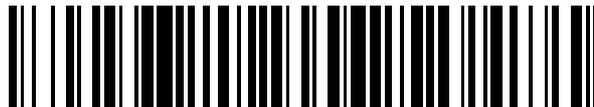


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 494**

51 Int. Cl.:

G06T 7/70

(2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.12.2011 PCT/FI2011/051172**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.07.2012 WO12089928**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2011 E 11853742 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.09.2017 EP 2658691**

54 Título: **Método, programa informático y aparato para determinar una localización de agarre**

30 Prioridad:

30.12.2010 FI 20106387

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

26.01.2018

73 Titular/es:

**ZENROBOTICS OY (100.0%)
Mikonkatu 8 A
00100 Helsinki, FI**

72 Inventor/es:

LUKKA, TUOMAS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 651 494 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

Método, programa informático y aparato para determinar una localización de agarre

5 La presente invención se refiere a la solución para la manipulación de objetos físicos con un brazo robótico y un dispositivo de agarre. En particular, la presente invención se refiere a un método que determina una localización de agarre para agarrar un objeto.

Descripción de la técnica relacionada

10 Los sistemas robóticos se han usado ampliamente en muchas industrias para realizar tareas repetitivas que requieren poca capacidad para realmente modelar visualmente o cognitivamente los objetos físicos que se manipulan o que requieren poca habilidad para tomar el control sobre el mismo y para moverlo. Los robots también pueden construirse para trabajar en entornos hostiles a los trabajadores de suelo humanos o para poder trabajar con materiales peligrosos para los humanos tales como materiales tóxicos o radiactivos, desechos u objetos masivos. Es deseable fabricar tales sistemas robóticos tan autónomos como sea posible para minimizar la cantidad de participación humana necesaria.

20 Cuando el objetivo es tener el brazo robot para manipular objetos, el brazo robot se equipa comúnmente con un dispositivo adecuado para agarrar los objetos de interés. Un dispositivo de este tipo puede, por ejemplo, parecerse a una mano, a una garra o a una abrazadera. Si bien la programación del robot para realizar tareas repetitivas es relativamente fácil, existen problemas difíciles para manipular objetos automáticamente, especialmente relacionados con el reconocimiento de objetos en un entorno variable o un entorno atestado de otros objetos, y la manipulación de un objeto que reside entre otros objetos.

25 Los sistemas robóticos usados para la manipulación de objetos requieren normalmente que la forma de los objetos se conozca de antemano, de tal manera que un dispositivo de agarre de un brazo robótico puede diseñarse para agarrar los objetos de manera fiable. Al agarrar objetos de localizaciones, orientaciones y geometrías variables de un entorno no estructurado, tal como cuando se clasifican residuos, el dispositivo de agarre no puede diseñarse para un objeto específico de antemano y se debe usar un diseño de dispositivo de agarre más genérico.

30 YANAGIHARA Y ET AL: "Parts picking in disordered environment", ROBOTS Y SISTEMAS INTELIGENTES '91, 'INTELIGENCIA PARA SISTEMAS MECÁNICOS, PROCEDIMIENTOS IROS '91. TALLER INTERNACIONAL IEEE/RSJ EN OSAKA. JAPÓN 3-5 NOV. 1991, NUEVA YORK, NY, ESTADOS UNIDOS, IEEE, ESTADOS UNIDOS 35 3 de noviembre de 1991 (03-11-1991), páginas 517-522, propone enfoques para reducir la carga de procesamiento en un sistema de visión y para detectar accidentes usando un sensor de fuerza/par motor en tiempo real. También se presenta un método de recuperación de accidentes en el que se monitorizan la fuerza y el par motor durante el funcionamiento.

40 El documento WO 2004/052596 A1 desvela un método y una disposición para un robot que tiene un sistema sensor asociado para evitar colisiones entre el robot o un dispositivo de agarre dispuesto en el robot y sus alrededores al recoger componentes, que implica las etapas siguientes: creación de una imagen o representación multidimensional de una pista de recogida que se suministra con los componentes; identificación de los componentes y su orientación; y definición de uno o más de los siguientes: el dispositivo de agarre, el robot y el área de la pista de recogida, 45 monitorizando el sistema de sensores las áreas prohibidas para el robot o para el dispositivo de agarre dispuesto en el robot.

50 Chee Kit Wong: "Vision Strategies for Robotic Manipulation of Natural Objects", ACTAS DE LA CONFERENCIA AUSTRALASIAN 2009 SOBRE ROBÓTICA Y AUTOMATIZACIÓN 02 de diciembre de 2009 - 04 de diciembre de 2009, SYDNEY, AUSTRALIA, 2 de diciembre de 2009 (02-12-2009) describe una plataforma robótica guiada por visión que se usará para el manejo de productos naturales en una pila multicapa que es típica en una situación de contenedor. La solución usa un método topográfico para segmentar los objetos y a continuación con contornos de elevación para generar datos volumétricos para cada objeto. Cuando se establece la periferia para cada objeto, la solución usa estrategias mediante las que se tomarán decisiones para la planificación de tareas. Estas estrategias 55 identifican el objeto apropiado a recoger y la posición óptima de recojida.

Uno de los inconvenientes de la técnica anterior es que es difícil diseñar un dispositivo de agarre que pueda agarrar de forma fiable objetos de diferentes formas y tamaños de entre otros objetos no deseados u otras obstrucciones.

60 Sumario de la invención

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método que comprende: obtener al menos una imagen que comprende al menos un objeto, calcular una máscara de fondo, siendo la máscara de fondo una máscara de los píxeles de imagen que no son parte de ningún objeto en la imagen, calcular una máscara de objeto, 65 siendo la máscara de objeto una máscara de los píxeles de imagen que son parte del objeto a agarrar, calcular una máscara de dispositivo de agarre, siendo la máscara de dispositivo de agarre una máscara de los píxeles de imagen

