

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 899**

51 Int. Cl.:

B25J 9/10 (2006.01)

B25J 19/02 (2006.01)

B25J 5/00 (2006.01)

G01V 8/10 (2006.01)

G05D 1/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2013 PCT/US2013/061183**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.03.2014 WO14047557**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2013 E 13839692 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2017 EP 2834048**

54 Título: **Detección de proximidad en robots móviles**

30 Prioridad:

21.09.2012 US 201261704419 P

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

28.02.2018

73 Titular/es:

IROBOT CORPORATION (100.0%)

8 Crosby Drive

Bedford, MA 01730, US

72 Inventor/es:

SHAMLIAN, STEVEN, V.;

DUFFLEY, SAMUEL y

ROMANOV, NIKOLAI

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

Observaciones:

Véase nota informativa (Remarks, Remarques o Bemerkungen) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes

ES 2 656 899 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

Detección de proximidad en robots móviles.

Campo técnico

Esta descripción se refiere a detectores de proximidad para robots móviles.

Antecedentes

5 Una aspiradora generalmente utiliza una bomba de aire para crear un vacío parcial para levantar el polvo y la suciedad, generalmente de los pisos, y opcionalmente también de otras superficies. Normalmente, la aspiradora recoge la suciedad bien en una bolsa de polvo o bien en un ciclón para su posterior eliminación. Las aspiradoras, que se utilizan en los hogares así como en la industria, existen en una variedad de tamaños y modelos, tales como pequeños dispositivos de mano que funcionan con batería, aspiradoras domésticas centrales, enormes aparatos industriales estacionarios que pueden manejar varios cientos de litros de polvo antes de ser vaciados y camiones aspiradora autopropulsados para la recuperación de grandes derrames o la eliminación de tierra contaminada.

10 Las aspiradoras robóticas autónomas generalmente se guían, en condiciones normales de funcionamiento, por la superficie de un piso de una habitación mientras aspiran el piso. Las aspiradoras autónomas robóticas generalmente incluyen detectores que le permiten evitar obstáculos, tales como paredes, muebles o escaleras. El aspirador robótico puede alterar su dirección motriz (por ejemplo, girar o retroceder) cuando choca contra un obstáculo. El aspirador robótico también puede alterar la dirección motriz o el patrón motriz al detectar puntos excepcionalmente sucios en el piso.

15 El documento US 2009/055022 A1 describe un sistema de detección de obstáculos para robot que incluye una carcasa de robot que se guía con respecto a una superficie, y un sistema secundario de detección dirigido a la superficie para detectar la superficie. El sistema secundario de detección incluye un emisor que emite una señal que tiene un campo de emisión y un detector de fotones que tiene un campo de visión que intersecta el campo de emisión en una región. El sistema secundario detecta la presencia de un objeto cerca del robot móvil y determina el valor de una señal correspondiente al objeto. Compara el valor con un valor predeterminado, mueve el robot móvil en respuesta a la comparación y actualiza el valor predeterminado tras la ocurrencia de un evento.

20 El documento US 4.659.922 A describe un dispositivo detector óptico provisto con una pareja de fuentes de radiación separadas que se colocan de manera que sus respectivos haces de radiación intersecten en ángulo un eje óptico de un campo de visión del detector óptico con ángulos respectivos, proporcionando de este modo tres zonas respectivas que comprenden una primera zona, una segunda zona y una tercera zona intermedia. Al menos una parte de las zonas primera y segunda están contenidas en el campo de visión, desde una cualquiera o más de las cuales el detector puede detectar la radiación reflejada desde un objeto.

Resumen

30 La invención se define en la reivindicación independiente adjunta a la que ahora se debe hacer referencia. Además, las características opcionales se pueden encontrar en las reivindicaciones secundarias anexas a la misma.

35 Un aspecto de la descripción proporciona un detector de proximidad que incluye un cuerpo del detector, un primer emisor alojado en el cuerpo del detector, un segundo emisor alojado en el cuerpo del detector adyacente al primer emisor y un receptor dispuesto adyacente al primer emisor enfrente del segundo emisor. El primer emisor tiene un primer campo de visión, el segundo emisor tiene un segundo campo de visión y el receptor tiene un tercer campo de visión. Una intersección de los campos de visión primero y tercero define un primer volumen; y una intersección de los campos de visión segundo y tercero define un segundo volumen. El primer volumen detecta una primera superficie dentro de una primera distancia umbral desde un punto de referencia de detección y el segundo volumen detecta una segunda superficie dentro de una segunda distancia umbral desde el punto de referencia de detección. La segunda distancia umbral es mayor que la primera distancia umbral.

40 Las ejecuciones de la descripción pueden incluir una o más de las siguientes características. En algunas ejecuciones, los emisores primero y el segundo y el receptor definen un eje del campo de visión y el cuerpo del detector define un eje transversal y un eje longitudinal. Los emisores primero y segundo y el receptor se disponen a lo largo del eje transversal con sus ejes de los campos de visión dispuestos con un ángulo con respecto al eje longitudinal. El campo de visión de uno de los emisores primero y segundo y el receptor se dispone con un ángulo de entre 0 y aproximadamente 10 grados con respecto al eje longitudinal del cuerpo del detector. El cuerpo del detector incluye al menos una pared dispuesta para definir el campo de visión de al menos uno del primer emisor, el segundo emisor o el receptor. En algunos ejemplos, la primera distancia umbral es igual a entre aproximadamente 1 pulgada y aproximadamente 3 pulgadas. Adicional o alternativamente, la segunda distancia umbral es mayor de 3 pulgadas.

45 Un aspecto de la descripción proporciona un detector de proximidad que incluye un cuerpo del detector y componentes de detección primero, segundo y tercero. Los componentes de detección primero y segundo se alojan

en el cuerpo del detector, adyacentes entre sí. El primer componente de detección es bien un emisor bien un receptor. El segundo componente de detección es bien un emisor bien un receptor; el segundo componente de detección no es lo mismo que el primer componente de detección. El tercer componente de detección se dispone adyacente al segundo detector opuesto al primer detector. El tercer componente de detección es un emisor si el segundo detector es un emisor o un receptor si el segundo detector es un receptor. El primer componente de detección tiene un primer campo de visión, el segundo componente de detección tiene un segundo campo de visión y el tercer componente de detección tiene un tercer campo de visión. El primer campo de visión interseca el segundo campo de visión y el tercer campo de visión. La intersección de los campos de visión primero y segundo define un primer volumen y la intersección de los campos de visión primero y tercero define un segundo volumen. El primer volumen detecta una primera superficie dentro de una primera distancia umbral desde un punto de referencia de detección y el segundo volumen detecta una segunda superficie dentro de una segunda distancia umbral desde el punto de referencia de detección. La segunda distancia umbral es mayor que la primera distancia umbral.

En algunas ejecuciones, cada emisor emite luz infrarroja y cada receptor recibe los reflejos de la luz infrarroja emitida. El cuerpo del detector puede incluir al menos una pared dispuesta para definir el campo de visión de al menos un componente de detección. Adicional o alternativamente, una primera distancia entre el primer componente de detección y el segundo componente de detección es menor que una segunda distancia entre el segundo componente de detección y el tercer componente de detección.

Cada componente de detección puede definir un eje del campo de visión y el cuerpo del detector puede definir un eje transversal y un eje longitudinal. Los componentes de detección se pueden disponer a lo largo del eje transversal con sus ejes de los campos de visión dispuestos con un ángulo con respecto al eje longitudinal. Los ejes de los campos de visión del segundo componente de detección y el tercer componente de detección pueden ser paralelos. Adicional o alternativamente, los ejes de los campos de visión del segundo componente de detección y el tercer componente de detección se disponen cada uno con un ángulo de entre 0 y aproximadamente 10 grados con respecto al eje longitudinal del cuerpo del detector. El eje del campo de visión del primer componente de detección se puede disponer con un ángulo de entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 15 grados con respecto al eje longitudinal. El ángulo del eje del campo de visión del primer componente de detección puede ser mayor que los ángulos de los ejes de los campos de visión de los componentes de detección segundo y tercero.

En algunos ejemplos, la primera distancia umbral es igual a entre aproximadamente 1 pulgada y aproximadamente 10 pulgadas. Adicional o alternativamente, la segunda distancia umbral puede ser mayor de 10 pulgadas.

Otro aspecto de la descripción proporciona un método para detectar una proximidad de un objeto. El método incluye recibir, en un procesador de cálculo, los datos de un primer detector. El primer detector incluye un primer emisor y un primer receptor. El método incluye recibir, en el procesador de cálculo, los datos de un segundo detector que incluye un segundo emisor y un segundo receptor. El primer emisor y el segundo emisor son el mismo emisor o el primer receptor y el segundo receptor son el mismo receptor. El método incluye determinar, utilizando el procesador de cálculo, una distancia objetivo entre un punto de referencia de detección y un objeto detectado en base a los datos recibidos, y determinar si la distancia objetivo está dentro de una primera distancia umbral o una segunda distancia umbral. El método también incluye emitir una orden, desde el procesador de cálculo, en función de si la distancia objetivo está dentro de la primera distancia umbral o la segunda distancia umbral. En algunos ejemplos, el tiempo de procesamiento del procesador de cálculo entre determinar si la distancia objetivo está dentro de una primera o una segunda distancia umbral y emitir una orden es igual o inferior de aproximadamente 8 milisegundos.

