no tengan trayectorias planificadas ni reservas asociadas y es posible que deban considerarse por separado.

35 Se puede realizar una "búsqueda de desvío" independiente cuando se finaliza una tarea. La "búsqueda de desvío" puede consistir en encontrar trayectorias para mover robots que están inactivos en ese momento, o que permanecerán inactivos en la trayectoria del robot al que se le está asignando la tarea (a continuación, en el presente documento, el robot principal), a ubicaciones donde pueden continuar estando inactivo y no estar en el camino de la trayectoria del robot principal.

40 Esta "búsqueda de desvío", en algunas realizaciones, comprende realizar una búsqueda en la que, para cada robot que está inactivo en ese momento, o que estará inactivo en la trayectoria de un robot principal, se realiza una búsqueda que puede considerarse resuelta al encontrar una ubicación en que puede permanecer indefinidamente.

45 La "búsqueda de desvío" puede usar el mismo algoritmo de búsqueda de ramificación y límite que la búsqueda de trayectoria de robot principal, pero puede tener diferentes coeficientes de coste y criterios de solución. Si un robot no puede apartarse a tiempo, se puede agregar una espera al inicio de la trayectoria del robot principal y se puede volver a calcular la ruta del robot principal.

50 Algoritmo de ubicación de muestra

55 Se utiliza un algoritmo para determinar una ubicación de pila para devolver un contenedor. Los contenedores pueden devolverse por varias razones, y la ubicación en la que se devuelve un contenedor se optimiza para obtener varias ventajas, como mejorar la distribución de objetos/contenedores en la colmena.

55 En una realización, cada ubicación de pila en la colmena se califica con una función de coste ponderado configurable de:

55 Distancia promedio (medida en tiempo de operación de robot) desde todas las estaciones de trabajo;
Distancia (medida en tiempo de operación de robot) desde la estación de trabajo más cercana; y
Coste aproximado de búsqueda (si profundidad > 0)

60 El sistema puede mantener un "plan de colmena" del estado final actual de la colmena después de que se hayan ejecutado todas las operaciones en el plan.

65 El "plan de colmena" también puede rastrear la "superficie disponible" en la que un robot puede colocar un contenedor. Cada contenedor tiene un índice de su posición en el conjunto de contenedores totalmente ordenados, según lo define el módulo 306 de optimización de colocación de productos.

Cada ubicación de pila tiene un índice equivalente en el conjunto totalmente ordenado de ubicaciones de pila según lo definido por la función de coste ponderado.

5 Estos índices se reasignan al rango 0-1 dividiéndolos entre el tamaño de sus respectivos conjuntos, y las ubicaciones de las pilas en la superficie disponible se clasifican según el grado de coincidencia de sus índices con el índice del contenedor.

10 La selección final se realiza a través de una función de coste ponderado de la diferencia entre estos índices y otros factores, como la longitud de la trayectoria ideal desde la fuente hasta la ubicación de la pila y cuánto tiempo se reserva la pila en el plan actual.

15 En esta etapa se pueden aplicar otras reglas comerciales, como limitar el peso total de una pila; controlar la posición de sustancias peligrosas o especiales (por ejemplo, aerosoles y materiales inflamables), etc.

15 Situación de devolución de muestra

20 A continuación, se proporciona un procedimiento de devolución de muestra que puede estar soportado/controlado por el sistema. Este procedimiento podría aplicarse cuando un pedido está rayado, las cajas no salieron de la colmena, el cliente devuelve un pedido o falla la entrega a un cliente. También se pueden contemplar otras situaciones. Un producto devuelto (que puede estar en un contenedor, otro dispositivo de sujeción, como una caja, etc.) puede procesarse en una estación de trabajo que proporciona una reelaboración o rechazo de los productos.

25 El contenedor/caja se puede escanear para que el controlador pueda colocar los contenedores de almacenamiento que espera necesitar cerca de la estación de trabajo. Los contenedores de suministro se pueden seleccionar en función de SKU y fecha de caducidad. Los artículos de producto pueden ser retirados por el recogedor uno por uno y escaneados. Cuando el contenedor llega a la estación de trabajo, se puede instruir/controlar a un recogedor (automatizado o manual) para que coloque el artículo en el contenedor.

30 También se le puede pedir al recogedor que confirme que no quedan más unidades de este número de SKU antes de que se libere el contenedor.