- 5 correspondiente a las partes de agarre del dispositivo de agarre, calcular una máscara de área de agarre, representando la máscara de área de agarre un área/volumen mínimo dentro del dispositivo de agarre que una parte agarrada de un objeto debe cumplir, superponer la máscara de dispositivo de agarre en la máscara de fondo en al menos una localización, calcular la superposición de la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo en la al menos una localización, superponer la máscara de área de agarre en la máscara de objeto en al menos una localización, calcular la superposición de la máscara de área de agarre y la máscara de objeto en la al menos una localización; y seleccionar una localización de agarre basándose en los cálculos de superposición, y emitir al menos una instrucción a un dispositivo de agarre para agarrar el objeto en la localización de agarre seleccionada.
- 10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un programa informático que comprende un código de programa que comprende instrucciones para realizar el método.
- 15 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un aparato que comprende medios para obtener al menos una imagen que comprende un objeto, medios para calcular una máscara de fondo, siendo la máscara de fondo una máscara de los píxeles de imagen que no son parte de ningún objeto en la imagen; medios para calcular una máscara de objeto, siendo la máscara de objeto una máscara de los píxeles de imagen que son parte del objeto a agarrar; medios para calcular una máscara de dispositivo de agarre, siendo la máscara de dispositivo de agarre una máscara de los píxeles de imagen correspondientes a las partes de agarre del dispositivo de agarre; medios para calcular una máscara de área de agarre, representado la máscara de área de agarre un área/volumen mínimo dentro del dispositivo de agarre que una parte agarrada de un objeto debe cumplir; medios para superponer la máscara de dispositivo de agarre en la máscara de fondo en al menos una localización; medios para calcular la superposición de la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo en la al menos una localización; medios para superponer la máscara de área de agarre en la máscara de objeto en al menos una localización; medios para calcular la superposición de la máscara de área de agarre y la máscara de objeto en la al menos una localización; medios para seleccionar una localización de agarre basándose en los cálculos de superposición; y medios para emitir al menos una instrucción a un dispositivo de agarre para agarrar el objeto en la localización de agarre seleccionada.
- 20 En una realización de la invención, el método comprende además asignar a cada píxel en la al menos una imagen un valor correspondiente a la probabilidad de que el píxel pertenezca al objeto.
- 25 En una realización de la invención, el método comprende además asignar un primer factor de calidad para la superposición de la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo en la al menos una localización basándose en el cálculo de la superposición de la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo en la al menos una localización, asignar un segundo factor de calidad para la superposición de la máscara de área de agarre y la máscara de objeto basándose en el cálculo de la superposición de la máscara de área de agarre y la máscara de objeto en la al menos una localización, y seleccionar la localización de agarre basándose en los factores de calidad primero y segundo.
- 30 En una realización de la invención, seleccionar la localización de agarre basándose en los factores de calidad primero y segundo comprende además, seleccionar una localización de agarre cuando el producto de los factores de calidad primero y segundo es el más alto.
- 35 En una realización de la invención, seleccionar la localización de agarre basándose en los factores de calidad primero y segundo comprende además establecer un valor mínimo para el primer factor de calidad de la localización de agarre a seleccionar.
- 40 En una realización de la invención, el método comprende además calcular múltiples máscaras de dispositivo de agarre y máscaras de área de agarre que corresponden a diferentes posiciones del dispositivo de agarre.
- 45 En una realización de la invención, la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de área de agarre se precálculan para un conjunto de posibles posiciones de dispositivo de agarre.
- 50 En una realización de la invención, la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de área de agarre se calculan para un conjunto de posibles posiciones de dispositivo de agarre, en tiempo real.
- 55 En una realización de la invención, calcular la superposición de máscaras comprende además: dividir la máscara de dispositivo de agarre en partes de máscara de dispositivo de agarre; calcular la superposición de una parte de máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo; calcular la superposición para cada una de las otras partes de máscara de dispositivo de agarre desplazando los valores calculados con la primera parte de máscara de dispositivo de agarre mediante un desplazamiento de cada otra parte de máscara de dispositivo de agarre en relación con la primera parte de máscara de dispositivo de agarre en la máscara de dispositivo de agarre; y calcular la superposición de toda la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo como una suma de las superposiciones calculadas para las partes de máscara de dispositivo de agarre.
- 60
- 65

- 5 En una realización de la invención, calcular la superposición de máscaras comprende además: dividir la máscara de área de agarre en unas partes de máscara de área de agarre; calcular la superposición de una parte de máscara de área de agarre y la máscara de objeto; calcular la superposición para cada una de las otras partes de máscara de área de agarre desplazando los valores calculados con la primera parte de máscara de área de agarre mediante un desplazamiento de cada otra parte de máscara de agarre en relación con la primera parte de máscara de área de agarre en la máscara de área de agarre; y calcular la superposición de toda la máscara de área de agarre y la máscara de objeto como una suma de las superposiciones calculadas para las partes de máscara de área de agarre.
- 10 En una realización de la invención, se usa la circunvolución con la transformada rápida de Fourier (FFT) en calcular las superposiciones.
- 15 En una realización de la invención, se implementan algunas o la totalidad de las etapas usando matrices de puertas programables en campo (FPGA).
- 20 En una realización de la invención, el aparato comprende medios para implementar diversas realizaciones de la invención.
- 25 En una realización de la invención, el aparato comprende medios para asignar a cada píxel en la al menos una imagen un valor correspondiente a la probabilidad de que el píxel pertenezca al objeto.
- 30 En una realización de la invención, el aparato comprende medios para asignar un primer factor de calidad para la superposición de la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo en la al menos una localización basándose en el cálculo de la superposición de la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo en la al menos una localización y para asignar un segundo factor de calidad para la superposición de la máscara de área de agarre y la máscara de objeto basándose en el cálculo de la superposición de la máscara de área de agarre y la máscara de objeto en la al menos una localización; en el que los medios para la selección se configuran para seleccionar la localización de agarre basándose en los factores de calidad primero y segundo.
- 35 En una realización de la invención, los medios para la selección están configurados para seleccionar una localización de agarre cuando el producto de los factores de calidad primero y segundo es el más alto.
- 40 En una realización de la invención, los medios para la selección están configurados para establecer un valor mínimo para el primer factor de calidad de la localización de agarre a seleccionar.
- 45 En una realización de la invención, los medios para el cálculo están configurados para calcular múltiples máscaras y máscaras de área de agarre que corresponden a diferentes posiciones del dispositivo de agarre.
- 50 En una realización de la invención, los medios para calcular están configurados para dividir la máscara de dispositivo de agarre en partes de máscara de dispositivo de agarre; calcular la superposición de una parte de máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo; calcular la superposición para cada una de las otras partes de máscara de dispositivo de agarre desplazando los valores calculados con la primera parte de máscara de dispositivo de agarre mediante un desplazamiento de cada otra parte de máscara de dispositivo de agarre con respecto a la primera parte de máscara de dispositivo de agarre en la máscara de dispositivo de agarre; y calcular la superposición de toda la máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo como una suma de las superposiciones calculadas para las partes de máscara de dispositivo de agarre.
- 55 En una realización de la invención, los medios para calcular están configurados para dividir la máscara de área de agarre en unas partes de máscara de área de agarre; calcular la superposición de una parte de máscara de área de agarre y la máscara de objeto; calcular la superposición para cada una de las otras partes de máscara de área de agarre desplazando los valores calculados con la primera parte de máscara de área de agarre mediante un desplazamiento de cada otra parte de máscara de agarre en relación con la primera parte de máscara de área de agarre en la máscara de área de agarre; y calcular la superposición de toda la máscara de área de agarre y la máscara de objeto como una suma de las superposiciones calculadas para las partes de máscara de área de agarre.
- 60 La presente invención desvela una solución en la que se reconocen unos "asideros" en objetos usando la visión artificial. Un "asidero" es una parte del objeto donde puede agarrarse con un dispositivo de agarre instalado. Las ventajas de al menos una realización de la invención incluyen que un objeto más grande que la abertura del dispositivo de agarre puede sujetarse todavía si tiene una parte saliente más pequeña que puede actuar como un asidero para que el dispositivo de agarre lo agarre. Además, al menos una realización de la invención proporciona una solución donde es posible determinar una localización de agarre óptima para agarrar un objeto.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención y constituyen una parte de esta especificación, ilustran las realizaciones de la invención y junto con la descripción ayudan a explicar los principios de la invención. En los dibujos:

- la figura 1 ilustra un sistema robótico de acuerdo con una realización de la invención;
- la figura 2 desvela un diagrama de bloques que ilustra un método de acuerdo con una realización de la invención;
- la figura 3 desvela una solución para analizar al menos una imagen para determinar al menos una localización de agarre para agarrar un objeto y para seleccionar una localización de agarre de la al menos una localización de agarre basándose en un criterio predeterminado de acuerdo con una realización de la invención;
- la figura 4A desvela un ejemplo de una posible máscara de dispositivo de agarre;
- la figura 4B desvela otro ejemplo de una posible máscara de dispositivo de agarre;
- la figura 5A desvela una máscara dividida en partes de acuerdo con una realización de la invención; y
- la figura 5B ilustra el cálculo de la circunvolución de la parte de máscara de la figura 5A de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

A continuación, se hará referencia en detalle a las realizaciones de la presente invención, ejemplos de las mismas se ilustran en los dibujos adjuntos.

