

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 952 517**

51 Int. Cl.:

G05B 19/418 (2006.01)

G06K 7/14 (2006.01)

G06K 7/10 (2006.01)

G06Q 10/08 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2016 PCT/US2016/050949**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.03.2017 WO17044747**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2016 E 16778496 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2023 EP 3347780**

54 Título: **Sistemas robóticos y métodos para identificar y procesar diversos objetos**

30 Prioridad:

11.09.2015 US 201562217200 P

18.12.2015 US 201562269640 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2023

73 Titular/es:

BERKSHIRE GREY OPERATING COMPANY, INC.
(100.0%)

140 South Road
Bedford, MA 01730, US

72 Inventor/es:

WAGNER, THOMAS;
AHEARN, KEVIN;
DAWSON-HAGGERTY, MICHAEL;
GEYER, CHRISTOPHER;
KOLETSCHKA, THOMAS;
MARONEY, KYLE;
MASON, MATTHEW;
PRICE, GENE, TEMPLE;
ROMANO, JOSEPH;
SMITH, DANIEL;
SRINIVASA, SIDDHARTHA;
VELAGAPUDI, PRASANNA;
ALLEN, THOMAS y
COHEN, BENJAMIN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 952 517 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

Sistemas robóticos y métodos para identificar y procesar diversos objetos

5 **PRIORIDAD**

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional de EE. UU. con n.º de serie 62/217.200 presentada el 11 de septiembre de 2015, así como la solicitud de patente provisional de EE. UU. con n.º de serie 62/269.640 presentada el 18 de diciembre de 2015.

10 **ANTECEDENTES**

La invención se refiere, en general, a sistemas robóticos y otros sistemas de clasificación y se refiere, en particular, a sistemas robóticos y otros sistemas de clasificación que están pensados para su uso en entornos dinámicos que requieren que el sistema acomode el procesamiento de diversos objetos.

Muchas operaciones de cumplimiento de pedidos logran una alta eficiencia mediante el empleo de un proceso denominado picking por oleadas. En el picking por oleadas, los pedidos se recogen de las estanterías del almacén y se colocan en contenedores que contienen varios pedidos que se clasifican aguas abajo. En la etapa de clasificación, se identifican los artículos individuales y se consolidan los pedidos de varios artículos en una sola ubicación del contenedor o estantería, de forma que puedan empaquetarse y enviarse después a los clientes. El proceso de clasificación de estos artículos se ha realizado a mano. Un clasificador humano recoge un artículo de un contenedor entrante, encuentra el código de barras en el objeto, escanea el código de barras con un escáner de código de barras portátil, determina a partir del código de barras escaneado la ubicación adecuada del contenedor o estantería para el artículo y coloca después el artículo en la ubicación así determinada del contenedor o estantería donde se han colocado todos los artículos para ese pedido.

Los escáneres de código de barras operados manualmente son generalmente sistemas fijos o portátiles. Con sistemas fijos, tales como los que se usan en los sistemas de *punto de venta*, el operario sostiene el artículo y lo coloca frente al escáner de forma que el código de barras se oriente hacia los sensores del dispositivo de escaneo y el escáner, que escanea continuamente, decodifica cualquier código de barras que pueda detectar. Si el artículo no se detecta de inmediato, la persona que sostiene el artículo normalmente necesita variar la posición o la rotación del artículo frente al escáner fijo, para que el código de barras sea más visible para el escáner. Para los sistemas portátiles, la persona que opera el escáner busca el código de barras en el artículo y sostiene después el escáner para que el código de barras del artículo sea visible para el escáner y presiona después un botón en el escáner portátil para iniciar un escaneo del código de barras.

Otras formas de identificar elementos mediante el escaneo de códigos de barras requieren que la ubicación del código de barras se controle o restrinja para que un escáner de código de barras fijo o controlado por un robot pueda ver el código de barras de forma fiable. Los escáneres automáticos de código de barras también implican sistemas fijos o portátiles y se aplican los mismos principios. En el caso de los escáneres de código de barras usados normalmente en aplicaciones industriales, las posibles posiciones de los códigos de barras deben controlarse estrictamente para que los códigos de barras sean visibles para uno o más escáneres. Por ejemplo, se pueden colocar uno o más escáneres de código de barras en ubicaciones fijas con respecto a un transportador o una serie de bandejas móviles, de modo que los escáneres puedan escanear objetos, normalmente cajas, a medida que pasan por los escáneres. En estas instalaciones, la gama de colocación de los códigos de barras es comparativamente limitada, ya que estos deben estar en etiquetas fijadas en uno de los cuatro lados o en la parte superior de una caja, que también necesita presentarse en orientaciones adecuadas para el escaneo. El código de barras detectado se asocia luego con la sección inmediata del transportador o se asocia con la bandeja móvil particular en la que se había colocado el objeto antes del escaneo.

En todos estos casos, los sistemas emplean sensores, cámaras o sensores de reflectividad láser, así como software para detectar los códigos de barras y descodificarlos. Estos métodos tienen limitaciones inherentes que incluyen el rango de distancias de orientaciones relativas al sistema de detección, sobre el que son capaces de escanear códigos de barras de forma fiable. En primer lugar, el código de barras debe estar orientado hacia el escáner; en segundo lugar, el alcance del código de barras debe ser tal que los elementos individuales puedan distinguirse con fiabilidad; y, en tercer lugar, la inclinación y el sesgo del código de barras deben ser tales que los elementos individuales puedan distinguirse con fiabilidad. Los tipos de sensores empleados y la robustez de los esquemas de detección y descodificación del software determinan estos parámetros de rendimiento. Por lo tanto, sigue existiendo la necesidad de un sistema de identificación de objetos para un sistema robótico que sea capaz de acomodar la identificación y el procesamiento automatizados de una variedad de objetos en una variedad de orientaciones.

El documento US 2015/081090 A1 divulga un sistema de manipulación de materiales que comprende: una plataforma para recibir una pluralidad de artículos, una pluralidad de contenedores de clasificación, cada contenedor corresponde a un tipo de artículo, un sistema de reconocimiento de objetos para identificar un artículo en la plataforma y categorizar dicho artículo por tipo de artículo específico y un conjunto de acoplamiento de artículos para acoplar y entregar dicho

artículo en dicho contenedor de clasificación correspondiente. El sistema de reconocimiento de objetos en 3D incluye un detector 3D para detectar dicho artículo y una base de datos que contiene datos sobre las características de los tipos de artículos y el sistema de reconocimiento de objetos está dispuesto para identificar el artículo en función de los datos dentro de dicha base de datos e instruir al conjunto de acoplamiento de artículos para que acople y coloque el artículo en dicho contenedor de clasificación.

El documento US 2002/0147568 A1 divulga un sistema y un método para escanear un objeto dentro de una región usando un esquema de escaneo conforme. Las mediciones de la región pueden producir datos indicativos de una o más características del objeto. El método también puede generar una salida que indique una o más características del objeto.

El documento JP 2003/150230 A divulga un sistema de gestión de imágenes operacionales para ejecutar el análisis operativo de cada proceso operativo con un medio de reconocimiento de trabajos para reconocer un trabajo a realizar, un medio fotográfico para fotografiar el contenido operativo, un medio correspondiente al proceso para corresponder cada proceso operativo a las imágenes obtenidas por el medio fotográfico, un medio de registro de información para registrar la información obtenida por el medio de reconocimiento de trabajos y las imágenes obtenidas por el medio fotográfico, y un medio de control de información para ejecutar la edición tal como la conexión de las imágenes relacionadas con un solo trabajo en el orden de ejecución del proceso operativo en base a la información registrada en el medio de registro de información y el flujo del proceso de producción.

El documento WO 2010/034044 A2 divulga un método para recibir y/o procesar secuencialmente objetos individuales de una cantidad de objetos movida, en particular de forma continua, por un aparato transportador usando un aparato de manipulación, particularmente un robot industrial, que comprende un método de formación de imágenes llevado a cabo en el cantidad de objetos movidos y un método de detección de objetos para localizar, identificar y seleccionar al menos un objeto que puede ser recibido y/o procesado por el aparato de manipulación usando la información de imagen del sistema de detección de objetos que procesa el método de formación de imágenes y recibir y/o procesar un objeto seleccionado con el aparato de manipulación.

El documento US20060190356A1 divulga un método de garantía de calidad en el que los paquetes individuales se seleccionan y agrupan según lo que se va a enviar a un receptor específico.

El documento CN 202 539 084 U divulga un sistema de reconocimiento por escaneo de múltiples dígitos, que incluye un reconocedor de códigos de barras, un manipulador, un dispositivo de control del manipulador, una bandeja, un escáner de código de barras y una unidad central de procesamiento.

SUMARIO

De acuerdo con un aspecto, la invención proporciona un sistema robótico según la reivindicación independiente 1 anexa.