35 Los productos que ya no son aptos para volver a estar disponibles pueden recogerse en contenedores; los cuales, en varios momentos, como cuando están llenos o al final del día, pueden ser retirados en la estación de trabajo y el contenido enviado a otra área, como la tienda del personal o desecharse, según corresponda.

40 Si bien la divulgación se ha proporcionado e ilustrado en relación con realizaciones específicas actualmente preferidas, se pueden realizar muchas variaciones y modificaciones sin alejarse del espíritu y el alcance de la(s) invención(es) dada(s) a conocer en el presente documento. Por lo tanto, la divulgación y la(s) invención(es) no deben limitarse a los componentes o detalles exactos de la metodología o construcción establecidos anteriormente.

45 Excepto en la medida necesaria o inherente a los propios procedimientos, no se pretende ni implica ningún orden particular de los pasos o etapas de los métodos o procedimientos descritos en esta divulgación, incluidas las figuras. En muchos casos, el orden de las etapas del procedimiento se puede variar sin cambiar el propósito, el efecto o la importancia de los métodos descritos. El alcance de la invención se define únicamente por las reivindicaciones adjuntas.

50 Tabla 1: demostración de cómo podría cambiar el coste proyectado de una ramificación de búsqueda como resultado del uso de diferentes coeficientes en el algoritmo de búsqueda de trayectoria. Estos coeficientes podrían obtenerse utilizando el refinamiento mediante una técnica de aprendizaje automático según algunas realizaciones de la invención.

		Trayectoria 1		Trayectoria 2		Trayectoria 3	
	Tiempo total		20		23		26
	Calor total		7000		5400		6800
		Coeficientes				Costes totales de la ruta	
x	$C_t (=2^x)$	$C_h(=2^{-x})$	Trayectoria 1	Trayectoria 2	Trayectoria 3		
1	2	0.5	3540	2746		3452	
2	4	0.25	1830	1442		1804	
3	8	0.125	1035	859		1058	

ES 2 999 136 T3

		Trayectoria 1	Trayectoria 2	Trayectoria 3
4	16	0.0625	757.5	705.5
5	32	0.03125	858.75	904.75
6	64	0.015625	1389.375	1556.375
7	128	0.007813	2614.688	2986.188
8	256	0.003906	5147.344	5909.094
9	512	0.001953	10253.67	11786.55
10	1024	0.000977	20486.84	23557.27
				841
				1044.5
				1770.25
				3381.125
				6682.563
				13325.28
				26630.64