La figura 1 ilustra un sistema robótico que realiza el agarre de un objeto de acuerdo con una realización de la invención. Un sistema robótico 100 comprende un robot 110, por ejemplo, un robot industrial que comprende un brazo robótico 116. Al brazo robótico 116 se conecta un dispositivo de agarre 112, que también puede ser una abrazadera o una garra. El brazo robótico 116 es capaz de mover el dispositivo de agarre 112 dentro de un área de operación 102. El brazo robótico 116 puede comprender diversos motores, por ejemplo, unos servomotores que permiten controlar la rotación, la elevación y el agarre de los brazos del robot. Diversos movimientos del brazo robótico 116 y del dispositivo de agarre 112 se efectúan, por ejemplo, por accionadores. A modo de ejemplo, los accionadores pueden ser eléctricos, neumáticos o hidráulicos, o cualquier combinación de los mismos. Los accionadores pueden mover o hacer rotar diversos elementos del robot 110. Puede usarse un conjunto de controladores eléctricos para convertir las señales de procesamiento de datos, en otras palabras, las instrucciones de un aparato 120 para adecuar los niveles de tensión y potencia para controlar los accionadores del brazo robótico 116. En respuesta a las señales de control del aparato 120, los accionadores realizan diversas funciones mecánicas que incluyen, pero no necesariamente se limitan a: colocar el dispositivo de agarre 112 sobre una localización específica dentro del área de operación 102, bajar o elevar el dispositivo de agarre 112, y cerrar y abrir el dispositivo de agarre 112.

El robot 110 puede comprender diversos sensores. A modo de ejemplo, los sensores pueden comprender diversos sensores de posición (no mostrados) que indican la posición del brazo robótico 116 y del dispositivo de agarre 112, así como el estado de apertura/cierre del dispositivo de agarre 112. El estado de apertura/cierre del dispositivo de agarre 112 no está restringido a un simple bit sí/no. En una realización de la invención, el dispositivo de agarre 112 puede indicar un estado de apertura/cierre de múltiples bits con respecto a cada uno de sus dedos, por lo que puede obtenerse una indicación del tamaño y/o la forma del objeto(s) en el dispositivo de agarre.

Además de los sensores de posición, el conjunto de sensores puede comprender sensores de deformación, también conocidos como sensores medidores de deformación o de realimentación de fuerza, que indican la deformación experimentada por diversos elementos del brazo robótico 116 y del dispositivo de agarre 112. En un ilustrativo pero no restrictivo ejemplo de implementación, los sensores de deformación comprenden unas resistencias variables cuya resistencia varía en función de la tensión de compresión aplicada a los mismos. Debido a que los cambios en la resistencia son pequeños en comparación con el valor absoluto de la resistencia, las resistencias variables se miden normalmente, por ejemplo, en una configuración de puente de Wheatstone.

En una realización, al dispositivo de agarre 112 o al brazo robótico 116 se conecta una cámara 114, que se dirige para tener en su campo visual los objetos agarrados por el dispositivo de agarre 112, al menos en parte. En la figura 1, la cámara se ilustra para estar en el interior del dispositivo de agarre 112. La cámara 114 también puede estar localizada en un árbol separado conectado al brazo robótico 116 y colocado de tal manera que los objetos agarrados por el dispositivo de agarre 112 se encuentren bien en el campo visual de la cámara 114. En otra realización, la cámara 114 también puede estar localizada en una posición remota independiente del dispositivo de agarre 112 o del brazo robótico 116. En una realización, el robot 110 clasifica los objetos contenidos en una pista 102, es decir, en su área de operación. La pista 102 comprende una serie de objetos tales como los objetos 103, 104 y 105. En la figura 1 se muestra que el robot 110 ha realizado una operación de agarre sobre un objeto objetivo 105 y lo sujeta en el dispositivo de agarre 112.

El robot 110 está conectado a un aparato de procesamiento de datos 120, abreviado un aparato. Las funciones internas del aparato 120 se ilustran con una caja 140. El aparato 120 comprende al menos un procesador 142, una memoria de acceso aleatorio (RAM) 148 y un disco duro 146. El procesador 142 controla el brazo robótico que ejecuta las entidades de software 150, 152, 154 y 156. El aparato 120 comprende también al menos una interfaz periférica de cámara 145 y una interfaz robótica 144 para controlar el robot 110. La interfaz periférica 145 puede ser un bus, por ejemplo, un bus serie universal (USB). El aparato 120 también puede estar conectado a un terminal 130, que comprende al menos una pantalla y un teclado. El terminal 130 puede ser un ordenador portátil conectado usando una red de área local al aparato 120. En otra realización, el aparato 120 y el terminal 130 se implementan con un único ordenador.

Con el fin de comunicarse con dispositivos externos, tales como el robot 110, el aparato 120 comprende o utiliza una circuitería de recepción/transmisión externa, tal como una interfaz robótica 144, que comprende una circuitería de transmisión, una circuitería de recepción y puede comprender una antena interna o externa (no mostrada). El aparato 120 puede utilizar varias tecnologías de interfaz diferentes para comunicarse con el mundo físico, que en el presente ejemplo comprende el robot 110, el dispositivo de agarre 112 y la cámara 114. Redes inalámbricas de área local (WLAN) e interfaces inalámbricas de corto alcance, tales como infrarrojos, radio o Bluetooth, son ejemplos ilustrativos pero no restrictivos de tal circuitería de recepción/transmisión inalámbrica. En la localización de tales tecnologías de comunicación inalámbrica o además de las mismas, el aparato de procesamiento de datos puede utilizar conexiones cableadas, tales como un USB, cualquier interfaz en paralelo o en serie, u otros tipos de interfaces convencionales o interfaces propietarias de la industria.

Además, la memoria 140 del aparato 120 puede contener una colección de programas o, en general, entidades de software que se ejecutan por el al menos un procesador 142. Existe una entidad de controlador de brazo 150 que emite instrucciones a través de la interfaz robótica 144 al robot 110 con el fin de controlar la rotación, la elevación y el agarre del brazo robótico 116 y el dispositivo de agarre 112. La entidad de controlador de brazo 150 también puede recibir datos de sensor medidos pertenecientes a la rotación, la elevación y el agarre del brazo robótico 116 y del dispositivo de agarre 112. La entidad de controlador de brazo 150 puede accionar el brazo con nuevas instrucciones emitidas basándose en la retroalimentación recibida para el aparato 120 a través de la interfaz 144. La entidad de controlador de brazo 150 está configurada para emitir instrucciones al robot 110 para que realice las operaciones de alto nivel bien definidas. Un ejemplo de una operación de alto nivel es mover el brazo robótico a una posición específica. La entidad de controlador de brazo 150 también puede utilizar diversos controladores de software, rutinas o bibliotecas de enlaces dinámicos para convertir la operación de alto nivel en una serie de operaciones de bajo nivel, tal como emitir una secuencia apropiada de señales de salida a través de los controladores eléctricos a los accionadores del robot 110.

Una entidad de controlador de cámara 152 se comunica con la cámara 114 usando una interfaz 145. La entidad de controlador de cámara 152 puede provocar que la cámara 114 tome una serie de imágenes a intervalos de tiempo predefinidos a partir de un momento en el tiempo ordenado por la entidad de controlador de cámara 152. En general, la entidad de controlador de cámara 152 puede emitir una instrucción a la cámara 114 para tomar una imagen en cualquier momento en el tiempo. La entidad de controlador de cámara 152 obtiene las imágenes tomadas por la cámara 114 a través de la interfaz 145 y almacena las imágenes en la memoria 140. En otra realización, la cámara 114 está configurada para grabar una secuencia de video y la secuencia de video se procesa por el aparato 120 para extraer imágenes fijas.

La entidad extractora de objetos 154 está configurada para extraer un objeto objetivo a agarrar a partir de un número predefinido de imágenes fuente.

El selector de localización de agarre 156, que puede realizar un análisis adicional en el objeto objetivo basándose en las diversas características visuales del objeto objetivo tal como la forma, el tamaño, el color o la textura, determina una localización de agarre seleccionada a partir de un conjunto de posibles localizaciones de agarre basándose en un criterio predeterminado. La funcionalidad de selección se analiza en más detalle en breve.