De acuerdo con otro aspecto, la invención proporciona un método de clasificación automatizada de objetos según la reivindicación independiente 7 anexa.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La siguiente descripción puede entenderse mejor con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una vista esquemática ilustrativa de un sistema según una realización que es útil para entender la presente invención;

la figura 2 muestra una vista esquemática ilustrativa de una parte del sistema de la figura 1 que incluye una pluralidad de unidades de percepción;

la figura 3 muestra una vista esquemática ilustrativa de los datos de imagen de percepción de un conjunto de objetos a clasificar tal como se presentan en una estación de alimentación en un sistema según una realización de la presente invención;

la figura 4 muestra una vista esquemática ilustrativa de una única sujeción simulada de un objeto a identificar según una realización de la presente invención;

la figura 5 muestra una vista esquemática ilustrativa de múltiples sujeciones simuladas superpuestas del objeto de la figura 4;

la figura 6 muestra una vista esquemática ilustrativa de posiciones superpuestas simuladas de muchos códigos de barras;

la figura 7 muestra una vista esquemática ilustrativa de una configuración de unidades de percepción basada en el modelado de las figuras 4 a 6;

5 la figura 8 muestra una vista esquemática ilustrativa de un sistema según una realización de la presente invención;

la figura 9 muestra una vista isométrica esquemática ilustrativa de una unidad de percepción de caídas para su uso según el sistema de la figura 8; y

10 la figura 10 muestra una vista superior esquemática ilustrativa vista isométrica de la unidad de percepción de caídas de la figura 9.

Los dibujos se muestran únicamente con fines ilustrativos.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA

De acuerdo con una realización, la invención proporciona un sistema de percepción de objetos con el fin de clasificar automáticamente objetos individuales en un conjunto. En aplicaciones tal como el cumplimiento de pedidos, los objetos se reúnen en conjuntos heterogéneos y se deben clasificar. Los objetos individuales deben identificarse y, a 20 continuación, dirigirse a ubicaciones específicas para cada objeto. El sistema descrito automatiza de forma fiable la identificación de objetos de este tipo empleando escáneres de código de barras automatizados y un brazo robótico. De acuerdo con ciertas realizaciones, por ejemplo, el sistema usa el brazo robótico para sostener el elemento frente a uno o más escáneres de código de barras para que el objeto pueda ser escaneado. De acuerdo con varias realizaciones, las unidades de percepción (por ejemplo, cámaras o escáneres) pueden buscar una variedad de códigos 25 tales como indicios (por ejemplo, códigos de barras, etiquetas de radiofrecuencia, Unidad de mantenimiento de existencias (SKU), Código universal de producto (UPC), IR de longitud de onda baja (LWIR), así como códigos de barras invisibles y marcas de agua digitales, tal como Digimarc DWCode, etc.)

30 Mientras que los escáneres industriales fijos requieren que el código de barras del objeto esté situado de forma que su código de barras sea visible para un escáner, el brazo robótico de la presente invención puede recoger un objeto de un conjunto heterogéneo de objetos donde el código de barras no es visible y escanear el elemento. El resultado es un sistema automatizado de escaneo de códigos de barras de elementos arbitrarios en un flujo heterogéneo de objetos que se puede usar para identificar elementos con precisión y fiabilidad.

35 La clasificación para el cumplimiento de pedidos es una aplicación para la identificación automática de objetos a partir de un flujo de objetos heterogéneo. Los escáneres de código de barras tienen una amplia variedad de usos, incluyendo la identificación de la unidad de mantenimiento de existencias de un artículo o el seguimiento de paquetes. El sistema descrito puede tener muchos usos en la identificación y clasificación automáticas de objetos.

40 Funcionando junto con un sistema robótico de recogida y colocación, un sistema de este tipo de una realización de la presente invención automatiza parte del proceso de clasificación, en particular la etapa de identificación de los objetos recogidos. En lugar de que una persona recoja el objeto de un contenedor, un brazo robótico puede recoger un objeto de un contenedor, coloca el objeto frente a un escáner de código de barras y, a continuación, una vez obtenidos los 45 códigos de identificación del objeto, coloca el objeto en la ubicación adecuada del contenedor o estantería. Dado que los escáneres de código de barras emplean cámaras o láseres para escanear simbologías 1D o 2D impresas en etiquetas adheridas a artículos, los códigos de barras deben ser visibles para los sensores del escáner para que el escaneo tenga éxito, con el fin de identificar automáticamente elementos en un flujo heterogéneo de artículos arbitrarios, como en un conjunto desordenado de artículos que se encuentran en un contenedor.

50 De acuerdo con varias realizaciones, por lo tanto, la invención proporciona un método para determinar la identidad de un objeto a partir de una recogida de objetos, así como un método para escanear el código de barras de un objeto empleando uno o más escáneres de código de barras y un brazo robótico con un efector final que sostiene el objeto. La invención proporciona además un método para determinar la colocación de escáneres de código de barras fijos de modo que se maximice la probabilidad de escanear con éxito un objeto sostenido por un efector final robótico de 55 acuerdo con ciertas realizaciones, así como un método para determinar una secuencia de colocaciones de un efector final robótico para minimizar el tiempo que lleva una configuración de uno o más escáneres de código de barras para escanear con éxito un objeto y un método para escanear el código de barras de un objeto mediante el empleo de un escáner de código de barras como efector final en un brazo robótico.

60 Un aspecto importante es la capacidad de identificar objetos mediante códigos de barras u otras marcas visuales de los objetos empleando un brazo robótico para recoger objetos individuales y colocarlos o dejarlos caer frente a uno o más escáneres. Los sistemas de escaneo automatizado no podrían ver los códigos de barras en los objetos que se presentan de manera que sus códigos de barras no estén expuestos o visibles. Dado que el sistema usa un robot para sostener el objeto, puede maniobrar el objeto para hacer visible el código de barras o emplear varios escáneres que 65 ven el artículo desde varios puntos de vista para adquirir el código de barras, independientemente de cómo se sostenga el objeto.

En la figura 1 se muestra un sistema automatizado de identificación de artículos de acuerdo con una realización que es útil para comprender la presente invención. La figura 1 muestra un sistema robótico 10 que incluye un brazo articulado 12 que incluye un efector final 14 y secciones articuladas 16, 18 y 20. El brazo articulado 12 selecciona elementos de un transportador 22, que están en un contenedor en el transportador 22 o están en el propio transportador. Un soporte 24 incluye una primera unidad 26 de detección adjunta que se dirige hacia el transportador desde arriba del transportador. El sistema de percepción puede ser una unidad 26 de percepción, por ejemplo, una cámara o un escáner tal como un escáner de reflectividad láser u otro tipo de lector de código de barras, o un escáner de identificación por radiofrecuencia. Se proporciona una pluralidad de unidades de percepción adicionales en un sistema 28 de percepción (como se analizará con más detalle a continuación con referencia a la figura 2).

El sistema robótico 10 puede incluir además el entorno robótico, una estación objetivo 30 que incluye una serie de contenedores 32 en los que se pueden colocar los objetos después de la identificación. Un sistema 34 central de computación y control se puede comunicar con la unidad 26 de percepción y el sistema 28 de percepción, así como con el brazo articulado 12 mediante comunicación inalámbrica o, en ciertas realizaciones, se puede proporcionar el sistema 34 central de computación y control dentro de la sección 20 base del brazo articulado.

La figura 2 muestra el sistema 28 de percepción que incluye una pluralidad de unidades 40, 42, 44, 46 y 48 de percepción, así como una pluralidad de fuentes 50, 52, 54 y 56 de iluminación para su uso en ciertas realizaciones de la presente invención. Cada una de las unidades 40, 42, 44, 46 y 48 de percepción puede ser, por ejemplo, una cámara (por ejemplo, 2D o 3D), un escáner tal como un escáner de reflectividad láser u otro tipo de lector de código de barras (por ejemplo, escáneres de código de barras 1D o 2D) o un escáner de identificación por radiofrecuencia junto con el software asociado para procesar los datos percibidos.

Generalmente, el sistema proporciona, en una realización específica, un sistema automatizado de identificación de artículos que incluye un sistema robótico de recogida y colocación que es capaz de recoger artículos, moverlos en el espacio y colocarlos. El sistema también incluye el conjunto de objetos por sí mismos a identificar; la forma en la que se organizan los objetos entrantes, comúnmente en una pila heterogénea en un contenedor o en una línea en un transportador; la forma en la que se organizan los objetos salientes, normalmente en una serie de contenedores salientes o cubículos de estanterías; la forma en la que se etiquetan los objetos con códigos de barras o etiquetas de identificación por radiofrecuencia; un escáner primario fijo que funciona por encima del flujo entrante de objetos; una estación de escaneo de códigos de barras en la que se activan uno o más escáneres de código de barras e iluminadores cuando el objeto se sostiene en la estación; y un sistema central de computación y control determina la ubicación adecuada para colocar el objeto, que depende del código de barras decodificado del objeto.