En algunas ejecuciones, si el primer emisor y el segundo emisor son iguales, el método incluye además emitir luz desde el primer emisor a lo largo de un primer campo de visión y recibir los reflejos de la luz en el primer receptor a lo largo de un segundo campo de visión. Además, el método incluye recibir el reflejo de la luz en el segundo receptor a lo largo de un tercer campo de visión. El primer campo de visión interseca los campos de visión segundo y el tercero. La intersección de los campos de visión primero y segundo define un primer volumen, y la intersección de los campos de visión primero y tercero define un segundo volumen. El primer volumen detecta una primera superficie dentro de la primera distancia umbral desde el punto de referencia de detección, y el segundo volumen detecta una segunda superficie dentro de una segunda distancia umbral desde el punto de referencia de detección. La segunda distancia umbral es mayor que la primera distancia umbral. Los campos de visión primero, segundo y tercero pueden definir ejes de los campos de visión primero, segundo y tercero, respectivamente, donde los ejes de los campos de visión segundo y tercero son paralelos. Adicional o alternativamente, el método puede incluir disponer un eje del campo de visión definido por el primer campo de visión con un ángulo entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 15 grados con respecto a un eje de detección longitudinal común, y disponer los ejes de los campos de visión definidos por los campos de visión segundo y tercero con un ángulo de entre 0 y aproximadamente 10 grados con respecto al eje de detección longitudinal común.

En algunas ejecuciones, si el primer receptor y el segundo receptor son iguales, el método incluye además recibir los reflejos de luz a lo largo de un primer campo de visión y emitir luz desde el primer emisor a lo largo de un segundo campo de visión. El método también incluye emitir luz desde el segundo emisor a lo largo de un tercer campo de visión. El primer campo de visión interseca los campos de visión segundo y el tercero, donde la intersección los campos de visión primero y segundo define un primer volumen. La intersección de los campos de visión primero y tercero define un segundo volumen. El primer volumen detecta una primera superficie dentro de la primera distancia

umbral desde el punto de referencia de detección, y el segundo volumen detecta una segunda superficie dentro de una segunda distancia umbral desde el punto de referencia de detección. La segunda distancia umbral es mayor que la primera distancia umbral. Los campos de visión primero, segundo y tercero definen los ejes de los campos de visión primero, segundo y tercero, respectivamente, donde los ejes de los campos de visión segundo y tercero son paralelos. Adicional o alternativamente, el método puede incluir disponer un eje del campo de visión definido por el primer campo de visión con un ángulo entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 15 grados con respecto a un eje de detección longitudinal común, y disponer los ejes de los campos de visión definidos por los campos de visión segundo y tercero con ángulo de entre 0 y aproximadamente 10 grados con respecto al eje de detección longitudinal común.

Una primera distancia entre el primer emisor y el primer receptor puede ser menor que una segunda distancia entre el segundo emisor y el segundo receptor. La primera distancia umbral puede ser igual a entre aproximadamente 1 pulgada y aproximadamente 10 pulgadas y/o la segunda distancia umbral es mayor de 10 pulgadas.

Otro aspecto de la descripción proporciona un robot autónomo que tiene un cuerpo del robot, un sistema motriz, un sistema de detección y un controlador. El cuerpo del robot define una dirección motriz de avance. El sistema motriz soporta el cuerpo del robot y se configura para maniobrar el robot sobre una superficie de piso. El sistema de detección se dispone en el cuerpo del robot e incluye al menos un detector de proximidad. El detector de proximidad incluye un cuerpo del detector y componentes de detección primero, segundo y tercero. Los componentes de detección primero y segundo se alojan en el cuerpo del detector, adyacentes entre sí. El primer componente de detección es uno de un emisor y un receptor, y el segundo componente de detección es el otro de un emisor y un receptor. El tercer componente de detección se dispone adyacente al segundo detector opuesto al primer detector, y es un emisor si el segundo detector es un emisor o un receptor si el segundo detector es un receptor. El primer componente de detección tiene un primer campo de visión, el segundo componente de detección tiene un segundo campo de visión y el tercer componente de detección tiene un tercer campo de visión. El primer campo de visión interseca el segundo campo de visión y el tercer campo de visión. La intersección de los campos de visión primero y segundo define un primer volumen y la intersección de los campos de visión primero y tercero define un segundo volumen. El primer volumen detecta una primera superficie dentro de una primera distancia umbral desde un punto de referencia de detección y el segundo volumen detecta una segunda superficie dentro de una segunda distancia umbral desde el punto de referencia de detección. La segunda distancia umbral es mayor que la primera distancia umbral. El controlador está en comunicación con el sistema motriz y el sistema de detección. El controlador incluye un procesador de cálculo que procesa los datos recibidos del sistema de detección y emite una orden basada en los datos recibidos. El cuerpo del detector puede incluir al menos una pared dispuesta para definir un campo de visión de al menos un componente detector.

En algunos ejemplos, el robot incluye dos o más detectores de proximidad. El controlador activa y desactiva secuencialmente cada detector de proximidad con un período de tiempo umbral entre la desactivación de un detector y la activación de otro detector.

El controlador puede determinar una distancia objetivo entre un punto de referencia de detección y un objeto detectado y emite una orden motriz de retroceso al sistema motriz si la distancia objetivo al objeto está dentro de la segunda distancia umbral. La orden motriz de retroceso cambia la dirección del robot desde una dirección motriz de avance a una dirección motriz de retroceso. Adicional o alternativamente, una primera distancia entre el primer componente de detección y el segundo componente de detección es menor que una segunda distancia entre el segundo componente de detección y el tercer componente de detección.

En algunas ejecuciones, cada componente de detección define un eje del campo de visión, y el cuerpo del detector define un eje transversal y un eje longitudinal. Los componentes de detección se disponen a lo largo del eje transversal con sus ejes de los campos de visión dispuestos con un ángulo con respecto al eje longitudinal. Los ejes de los campos de visión del segundo componente de detección y el tercer componente de detección pueden ser paralelos. Los ejes de los campos de visión del segundo componente de detección y el tercer componente de detección se pueden disponer cada uno con un ángulo de entre 0 y aproximadamente 10 grados con respecto al eje longitudinal del cuerpo del detector. Adicional o alternativamente, el eje del campo de visión del primer componente de detección se puede disponer con un ángulo entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 15 grados con respecto al eje longitudinal. El ángulo del eje del campo de visión del primer componente de detección puede ser mayor que los ángulos de los ejes de los campos de visión de los componentes de detección segundo y tercero. En algunos ejemplos, la primera distancia umbral es de aproximadamente 1 a 10 pulgadas y/o la segunda distancia umbral es mayor de 10 pulgadas.

Los detalles de una o más ejecuciones de la descripción se establecen en los dibujos adjuntos y la descripción a continuación. Otros aspectos, características y ventajas serán evidentes a partir de la descripción y los dibujos y a partir las reivindicaciones.

Descripción de los dibujos

La FIG. 1 es una vista en perspectiva de un robot móvil autónomo de ejemplo.

La FIG. 2 es una vista en perspectiva estallada del robot mostrado en la FIG. 1.

La FIG. 3 es una vista frontal de un robot móvil autónomo de ejemplo.

La FIG. 4 es una vista esquemática de un robot móvil autónomo de ejemplo.

La FIG. 5 es una vista esquemática de un controlador de ejemplo para un robot móvil autónomo.

5 La FIG. 6 es una vista lateral de un robot móvil autónomo de ejemplo cuando atraviesa una superficie de piso.

Las FIG. 7A-7B son vistas laterales de un robot autónomo de ejemplo a medida que atraviesa una superficie de piso.

Las FIG. 8A-8C son vistas esquemáticas laterales de detectores de proximidad de ejemplo.

La FIG. 8D es una vista en sección de un detector de proximidad de ejemplo.

10 La FIG. 8E es una vista lateral de un robot autónomo de ejemplo a medida que atraviesa una superficie de piso y encuentra un obstáculo.

La FIG. 9A es una vista esquemática lateral de un detector de proximidad de ejemplo que tiene un emisor y dos receptores.

La FIG. 9B es una vista esquemática lateral de detectores de proximidad de ejemplo que tienen dos emisores y un receptor.

15 La FIG. 9C es una vista esquemática de un detector de proximidad de ejemplo que muestra el ángulo del campo de visión del detector de proximidad.

La FIG. 10A es una vista esquemática de un detector de proximidad de ejemplo que se encuentra con un desnivel.

La FIG. 10B es una vista esquemática de un detector de proximidad de ejemplo que se encuentra con un desnivel.

La FIG. 11A es una vista en sección en perspectiva de una carcasa de ejemplo para los detectores de proximidad.

20 La FIG. 11B es una vista en sección en perspectiva de un haz de luz proyectado desde la carcasa de ejemplo de la FIG. 11A que golpea una superficie.

La FIG. 11C es una vista superior de un haz de luz emitido desde la carcasa de ejemplo de la FIG. 11A proyectado en una superficie.

25 La FIG. 12 es una vista esquemática de una disposición de ejemplo de las operaciones para hacer funcionar al robot móvil autónomo.

Las FIG. 13A-13H son vistas esquemáticas de un robot que tiene un detector de proximidad de ejemplo cuando detecta una superficie a diferentes alturas.

Los símbolos de referencia similares en los diversos dibujos indican elementos similares.

Descripción detallada

30 Un robot autónomo soportado con capacidad de movimiento se puede guiar por una superficie de piso. En algunos ejemplos, el robot autónomo puede limpiar una superficie mientras que atraviesa la superficie. El robot puede eliminar los desechos de la superficie agitando los desechos y/o levantando los desechos de la superficie aplicando una presión negativa (por ejemplo, vacío parcial) sobre la superficie y recogiendo los desechos de la superficie.