En un ejemplo ilustrativo pero no limitativo, la pista 102 es una cinta transportadora, o una parte de una cinta transportadora que interseca con el área de operación 110 del robot. En una realización, el aparato 120 tiene poca o ninguna información a priori sobre los objetos 103, 104 y 105 dentro de la pista 102, tales como el tamaño, la forma y/o el color de los objetos de interés. En algunas realizaciones de la invención, el aparato 120 puede tener alguna información a priori sobre los objetos de interés, o puede haber obtenido información sobre los objetos mediante el aprendizaje, pero al menos el fondo (otros objetos), la posición y la orientación de los objetos de interés normalmente se desconocen a priori. Es decir, los objetos 103, 104 y 105 pueden estar en posiciones y orientaciones aleatorias en la pista 102, y los objetos pueden superponerse entre sí.

Cuando el al menos un procesador 142 ejecuta las entidades funcionales asociadas con la invención, una memoria 148 comprende entidades tales como la entidad de controlador de brazo 150, la entidad de controlador de cámara 152, la entidad extractora de objetos 154 y la entidad de selector de localización de agarre 156. Las entidades funcionales dentro del aparato 120 ilustrado en la figura 1 pueden implementarse de varias formas. Pueden implementarse como procesos ejecutados bajo el sistema operativo nativo del nodo de red. Las entidades pueden

implementarse como procesos o subprocesos separados o de tal manera que se implementen un número de entidades diferentes por medio de un proceso o subproceso. Un proceso o un subproceso puede ser la instancia de un bloque de programa que comprende un número de rutinas, es decir, por ejemplo, procedimientos y funciones.

5 Las entidades funcionales pueden implementarse como programas informáticos separados o como un único programa informático que comprende varias rutinas o funciones que implementan las entidades. Los bloques de programa se almacenan en al menos un medio legible por ordenador tal como, por ejemplo, un circuito de memoria, una tarjeta de memoria, un disco magnético o óptico. Algunas entidades funcionales pueden implementarse como
10 módulos de programa vinculados a otra entidad funcional. Las entidades funcionales en la figura 1 también pueden almacenarse en memorias separadas y ejecutarse por procesadores separados, que se comunican, por ejemplo, a través de un bus de mensajes o una red interna dentro del nodo de red. Un ejemplo de un bus de mensajes de este tipo es el bus de interconexión de componentes periféricos (PCI).

15 En una realización de la invención, las entidades de software 150 - 156 pueden implementarse como entidades de software separadas tales como, por ejemplo, subrutinas, procesos, subprocesos, métodos, objetos, módulos y secuencias de código de programa. También pueden ser solo funcionalidades lógicas dentro del software en el aparato 120, que no se han agrupado en ninguna subrutina, proceso, subprocesos, métodos, objetos, módulos y secuencias de código de programa específicas y separadas. Sus funciones pueden extenderse a través del software del aparato 120. Algunas funciones pueden realizarse en el sistema operativo del aparato 120.

20 Las realizaciones de la invención descritas en el presente documento con respecto a la figura 1 pueden usarse en cualquier combinación unas con otras. Varias de las realizaciones pueden combinarse entre sí para formar una realización adicional de la invención.

25 La figura 2 desvela un diagrama de bloques que ilustra un método de acuerdo con una realización de la invención.

En la etapa 200, se obtiene al menos una imagen que comprende al menos un objeto. La al menos una imagen puede comprender uno o múltiples objetos. Los objetos también pueden superponerse entre sí. Por lo tanto, en algunos casos, un objeto puede de hecho ser inseparable de otro objeto. La al menos una imagen se analiza para
30 determinar al menos una localización de agarre para agarrar un objeto, etapa 202. En base al análisis, se selecciona una localización de agarre a partir de la al menos una localización de agarre basándose en un criterio predeterminado, etapa 204. En la etapa 206, se emite al menos una instrucción a un dispositivo de agarre para agarrar el objeto en la localización de agarre seleccionada.

35 La figura 3 desvela una realización para el análisis de la al menos una imagen para determinar al menos una localización de agarre para agarrar el objeto y para seleccionar una localización de agarre a partir de la al menos una localización de agarre basándose en un criterio predeterminado. Las funciones de análisis y selección se realizan, por ejemplo, con el extractor de objetos 154 y/o el selector de localización de agarre 156 develado en la figura 1.

40 Como se desvela en la figura 1, se usan una o más cámaras para adquirir al menos una imagen de una zona de trabajo (300). La zona de trabajo puede ser estacionaria o como alternativa, por ejemplo, una cinta transportadora en movimiento. La imagen puede ser originalmente una imagen fija tomada por una cámara o una imagen fija extraída de una secuencia de video. En una realización, la imagen es una imagen bidimensional. En otra realización, la
45 imagen es una imagen tridimensional. En una realización, la imagen tridimensional se ha dividido en una o más subpartes bidimensionales que a continuación se procesan adicionalmente.

La imagen se procesa para reconocer un área de la imagen que corresponde a un objeto a agarrar. En una realización, a cada píxel en la imagen original se le asigna un valor que corresponde a la probabilidad de que el píxel pertenezca o no al objeto. Para algunos píxeles, puede ser incierto si estos píxeles son parte del objeto o no, por
50 ejemplo, los píxeles difusos en los límites del objeto. Por lo tanto, en una realización, se calculan dos imágenes de máscara. La primera imagen de máscara es una máscara de fondo (306) y la segunda imagen de máscara es una máscara de objeto (308).

55 La máscara de fondo (306) es una máscara de los píxeles en la imagen original que no son parte de cualquier objeto u obstrucción (la parte de cuadrícula en la figura 3). En otras palabras, la máscara de los píxeles representa una parte del espacio vacío donde el dispositivo de agarre de la figura 1 puede operar. La máscara de objeto (308) es una máscara de los píxeles en la imagen original que son parte del objeto a agarrar (el área de objeto negra en la figura 3).

60 Con el fin de encontrar una localización para el agarre, en una realización, se generan otro par de máscaras: una máscara de dispositivo de agarre (302) y una máscara de área de agarre (304). La máscara de dispositivo de agarre (302) es una máscara de los píxeles correspondiente a las partes del dispositivo de agarre. La máscara de dispositivo de agarre (302) se representa en esta realización como tres "puntas de dedos" separadas de un dispositivo de agarre de tres dedos dispuestos en forma triangular. En otras realizaciones, la máscara de dispositivo
65 de agarre (302) también puede adoptar otras formas. El espacio vacío entre la yema del dedo superior y la yema de

del dedo inferior representa la distancia de agarre máxima entre las puntas de los dedos. La máscara de área de agarre (304) es una máscara de los píxeles que se ajustan en el interior del dispositivo de agarre. El rectángulo más pequeño en la máscara de área de agarre (304) corresponde al espacio en el interior del dispositivo de agarre, que el objeto rellena preferentemente parcial o totalmente cuando se agarra el objeto. En una realización, el rectángulo más pequeño en la máscara de área de agarre (304) representa un área/volumen mínimo dentro del dispositivo de agarre que una parte agarrada de un objeto debe cumplir. En otra realización, puede haber varias máscaras de área de agarre separadas que se usan cuando se determina una localización de agarre. Al menos algunas de estas pueden representar, como anteriormente, un área/volumen mínimo dentro del dispositivo de agarre que una parte agarrada de un objeto debe cumplir. Además, en una realización, varias máscaras de agarre separadas pueden usarse simultáneamente para determinar una localización de agarre. En una realización, una localización de agarre a seleccionar no tiene necesariamente que llenar toda la máscara de área de agarre (el rectángulo más pequeño) (304).