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para controlar el movimiento de uno o más dispositivos (210a, 210b, 210c) de transporte dispuestos para transportar una pluralidad de contenedores, estando dispuestos dichos dispositivos para funcionar en una instalación, comprendiendo la instalación la pluralidad de contenedores dispuestos en una pluralidad de pilas ubicadas en ubicaciones de pilas respectivas, teniendo además la instalación una pluralidad de rutas dispuestas en una estructura en forma de cuadrícula por encima de las pilas, estando dispuestos uno o más dispositivos de transporte para funcionar en la estructura en forma de cuadrícula, comprendiendo el método:
- 10 determinar y reservar trayectorias para mover uno o más dispositivos de transporte a través de la pluralidad de rutas;
- 15 determinar y reservar trayectorias para mover uno o más dispositivos de transporte cuando se transporta uno o más de la pluralidad de contenedores; y
- 20 determinar y reservar trayectorias para controlar uno o más de la pluralidad de dispositivos de transporte para recuperar uno o más de la pluralidad de contenedores de dentro de una o más de la pluralidad de pilas, en donde recuperar uno o más contenedores de dentro de una o más pilas comprende mover uno o más contenedores distintos en una o más pilas antes de acceder a uno o más contenedores para su recuperación, y estando el procedimiento **caracterizado por que** mover uno o más contenedores comprende, para cada uno de uno o más contenedores, determinar una posición optimizada dentro de una pila de la instalación, excluyendo la pila original de la que se retiró el contenedor, y colocar el contenedor en la posición optimizada determinada dentro de la instalación.
- 25 2. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los contenedores contienen objetos para su almacenamiento y recuperación desde dentro de la instalación.
- 30 3. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además la etapa de proporcionar un sistema de autorización para permitir o detener el movimiento de uno o más dispositivos (210a, 210b, 210c) de transporte para evitar colisiones.
- 35 4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de controlar el movimiento de o las operaciones en cada uno de los contenedores llevados a cabo dentro de una o más estaciones de trabajo.
- 40 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en donde controlar el movimiento de uno o más dispositivos (210a, 210b, 210c) de transporte se basa al menos en el rendimiento de una o más estaciones de trabajo.
- 45 6. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende la etapa adicional de proporcionar autorizaciones tolerantes a comunicaciones perdidas con al menos uno de uno o más dispositivos (210a, 210b, 210c) de transporte.
- 50 7. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende la etapa adicional de ordenar a una pluralidad de dispositivos (210a, 210b, 210c) de transporte que cooperen en el transporte de uno o más de la pluralidad de contenedores.
- 55 8. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la instalación se divide en una pluralidad de subcuadrículas..
- 60 9. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que se proporcionan uno o más comandos de control para controlar el movimiento de la pluralidad de dispositivos (210a, 210b, 210c) de transporte a la pluralidad de dispositivos de transporte antes del movimiento de la pluralidad de dispositivos de transporte.
- 65 10. Un sistema que comprende:
- 66 una instalación dispuesta para almacenar contenedores en una pluralidad de pilas ubicadas en ubicaciones de pilas respectivas, comprendiendo la instalación una pluralidad de rutas dispuestas en una estructura en forma de cuadrícula por encima de las pilas;
- 67 uno o más dispositivos (210a, 210b, 210c) de transporte dispuestos para transportar contenedores y dispuestos para operar sobre la estructura en forma de cuadrícula; y
- 68 un sistema de control (202) para controlar el movimiento de uno o más dispositivos de transporte, comprendiendo el sistema de control uno o más ordenadores configurados para ejecutar instrucciones informáticas que cuando se ejecutan proporcionan:

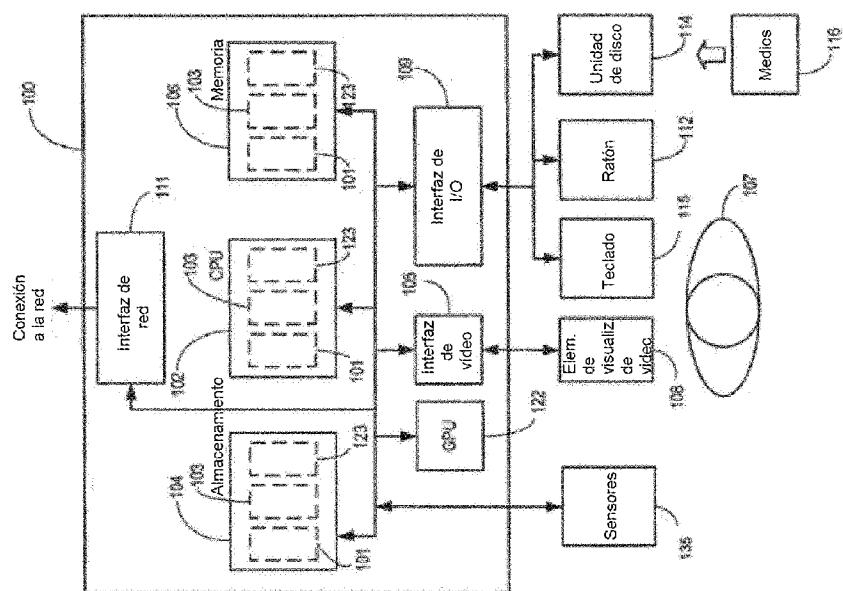
una o más utilidades que determinan y reservan trayectorias para mover uno o más dispositivos de transporte a través de la pluralidad de rutas y que determinan y reservan trayectorias para mover uno o más dispositivos de transporte cuando se transporta uno o más de la pluralidad de contenedores; y una o más utilidades que determinan y reservan trayectorias para controlar uno o más de la pluralidad de dispositivos de transporte para recuperar uno o más de la pluralidad de contenedores de dentro de una o más de la pluralidad de pilas;