35 Con referencia a las FIG. 1-3, en algunas ejecuciones, un robot 100 incluye un cuerpo 110 soportado por un sistema motriz 120 que puede maniobrar el robot 100 a través de una superficie de piso 10 en base a una orden motriz que tiene componentes x , y y θ , por ejemplo. El cuerpo del robot 110 tiene una parte delantera 112 y una parte trasera 114. Según se muestra, el cuerpo del robot 110 tiene una forma circular, pero puede tener otras formas que incluyen, pero no se limitan a, una forma cuadrada, una forma rectangular o una combinación donde la parte delantera 112 sea cuadrada y la parte trasera 114 sea redonda o viceversa. El sistema motriz 120 incluye módulos de ruedas motrices derecho e izquierdo 120a, 120b. Los módulos de ruedas 120a, 120b son, en esencia, opuestos a lo largo de un eje transversal X definido por el cuerpo 110 e incluyen respectivos motores motrices 122a, 122b que accionan las respectivas ruedas 124a, 124b. Los motores motrices 122a, 122b se pueden conectar con capacidad de liberación al cuerpo 110 (por ejemplo, mediante fijadores o conexiones sin herramientas) con los motores motrices 122a, 122b colocados opcionalmente, en esencia, sobre las respectivas ruedas 124a, 124b. Los módulos de ruedas 120a, 120b se pueden unir con capacidad de liberación al cuerpo del robot 110 y se pueden forzar mediante resortes para que se acople con la superficie de piso 10. En algunos ejemplos, las ruedas 124a, 124b se conectan con capacidad de liberación a los módulos de ruedas 120a, 120b. Las ruedas 124a, 124b pueden tener un sistema de suspensión forzado a caer, que mejora la tracción de los módulos de ruedas 120a, 120b sobre pisos

resbaladizos (por ejemplo, parquet, pisos húmedos). En algunos ejemplos, los módulos de ruedas 120a, 120b se aseguran con capacidad de movimiento (por ejemplo, unidos con capacidad de giro) al cuerpo del robot 110 y reciben la fuerza del resorte (por ejemplo, entre aproximadamente 5 y 25 Newton) que fuerza las ruedas motrices 124a, 124b hacia abajo y fuera del cuerpo del robot 110. Por ejemplo, las ruedas motrices 124a, 124b pueden recibir una fuerza descendente de aproximadamente 10 Newton cuando se mueven a una posición desplegada y aproximadamente 20 Newton cuando se mueven a una posición retraída en el cuerpo del robot 110. La fuerza del resorte permite a las ruedas motrices 124a, 124b mantener el contacto y la tracción con la superficie de piso 10, mientras que cualesquiera elementos de limpieza del robot 100 contactan también con la superficie de piso 10. El robot 100 puede incluir una rueda loca 126 dispuesta para soportar una parte delantera 112 del cuerpo del robot 110. La rueda loca 126 se puede unir con capacidad de liberación al cuerpo 110 y se puede forzar mediante resorte para que se acople con la superficie de piso 10. El cuerpo del robot 110 soporta una fuente de energía 102 (por ejemplo, una batería) para alimentar cualquier componente eléctrico del robot 100.

El robot 100 se puede mover a través de una superficie de piso 10 mediante diversas combinaciones de movimientos con relación a tres ejes mutuamente perpendiculares definidos por el cuerpo 110: un eje transversal X, un eje de adelante a atrás Y y un eje vertical central Z. Una dirección motriz de avance a lo largo del eje de adelante a atrás Y se designa F (a veces denominada más adelante en la presente memoria como "avance"), y una dirección motriz a lo largo del eje de adelante a atrás Y se designa A (a veces denominada más adelante en la presente memoria como "retroceso"). El eje transversal X se extiende entre un lado derecho R y un lado izquierdo L del robot 100, en esencia, a lo largo de un eje definido por los puntos centrales de los módulos de ruedas 120a, 120b.

El robot 100 se puede inclinar sobre el eje X. Cuando el robot 100 se inclina hacia la posición sur, se inclina hacia la parte trasera 114 (a veces denominada más adelante en la presente memoria como "cabeceo hacia arriba"), y cuando el robot 100 se inclina hacia la posición norte, se inclina hacia la parte delantera 112 (a veces denominada más adelante en la presente memoria como "cabeceo hacia abajo"). Adicionalmente, el robot 100 se inclina alrededor del eje Y. El robot 100 se puede inclinar al este del eje Y (a veces denominado más adelante en la presente memoria como "balanceo a la derecha"), o el robot 100 se puede inclinar al oeste del eje Y (a veces denominado más adelante en la presente memoria como "balanceo a la izquierda"). Por lo tanto, un cambio en la inclinación del robot 100 alrededor del eje X es un cambio en su cabeceo alrededor de un ángulo de cabeceo α_Y , y un cambio en la inclinación del robot 100 alrededor del eje Y es un cambio en su balanceo alrededor de un ángulo de balanceo α_X . Además, el robot 100 se puede inclinar tanto hacia la derecha, es decir, una posición este, como hacia la izquierda, es decir, una posición oeste. En algunos ejemplos, el robot 100 se inclina alrededor del eje X y alrededor del eje Y que tiene posiciones inclinadas, tales como noreste, noroeste, sureste y suroeste. A medida que el robot 100 atraviesa una superficie de piso 10, el robot 100 puede hacer un giro a la izquierda o a la derecha alrededor de su eje Z (a veces denominado más adelante en la presente memoria como "cambio en la guiñada"). Un cambio en la guiñada provoca que el robot 100 haga un giro a la izquierda o un giro a la derecha mientras se mueve. Por lo tanto, el robot 100 puede tener un cambio en uno o más de su cabeceo, balanceo o guiñada al mismo tiempo. El robot 100 se puede inclinar con una inclinación combinada alrededor del eje X y el eje Y, es decir, el robot 100 puede cabecear y balancear. El ángulo de inclinación total α_T es el sumatorio de los vectores de cada inclinación sobre el eje X y el eje Y. Por lo tanto, si el robot 100 solo cabecea, entonces el ángulo de inclinación total α_T es igual al ángulo de cabeceo. De manera similar, si el robot 100 solo balancea, entonces el ángulo de inclinación total α_T es igual al ángulo de balanceo.

La parte delantera 112 del cuerpo 110 puede llevar un parachoques 130, que detecta (por ejemplo, a través de un sistema de detección 500) uno o más eventos en una trayectoria motriz del robot 100, por ejemplo, cuando los módulos de ruedas 120a, 120b impulsan el robot 100 a través de la superficie de piso 10 durante una rutina de limpieza. El robot 100 puede responder a eventos (por ejemplo, obstáculos, desniveles 12, paredes) detectados mediante el parachoques 130 que controlan los módulos de ruedas 120a, 120b para maniobrar el robot 100 en respuesta al evento (por ejemplo, alejarse de un obstáculo). El sistema de detección 500 se puede disponer en el parachoques 130 o se puede disponer, adicional o alternativamente, en cualquiera de las diversas posiciones diferentes en el robot 100.

El robot 100 puede incluir un sistema de limpieza 160 para limpiar o tratar una superficie de piso 10. El sistema de limpieza 160 puede incluir un sistema de limpieza en seco 160a y/o un sistema de limpieza en mojado 160b. El sistema de limpieza 160 también puede incluir un cepillo lateral 164 que tiene un eje de rotación con un ángulo con respecto a la superficie de piso 10 para mover los desechos a un área de franjas de limpieza del sistema de limpieza 160.

Una interfaz de usuario 140 dispuesta en una parte superior 115 del cuerpo 110 recibe una o más órdenes de usuario y/o muestra un estado del robot 100. La interfaz de usuario 140 está en comunicación con un controlador de robot 200 portado por el robot 100 de manera que una o más órdenes recibidas por la interfaz de usuario 140 puedan iniciar la ejecución de una rutina por el robot 100. El controlador 200 incluye un procesador de cálculo 202 (por ejemplo, una unidad de procesamiento central) en comunicación con la memoria no transitoria 204 (por ejemplo, un disco duro, memoria flash, memoria de acceso aleatorio).

Con referencia a las FIG. 4 y 5, el controlador de robot 200 (que ejecuta un sistema de control) puede ejecutar comportamientos 300 que provocan que el robot 100 tome una acción, tal como maniobrar de una manera que siga

las paredes, una manera que friegue el piso o cambiar su dirección de desplazamiento cuando se detecta un obstáculo. El controlador de robot 200 puede maniobrar el robot 100 en cualquier dirección a través de la superficie de limpieza controlando independientemente la velocidad de rotación y la dirección de cada módulo de ruedas 120a, 120b. Por ejemplo, el controlador de robot 200 puede maniobrar el robot 100 en las direcciones F de avance, A de retroceso (atrás), R derecha y L izquierda.

Para lograr un movimiento autónomo fiable y robusto, el robot 100 puede incluir un sistema de detección 500 que tenga varios tipos diferentes de detectores, que se pueden utilizar en conjunto uno con otro para crear una percepción suficiente del entorno del robot para permitir que el robot 100 tome decisiones inteligentes sobre las acciones a tomar en ese entorno. El sistema de detección 500 puede incluir uno o más tipos de detectores soportados por el cuerpo del robot 110, que pueden incluir detectores de detección de obstáculos para evitar obstáculos (ODOA), detectores de comunicación, detectores de guiado, etc. Por ejemplo, estos detectores pueden incluir, pero no están limitados a, detectores de proximidad 520, detectores de contacto, una cámara (por ejemplo, detectores de toma de imágenes de nubes de puntos volumétricos, toma de imágenes tridimensionales (3D) o mapas de profundidad, cámara de luz visible y/o cámara de infrarrojos), sonar, radar, LIDAR (alcance y detección por luz, el cual puede implicar detección remota óptica que mida las propiedades de la luz dispersa para encontrar el alcance y/u otra información de un objetivo distante), LADAR (alcance y detección por láser), etc.

En algunos ejemplos, el sistema de detección 500 incluye una unidad de medida inercial (IMU) 512 en comunicación con el controlador 200 para medir y controlar un momento de inercia del robot 100 con respecto al centro de gravedad total CG_R (FIG 1, 6) del robot 100. El controlador 200 puede controlar cualquier desviación en la realimentación desde la IMU 512 desde una señal umbral correspondiente al funcionamiento normal sin estorbos. Por ejemplo, el controlador 200 controla el ángulo de inclinación total α_T y cuando el ángulo de inclinación total α_T está por encima de un ángulo de inclinación umbral, el controlador 200 puede determinar que el robot 100 se está dirigiendo hacia un desnivel 12 y ejecuta una orden de parada para detener que el robot 100 se caiga por el desnivel 12. El controlador 200 ejecuta una orden de giro o de marcha atrás que permite que el robot 100 se aleje del desnivel 12.