Con el fin de calcular una localización de agarre del objeto, en primer lugar la máscara de dispositivo de agarre (302) se superpone sobre la máscara de fondo (306) en diferentes localizaciones y la superposición de las dos máscaras se calcula en cada localización por separado. Las localizaciones donde la máscara de dispositivo de agarre (302) y la máscara de fondo (306) no se superponen por completo, corresponden a las posiciones de agarre donde el dispositivo de agarre colisionaría con algo. Por lo tanto, estas localizaciones pueden no considerarse localizaciones posibles para agarrar el objeto y, en una realización, estas posiciones de agarre se rechazan.

Las referencias 310 y 312 representan un ejemplo de una situación donde las áreas ("puntas de los dedos") en la máscara de dispositivo de agarre (302) no se superponen completamente con la máscara de fondo (306) y la máscara de área de agarre (304) se superpone con la máscara de objeto (308) moderadamente bien. Por lo tanto, como anteriormente, esta localización no se considera como una localización posible para agarrar el objeto y, por lo tanto, también se rechaza esta posición de agarre.

Las referencias 314 y 316 representan un ejemplo de una situación donde las áreas ("puntas de los dedos") en la máscara de dispositivo de agarre (302) se superponen por completo con la máscara de fondo (306), pero la máscara de área de agarre (304) se superpone con la máscara de objeto (308) solo en una pequeña parte. Por lo tanto, en una realización, como anteriormente, esta localización no se considera como una localización posible para agarrar el objeto y, por lo tanto, también se rechaza esta posición de agarre.

Las referencias 318 y 320 representan un ejemplo de una situación donde las áreas ("puntas de los dedos") en la máscara de dispositivo de agarre (302) se superponen por completo con la máscara de fondo (306) y también la máscara de área de agarre (304) se superpone completamente con la máscara de objeto (308). Por tanto, este ejemplo representa una posible localización de agarre.

A modo de resumen, la máscara de dispositivo de agarre (302) se superpone sobre la máscara de fondo (306) en diferentes localizaciones y se calcula la superposición de las máscaras. Las localizaciones donde la cantidad de superposición es alta son localizaciones donde el agarre en principio sería posible. Del mismo modo, la máscara de área de agarre (304) se superpone sobre la máscara de objeto (308) en diferentes localizaciones y se calcula la superposición de las máscaras. Las localizaciones donde la cantidad de superposición entre tanto la máscara de dispositivo de agarre (302) y la máscara de fondo (306) como entre la máscara de área de agarre (304) y la máscara de objeto (308) es alta, son localizaciones donde el dispositivo de agarre encierra una gran parte del objeto y es probable un agarre exitoso.

Por lo tanto, una buena candidata para una localización de agarre es donde el dispositivo de agarre tiene suficiente espacio para operar alrededor del objeto y el tamaño del objeto en la localización de agarre es adecuado para el dispositivo de agarre. Para determinar la mejor orientación para el agarre, pueden usarse las máscaras de agarre separadas (302) y las máscaras de área de agarre (304) que corresponden a diferentes posiciones del dispositivo de agarre para repetir el procedimiento descrito anteriormente para cada par, y a continuación, seleccionar la localización y la posición de agarre que proporciona el valor más alto de superposición. Estas máscaras pueden precalcularse para un conjunto de posibles posiciones de agarre, o pueden calcularse sobre la marcha.

En una realización, a las dos superposiciones anteriores se les da un factor de calidad numérico. La localización donde el producto de los factores de calidad es el más alto se selecciona como la mejor localización de agarre del objeto. En una realización, se determina un valor mínimo para al menos uno de los valores de calidad. Esto garantiza que, en la práctica, que el dispositivo de agarre tiene suficiente espacio para moverse a la localización de agarre seleccionada.

Un posible método para el cálculo de las superposiciones es la circunvolución de las máscaras. La circunvolución puede calcularse de manera eficaz usando un algoritmo de transformada rápida de Fourier (FFT). En una realización, se calcula una transformada discreta de Fourier de las máscaras. Después de eso, el cálculo de la superposición se realiza mediante la multiplicación por elementos de las máscaras transformadas. Después de calcular la multiplicación se toma una FFT inversa a partir del resultado, lo que resulta en el resultado de la circunvolución de las máscaras originales.

Algunos o todos los cálculos en el método descrito pueden hacerse en paralelo y son por lo tanto muy adecuados para su implementación usando unas matrices de puertas programables en campo (FPGA). Las FPGA se usan ampliamente para tareas tales como las FFT y la circunvolución, y, o bien las partes del método descrito, o bien el método en su conjunto, pueden implementarse de manera eficiente con las mismas.

5 En otra realización, la máscara de dispositivo de agarre está dividida en pequeñas partes idénticas. La figura 5A desvela que la máscara de dispositivo de agarre está dividida en partes. Debería observarse que, en esta realización, todas las partes de la máscara pueden verse como copias de una parte (500) desplazada con algún desplazamiento dx, dy. Los cálculos se realizan a continuación usando la parte (500) como una máscara, como se describe en la figura 5B, calculando la superposición entre la máscara subyacente y la parte en diferentes localizaciones. En la medida que la parte de la máscara es más pequeña que toda la máscara, la cantidad de operaciones es menor de lo que sería para toda la máscara y el cálculo es, respectivamente, más rápido. El resultado final es una matriz de valores que corresponden a la superposición calculada de la parte y la máscara subyacente, en diferentes localizaciones en relación con la máscara subyacente.

15 Estos valores calculados con la primera parte pueden reutilizarse como los valores para las otras partes. El cálculo para toda la máscara puede acumularse a partir de los valores cuando están antes de la suma desplazada en una cantidad correspondiente a la diferencia en las localizaciones de las partes de la máscara. En otras palabras, la circunvolución con toda la máscara sería, a continuación, la suma de las circunvoluciones con las partes de máscara. Sin embargo, las otras circunvoluciones serían la misma matriz que la primera, solamente desplazada por la diferencia dx, dy de la primera parte. Por lo tanto, la circunvolución para toda la máscara en cada punto de imagen es el valor de matriz en el punto + el valor de matriz en (el punto + desplazamiento para la segunda parte) + el valor de matriz en (el punto + desplazamiento para la tercera parte), etc., para todas las partes de la máscara dividida.

20 El procedimiento anterior es aún más eficaz que usar la FFT para calcular la circunvolución, debido a que el cálculo de una FFT y una FFT inversa es una operación costosa en comparación con la acumulación de la máscara (una suma para cada píxel en la parte de máscara). Una ventaja adicional es que en el cálculo de la superposición es posible usar también otras operaciones matemáticas diferentes de la multiplicación, por ejemplo, tomando un valor mínimo de los valores de píxel en las dos máscaras, u otras funciones que no pueden hacerse de una manera eficaz usando la FFT.

25 Las figuras 4A y 4B desvelan dos ejemplos de posibles máscaras de agarre. En ambos ejemplos, la distancia D indicada por una flecha puede variar de acuerdo con la apertura del dispositivo de agarre.

30 Las realizaciones de la invención descrita en el presente documento pueden usarse en cualquier combinación unas con otras. Varias de las realizaciones pueden combinarse entre sí para formar una realización adicional de la invención.

35 Las realizaciones a modo de ejemplo de la invención pueden incluirse dentro de cualquier dispositivo adecuado, por ejemplo, que incluya servidores, estaciones de trabajo, ordenadores personales, ordenadores portátiles, PDA, aparatos de Internet, dispositivos de mano, teléfonos móviles, dispositivos inalámbricos, otros dispositivos y similares adecuados, capaces de realizar los procesos de las realizaciones a modo de ejemplo, y que pueden comunicarse a través de uno o más mecanismos de interfaz, incluyendo, por ejemplo, acceso a Internet, telecomunicaciones en cualquier forma adecuada (por ejemplo, voz, módem, y similares), medios de comunicaciones inalámbricas, una o más redes de comunicaciones inalámbricas, redes de comunicaciones móviles, redes de comunicaciones 3G, redes de comunicaciones 4G, red telefónica de servicio público (PSTN), redes de datos de paquetes (PDN), Internet, intranets, una combinación de los mismos, y similares.