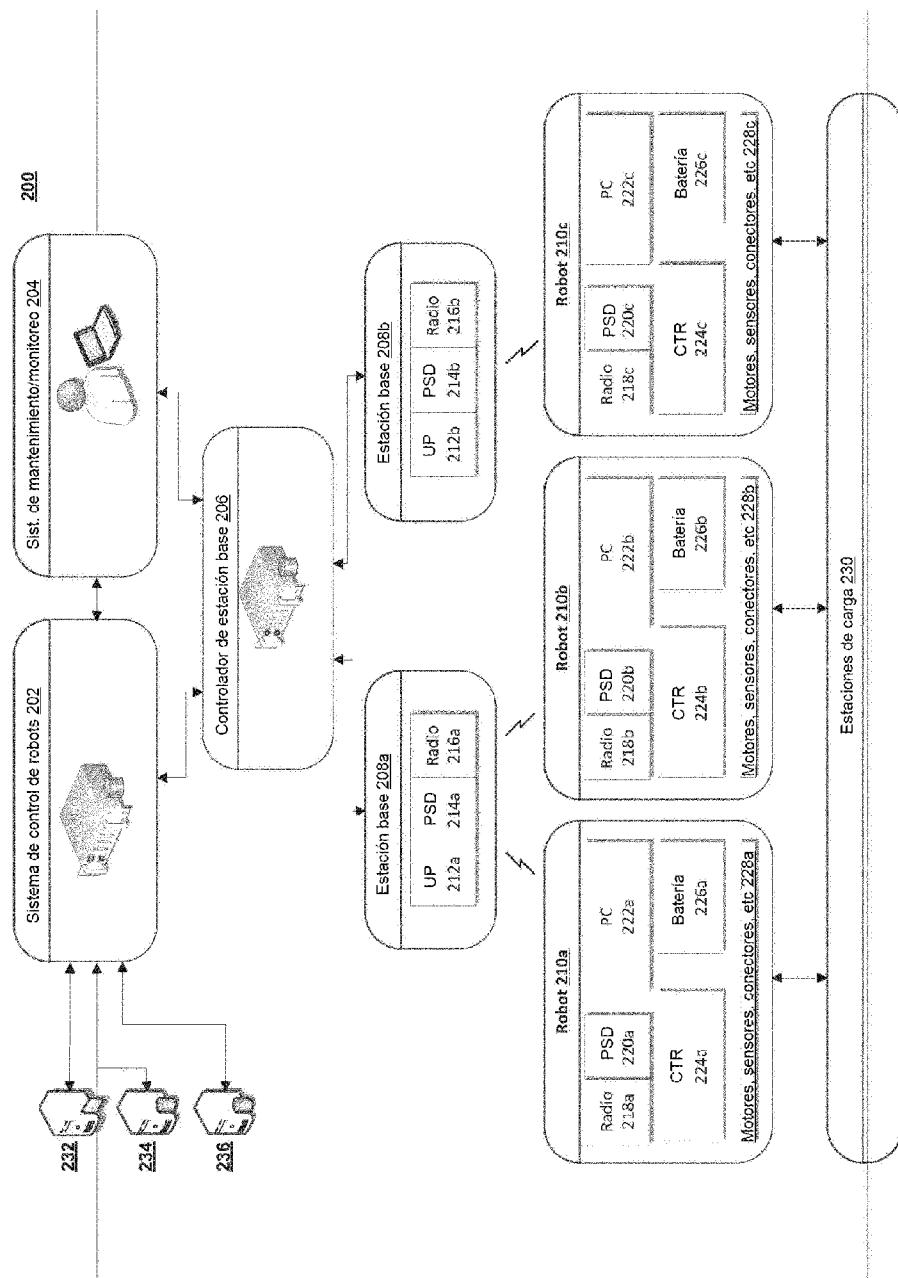
5 en el que uno o más servicios de recuperación están dispuestos para dar instrucciones a uno o más de los dispositivos de transporte para mover uno o más contenedores desde dentro de una o más pilas a una posición alternativa, ya sea dentro de las pilas o externa a las pilas, estando el servicio además provisto de medios para asegurar que al mover uno o más contenedores distintos antes de acceder a uno o más contenedores para recuperación, uno o más contenedores distintos reemplazados en las pilas se colocan en posiciones dentro de una cualquiera de las pilas distintas de la pila de la que se retiró el o cada uno de los otros contenedores,