La IMU 512 puede medir y controlar un momento de inercia del robot 100 en base a valores relativos. En algunas ejecuciones, y durante un período de tiempo, el movimiento constante puede hacer que la IMU vaya a la deriva. El controlador 200 ejecuta una orden de reinicio para recalibrar la IMU 512 y reiniciarla a cero. Antes de reiniciar la IMU 512, el controlador 200 determina si el robot 100 está inclinado, y emite la orden de reinicio solo si el robot 100 está en una superficie plana.

En algunas ejecuciones, el robot 100 incluye un sistema de guiado 400 configurado para permitir que el robot 100 sea guiado por la superficie de piso 10 sin colisionar con obstáculos o caer por las escaleras, y para reconocer de forma inteligente las áreas de piso relativamente sucias para limpiar. Además, el sistema de guiado 400 puede maniobrar el robot 100 en patrones determinísticos y pseudoaleatorios a través de la superficie de piso 10. El sistema de guiado 400 puede ser un sistema basado en el funcionamiento almacenado y/o ejecutado en el controlador del robot 200. El sistema de guiado 400 puede comunicarse con el sistema de detección 500 para determinar y emitir órdenes motrices 241 al sistema motriz 120. El sistema de guiado 400 influye y configura los comportamientos del robot 300, permitiendo por tanto que el robot 100 se comporte con un movimiento preplanificado sistemático. En algunos ejemplos, el sistema de guiado 400 recibe datos del sistema de detección 500 y planifica una trayectoria deseada para que la atraviese el robot 100.

En algunas ejecuciones, el controlador 200 (por ejemplo, un dispositivo que tiene uno o más procesadores de cálculo 202 en comunicación con la memoria no transitoria 204 capaz de almacenar las instrucciones ejecutables en el procesador o procesadores de cálculo) ejecuta un sistema de control 210, que incluye un sistema de comportamiento 210a y un sistema de arbitraje de control 210b en comunicación entre sí. El sistema de arbitraje de control 210b permite que las aplicaciones de robot 220 se añadan y eliminen de forma dinámica desde el sistema de control 210, y facilita el permitir que las aplicaciones 220 controlen cada una el robot 100 sin necesidad de conocer sobre las otras aplicaciones 220. En otras palabras, el sistema de arbitraje de control 210b proporciona un mecanismo de control de prioridad sencillo entre las aplicaciones 220 y los recursos 240 del robot 100.

Las aplicaciones 220 se pueden almacenar en memoria o se pueden comunicar al robot 100, para ejecutar de forma concurrente (por ejemplo, en un procesador) y controlar de forma simultánea el robot 100. Las aplicaciones 220 pueden acceder a los comportamientos 300 del sistema de comportamientos 210a. Las aplicaciones 220 utilizadas de forma independiente se combinan de forma dinámica en la ejecución y para compartir los recursos del robot 240 (por ejemplo, el sistema motriz 120 y/o los sistemas de limpieza 160, 160a, 160b). Se utiliza una política de bajo nivel para compartir de forma dinámica los recursos del robot 240 entre las aplicaciones 220 en la ejecución. La política determina qué aplicación 220 tiene el control de los recursos del robot 240 según lo necesite la aplicación 220 (por ejemplo, una jerarquía de prioridad entre las aplicaciones 220). Las aplicaciones 220 se pueden iniciar y detener de forma dinámica y se pueden ejecutar de forma completamente independiente entre sí. El sistema de control 210 también permite comportamientos 300 complejos, que se pueden combinar para ayudarse entre sí.

El sistema de arbitraje de control 210b incluye una o más aplicaciones 220 en comunicación con un árbitro de control 260. El sistema de arbitraje de control 210b puede incluir componentes que proporcionan una interfaz al

sistema de arbitraje de control 210b para las aplicaciones 220. Dichos componentes se pueden resumir y sintetizar sin las complicaciones de autenticación, los árbitros de control de recursos distribuidos, el búfer de órdenes, coordinar la priorización de las aplicaciones 220 y similares. El árbitro de control 260 recibe órdenes desde cada aplicación 220, genera una sola orden en base a las prioridades de las aplicaciones y la pública para sus recursos asociados 240. El árbitro de control 260 recibe retroalimentación de estado desde sus recursos asociados 240 y la puede enviar de vuelta a las aplicaciones 220. Los recursos del robot 240 pueden ser una red de módulos funcionales (por ejemplo, actuadores, sistemas motrices y grupos de los mismos) con uno o más controladores de hardware. Las ordenes 241 del árbitro de control 260 son específicas para que el recurso 240 lleve a cabo acciones específicas. Un modelo dinámico 230 ejecutable en el controlador 200 se configura para calcular el centro de gravedad (CG), los momentos de inercia y los productos cruzados de inercia de varias partes del robot 100 para evaluar un estado actual del robot 100.

En algunas ejecuciones, un comportamiento 300 es un componente adicional que proporciona una función de evaluación de estado total, jerárquica que empareja la retroalimentación sensorial de múltiples fuentes, tales como el sistema de detección 500, con los límites e información a-priori en retroalimentación de evaluación de las acciones permitidas del robot 100. Puesto que los comportamientos 300 son adicionales en la aplicación 220 (por ejemplo, residiendo dentro o fuera de la aplicación 220), se pueden añadir o eliminar sin tener que modificar la aplicación 220 o cualquier otra parte del sistema de control 210. Cada comportamiento 300 es una política independiente. Para hacer los comportamientos 300 más potentes, es posible unir la salida de múltiples comportamientos 300 juntas a la entrada de otro, de manera que se puedan tener funciones de combinación complejas. Los comportamientos 300 se destinan a ejecutar partes gestionables del conocimiento total del robot 100.

En el ejemplo mostrado, el sistema de comportamiento 210a incluye un comportamiento de detección de obstáculos/evitación de obstáculos (ODOA) 300a para determinar las acciones de respuesta del robot en base a los obstáculos percibidos por el detector (por ejemplo, apartarse; dar la vuelta; detenerse antes del obstáculo, etc.). Otro comportamiento 300 puede incluir un comportamiento de seguimiento de paredes 300b para conducir adyacente a una pared detectada (por ejemplo, en una dirección paralela a la pared o con un patrón de conducción serpenteante hacia y alejándose de la pared). Otros comportamientos 300 pueden incluir un comportamiento 300c de detección de desniveles (por ejemplo, el robot detecta las escaleras y evita caerse de las escaleras).

Con referencia a las FIG 3 y 6, en algunas ejecuciones, el robot 100 (es decir, el sistema de detección 500) incluye uno o más detectores de proximidad de desnivel 520 dispuestos cerca o alrededor de la parte inferior 116 de la parte delantera 112 del cuerpo del robot 110. En algunos ejemplos, el parte inferior 116 del robot 100 incluye un reborde 118. El reborde 118 conecta la parte inferior 116 del robot 100 y las periferias delantera y trasera 112a, 114a del cuerpo del robot 110. El reborde 118 puede tener una forma troncocónica con el diámetro más pequeño que es el diámetro de la parte inferior 116 del cuerpo del robot 110 y expandirse para conectarse con las partes delantera y trasera 112, 114 del cuerpo del robot 110. Los detectores de proximidad de desnivel 520 pueden detectar cuando el robot 100 ha encontrado un desnivel de caída 12 del piso 10, tal como cuando se encuentra con un conjunto de escaleras o un cambio en la altura de la superficie de piso 10. El controlador 200 (que ejecuta un sistema de control) puede ejecutar comportamientos que provoquen que el robot 100 tome una acción, tal como cambiar su dirección de desplazamiento, cuando se detecta un desnivel 12. En algunas ejecuciones, el sistema de detección 500 incluye uno o más detectores de desnivel secundarios (por ejemplo, otros detectores configurados para detectar el desnivel y opcionalmente otros tipos de detección). Los detectores de proximidad de detección de desnivel 520 se pueden disponer para proporcionar una detección temprana de desniveles 12, proporcionar datos para discriminar entre desniveles reales 12b - donde el robot 100 no es capaz de atravesar (por ejemplo, escaleras con tabicas de escalera verticales) - y eventos (tales como subir por encima de umbrales o atravesar por encima de un desnivel transitable o umbral transitable 12a donde el robot 100 se puede mover entre una primera superficie 10a y una segunda superficie 10b que están separadas por el umbral transitable 12a, y algunas veces el robot 100 puede moverse entre la segunda superficie 10b hacia la primera superficie 10a), y se puede colocar abajo y fuera de manera que su campo de visión 523, 525 (FIG. 8D) incluya al menos una parte del cuerpo del robot 110 y una zona alejada del cuerpo robot 110. En algunas ejecuciones, el controlador 200 ejecuta una rutina de detección de desniveles que identifica y detecta un borde de la superficie de piso 10 de apoyo, un aumento en la distancia más allá del borde de la superficie de piso 10, y/o un aumento de la distancia entre el cuerpo del robot 110 y la superficie de piso 10. Esta ejecución permite: 1) la detección temprana de potenciales desniveles (lo que puede permitir velocidades de movilidad más rápidas en entornos desconocidos); 2) una fiabilidad aumentada de la movilidad autónoma puesto que el controlador 200 recibe información de la toma de imágenes de los detectores de detección de desnivel 520 para saber si un evento desnivel es verdaderamente un desnivel real 12b, en cuyo caso el robot 100 debe parar de moverse, o si una superficie de piso 10 que tiene un umbral transitable 12a se puede atravesar (por ejemplo, tal como subiendo arriba y por encima de un umbral); 3) una reducción de falsos positivos de desniveles (por ejemplo, debido a la determinación de la distancia entre el robot 100 y la superficie de piso 10 y un cambio en esa distancia, y a tener dos zonas de detección). Se pueden utilizar detectores adicionales dispuestos como detectores "de arrastre de rueda" para redundancia y para situaciones de detección donde una cámara de detección de alcance no pueda detectar de manera fiable un determinado tipo de desnivel

La detección de umbrales y de escalones permite que el robot 100 se planifique de forma eficaz, tanto para atravesar un umbral escalable o un umbral transitable 12a como para evitar un desnivel real 12b que sea demasiado alto. Esto puede ser lo mismo para los objetos al azar sobre la superficie de piso 10 que el robot 100 puede o no ser

capaz de atravesar. Para aquellos obstáculos o umbrales que el robot 100 determina que puede subir, conocer su altura permite que el robot 100 reduzca la velocidad de forma apropiada, si se considera necesario, para permitir una transición suave con el fin de maximizar la suavidad y minimizar cualquier inestabilidad debida a aceleraciones súbitas. En algunas ejecuciones, la detección del umbral y del peldaño se basa en la altura del objeto por encima de la superficie de piso 10 junto con el reconocimiento geométrico (por ejemplo, discernir entre un umbral o un cable eléctrico frente a una masa amorfa, tal como un calcetín). Los umbrales se pueden reconocer mediante detección de bordes. El controlador 200 puede recibir datos de la toma de imágenes de los detectores de proximidad de desnivel 520 (u otro detector de toma de imágenes en el robot 100), ejecutar una rutina de detección de bordes y emitir un orden motriz en base a los resultados de la rutina de detección de bordes. La detección del umbral permite que el robot 100 cambie su orientación con respecto al umbral para maximizar la capacidad de subir y descender escalones suaves. Los detectores de proximidad 520 pueden funcionar solos, o como una alternativa, pueden funcionar en combinación con uno o más detectores de contacto (por ejemplo, interruptores de colisión) para redundancia.