40 Debería entenderse que las realizaciones a modo de ejemplo son con fines a modo de ejemplo, ya que son posibles muchas variaciones del hardware específico usado para implementar las realizaciones a modo de ejemplo, como se apreciará por los expertos en la técnica(s) de hardware. Por ejemplo, la funcionalidad de uno o más de los componentes de las realizaciones a modo de ejemplo puede implementarse a través de uno o más dispositivos de hardware.

45 Las realizaciones a modo de ejemplo pueden almacenar información relacionada con diversos procedimientos descritos en el presente documento. Esta información puede almacenarse en una o más memorias, tal como un disco duro, un disco óptico, un disco magneto-óptico, una memoria RAM, y similares. Una o más bases de datos pueden almacenar la información usada para implementar las realizaciones a modo de ejemplo de las presentes invenciones. Las bases de datos pueden organizarse usando estructuras de datos (por ejemplo, registros, tablas, matrices, campos, gráficas, árboles, listas, y similares) incluidas en una o más memorias o dispositivos de almacenamiento que se listan en el presente documento. Los procedimientos descritos con respecto a las realizaciones de ejemplo pueden incluir estructuras de datos adecuadas para almacenar los datos recogidos y/o generados por los procesos de los dispositivos y los subsistemas de las realizaciones a modo de ejemplo en una o más bases de datos.

65

Toda o una parte de las realizaciones a modo de ejemplo puede implementarse por la preparación de circuitos integrados específicos de la aplicación o interconectando una red apropiada de circuitos de componentes convencionales, como se apreciará por los expertos en la materia(s) eléctrica.

5 Como se ha indicado anteriormente, los componentes de las realizaciones a modo de ejemplo pueden incluir un medio o memorias legibles por ordenador de acuerdo con las enseñanzas de las presentes invenciones y para
mantener estructuras de datos, tablas, registros, y/o otros datos descritos en el presente documento. El medio
legible por ordenador puede incluir cualquier medio adecuado que participe en proporcionar instrucciones a un
procesador para su ejecución. Un medio de este tipo puede tomar muchas formas, incluyendo, pero no limitado a,
10 medios no volátiles, medios volátiles, medios de transmisión, y similares. Los medios no volátiles pueden incluir, por
ejemplo, discos ópticos o magnéticos, discos magneto-ópticos, y similares. Los medios volátiles pueden incluir
memorias dinámicas, y similares. Los medios de transmisión pueden incluir cables coaxiales, cables de cobre, fibra
óptica, y similares. Los medios de transmisión también pueden tomar la forma de ondas acústicas, ópticas,
15 electromagnéticas, y similares, tales como las generadas durante las comunicaciones de radio frecuencia (RF),
comunicaciones de datos por infrarrojos (IR), y similares. Las formas comunes de medios legibles por ordenador
pueden incluir, por ejemplo, un disquete, un disco flexible, un disco duro, una cinta magnética, cualquier otro soporte
magnético adecuado, un CD-ROM, un CD-RW, un DVD, cualquier otro medio óptico adecuado, tarjetas perforadas,
cinta de papel, hojas de marcas ópticas, cualquier otro medio físico adecuado con patrones de orificios u otras
20 marcas ópticamente reconocibles, una RAM, una PROM, una EPROM, una FLASH-EPROM, cualquier otro chip o
cartucho de memoria adecuado, una onda portadora o cualquier otro medio adecuado del que pueda leer un
ordenador.

REIVINDICACIONES

1. Un método que comprende:

5 obtener al menos una imagen que comprende al menos un objeto (103, 104, 105);
 calcular una máscara de fondo (306), siendo la máscara de fondo (306) una máscara de los píxeles de imagen
 que no son parte de ningún objeto en la imagen;
 calcular una máscara de objeto (308), siendo la máscara de objeto (308) una máscara de los píxeles de imagen
 que son parte del objeto a agarrar;
 10 calcular una máscara de dispositivo de agarre (302), siendo la máscara de dispositivo de agarre (302) una
 máscara de los píxeles de imagen correspondientes a unas partes de agarre del dispositivo de agarre;
 calcular una máscara de área de agarre (304), representando la máscara de área de agarre (304) un
 área/volumen mínimo dentro del dispositivo de agarre que una parte agarrada de un objeto debe cumplir;
 15 superponer la máscara de dispositivo de agarre (302) en la máscara de fondo (306) en al menos una
 localización;
 calcular la superposición de la máscara de dispositivo de agarre (302) y la máscara de fondo (306) en la al
 menos una localización;
 superponer la máscara de área de agarre (304) en la máscara de objeto (308) en al menos una localización;
 20 calcular la superposición de la máscara de área de agarre (304) y la máscara de objeto (308) en la al menos una
 localización;
 seleccionar una localización de agarre basándose en los cálculos de superposición; y
 emitir al menos una instrucción a un dispositivo de agarre para agarrar el objeto en la localización de agarre
 seleccionada.

25 2. El método de la reivindicación 1, en el que el método comprende además:

asignar a cada píxel en la al menos una imagen un valor correspondiente a la probabilidad de que el píxel
 pertenezca al objeto.

30 3. El método de la reivindicación 1 o 2, que comprende además:

asignar un primer factor de calidad para la superposición de la máscara de dispositivo de agarre (302) y la
 máscara de fondo (306) en la al menos una localización basándose en el cálculo de la superposición de la
 máscara de dispositivo de agarre (302) y la máscara de fondo (306) en la al menos una localización;
 35 asignar un segundo factor de calidad para la superposición de la máscara de área de agarre (304) y la máscara
 de objeto (308) basándose en el cálculo de la superposición de la máscara de área de agarre (304) y la máscara
 de objeto (308) en la al menos una localización; y
 seleccionar la localización de agarre basándose en los factores de calidad primero y segundo.

40 4. El método de la reivindicación 3, en el que seleccionar la localización de agarre basándose en los factores de
 calidad primero y segundo comprende además:

seleccionar una localización de agarre cuando el producto de los factores de calidad primero y segundo es el
 más alto.

45 5. El método de la reivindicación 4, en el que seleccionar la localización de agarre basándose en los factores de
 calidad primero y segundo comprende además:

establecer un valor mínimo para el primer factor de calidad de la localización de agarre a seleccionar.

50 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además:

calcular múltiples máscaras de dispositivo de agarre (302) y máscaras de área de agarre (304) que corresponden
 a diferentes posiciones del dispositivo de agarre.

55 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la máscara de agarre y la máscara de área de
 agarre (304) se precálculan para un conjunto de posibles posiciones de dispositivo de agarre.

60 8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la máscara de agarre y la máscara de área de
 agarre (304) se calculan para un conjunto de posibles posiciones de dispositivo de agarre, en tiempo real.