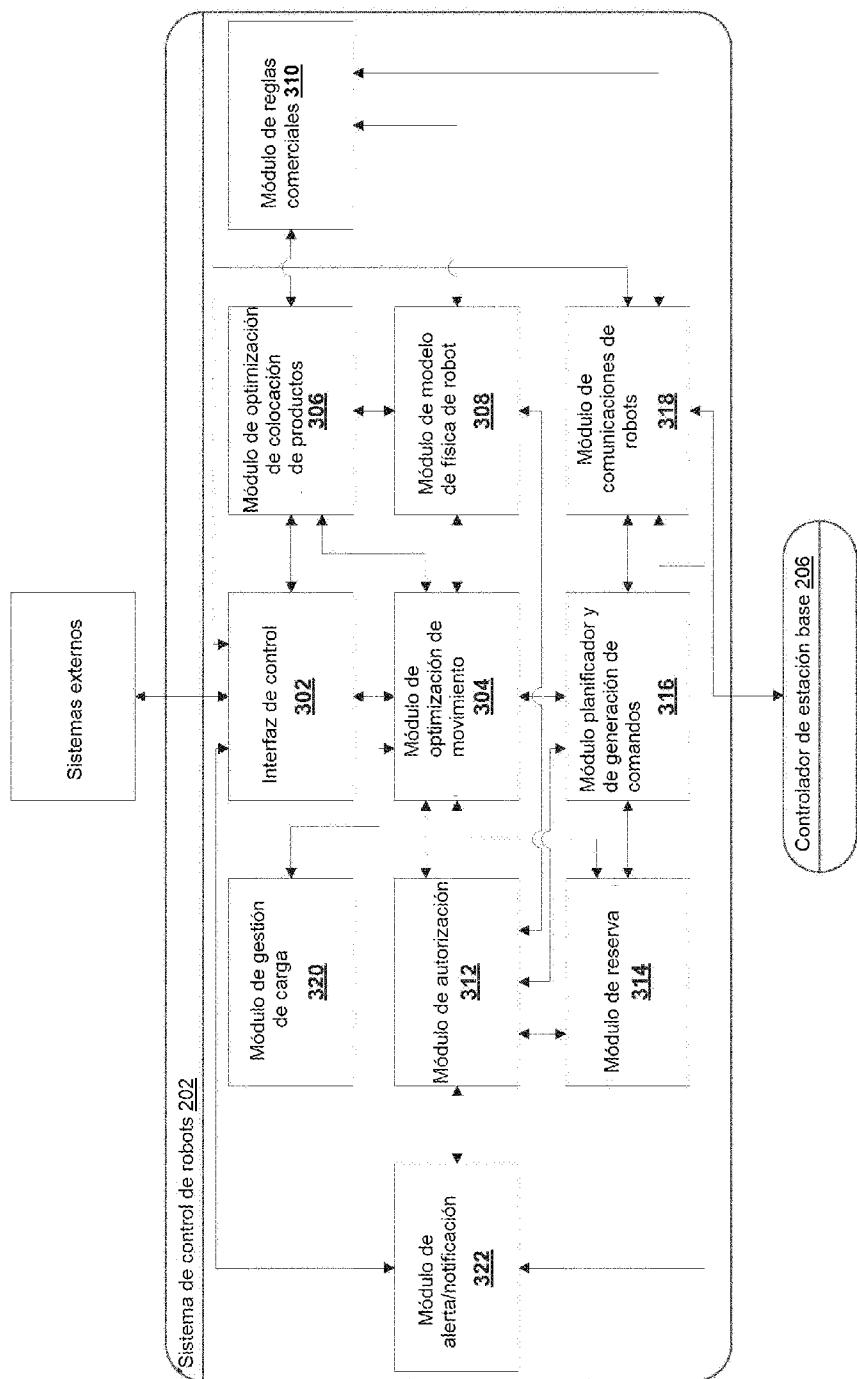
10 en donde recuperar uno o más contenedores de dentro de una o más pilas comprende mover uno o más de otros contenedores en una o más pilas antes de acceder a uno o más contenedores para su recuperación, y