Como se señaló, el *sistema robótico de recogida y colocación* es normalmente un brazo robótico equipado con sensores y computación, que cuando se combina se supone en el presente documento que presenta las siguientes capacidades: (a) es capaz de recoger objetos de una clase específica de objetos y separarlos de una corriente de objetos heterogéneos, ya sea que estén revueltos en un contenedor o que estén individualizados en un sistema transportador motorizado o por gravedad, (b) es capaz de mover el objeto a lugares arbitrarios dentro de su espacio de trabajo, (c) es capaz de colocar objetos en una ubicación del contenedor o estantería saliente en su espacio de trabajo; y (d) es capaz de generar un mapa de objetos que puede recoger, representado como un conjunto candidato de puntos de agarre en la celda de trabajo y como una lista de polítopos que encierran el objeto en el espacio.

Los *objetos permitidos* están determinados por las capacidades del sistema robótico de recogida y colocación. Se supone que su tamaño, peso y geometría son tales que el sistema robótico de recogida y colocación puede recogerlos, moverlos y colocarlos. Estos pueden ser cualquier tipo de mercancía, paquetes, encomiendas u otros artículos pedidos que se benefician de la clasificación automatizada. En determinadas realizaciones, cada objeto está asociado a una unidad de mantenimiento de existencias (SKU), que identifica el elemento.

La forma en que llegan los *objetos entrantes* puede ser, por ejemplo, en una de dos configuraciones: (a) los objetos entrantes llegan apilados en contenedores de objetos heterogéneos como se muestra en la figura 3; o (b) los artículos entrantes llegan por un transportador en movimiento. Como se muestra en la figura 3, la recogida de objetos incluye algunos que tienen códigos de barras expuestos como se muestra en 60, 62, 64, 66, 68, 70 y 72 y otros objetos que no tienen códigos de barras expuestos. Se supone que el sistema robótico de recogida y colocación puede recoger elementos del contenedor o del transportador. El flujo de objetos entrantes es la secuencia de objetos a medida que se descargan del contenedor o del transportador.

La forma en que se organizan los objetos salientes es tal que los artículos se colocan en un contenedor, ubicación de estantería o cubículo u otra ubicación de destino en donde se consolidan todos los objetos correspondientes a un pedido dado. Estos *destinos de salida* se pueden disponer en conjuntos verticales, conjuntos horizontales, cuadrículas o de alguna otra forma regular o irregular, pero el sistema conoce tal disposición. Se supone que el sistema robótico de recogida y colocación puede colocar objetos en todos los destinos de salida y el destino de salida correcto se determina a partir de la SKU del objeto.

Se supone que los objetos están *marcados* en uno o más lugares en su exterior con una marca distintiva visual tal como un código de barras o una etiqueta de identificación por radiofrecuencia (RFID) u otro identificador único para que puedan ser identificados por un escáner. El tipo de marca depende del tipo de sistema de escaneo usado, pero puede incluir simbologías de códigos de barras 1D o 2D. Pueden emplearse múltiples simbologías o enfoques de etiquetado. Se supone que los tipos de escáneres empleados son compatibles con el enfoque de marcado. La marca, ya sea mediante código de barras, etiqueta RFID u otros medios, codifica una *cadena de símbolos*, que normalmente es una cadena de letras y números. La cadena de símbolos asocia de forma única el objeto con una SKU.

La unidad 26 de percepción *primaria* es un dispositivo montado sobre el área a la que llegan los objetos entrantes, que escanea todos los objetos entrantes en busca de características de identificación. Cuando los objetos entrantes llegan en contenedores, la unidad de percepción primaria se monta sobre el contenedor. La unidad de percepción primaria consta de uno o más dispositivos que pueden reconocer marcas visualmente distintivas, que pueden incluir códigos de barras u otras características de identificación o etiquetas RFID en los objetos. Los componentes de la unidad pueden incluir cámaras, escáneres RFID, iluminadores y microprocesadores decodificadores. La unidad de percepción primaria hace la primera pasada para reconocer elementos en el contenedor. La unidad de percepción primaria localiza cualquier código que haya encontrado y se supone que el sistema robótico de recogida y colocación puede usar esa ubicación para recoger el elemento con el código dado.

El sistema 28 de percepción (por ejemplo, los *escáneres secundarios*) es un conjunto que escanea cualquier objeto que la unidad de percepción primaria no puede escanear entre los objetos entrantes o que escanea los objetos para confirmar los resultados de la unidad de percepción primaria. En realizaciones adicionales, los escáneres secundarios se pueden usar para detectar cualquier indicio adicional, que puede confirmar la identificación o puede detectar que se ha agarrado más de un objeto, en cuyo caso, ambos se devuelven al área entrante de entrada. Los objetos entrantes en un contenedor o en un transportador pueden tener etiquetas parcial o totalmente tapadas por otros objetos o es posible que las etiquetas no estén frente al escáner. El sistema de percepción secundario está montado en el espacio de trabajo del sistema robótico de recogida y colocación para que los artículos no identificados puedan presentarse al escáner secundario. Al igual que la unidad de percepción primaria, el sistema de percepción secundario consta de uno o más dispositivos de percepción, que pueden incluir cámaras, escáneres RFID, iluminadores y microprocesadores decodificadores.

Las operaciones de los sistemas descritos anteriormente están coordinadas por el *sistema 34 de control central*. Este sistema determina, a partir de datos de percepción (por ejemplo, cadenas de símbolos), la SKU asociada con un objeto, así como el destino de salida del objeto. El sistema de control central está compuesto por una o más estaciones de trabajo o unidades centrales de procesamiento (CPU). La correspondencia entre las SKU y los destinos de salida se mantiene mediante el sistema de control central en una base de datos denominada *manifiesto*. El sistema de control central mantiene el manifiesto comunicándose con un *sistema de gestión de almacenes* (WMS).

Durante la operación, el amplio flujo de trabajo puede ser generalmente como sigue. Primero, el sistema está equipado con un manifiesto que proporciona el destino de salida para cada objeto entrante. A continuación, el sistema espera a que los objetos entrantes lleguen en un contenedor o en un transportador. Cuando el sistema robótico de recogida y colocación reconoce que uno o más objetos entrantes están presentes, el sistema de control central da instrucciones a la unidad de percepción primaria para que escanee los objetos entrantes. La unidad de percepción primaria crea una lista de marcas detectadas, que incluye sus cadenas de símbolos, así como sus posiciones en el espacio de trabajo. La unidad de percepción primaria transmite esta lista al sistema de control central.

El sistema de control central recibe de la unidad de percepción primaria la información percibida, incluidas las marcas detectadas, y del sistema robótico de recogida y colocación recibe una lista de objetos no identificados pero que se pueden recoger. Las coordenadas de posición en ambas listas se registran entre sí empleando información de calibración sobre el escáner primario y el sistema robótico de recogida y colocación. El sistema de control central emplea el mapa generado por el sistema robótico de recogida y colocación para determinar por medios geométricos simples los objetos que encierra cada marca detectada. Así, el sistema de control central asocia a cada marca el objeto al que corresponde. Esta etapa es una *asociación de datos basada en marcas*. El sistema de control central clasifica cada uno de los artículos candidatos a recoger en función de una heurística, tal como elegir el objeto más alto de una pila, y así genera una *lista de recogida de candidatos*.

Una vez más, la figura 3 muestra un ejemplo de una *asociación de datos basada en marcas* entre los objetos identificados por el sistema robótico de recogida y colocación y las marcas detectadas por una unidad de percepción. En este caso, los símbolos de código de barras (cuadriláteros delimitadores) están asociados con los objetos no identificados (segmentos sombreados) en los que se encuentran los símbolos de código de barras.

Si se recoge al menos un candidato en la lista de recogida de candidatos que está asociada con una marca, el sistema elige la recogida con la clasificación más alta. La expectativa es que el objeto recogido corresponderá a la marca previamente asociada por el sistema de control central y detectada por la unidad de percepción primaria. Dado que esta asociación puede ser potencialmente errónea, el sistema de control central realiza una verificación. Una vez que el objeto ha sido retirado y separado del conjunto de objetos entrantes, el sistema indica a la unidad de percepción primaria que vuelva a escanear los artículos entrantes. Si se eliminó el objeto correcto, entonces la marca asociada a

él ya no debería estar en la lista de marcas detectadas por la unidad de percepción primaria. Sin embargo, si todavía está la marca asociada con el elemento recogido, entonces debe ser que recogió el elemento incorrecto. Si recogió el elemento incorrecto, vuelve a colocar el elemento y repite el proceso de generar candidatos de recogida desde el sistema robótico de recogida y colocación y el escáner primario.