9. El método de cualquiera las reivindicaciones 1-8 en el que calcular la superposición de máscaras comprende
 además:

65 dividir la máscara de dispositivo de agarre (302) en partes de máscara de dispositivo de agarre;
 calcular la superposición de una parte de máscara de dispositivo de agarre y la máscara de fondo (306);

- calcular la superposición para cada una de las otras partes de máscara de dispositivo de agarre desplazando los valores calculados con la primera parte de máscara de dispositivo de agarre mediante un desplazamiento de cada otra parte de máscara de dispositivo de agarre en relación con la primera parte de máscara de dispositivo de agarre en la máscara de dispositivo de agarre (302); y
- 5 calcular la superposición de toda la máscara de dispositivo de agarre (302) y la máscara de fondo (306) como una suma de las superposiciones calculadas para las partes de máscara de dispositivo de agarre.
10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que calcular la superposición de máscaras comprende además:
- 10 dividir la máscara de área de agarre (304) en unas partes de máscara de área de agarre;
 calcular la superposición de una parte de máscara de área de agarre y la máscara de objeto (308);
 calcular la superposición para cada una de las otras partes de máscara de área de agarre desplazando los valores calculados con la primera parte de máscara de área de agarre mediante un desplazamiento de cada otra
- 15 parte de máscara de agarre en relación con la primera parte de máscara de área de agarre en la máscara de área de agarre (304); y
 calcular la superposición de toda la máscara de área de agarre (304) y la máscara de objeto (308) como una suma de las superposiciones calculadas para las partes de máscara de área de agarre.
- 20 11. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la circunvolución con la transformada rápida de Fourier (FFT) se usa en calcular las superposiciones.
- 25 12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que se implementan algunas o la totalidad de las etapas usando matrices de puertas programables en campo (FPGA).
- 30 13. Un programa informático que comprende un código de programa que comprende instrucciones para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-12.
14. El programa informático de la reivindicación 13, en el que el programa informático está almacenado en un medio legible por ordenador.
15. Un aparato que comprende:
- 35 medios (145, 152) para obtener al menos una imagen que comprende un objeto (103, 104, 105);
 medios (142) para calcular una máscara de fondo (306), siendo la máscara de fondo (306) una máscara de los píxeles de imagen que no son parte de ningún objeto en la imagen;
 medios (142) para calcular una máscara de objeto (308), siendo la máscara de objeto (308) una máscara de los píxeles de imagen que son parte del objeto a agarrar;
- 40 medios (142) para calcular una máscara de dispositivo de agarre (302), siendo la máscara de dispositivo de agarre (302) una máscara de los píxeles de imagen correspondientes a las partes de agarre del dispositivo de agarre;
 medios (142) para calcular una máscara de área de agarre (304), representando la máscara de área de agarre (304) un área/volumen mínimo dentro del dispositivo de agarre que una parte agarrada de un objeto debe cumplir;
- 45 medios (142) para superponer la máscara de dispositivo de agarre (302) en la máscara de fondo (306) en al menos una localización;
 medios (142) para calcular la superposición de la máscara de dispositivo de agarre (302) y la máscara de fondo (306) en la al menos una localización;
 medios (142) para superponer la máscara de área de agarre (304) en la máscara de objeto (308) en al menos una localización;
- 50 medios (142) para calcular la superposición de la máscara de área de agarre (304) y la máscara de objeto (308) en la al menos una localización;
 medios (142, 156) para seleccionar una localización de agarre basándose en los cálculos de superposición; y
 medios (142) para emitir al menos una instrucción a un dispositivo de agarre para agarrar el objeto en la localización de agarre seleccionada.
- 55 16. Un aparato de la reivindicación 15, que comprende además medios (140) para implementar el método de cualquiera de las reivindicaciones 2-12.