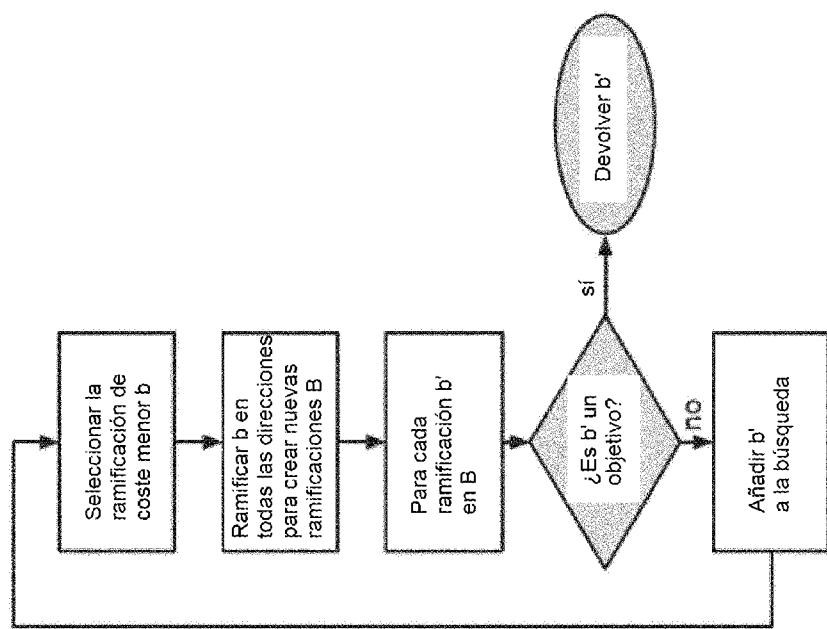
15 en donde mover uno o más de otros contenedores comprende, para cada uno de uno o más de otros contenedores, determinar una posición optimizada dentro de una pila de la instalación, excluyendo la pila original de la que se retiró el contenedor, y colocar el contenedor en la posición optimizada determinada dentro de la instalación.