Si no se recogen candidatos asociados a una marca, entonces recoge el objeto asociado a la recogida con la clasificación más alta. Dado que no hay ninguna marca asociada con el objeto, es un objeto no identificado. Después de que el sistema robótico de recogida y colocación recoja el elemento del conjunto de objetos entrantes, el sistema de control central da instrucciones al sistema robótico de recogida y colocación para que mueva el objeto al sistema de percepción secundario para escanearlo. El sistema de control central da instrucciones al sistema de percepción secundario para escanear el objeto no identificado.

Si el sistema de percepción secundario reconoce con éxito una marca en el objeto, entonces se identifica el objeto y el sistema de control central ordena al sistema robótico de recogida y colocación que transfiera el elemento al destino de salida determinado desde la SKU, que se determina a partir de la marca detectada.

Si el sistema de percepción secundario no puede reconocer una marca en el objeto, entonces, dependiendo de la configuración del escáner, el sistema de control central puede ordenar al sistema robótico de recogida y colocación que gire el objeto para intentar que las marcas sean visibles para los escáneres y para escanear el objeto de nuevo. Esto puede ocurrir varias veces para garantizar que si la marca estuviera en el objeto, se detectaría. La secuencia de ubicaciones y orientaciones de los objetos se elige para minimizar la cantidad de tiempo promedio o máxima que lleva el escaneo secundario. Si el objeto no se puede identificar o si el sistema de percepción secundario detecta identificadores de productos que no coinciden (lo que posiblemente indique una recogida doble), el objeto se puede transferir a un destino de salida especial para objetos no identificados o se puede devolver al flujo entrante.

Todo este procedimiento funciona en un bucle hasta que se agotan todos los objetos del conjunto entrante. Los objetos en la corriente entrante se identifican, clasifican y enrutan automáticamente a los destinos de salida.

Por lo tanto, según una realización, la invención proporciona un sistema para clasificar objetos que llegan en contenedores entrantes y que deben colocarse en una estantería de contenedores salientes, donde la clasificación se basará en un símbolo de código de barras. En esta realización, los sistemas de percepción primario y secundario pueden detectar y descodificar simbologías de códigos de barras.

Las especializaciones clave en esta realización son el diseño específico de los sistemas de percepción primario y secundario para maximizar la *probabilidad de un escaneo exitoso*, mientras que simultáneamente se minimiza el *tiempo de escaneo promedio*. La probabilidad de un escaneo exitoso y el tiempo de escaneo promedio constituyen *características clave de rendimiento*. Estas características clave de rendimiento están determinadas por la configuración y las propiedades de los sistemas de percepción primario y secundario, así como por el grupo de objetos y cómo se marcan.

Las dos características clave de rendimiento se pueden optimizar para un conjunto de elementos y un método de etiquetado de códigos de barras dados. Los parámetros de la optimización para un sistema de códigos de barras incluyen cuántos escáneres de código de barras incluir, dónde y en qué orientación colocarlos y qué resoluciones de sensor y campos de visión usarán los escáneres. La optimización se puede, en determinadas realizaciones, realizar mediante simulación con modelos del objeto.

La optimización a través de la simulación emplea un *modelo de rendimiento de escáner de código de barras*. Un modelo de rendimiento de escáner de código de barras es el intervalo de posiciones, orientaciones y tamaño del elemento del código de barras que un símbolo de código de barras puede detectar y decodificar por un escáner de código de barras, donde el tamaño del elemento del código de barras es el tamaño de la característica más pequeña del código de barras. Por lo general, se clasifican en un intervalo mínimo y máximo, un ángulo de desviación máximo, un ángulo de paso máximo y un ángulo de inclinación mínimo y máximo.

Si un escáner de código de barras y un símbolo se sostienen en posición vertical y el símbolo del código de barras mira hacia el escáner de modo que el símbolo quede paralelo al lado del sensor del escáner, entonces el símbolo del código de barras se encuentra en lo que se denomina plano fronto-paralelo. El ángulo entre el plano fronto-paralelo y un plano que gira alrededor del eje vertical es el ángulo de desviación. El ángulo entre el plano fronto-paralelo y un plano que gira alrededor del eje horizontal es el ángulo de paso. El ángulo que forma una característica en el fronto-paralelo cuando gira alrededor de un eje perpendicular al plano fronto-paralelo es el eje de inclinación.

Los rendimientos normales de los escáneres de código de barras basados en cámaras son que pueden detectar símbolos de códigos de barras dentro de cierto intervalo de distancias, siempre que tanto el paso como la desviación del plano del símbolo estén dentro del intervalo de más o menos 45 grados, mientras que la inclinación del símbolo puede ser arbitraria (entre 0 y 360 grados). El modelo de rendimiento de escáner de código de barras predice si se detectará un símbolo de código de barras determinado en una posición y orientación determinadas.

El modelo de rendimiento de escáner de código de barras se combina con un modelo de dónde se esperaría que se colocaran y orientaran los códigos de barras. Un *modelo de emplazamiento de símbolo de código de barras* es el intervalo de todas las posiciones y orientaciones, en otras palabras, *emplazamientos* en los que se espera encontrar un símbolo de código de barras. Para el escáner secundario, el modelo de emplazamiento de símbolo de código de barras es en sí mismo una combinación de un *modelo de sujeción de artículos*, que predice cómo sostendrá los objetos el sistema robótico de recogida y colocación, así como un *modelo de apariencia del elemento-código de barras*, que describe las posibles colocaciones del símbolo de código de barras sobre el objeto. Para el escáner primario, el modelo de emplazamiento de símbolo de código de barras es en sí mismo una combinación del modelo de apariencia del elemento de código de barras, así como un modelo de emplazamiento del objeto entrante, que modela la distribución de emplazamientos sobre los que los artículos entrantes se presentan al escáner primario. Estos modelos se pueden construir empíricamente, modelar usando un modelo analítico o se pueden emplear modelos aproximados usando modelos de esfera para objetos y distribuciones uniformes sobre la esfera como un *modelo de apariencia del elemento de código de barras*.

En una realización, por ejemplo, dos objetos, una botella y un recipiente de pasta de dientes, representan el conjunto de objetos y los símbolos de código de barras se colocan en ubicaciones fijas y conocidas en todas las instancias de estos objetos. Con un modelo 3D de estos dos objetos, las capacidades conocidas del sistema robótico de recogida y colocación se usan para generar una muestra aleatoria de emplazamientos de los objetos. Estos emplazamientos son con respecto al efector final del sistema robótico de recogida y colocación, normalmente una pinza.

La figura 4 muestra un ejemplo de una única sujeción simulada de una botella 80, sujeta por un efector final 82 de un sistema robótico de recogida y colocación basado en pinzas de vacío. La figura 5 muestra en 84 muestras superpuestas de la botella 80 mostrada en la figura 4. Con estas muestras, y debido a que los símbolos de códigos de barras están en posiciones fijas en los dos artículos, se genera un conjunto de emplazamientos de símbolos de códigos de barras. La figura 6 muestra en 86 un ejemplo donde los cuadriláteros representan 100 símbolos de código de barras muestreados. Esta muestra representa el modelo de emplazamiento de símbolo de código de barras para un escáner secundario. Es una aproximación de una distribución de probabilidad sobre dónde se esperaría encontrar los códigos de barras cuando el sistema robótico de recogida y colocación sostiene el artículo.

Con estos modelos, el modelo de emplazamiento de símbolo de código de barras y el modelo de rendimiento de escáner de código de barras, es posible la optimización de todos los parámetros del sistema. La figura 7 muestra la configuración resultante, determinada por simulación de los modelos descritos anteriormente, de un sistema de escáner secundario determinado para el caso donde los artículos son una botella y un recipiente de pasta de dientes. Como se muestra en la figura 7, el sistema incluye escáneres 90, 92, 94, 96 y 98, cada uno de los cuales generalmente se dirige hacia un área 88 de objeto, mientras que se selecciona la posición de cada uno de los escáneres 90 - 98 para proporcionar planos, ángulos, inclinaciones y vistas óptimos de los objetos en cuestión. La figura 7 muestra un modelo mecánico del escáner secundario actualizado. En este caso, el criterio de optimización fue la probabilidad de éxito del escaneo. En los casos en los que solo se puede emplear un escáner, el criterio de optimización puede ser el tiempo de escaneo promedio, en cuyo caso la optimización se basa en la secuencia de emplazamientos en los que se presentan los artículos a un escáner secundario para que disminuya el tiempo de escaneo promedio en su conjunto.

Por lo tanto, de acuerdo con una realización de la presente invención, la invención se usa en relación con un sistema de clasificación de objetos que produce un número grande (y muy flexible) de contenedores de recogida totales, costos de desvío muy bajos por contenedor, rendimiento tan alto como el de un sistema manual y una necesidad mucho menor de trabajo manual para funcionar.