En algunos ejemplos, los detectores de proximidad 520 se sitúan en el reborde 118 entre la rueda loca 126 y cada una de las ruedas motrices 124a, 124b, con el fin de permitir la detección de desniveles antes de que la rueda loca 126 encuentre un desnivel (por ejemplo, escaleras). En algunos casos, la detección de desniveles se ejecuta utilizando detección de proximidad por infrarrojos (IR) o de alcance real, utilizando un emisor de infrarrojos 522 y un detector de infrarrojos 524 en ángulo uno hacia el otro con el fin de que tenga unos campos de emisión y detección solapados, y por lo tanto una zona de detección V1, V2 en una ubicación donde se espera una superficie de piso 10. La detección de proximidad por IR puede tener un campo de visión relativamente estrecho, puede depender para la fiabilidad del albedo de la superficie y puede tener diferente precisión de alcance de superficie a superficie. Como resultado, se pueden colocar múltiples detectores distintos 520 alrededor del perímetro del robot 100 para detectar adecuadamente los desniveles 12 desde múltiples puntos en el robot 100. Además, los detectores basados en proximidad por IR normalmente no pueden discriminar entre un desnivel real 12b y una superficie pisable o un umbral transitable 12a dentro de una distancia de caída umbral, tal como un umbral de puerta.

Con referencia a la FIG. 6, en algunos ejemplos, un robot 100 se mueve en una dirección motriz de avance F. El detector de proximidad 520 detecta un desnivel 12 o un cambio en la altura (por ejemplo, una distancia de caída D_C) de la superficie de piso 10 que está atravesando, por ejemplo, una primera superficie de piso 10a (por ejemplo, una superficie de piso de alfombra) a una segunda superficie de piso 10b (por ejemplo, la superficie de piso de parquet o una superficie de baldosas). El robot 100 determina que una diferencia de altura de este tipo está dentro de una distancia de caída umbral D_S (descrita con más detalle a continuación), y el robot 100 se puede guiar fácilmente entre las superficies de piso 10.

Las FIG. 7A y 7B muestran el robot 100 a medida que se mueve a lo largo de la primera superficie de piso 10a y se aproxima a un desnivel 12 hacia una segunda superficie de piso 10b. La distancia de caída D_C separa la primera superficie de piso 10a de la segunda superficie de piso 10b. El robot 100 determina si la distancia d entre el robot 100 (es decir, un punto de detección P a lo largo de la superficie inferior del detector del robot 520) y la segunda superficie de piso 10b está dentro de una distancia umbral D_S , y si es así, el robot 100 se conduce hacia la segunda superficie de piso 10d. En algunos ejemplos, el robot 100 se puede conducir de vuelta a la primera superficie de piso 10a, si la distancia d está dentro de la distancia de caída umbral D_S . Si no es así, el robot 100 se conduce en la segunda superficie de piso 10b.

Las FIG. 8A-8D describen una clase de medición de distancia diferencial de un detector de proximidad de tres elementos (en adelante en la presente memoria "clase de medición diferencial"), donde la diferente longitud de la trayectoria óptica se utiliza para auto-calibrar el albedo y permitir que la intensidad de la señal se utilice para medir la distancia. Dentro de esta clase, dos elementos de un tipo y uno del tipo restante se utilizan para diferentes ejecuciones (dos emisores con un receptor o dos receptores con un emisor). En algunos ejemplos, los detectores de proximidad 520 miden la distancia D a la superficie de piso 10. Esto permite que el robot móvil 100 se guie de forma inteligente y eficiente en un entorno detectando y evitando los obstáculos, desniveles 12, etc. El rendimiento de los detectores de proximidad 520 puede depender de las características superficiales del objeto (es decir, superficie de piso 10). Algunos detectores de proximidad 520 tienen un rendimiento inaceptable en superficies más oscuras, menos reflectantes. En algunos ejemplos, un emisor 522 y una pareja detectora 524a, 524b, orientadas de tal manera que su campo de emisión 523 y el campo de visión 525 se solapan total o casi totalmente cerca de la superficie de piso 10 esperada mientras que tiene solamente un solapamiento mínimo (que disminuye a medida que la distancia a la superficie aumenta) o ningún solapamiento en las superficies más alejadas, se pueden utilizar para funcionar bien en la mayoría de las superficies (según se muestra en las FIG. 8A-8D). El emisor 522 se puede modular para rechazar la luz ambiental y otras fuentes.

Con referencia a la FIG. 8A, el detector de proximidad 520 mide una distancia d_1 , d_2 a la superficie de piso 10. Los detectores de proximidad 520 pueden ser un detector óptico diferencial 520a e incluir un emisor 522 que emite un haz de luz 523_A sobre la superficie de piso 10. La mayoría de las superficies de piso 10 son más o menos lambertianas y difunden la luz incidente 523 con un de frente de onda esférico. Como resultado, la cantidad de energía E recogida por los receptores 524 es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia d_1 , d_2 desde el receptor 524 a la superficie. Además, el campo de visión 525 de los receptores se diseña para incluir el sitio creado por el emisor 522 y se solapa tanto como sea posible hasta una distancia infinita. La energía E_1 , E_2 recibida por

ambos receptores 524a, 524b es proporcional a la misma cantidad de energía reflejada L . La energía E_i recogida por los receptores 524a, 524b se puede calcular utilizando la siguiente ecuación:

$$E_1 = g_1 \frac{L}{d_1^2} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$E_2 = g_2 \frac{L}{d_2^2} \quad (\text{Eq. 2})$$

5 donde E_i es la energía recogida por los receptores, g_i es la ganancia de cada receptor 524a, 524b, L es la energía reflejada por la superficie 10 y d_i es la distancia al receptor 524a, 524b.

Tomando la relación R de las medidas, obtenemos:

$$R = \frac{E_1}{E_2} = \frac{g_1 \frac{L}{d_1^2}}{g_2 \frac{L}{d_2^2}} \quad (\text{Eq. 3})$$

y, a continuación,

$$d_1 = \frac{d_0}{\left(\frac{E_1 g_1}{E_2 g_2} - 1 \right)} \quad (\text{Eq. 4})$$

10 La ecuación 4 muestra que la distancia d_1 a la superficie de piso 10 se puede estimar a partir de las medidas en los receptores 524a, 524b dadas una distancia a la línea de base conocida d_0 (FIG. 8A) entre los receptores 524a, 524b. Los parámetros g_1 y g_2 son o bien conocidos o bien se puede estimar la relación g_1/g_2 mediante calibración durante la fabricación.

15 Con referencia a las FIG. 8B y 8C, en algunas ejecuciones, un ángulo relativo θ_i de los receptores 524a, 524b con respecto al emisor 522 se mantiene lo mismo para hacer al detector de proximidad 520b más robusto en superficies del piso 10 con fuertes reflejos especulares (es decir, $\theta_1 = \theta_2$). Otro ejemplo se muestra en la FIG. 8C. El detector de proximidad 520c se puede utilizar para detectar la presencia de un obstáculo, tal como una superficie de piso 10 o un desnivel 12, dependiendo de la orientación del detector 520b, 520c con respecto al obstáculo (es decir, si el detector 520b, 520c se orienta hacia abajo, entonces el detector 520b, 520c puede detectar la distancia d a la superficie de piso 10; y si el detector 520b, 520c está con un ángulo con respecto al cuerpo del robot 110, entonces el detector 520b, 520c puede detectar los obstáculos a medida que el robot 100 se mueve a través de una superficie de piso 10. Por ejemplo, según representa la FIG. 8E, el tipo de clase de medición de distancia diferencial del detector 520 de las FIG. 8A-8D se puede utilizar para variar una distancia d a un obstáculo 9, tal como una pared o un mueble. Esto es útil por varias razones no limitadas a frenar el robot 100 a una determinada distancia d a medida que se aproxima al objeto para evitar una colisión abrupta).

20 Las FIG. 6, 7A, 7B y 8D, muestran el detector de proximidad 520 utilizado en un robot móvil 100 para detectar los desniveles 12. Con referencia a la FIG. 8D, en algunos ejemplos, el detector de proximidad 520d incluye un emisor 522 y dos receptores 524a, 524b. El emisor 522 se dispone entre el primer receptor 524a y el segundo receptor 524b. A distancias d_{min} o mayores, el campo de visión 525a, 525b de cualesquiera de los receptores 524a, 524b (S_1 y S_2) contienen el campo completo de emisión 523 (S_e) del emisor 522: $S_1 > S_e$ y $S_2 > S_e$.