20

**FIG. 1**

**FIG. 2**

**FIG. 3**

**FIG. 4**

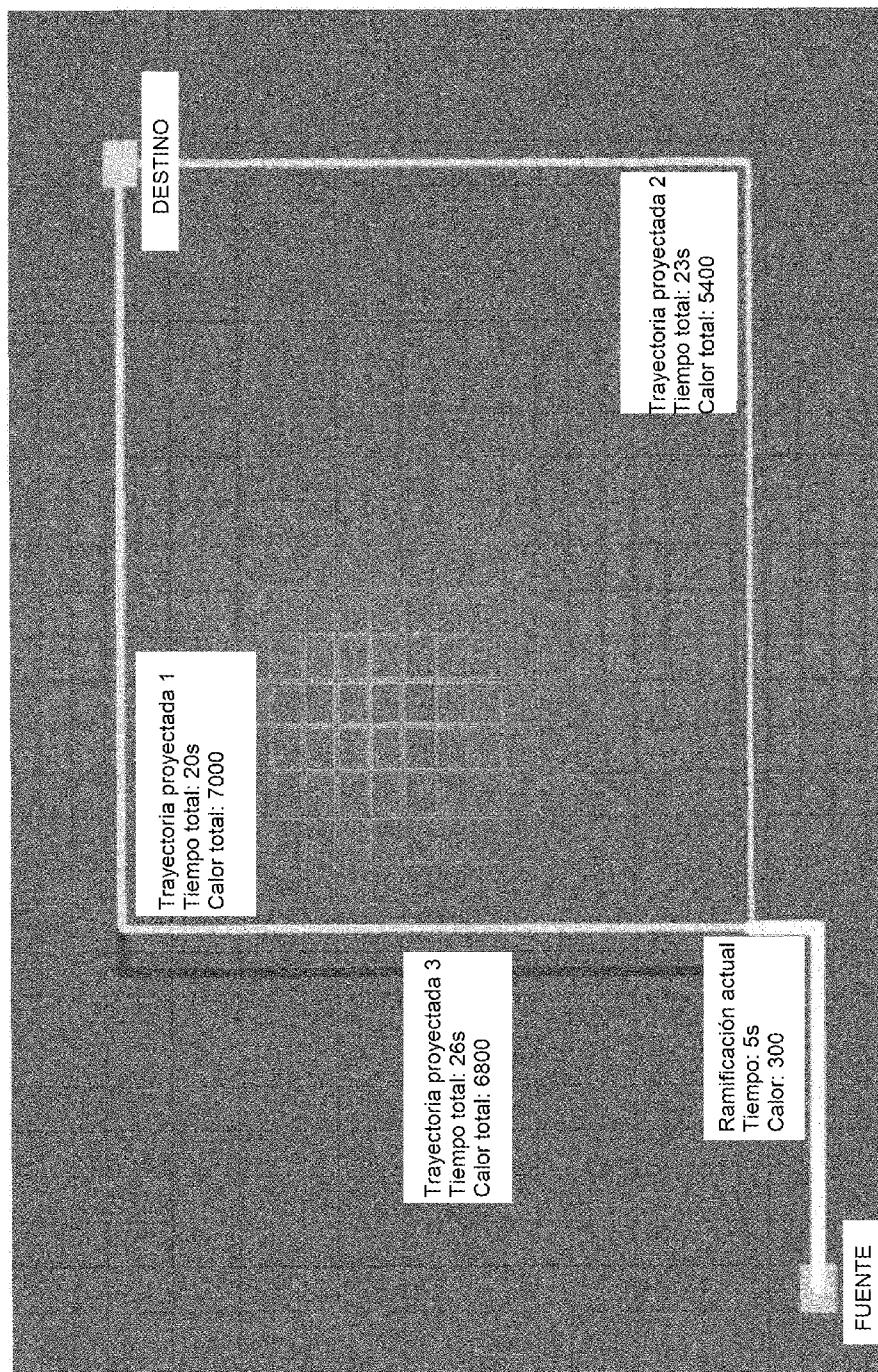


FIG. 5

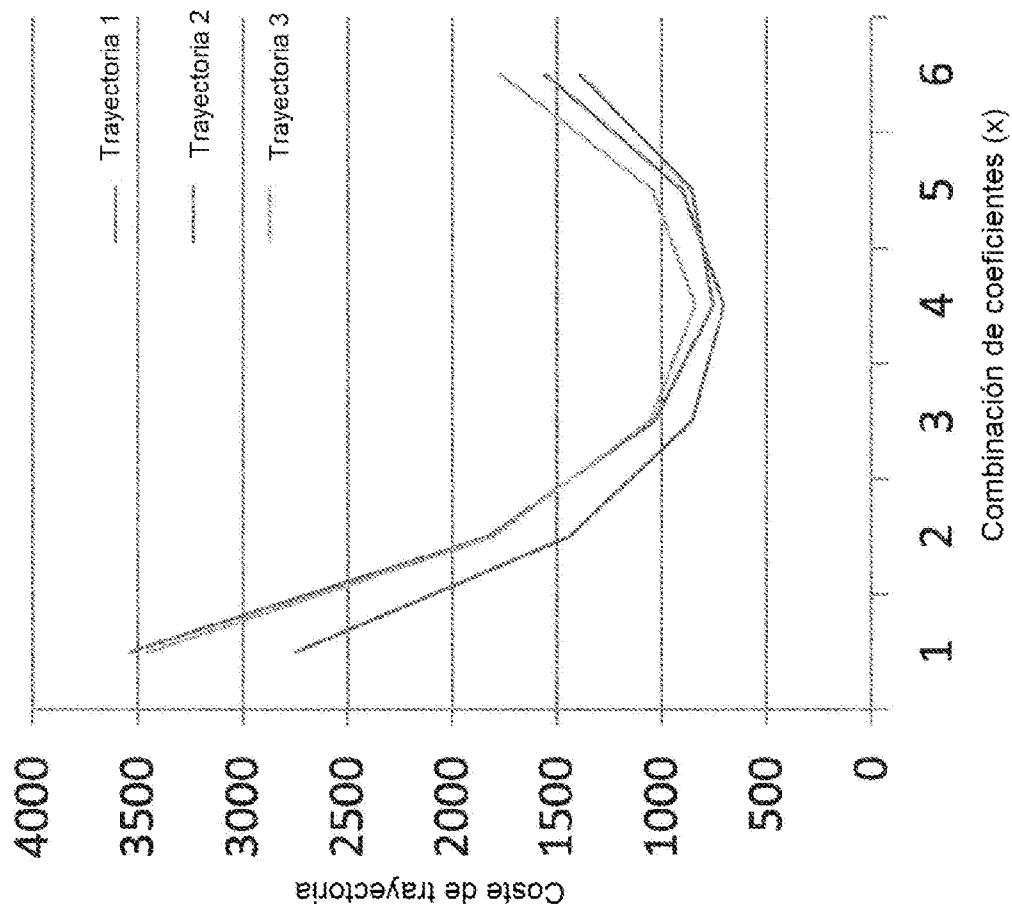