La figura 8, por ejemplo, muestra un sistema 200 que incluye un brazo articulado 202 con un efector final 204, un área de entrada 206 en la que se presentan los objetos para su clasificación, un sistema de percepción primario (por ejemplo, una unidad de percepción) 214 tal como una cámara para identificar objetos a clasificar y un transportador 208 de recepción para recibir objetos a clasificar de cualquiera de un trabajador humano, otro transportador o una bandeja de entrada. El sistema también incluye una rampa 210 de salida no clasificable que conduce a un contenedor 212 de salida no clasificable para proporcionar objetos que el sistema no pudo identificar o no pudo clasificar por cualquier otra razón (por ejemplo, no pudo agarrar o recoger).

Además de la unidad 214 de percepción primaria, el sistema también incluye un sistema 216 de percepción de caídas, que incluye una parte superior abierta y una parte inferior abierta, y una pluralidad de unidades de percepción (por ejemplo, cámaras o sensores como se analizó anteriormente con referencia a las realizaciones anteriores) colocadas dentro del sistema 216 de percepción que están dirigidas a las regiones centrales superior, media e inferior del interior del sistema 216 de percepción. La pluralidad de unidades de percepción, por ejemplo, cámaras, registra datos de percepción, por ejemplo, imágenes, de un objeto cuando el efector final lo deja caer a través del sistema 216 de percepción. El sistema 216 de percepción de caídas también puede incluir uno o más sensores (por ejemplo, sensores láser) en la parte superior del sistema 216 que detectan cuando se deja caer un objeto en el sistema 216 de percepción de caídas. La pluralidad de unidades de percepción está diseñada para recopilar una pluralidad de imágenes de cada objeto desde múltiples vistas para ayudar a identificar o confirmar la identidad del objeto caído.

A continuación, el objeto caído cae en un primer carro 218 que se proporciona en una pista 220 en la que el transportador 218 se puede mover automáticamente entre una primera etapa 222 de clasificación y una segunda etapa 224 de clasificación a cada lado del área en la que se dejó caer el objeto.

5 La primera etapa 222 de clasificación incluye un segundo carro 226 que puede recibir objetos del primer carro 218 y que se desplaza a lo largo de una pista entre dos filas de contenedores 228 de recogida en los que los objetos se pueden volcar a lo largo de las paredes guía 230. La primera etapa 224 de clasificación incluye un tercer carro 232 que puede recibir objetos del primer carro 218 y que se desplaza a lo largo de una pista entre dos filas de contenedores 234 de recogida en los que los objetos se pueden volcar a lo largo de las paredes guía 236.

10 El sistema de la figura 8 muestra un sistema con dos alas de clasificación de lanzadera. Cuando se recoge un objeto del transportador de alimentación, se deja caer en el primer clasificador 218 de lanzadera. Ese clasificador de lanzadera lleva el objeto a una de las dos alas, deja caer el objeto en el transportador de esa ala y después vuelve al inicio. Debido al desplazamiento limitado, esta operación *de ida y vuelta* se puede realizar en el tiempo que tarda el brazo articulado en recoger otro objeto (suponiendo que el brazo articulado está recogiendo objetos a aproximadamente una velocidad humana de rendimiento).

15 El sistema 216 de percepción de caídas incluye una pluralidad de unidades de detección (por ejemplo, cámaras o escáneres como se analizó anteriormente) que se dirigen hacia una ruta central de modo que cuando un objeto cae a través de la unidad 216, las múltiples unidades de detección captarán múltiples vistas del objeto. El sistema de percepción de caídas también puede incluir luces, como se analizó anteriormente con referencia al sistema de la figura 2.

20 Las figuras 9 y 10 muestran las unidades 300 de detección dirigidas hacia la ruta central del sistema 216 de percepción de caídas en ángulos variables. Como también se muestra, una barra 302 de fuente láser puede dirigir la iluminación láser hacia una barra 304 de sensor de modo que el sistema 216 de percepción de caídas pueda detectar exactamente el momento en el que un objeto entra en el sistema 216. La figura 10 muestra en 306 ilustraciones esquemáticas de los múltiples ángulos de detección y campos de visión para cada uno de los múltiples detectores.

25 La pluralidad de sistemas de percepción adicionales se puede colocar de modo que se pueda percibir cada superficie del objeto independientemente de la orientación del objeto. En ciertas realizaciones, el primer sistema de percepción puede proporcionar datos de percepción con respecto a un identificador de objeto único y la pluralidad de sistemas de percepción adicionales puede proporcionar datos de percepción adicionales con respecto a cualquiera de confirmar el identificador de objeto o cualquier identificador de objeto adicional. En realizaciones adicionales, el primer sistema de percepción puede proporcionar datos de percepción con respecto a una forma de objeto y la pluralidad de sistemas de percepción adicionales puede proporcionar datos de percepción adicionales con respecto a un identificador de objeto único que se confirma como que coincide con la forma del objeto.

30 Los expertos en la materia apreciarán que pueden realizarse numerosas modificaciones y variaciones a las realizaciones divulgadas anteriormente sin desviarse del alcance de la presente invención definida en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema robótico (200) que comprende:

5 un brazo articulado (202) que tiene un efector final (204);
una primera unidad (214) de percepción para identificar un objeto en un área (206) de entrada, y
en donde el sistema robótico está **caracterizado por**:
un sistema (216) de percepción de caídas que incluye una parte superior abierta, una parte inferior abierta y una
pluralidad de segundas unidades (300) de percepción, estando cada una de la pluralidad de segundas unidades (300)
10 de percepción dirigida hacia una región interior del sistema (216) de percepción de caídas entre la parte superior
abierta y la parte inferior abierta, estando configurada la pluralidad de segundas unidades de percepción para captar
datos de percepción de una pluralidad de vistas del objeto que cae a través de la región interior del sistema de
percepción de caídas para confirmar una identidad del objeto identificado por la primera unidad de percepción,
dos etapas (222, 224) de clasificación, comprendiendo cada etapa de clasificación dos filas de contenedores (228,
15 234) de recogida;
un primer carro (218) configurado para recibir el objeto que cae a través del sistema (216) de percepción de caídas y
moverse sobre una primera pista (220) entre las dos etapas (222, 224) de clasificación;
incluyendo cada una de las dos etapas (222, 224) de clasificación un segundo carro (232, 226) configurado para recibir
el objeto del primer carro (218), moverse a lo largo de una segunda pista entre las dos filas de contenedores de
20 recogida y volcar el objeto en uno de los contenedores de recogida asociado con la identidad del objeto,
en donde el efector final (204) del brazo articulado está configurado para dejar caer el objeto a través del sistema (216)
de percepción de caídas.

25 2. El sistema robótico según la reivindicación 1, en donde la primera unidad (214) de percepción identifica al menos
una marca de identificación de objetos y determina una forma de objeto que encierra la al menos una marca de
identificación de objetos.

30 3. El sistema robótico según la reivindicación 1, en donde la primera unidad (214) de percepción incluye una cámara
o un escáner que se coloca sobre el área (206) de entrada.

4. El sistema robótico según la reivindicación 1, en donde la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción
incluye una pluralidad de cámaras.

35 5. El sistema robótico según la reivindicación 1, en donde la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción
incluye una pluralidad de escáneres.

40 6. El sistema robótico según la reivindicación 1, en donde la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción
están colocadas de modo que se percibe cada superficie del objeto independientemente de la orientación del objeto
que cae a través del sistema (216) de percepción de caídas.

7. Un método de clasificación automatizada de objetos, estando dicho método **caracterizado por**:

determinar la identidad de un objeto usando una primera unidad (214) de percepción en un área (206) de entrada;
dejar caer el objeto usando un efector final (204) de un brazo articulado (202) a través de un sistema (216) de
45 percepción de caídas, incluyendo el sistema de percepción de caídas una parte superior abierta, una parte inferior
abierta y una pluralidad de segundas unidades (300) de percepción, estando la pluralidad de segundas unidades (300)
de percepción dirigida hacia una región interior del sistema (216) de percepción de caídas;
confirmar la identidad del objeto usando datos de percepción captados por la pluralidad de segundas unidades (300)
de percepción de una pluralidad de vistas del objeto cayendo a través de la región interior del sistema (216) de
50 percepción de caídas;
recibir el objeto dejado caer a través del sistema (216) de percepción de caídas por un primer carro (218) que se
mueve a lo largo de una primera pista (220) entre dos etapas (222, 224) de clasificación, comprendiendo cada una de
las dos etapas de clasificación dos filas de contenedores (228, 234) de recogida;
mover el primer carro (218) a lo largo de la primera pista (220) a una etapa de clasificación seleccionada entre las dos
55 etapas (222, 224) de clasificación;
recibir el objeto del primer carro (218) por un segundo carro (232, 226) de la etapa de clasificación seleccionada;
mover el segundo carro (232, 226) a lo largo de una segunda pista entre las dos filas de contenedores (228, 234) de
recogida a uno de los contenedores de recogida asociados con la identidad del objeto; y
dejar caer el objeto en el contenedor de recogida.