25 El detector de proximidad 520d se coloca en el robot móvil 100 de tal manera que la superficie de piso 10 este al menos a una distancia D desde el detector de proximidad 520d de tal manera que:

$$d_{min} \leq D \quad (\text{Eq. 5})$$

35 La ecuación 4 se puede utilizar para estimar la distancia d a la superficie de piso 10 en cualquier momento en el que el robot 100 se mueva sobre la superficie de piso 10. d_0 es la distancia inicial a la superficie de piso 10, que es D según se muestra en la FIG. 8D. E_1 y E_2 son las intensidades en los receptores 524a, 524b, que se pueden medir utilizando un convertidor analógico a digital. g_1/g_2 es la relación de las ganancias del receptor, que se supone que es conocida o que se estima durante un proceso de calibración descrito a continuación. Por lo tanto, un robot 100 puede tener una distancia de caída umbral D_S sobre la que se puede guiar. En algunas ejecuciones, el emisor 522 se modula a 1 kHz de manera que rechace la luz ambiente y de otras fuentes de luz aisladas distintas del emisor 522.

40 Un desnivel 12 puede tener una distancia D_C desde la superficie de piso 10. El robot 100 se puede guiar sobre el desnivel 12 cuando la distancia estimada d_1 es menor que una distancia de caída umbral D_S . Si $d_1 > D_S$, entonces el robot 100 detecta un desnivel real 12b y el procesador 202 puede ejecutar un comportamiento 300 para evitar que el robot 100 se caiga por el desnivel 12.

En algunos ejemplos, los parámetros del detector 520 son desconocidos, cuando la calibración no fue posible en el momento de la fabricación. Los detectores 520 no calibrados se pueden calibrar en la ejecución. En algunos ejemplos, cuando los detectores de proximidad 520 se colocan orientados a la superficie de piso 10 con una distancia nominal d_{1n} , referida la relación de medidas de las ecuaciones 1 y 2 a la relación en la superficie nominal. Para la distancia nominal d_{1n} :

$$R_n = \frac{g_1}{g_2} \left(1 + \frac{d_0}{d_{1n}} \right)^2 \quad (\text{Eq. 6})$$

Entonces, por otra distancia:

$$\frac{1}{d_1} = \sqrt{\frac{R_n}{R} \left(\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_{1n}} \right)} - \frac{1}{d_0} \quad (\text{Eq. 7})$$

donde la distancia d_1 se puede estimar si el desplazamiento de la línea de base de los dos receptores d_0 y la distancia nominal d_{1n} son conocidas.

El detector 520 se puede utilizar como un indicador digital de la cercanía a una superficie definiendo $d_{1th} = kd_0$. A continuación, el umbral para R_{th} sería:

$$R_{th} = R_n \frac{\left(1 + \frac{1}{k} \right)^2}{\left(1 + \frac{d_0}{d_{1n}} \right)^2} \quad (\text{Eq. 8})$$

y el detector 520 indicaría que un obstáculo se encuentra cerca cuando $R \geq R_{th}$ y que la superficie de piso 10 está lejos de lo contrario.

Suponiendo que $d_0 \cong d_{1n}$ entonces R_{th} sería,

$$R_{th} \cong R_n \frac{\left(1 + \frac{1}{k} \right)^2}{\left(1 + \frac{d_0}{d_{1n}} \right)^2} \quad (\text{Eq. 9})$$

Obsérvese que para $k \gg 1$ el umbral se simplifica a $R_{th} \cong \frac{R_n}{4}$.

El valor umbral depende de una buena estimación de la medida de la relación nominal, técnicas de estimación tan fiables se pueden utilizar para encontrar el valor de R_n y actualizarlo constantemente cuando el detector 520 se expone a diferentes superficies 10 (es decir, diferentes niveles del piso).

Las FIG. 9A, 9B y 11A describen una clase "tabla de verdad" de dos volúmenes de un detector de proximidad de tres elementos (en adelante en la presente memoria "clase tabla de verdad"), donde se utilizan dos volúmenes distintos para clasificar varias distancias de caída, de trayectos múltiples, ángulos de cabeceo y situaciones de albedo en una matriz de decisión eficiente. Dentro de esta clase, dos elementos de un tipo y uno del tipo restante se utilizan para diferentes ejecuciones, (dos emisores con un receptor, o dos receptores con un emisor).

Con referencia a las FIG. 9A, 11A y 13A-H, en algunos ejemplos, el detector de proximidad 520e incluye un cuerpo del detector 514 que aloja un emisor 522 y los receptores primero y segundo 524a, 524b. Los receptores 524a, 524b son adyacentes entre sí. El emisor 522 se dispone adyacente al primer receptor 524a en un lado opuesto del segundo receptor 524b. La distancia S_1 que separa el emisor 522 y el primer receptor 524a puede ser menor que la distancia S_2 entre el primer receptor 524a y el segundo receptor 524b. El emisor 522 tiene un de campo de visión del emisor 523, y cada uno de los receptores primero y segundo 524a, 524b tienen un respectivo campo de visión primero y segundo 525a, 525b. El campo de visión del emisor 523 intesecta el primer campo de visión del receptor 525a y define un primer volumen V1. Además, el campo de visión del emisor 523 intesecta el segundo campo de visión 525b definiendo un segundo volumen V2. El primer volumen V1 define una zona que tiene una distancia de caída umbral D_S (según se señaló anteriormente, D_S es la distancia máxima a la que el robot 100 puede ir desde una primera superficie 10a a una segunda superficie 10b) y estando el segundo volumen V2 a una distancia D_{AC} mayor que la distancia de caída umbral D_S . El primer volumen V1 y el segundo volumen V2, por tanto, definen dos capas que se solapan a diferentes distancias (dentro y hasta una distancia de D_S y más allá de la distancia D_S) detectada por dos receptores diferentes 524a, 524b. Según se resume a continuación en la tabla de verdad binaria 1, el "1" o "0" indica una emisión recibida desde una superficie a cualquier, ambos o ningún volumen V1, V2 y la naturaleza binaria de la detección en esos volúmenes, en combinación, determina cómo se comporta el robot mostrado. Si el detector 520 recibe una respuesta en el primer volumen V1, pero no en el segundo volumen V2, el robot 100 detecta la única condición de piso para continuar el desplazamiento en la dirección de desplazamiento actual. Si el detector

520 detecta el piso en el primer volumen V1 y en el segundo volumen V2, se señaliza un desnivel real 12b al robot 100 y el robot 100 deja de moverse. Si el detector 520 detecta piso en el segundo volumen V2 solamente y no en el primer volumen V1, se señaliza al robot 100 para que se detenga debido a que no se detecta ningún piso dentro de la distancia de caída umbral D_S . Si el detector 520 no detecta piso ni en el primer volumen V1 ni en el segundo volumen V2, el robot 100 se detiene debido a que la superficie de piso 10 está o bien demasiado lejos para que cualquier receptor 524a, 524b reciba una emisión, el piso es demasiado oscuro (y absorbente) para que una emisión 523 alcance a cualquier receptor o bien el detector 520 ha dejado de funcionar.

Condición	Sin desnivel	Caída de escalera detectable = desnivel (cerca del robot o un desnivel lejos del robot sobre una superficie muy reflectante de manera difusa - por ejemplo, caída de 8 pulgadas c/superficie blanca que refleja ambas emisiones)	Caída de escalera detectable = desnivel (lejos del robot)	Piso está lejos, y/o el piso es oscuro, y/o el detector ha dejado de funcionar
V1	1	1	0	0
V2	0	1	1	0
Acción	Avanzar	Parar, retroceder y/o apartarse	Parar, retroceder y/o apartarse	Parar, retroceder y/o apartarse

Tabla 1

En otras palabras, si el robot 100 detecta una superficie 10 que tiene una distancia d desde el robot 100 menor que la distancia de caída umbral D_S , entonces el robot 100 determina que puede continuar moviéndose sobre la superficie 10. Si la distancia d es menor que una distancia umbral de retorno D_{S1} , entonces el robot 100 se puede mover libremente entre las dos superficies 10a, 10b. Si el robot 100 determina que la distancia d es mayor que la distancia de caída umbral D_S , entonces el robot 100 determina que no debe continuar en su trayectoria debido a que un desnivel real 12b, está presente. Utilizar dos receptores garantiza una lectura de detección de la presencia de piso positiva verdadera, válida dentro de la distancia de caída umbral D_S desde la superficie inferior del detector de desnivel 520, el primer campo de visión del receptor 525a intersecta la emisión 523.

Con referencia a las FIG. 9B y 11A-C y 13A-H, en algunos ejemplos, el detector de proximidad 520f incluye un cuerpo del detector 514 que aloja un receptor 524 y emisores primero y segundo 522a, 522b en lugar de un emisor 522 y los dos receptores 524a, 524b según se describió previamente. Los emisores 522a, 522b son adyacentes entre sí. El receptor 524 se dispone adyacente al primer emisor 522a en un lado opuesto del segundo emisor 522b. La distancia S_1 entre el receptor 524 y el primer emisor 522a puede ser menor que la distancia entre el primer emisor 522a y el segundo emisor 522b S_2 . El receptor 524 tiene un campo de visión del receptor 525, y cada uno de los emisores primero y segundo 522a, 522b tiene un respectivo campo de visión primero y segundo 523a, 523b. El campo de visión del receptor 525 intersecta el primer campo de visión 523a del emisor 522a y define un primer volumen V1. Además, el campo de visión del receptor 525 intersecta el segundo campo de visión del emisor 523b que define un segundo volumen V2. El primer volumen V1 y el segundo volumen V2, por tanto, definen dos capas de solapamiento a diferentes distancias (dentro y hasta una distancia de caída umbral de D_S y por encima de la distancia de caída umbral D_S) que tiene iluminación de dos fuentes diferentes. En algunas ejecuciones, las fuentes (es decir, los emisores 522a, 522b) pueden tener la misma iluminación y el robot 100 modula las emisiones en el dominio del tiempo, encendiendo una, apagando una alternativamente para distinguir las dos emisiones. En los ejemplos que tienen múltiples detectores modulados en el dominio del tiempo, los detectores 520 dispararán en una secuencia en redondo, parpadeando de tal manera que el procesador del robot 100 procesará en (o más rápido que) 1 ms por detector y responderá a tiempo a una condición de desnivel mientras se desplaza (por ejemplo, redirigir el robot 100 desde un desnivel real 12b detectado antes de que ocurra un evento irreparable). En otra ejecución, los dos emisores 522a, 522b se modulan de forma diferente en el dominio de la frecuencia. En algunas ejecuciones, emplear una técnica FFT da como resultado una respuesta en 1 o 2 periodos de la frecuencia de modulación. En algunas ejecuciones, los emisores 522a, 522b se modulan en el dominio de la frecuencia óptica y utilizan dos colores diferentes de emisión para la detección fiable por separado de las dos fuentes y el receptor 524 distingue las dos longitudes de onda diferentes.