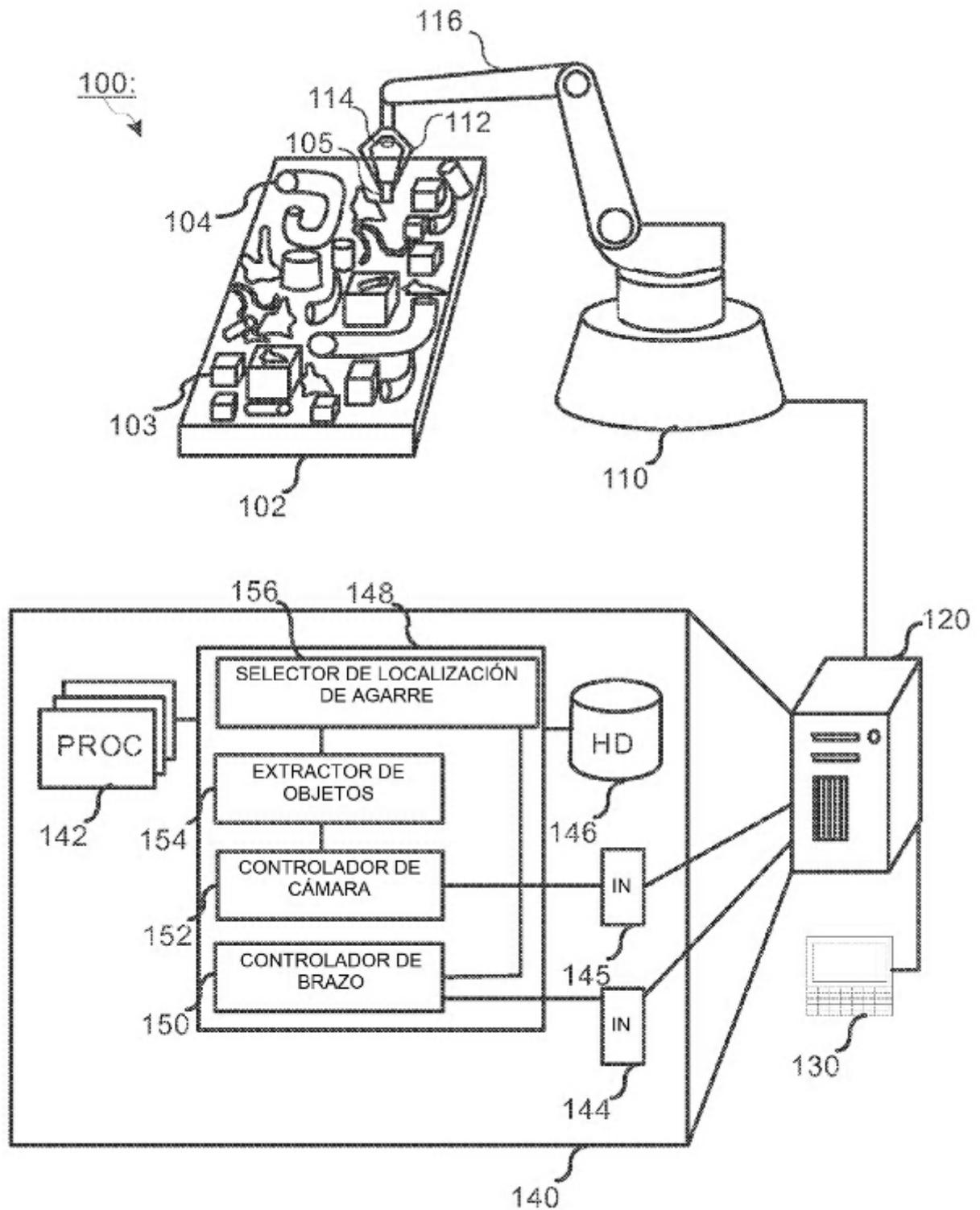


FIG. 1

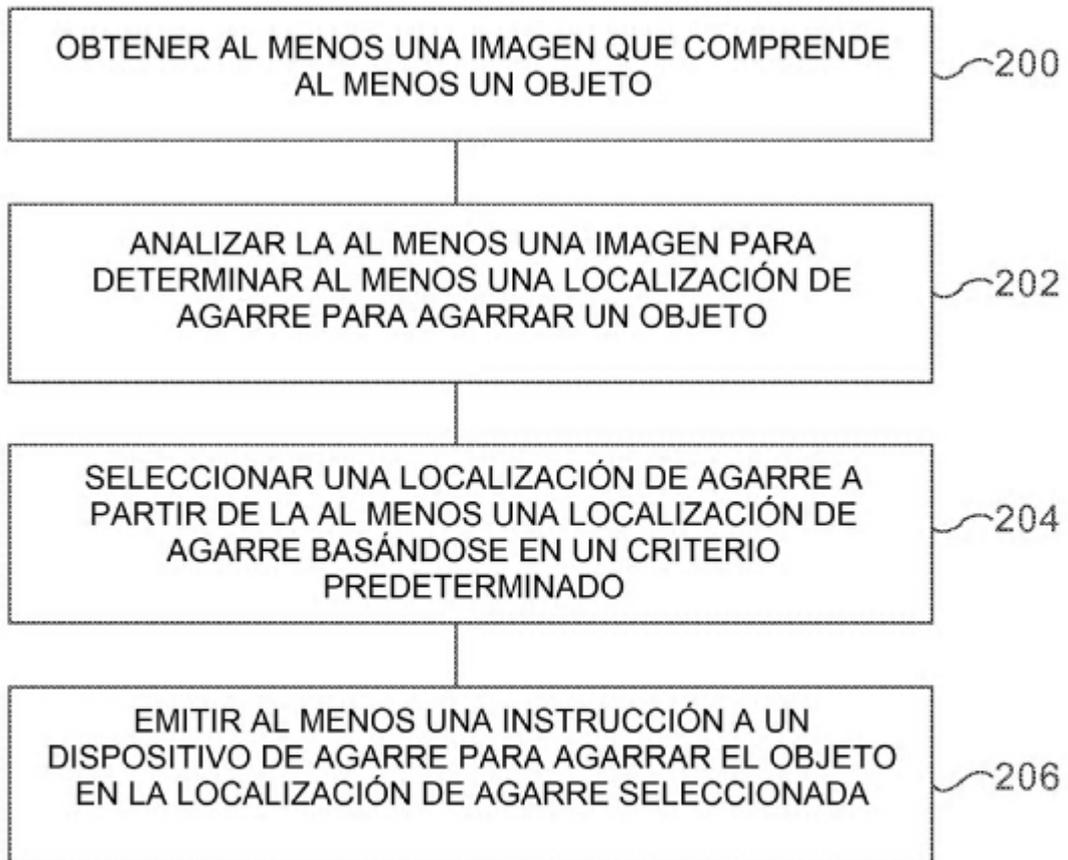


FIG. 2

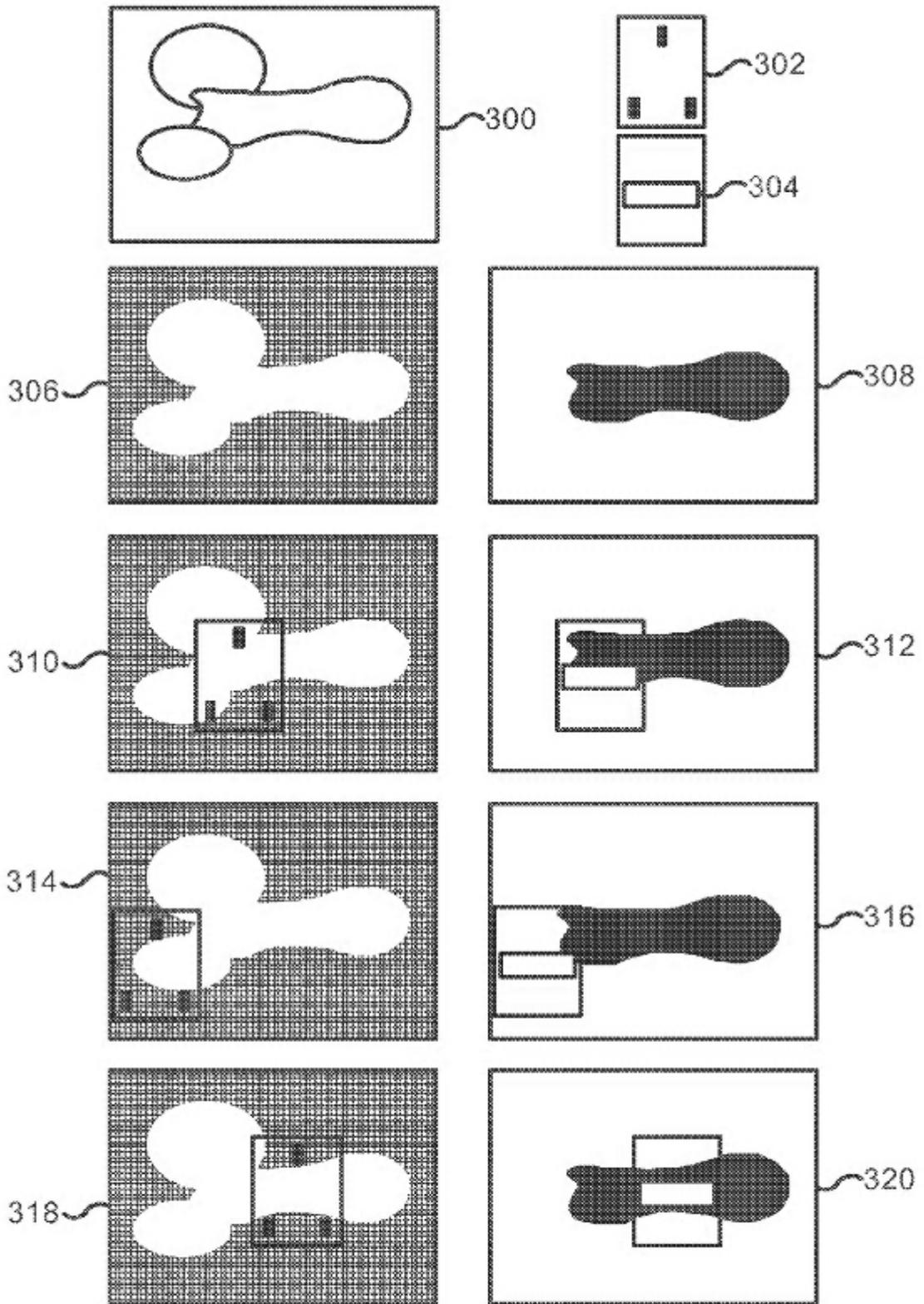


FIG. 3

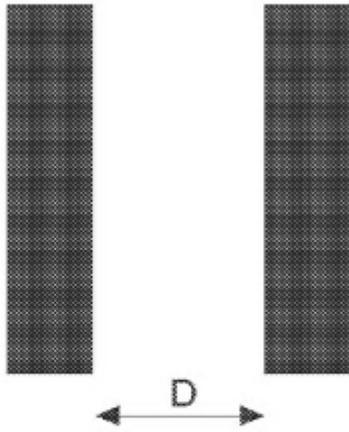


FIG. 4A

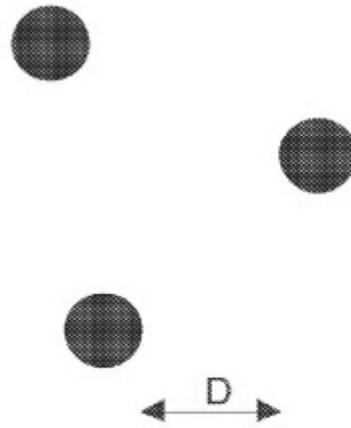


FIG. 4B

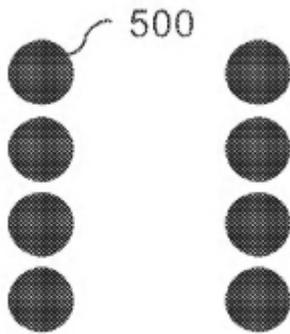


FIG. 5A

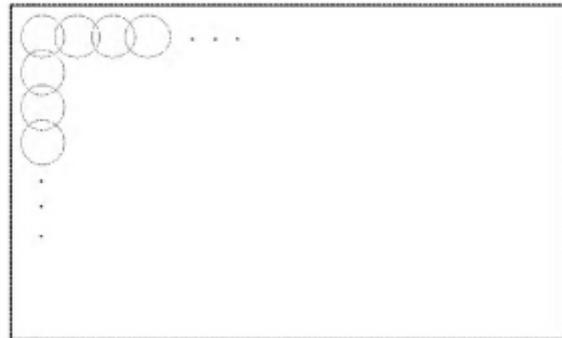


FIG. 5B