60 8. El método según la reivindicación 7, en donde determinar la identidad del objeto usando la primera unidad (214) de
percepción incluye proporcionar datos de percepción por la primera unidad (214) de percepción con respecto al objeto
y una pluralidad de objetos adicionales cerca del objeto en el área (206) de entrada.

65 9. El método según la reivindicación 7, en donde el método además comprende verificar, usando una de la primera
unidad (214) de percepción y el sistema (216) de percepción de caídas, si una identificación de un objeto que ha sido

recogido por el efector final (204) del brazo articulado (202) es la misma que una identificación de un objeto que fue seleccionado para ser recogido por el efector final (204).

- 5 10. El método según la reivindicación 7, en donde la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción incluye una pluralidad de cámaras.
11. El método según la reivindicación 7, en donde la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción incluye una pluralidad de escáneres.
- 10 12. El sistema robótico según la reivindicación 1, en donde la primera unidad (214) de percepción identifica el objeto proporcionando datos de percepción con respecto a un identificador de objeto y el sistema (216) de percepción de caídas proporciona los datos de percepción captados por la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción para confirmar el identificador del objeto.
- 15 13. El sistema robótico según la reivindicación 1, en donde la primera unidad (214) de percepción proporciona datos de percepción para determinar una forma del objeto y el sistema (216) de percepción de caídas proporciona los datos de percepción captados por la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción para determinar un identificador de objeto para el objeto.
- 20 14. El método según la reivindicación 7, en donde la primera unidad (214) de percepción identifica el objeto proporcionando datos de percepción con respecto a un identificador de objeto y el sistema (216) de percepción de caídas proporciona los datos de percepción captados por la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción para confirmar el identificador de objeto.
- 25 15. El método según la reivindicación 7, en donde la primera unidad (214) de percepción proporciona datos de percepción para determinar una forma del objeto y el sistema (216) de percepción de caídas proporciona los datos de percepción captados por la pluralidad de segundas unidades (300) de percepción para determinar un identificador de objeto para el objeto.