Las FIG. 13A-13H representan diagramas de estado que muestran las diversas condiciones de las superficies de detección dentro de los volúmenes primero y segundo V1, V2. Según representan las FIG. 13A y 13B, en una situación en la que el robot 100 se encuentra con una superficie de color oscuro en un desnivel 12 o un desnivel muy alto, el primer volumen V1 no se detecta debido a que el piso (o la parte inferior del desnivel) es demasiado oscuro para reflejar cualquier luz. El segundo volumen V2 no se detecta debido a que la parte inferior del desnivel es demasiado oscura o está demasiado lejos. Según representan las FIG. 13C y 13D, el robot 100 dejará de moverse si

no se detecta una superficie transitable en el volumen uno V1 debido a que el reflejo se excluye mediante los deflectores 519, 521 y los ángulos de la carcasa 514 del detector 520 cuando el robot se desplaza sobre una parte inferior de un desnivel 12 de color oscuro o claro que se percibe en el segundo volumen V2. Según representan las FIG. 13E y 13F, cuando el robot 100 está en una superficie transitable 12a (es decir, no en un desnivel real 12b), el piso 10 será perceptible en el volumen uno V1, pero el piso 10 no se percibirá en el volumen dos V2 debido a que el reflejo se excluye mediante los deflectores 519, 521 de la carcasa 514 y el ángulo θ_2 del segundo emisor 522b (o segundo receptor 524b) y el ángulo θ_3 de un receptor 524 (o un emisor 522). En las FIG. 13G y 13H, cuando el robot 100 deja de moverse debido a que está en un desnivel real 12b que tiene una parte inferior del desnivel de color claro y una tabica vertical 13. Aquí, un reflejo de trayectoria múltiple 523m indicará una superficie en el volumen uno V1, pero una superficie de piso de la parte inferior del desnivel 10 también es percibida en el volumen dos V2 debido a que los deflectores 519, 521 de la carcasa 514 y el ángulo θ_2 del segundo emisor 522b (o segundo receptor 524b) y el ángulo θ_3 del un receptor 524 (o un emisor 522) permiten ver una superficie inferior del desnivel 10 o un reflejo/trayectoria múltiple desde una superficie muy clara.

En la ejecución representada en las FIG. 9A-9B, el primer, o cercano, volumen V1 se confina, utilizando el efecto de lente del LED, apantallamiento y/u otro confinamiento óptico, colimación o restricción de campo, para extenderse entre el cuerpo del robot y el final de la región de interés para el volumen V1 cercano. La región de interés para el volumen V1 cercano incluye la altura de marcha del robot tanto para alfombras como para parquets (es decir, los extremos distales de las fibras de las alfombras de pelo corto, medio y alto estarán dentro de esta región, al igual que las superficies de parquet). En consecuencia, el volumen V1 cercano se extiende (en un robot de aproximadamente 20-40 cm de anchura y diámetro de ruedas de aproximadamente 3-8 cm) desde la parte inferior del robot o detector a 0 cm hasta aproximadamente 3 a 5 cm desde la parte inferior del robot o detector. El volumen V1 se puede configurar para comenzar ligeramente separado de la parte inferior del robot o detector, por ejemplo, de 0 a 2 cm en lugar de 0 cm.

La intensidad de la señal recibida dentro de los volúmenes cercano o lejano puede ser más fuerte si el reflejo viene de la parte superior de la región en lugar de la parte inferior de la región. En cada una de las FIG. 9A-9B, se muestra una región R_{FOV} en la que el campo de visión de los receptores continúa, pero sólo serán detectados los reflejos más fuertes. Los volúmenes cercanos y lejanos se pueden delimitar en su mayoría mediante el solapamiento de los campos de visión emisor y receptor (por ejemplo, el volumen V1 cercano en las FIG. 9A y 9B), o adicionalmente mediante una intensidad de la señal umbral (por ejemplo, la parte inferior del volumen V2 lejano).

Con el fin de crear un límite más agudo para la detección de la señal entre el primer volumen V1 y/o el segundo volumen V2, cualquiera o ambos de los campos de visión se pueden delimitar mediante varios (es decir, más de uno) deflectores en serie. En la FIG. 11A, dos deflectores 519 secuenciales crean un borde más agudo del volumen en la transición desde el volumen cercano hasta el volumen V2 lejano. Adicionalmente, dos deflectores 521 secuenciales crean un borde más afilado del volumen V2 en la transición desde el volumen V1 cercano hasta el volumen V2 lejano (es decir, donde se detiene la distancia umbral D_S y comienza la distancia del desnivel real D_{AC} en las FIG. 9A y 9B).

Según se muestra en las FIG. 9A y 9B, el volumen V1 primero o cercano tiene un límite más superior de aproximadamente 0-2 cm desde la parte inferior del robot 100 (o la salida del detector 520, por ejemplo, cerca de B1-B2 en la FIG. 11A), y un límite más inferior de aproximadamente 3-5 cm desde la parte inferior del robot 100 (o la salida del detector 520). Opcionalmente, la parte media aproximada de este volumen V1 puede estar en la distancia al piso esperada (que incluye la alfombra o el parquet).

Según se muestra en las FIG. 9A y 9B, el volumen V2 segundo o lejano tiene un límite más superior de aproximadamente 4-6 cm desde la parte inferior del robot 100 (o la salida del detector 520, por ejemplo, cerca de B1-B2 en la FIG. 11A), y un límite más inferior de aproximadamente 6-10 cm desde la parte inferior del robot (o salida del detector) para superficies más oscuras, y un límite más inferior de aproximadamente 6-25 cm desde la parte inferior del robot 100 para superficies más claras. El límite más inferior del volumen V2 segundo o lejano incluiría muchas huellas de escalera oscuras o claras, por ejemplo, debido a que las tabicas 13 de escalera estándar son 6-8 pulgadas en todo el mundo. El límite más inferior del volumen V2 se puede delimitar por la intensidad de la señal esperada que retorna desde superficies más oscuras o superficies de color claro distantes.

Al igual que en el ejemplo anterior que tiene un emisor 522 y dos receptores 524, el primer volumen V1 define una zona dentro de la primera distancia de caída umbral D_S y el segundo volumen V2 que comienza en una condición de desnivel (desnivel real 12b), es decir, una distancia umbral D_{AC} mayor que la distancia de caída umbral D_S . Según se resumió anteriormente en la Tabla 1, si el detector 520 recibe una respuesta que indica piso en el primer volumen V1 (es decir, el receptor 524 detecta una emisión 523a en el primer volumen V1), pero no en el segundo volumen V2, el robot 100 ha detectado la única condición de piso para continuar desplazándose en la dirección de desplazamiento actual. Si el detector 520 detecta piso en el primer volumen V1 y en el segundo volumen V2, se señaliza una condición de desnivel (desnivel real 12b) al robot 100 y el robot 100 deja de moverse. Si el detector 520 detecta piso en el segundo volumen V2 solamente y no en el primer volumen V1, entonces se señaliza al robot 100 que pare debido a que no se detecta piso 10 dentro de la distancia de caída umbral D_S . Si el detector 520 ni detecta una superficie de piso 10 en el primer volumen V1 ni el segundo volumen V2, el robot 100 se detiene debido a que la superficie de piso 10 está o bien demasiado lejos, para que cualquiera de los campos de emisión 523a, 523b

(también denominados como campos de visión) alcance el receptor 524, o bien el piso es demasiado oscuro (y absorbente) para que una emisión 523a, 524a alcance el receptor 524, o bien el detector 520 ha dejado de funcionar. En otras palabras, si el robot 100 detecta un desnivel 12 que tiene una distancia d desde el robot 100 menor que la distancia de caída umbral D_S , entonces el robot 100 determina que el desnivel 12 es un umbral 12a transitable y puede continuar moviéndose sobre el umbral 12a transitable. Si la distancia d es menor que una distancia de caída umbral de retorno D_{S1} , entonces el robot 100 se puede mover libremente entre las dos superficies 10a, 10b que están separadas por el umbral 12a transitable. Si el robot 100 determina que la distancia d es mayor que la distancia de caída umbral D_S (es decir, el umbral 12a transitable), entonces el robot 100 se detiene debido a que está presente un desnivel real 12b. Utilizar dos emisores 522a, 522b que tienen respectivas emisiones 523a, 523b que intersectan el campo de visión del receptor a diferentes distancias, garantiza una lectura de detección positiva verdadera, válida de una superficie pisable 10 presente dentro de la distancia de caída umbral D_S .

Con referencia de nuevo a las FIG. 8A-8D, 9A, y 9B, el emisor 522 o emisores 522a, 522b de cada detector de proximidad 520 puede emitir luz infrarroja. Cada receptor 524 o receptores 524a, 524b reciben los reflejos de la luz infrarroja emitida. En algunos ejemplos, cada componente de detección 522, 524 (es decir, los emisores y los receptores) define un eje F del campo de visión, y el cuerpo del detector 514 define un eje transversal X_S y un eje longitudinal Y_S . Los componentes de detección 522, 524 se pueden disponer a lo largo del eje transversal X_S con sus ejes F del campo de visión dispuestos con un ángulo θ_1 , θ_2 , θ_3 con respecto al eje longitudinal Y_S . En algunos ejemplos, al menos un emisor 522 forma un ángulo agudo con un receptor 524 para que el receptor 524 reciba la luz reflejada. El eje transversal X_S del detector puede estar en ángulo o en paralelo con el eje transversal X del robot. Adicional o alternativamente, el eje longitudinal Y_S del detector puede estar en un ángulo o en paralelo con el eje central vertical Z del robot.