FIG. 6

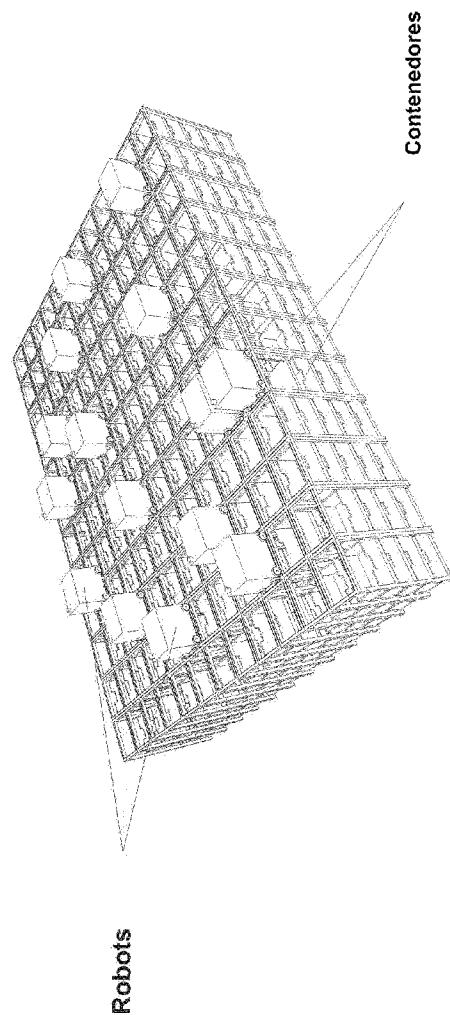


FIG. 7

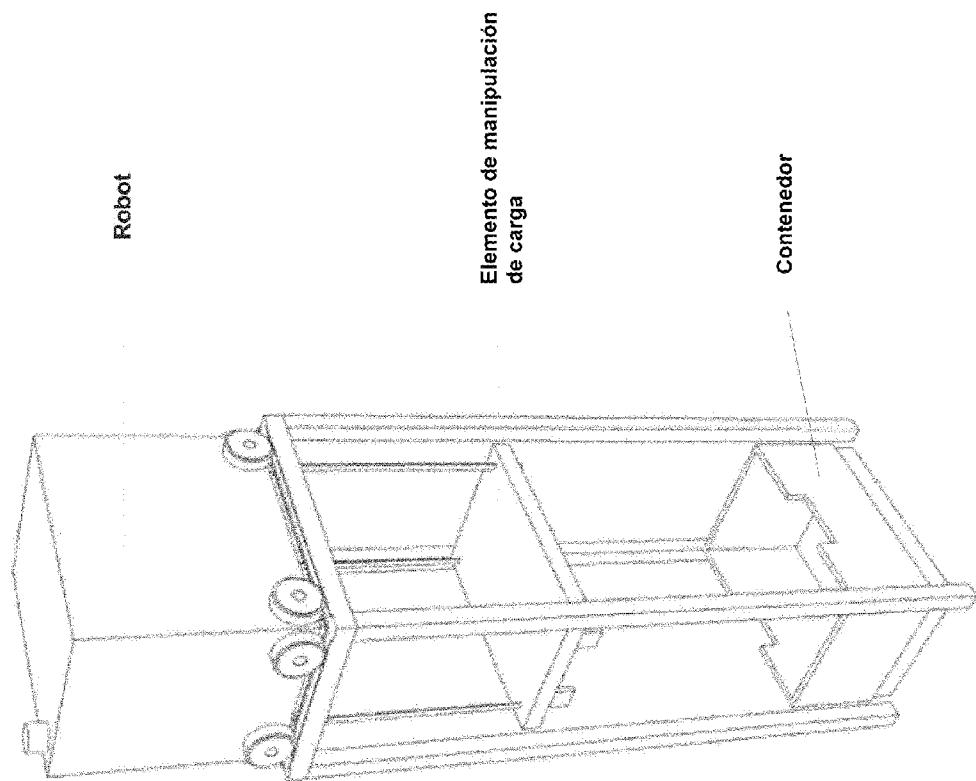


FIG. 8