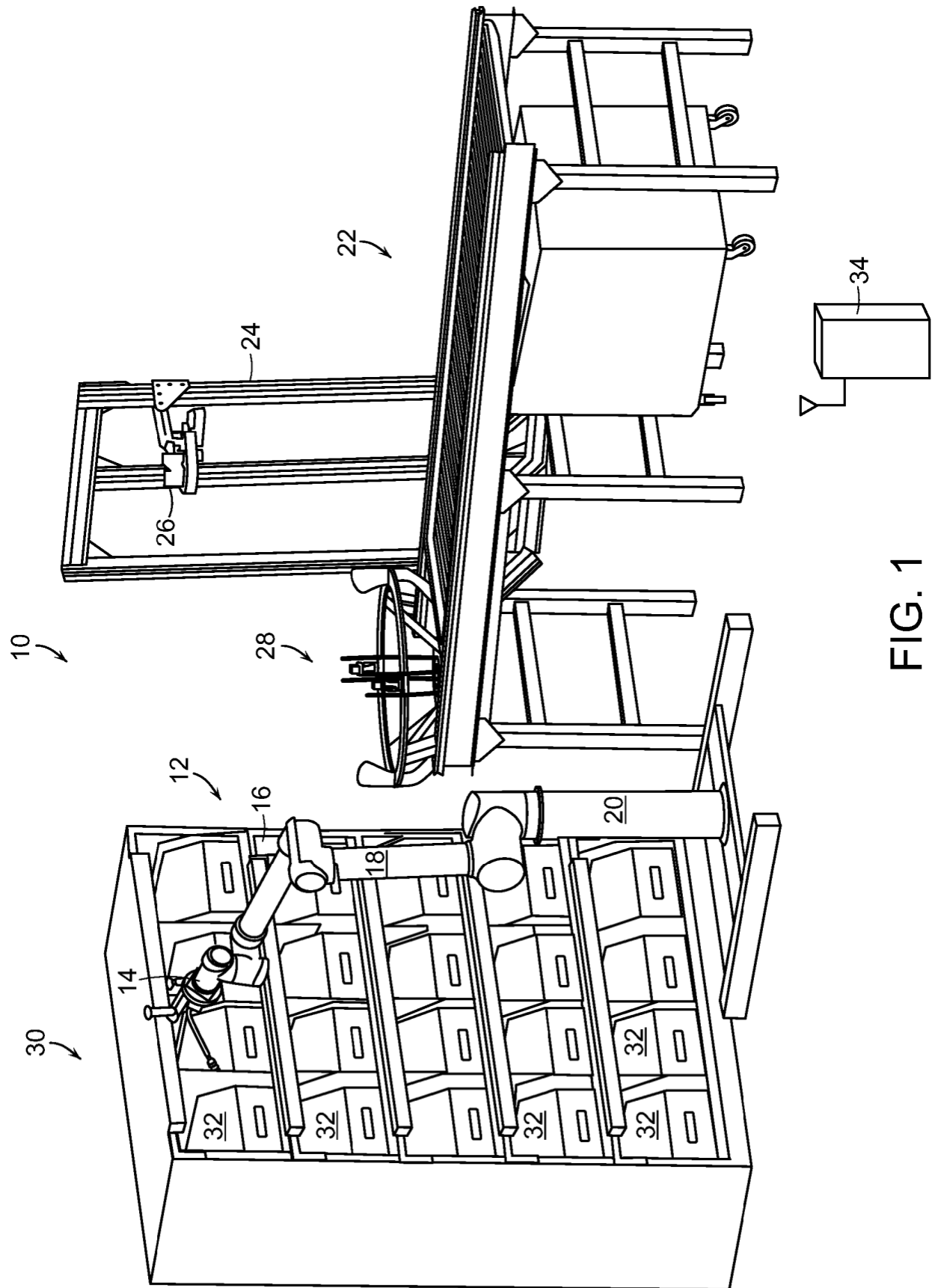


FIG. 1

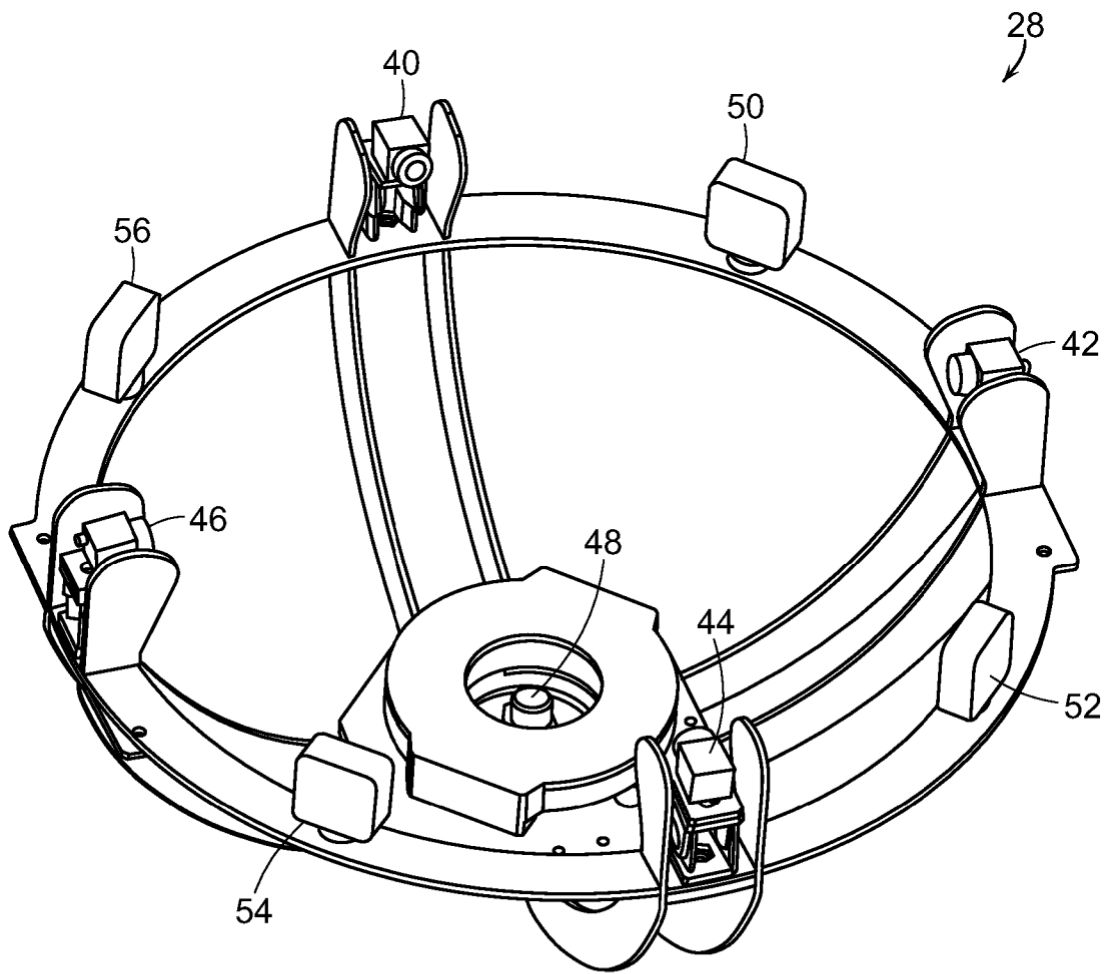


FIG. 2



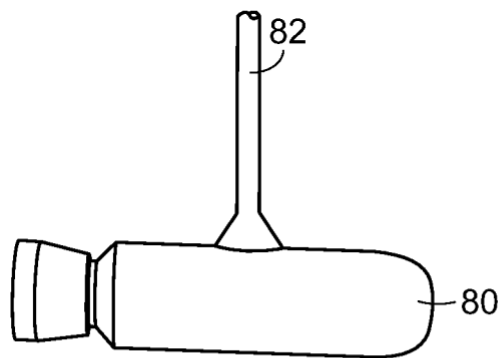


FIG. 4

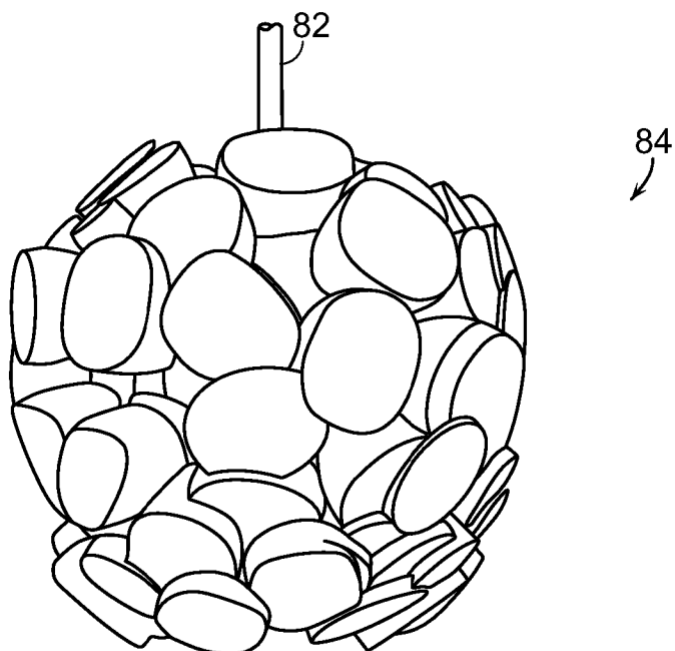


FIG. 5

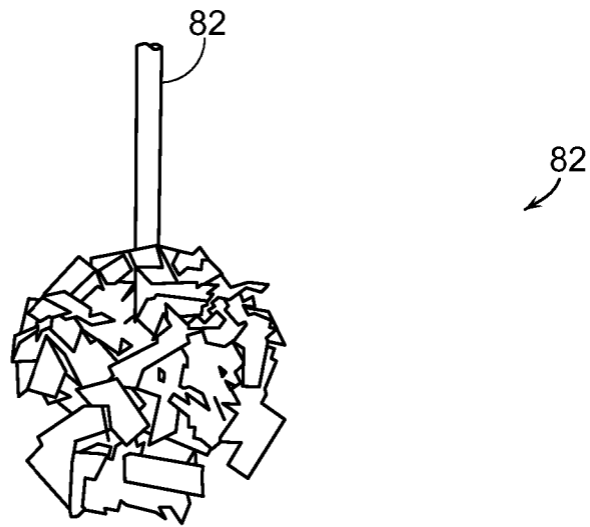


FIG. 6

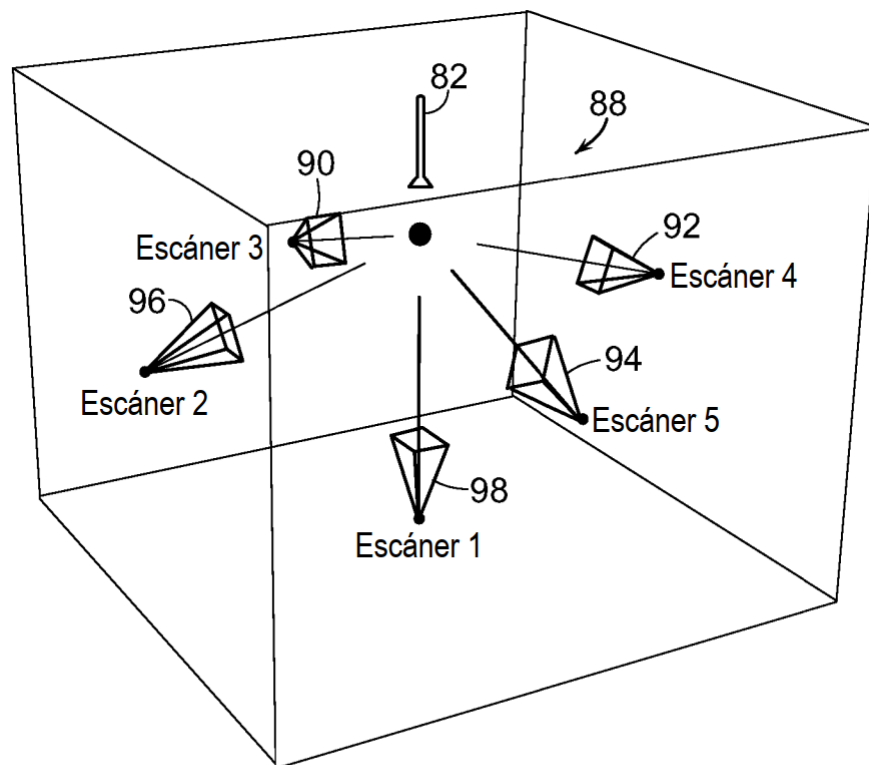
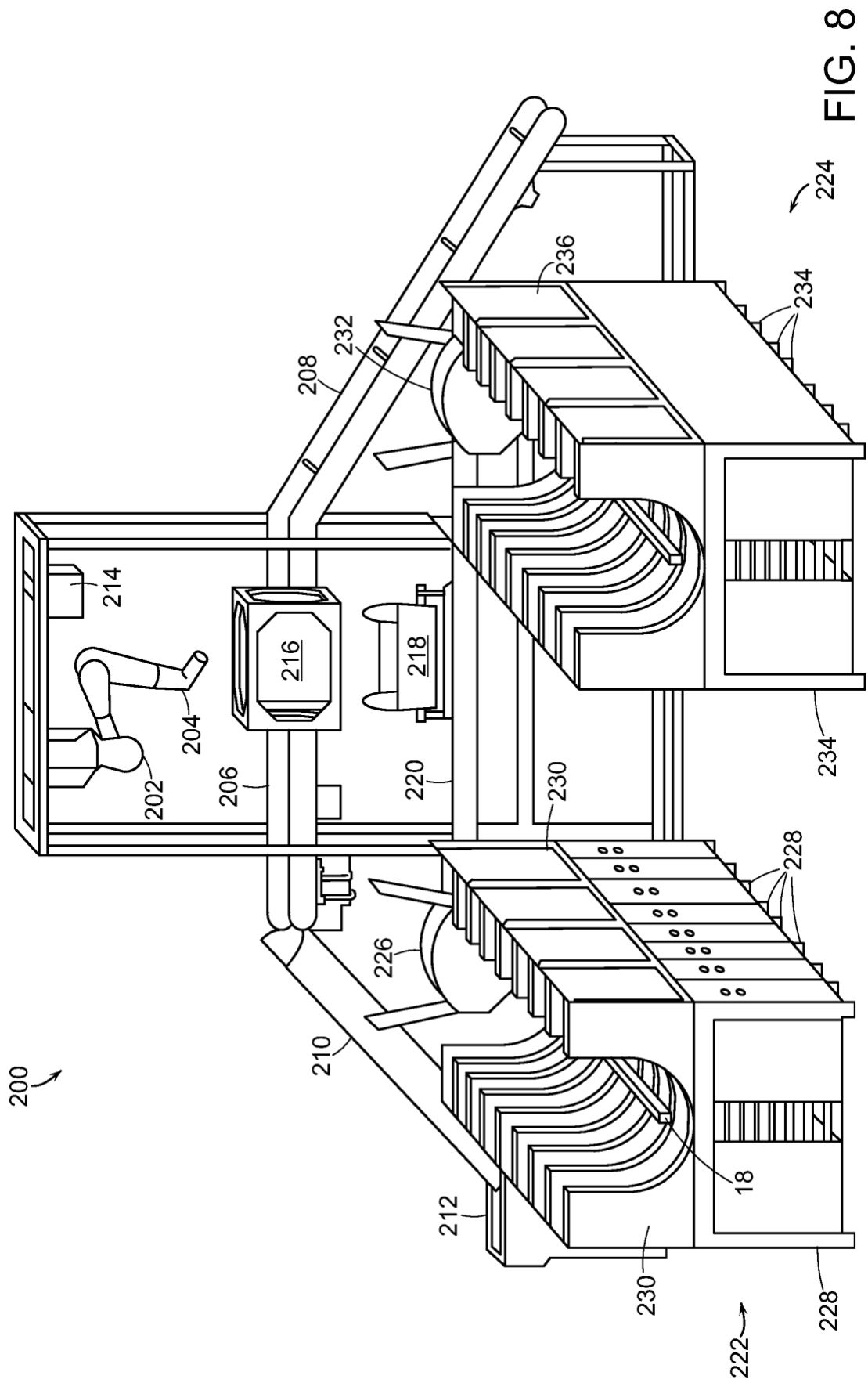


FIG. 7



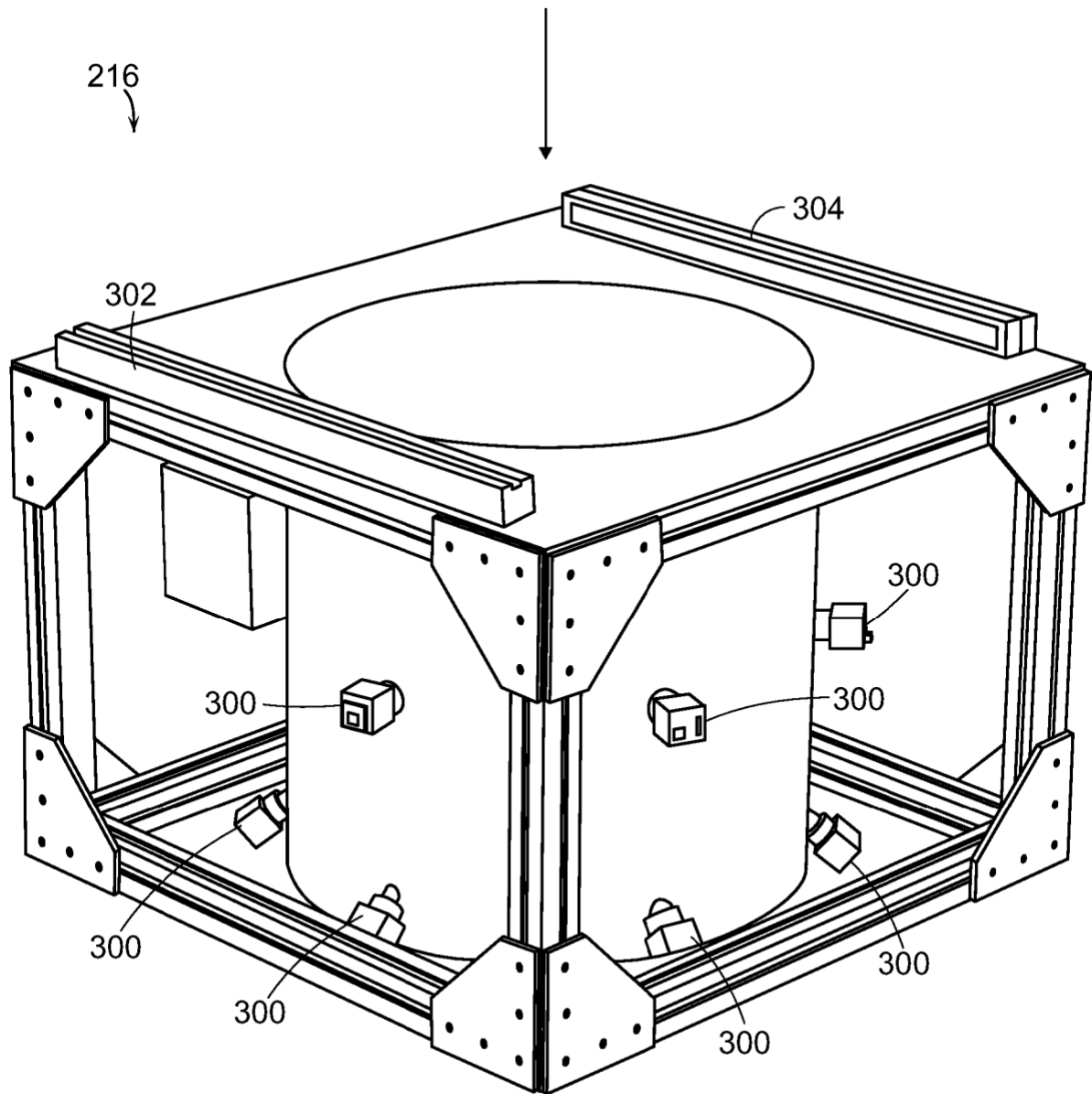


FIG. 9

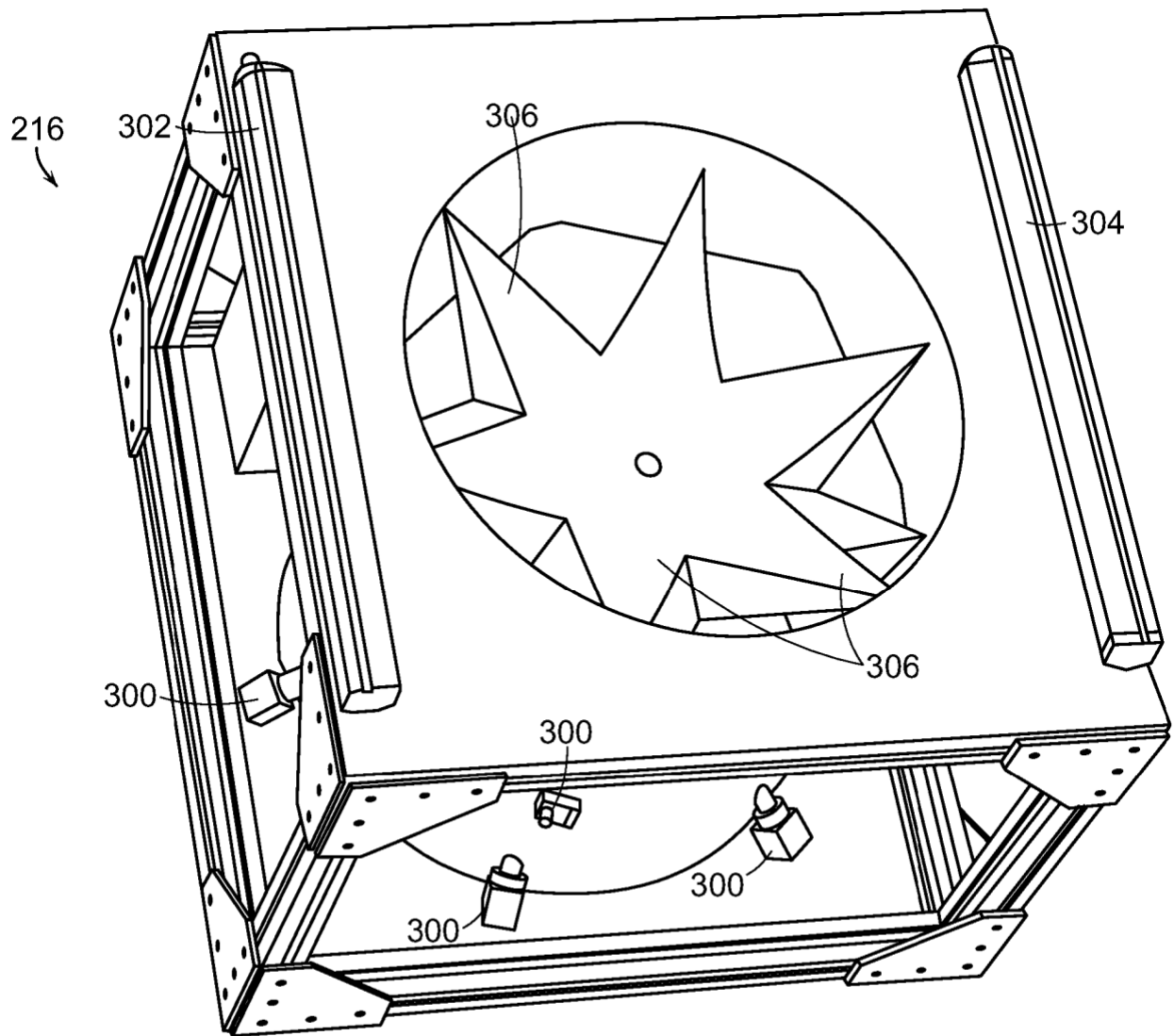


FIG. 10