Con referencia a la FIG. 8D, el campo de visión 523 del emisor 522 puede ser a lo largo del eje longitudinal Y_S y puede formar un ángulo θ_3 con respecto al eje longitudinal Y_S igual a cero. Otras disposiciones son posibles también.

Según se muestra en la FIG. 9A los ejes F_{525a} y F_{525b} del campo de visión de los receptores 524a, 524b pueden ser paralelos o estar dispuestos con un ángulo θ_1 , θ_2 de entre 0 y aproximadamente 45 grados con respecto al eje longitudinal Y_S del cuerpo del detector de proximidad 514, y en algunos ejemplos que tienen un cuerpo de carcasa 514 estrecho, θ_1 , θ_2 pueden estar aproximadamente entre 5 y 25 grados para lograr una distancia de caída umbral D_S determinada máxima. En algunas ejecuciones, los ángulos θ_1 , θ_2 no necesitan ser iguales. En algunas ejecuciones, el ángulo β_{523b} del campo de visión del campo de visión 523b del emisor del volumen lejano puede ser aproximadamente de 5-15 grados, preferiblemente aproximadamente 10 grados, mientras que el campo de visión β_{523a} del campo de visión 523a del emisor del volumen cercano puede ser aproximadamente el mismo que este. En este caso, el ángulo β_{525} del campo de visión del campo de visión 525 del receptor es 1-3 veces la anchura del campo de visión de los emisores, por ejemplo, 5-30 grados. En algunos ejemplos, el eje F_{523} del campo de visión del emisor 523 se dispone con un ángulo θ_3 entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 45 grados con respecto al eje longitudinal Y_S . El eje F_{523} del campo de visión de la emisión 523 se puede disponer para intersectar el campo de visión F_{525a} , F_{525b} de ambos los receptores 524a, 524b. Un ángulo de propagación β_{523} del eje F_{523} del campo de visión del emisor 522 puede ser mayor que los ángulos de propagación β_{525a} , β_{525b} de los ejes F_{525a} , F_{525b} del campo de visión de los receptores 524a, 524b. Los ángulos de propagación se pueden centrar en sus correspondientes ejes de campo de visión. Del mismo modo, en la FIG. 8F, los ejes F_{523a} y F_{523b} del campo de visión de las emisiones 523a, 523b pueden ser paralelos o disponerse con un ángulo θ_1 , θ_2 entre 0 y aproximadamente 45 grados con respecto al eje longitudinal Y_S del cuerpo del detector de proximidad 514, y en algunos ejemplos que tienen un cuerpo de carcasa 514 estrecho, θ_1 , θ_2 pueden estar entre aproximadamente 5 y 25 grados para lograr una distancia de caída umbral D_S determinada. En algunos ejemplos, el eje F_{525} del campo de visión del receptor 525 se dispone con un ángulo θ_3 entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 45 grados con respecto al eje longitudinal Y_S , y se puede disponer para intersectar los ejes F_{523a} , F_{523b} del campo de visión de los emisores 522a, 522b. Un ángulo de propagación β_{525} del eje F_{525} del campo de visión del receptor 524 puede ser mayor que los ángulos de propagación β_{523a} , β_{523b} de los ejes F_{523a} , F_{523b} del campo de visión de los emisores 522a, 522b. De nuevo, los ángulos de propagación se pueden centrar en sus ejes de los campos de visión correspondientes. En algunos ejemplos, D_S está entre aproximadamente 1 pulgada y aproximadamente 3 pulgadas, y se detecta un desnivel 12 cuando d es mayor que D_S (por ejemplo, mayor de aproximadamente 2 pulgadas).

En algunas ejecuciones, según se indica en las FIG. 9A y 9B, un emisor 522, 522a y un receptor 524, 524a se dirigen a observar una primera área de interés (por ejemplo, una primera superficie de piso 10). El segundo emisor 522b o segundo receptor 524b se añaden para controlar las falsas detecciones de reflejos de trayectoria múltiple de la luz emitida desde el emisor 522 o fotones aislados de luz, que son provocadas por la alta ganancia y sensibilidad del detector 520. En algunas ejecuciones, el detector 520 utiliza modulación codificada (datos por encima de 38 kHz) para distinguir entre el primer emisor 522a y el segundo emisor 522b y el detector es, por lo tanto, un híbrido de la codificación de tiempo y de frecuencia, en donde la codificación de frecuencia excluye las fuentes externas y la codificación de tiempo distingue entre que emisor está emitiendo. En algunas ejecuciones, un receptor 524 de 38 kHz se utiliza con aproximadamente 90 dB de amplificación, utilizando 8 bits de datos codificados simultáneamente. Seis bits se utilizan para identificar la fuente de transmisión como un detector de desnivel 520, y dos son para identificar la fuente de transmisión como perteneciente a cualquiera del primer o segundo emisor 522a, 522b. En algunas ejecuciones, el receptor es un fotodiodo con aproximadamente 80 dB de ganancia modulada a 1 kHz, que

utiliza dos bits de datos codificados para identificar la fuente de transmisión como perteneciente a cualquiera del primer o segundo emisor.

Los detectores de desnivel 520 con solo un emisor y un receptor tienen dificultades para detectar determinadas superficies de piso 10. Específicamente las superficies 10 que sean ópticamente muy absorbentes en el intervalo del IR cercano (es decir, la alfombra negra) pueden provocar que un detector se active a la distancia d incorrecta. Debido a que el receptor 524 del detector de desnivel 520 tiene una alta ganancia para tener en cuenta a las alfombras negras, se puede ver una pequeña cantidad de luz que se refleja desde las superficies oscuras, pero también se puede ver la luz que se refleja desde superficies más allá de la distancia de caída umbral de D_S . El segundo emisor 522b o el segundo receptor 524b se dirige a este segundo área de interés (por ejemplo, una posible segunda superficie de piso 10b) más allá de la distancia de caída umbral D_S para verificar la presencia de (o la falta de) un desnivel 12. Por ejemplo, en el ejemplo de la FIG. 8F, el segundo emisor 522b se dispone de tal manera que el receptor 524 sólo puede ver el haz de emisión 523b en las superficies 10 distantes más allá de la distancia de caída umbral D_S que indica un desnivel 12 y provoca que el robot 100 deje de moverse. Con este segundo emisor 522b dispuesto específicamente, el detector 520 puede determinar con seguridad una superficie pisable 10 colocada dentro de la distancia de caída umbral D_S cuando el primer emisor 522a indica la presencia de una superficie de piso 10 en el primer volumen V1 y el segundo emisor 522b no indica un desnivel 12 debido a que la intersección del campo de visión 525 del receptor y la segunda emisión 523b se adelantó por la presencia de una superficie pisable 10 cercana sobre la cual el robot 100 se puede desplazar sin interrupción. En otras palabras, el detector de desnivel 520 señala al robot 100 que se mantenga en movimiento debido a que el desnivel 12 no está presente según se determina mediante la detección de una superficie pisable 10 colocada a una altura d dentro de la distancia de caída umbral D_S , y según se determina por la falta de detección de una superficie pisable 10 más allá de la distancia de caída umbral D_S . La superficie de piso 10 evita la formación del segundo volumen V2 todo a la vez. Sin la formación del segundo volumen V2, no existe ninguna superficie pisable 10 a detectar dentro de ese volumen.

Los emisores 522 y el receptor 524 se pueden activar de forma incremental o secuencial para evitar la diafonía, que ocurre cuando un componente de detección recibe señales de dos componentes de detección al mismo tiempo, provocando de este modo detecciones incorrectas (por ejemplo, falsos positivos o falsos negativos) de objetos o desniveles 12. En otros ejemplos, según se describió anteriormente, los múltiples detectores de desnivel se pueden activar de forma secuencial para rechazar las lecturas de trayectoria múltiple. En todavía otros ejemplos utilizando FFT, las emisiones simultáneas tienen emisores de diferentes frecuencias que evitan lecturas erróneas. En aún otros ejemplos, los emisores 522a, 522b se modulan en el dominio de la frecuencia óptica y utilizan dos colores diferentes de emisión para la detección por separado fiable de las dos fuentes y el receptor 524 distingue las dos longitudes de onda diferentes.

Volviendo a las FIG. 9C, 10A, 10B y, en algunas ejecuciones, el campo de visión 523, 525 del detector de desnivel 520 observa hacia atrás (con respecto a la dirección principal de desplazamiento F) con un ángulo α de observación hacia atrás. En algunos ejemplos, α es menor de 10 grados (desde los ejes longitudinales Y_S del detector). Este ángulo α se determina para equilibrar dos restricciones opuestas: primero, el robot 100 todavía puede detectar el piso 10 mientras que sube un obstáculo (por ejemplo la distancia de caída D_C que separa una primera superficie de piso 10a de una segunda superficie de piso 10b según se representa en la FIG. 9G), y segundo, para que el robot 100 no observe hacia atrás tan lejos que vea una tabica de escalera 13 (u otra superficie vertical antes que una caída según se representa en la FIG. 10A) de un desnivel real 12b del cual el robot 100 no pueda descender. (En la FIG. 10A, la emisión de trayectoria múltiple 523m se equipara a la emisión 523a asociada con el primer emisor 522a y el primer volumen V1 y la emisión directa 523d se equipara a la emisión 523b asociada con el segundo emisor 522b y el segundo volumen V2). Debido a que el receptor del detector 524 recibe una emisión 523d que indica una distancia d por encima de la distancia de caída umbral D_S además de recibir la emisión de trayectoria múltiple 534m que rebota hacia afuera de la tabica de escalera 13, se señala al robot 100 una condición desnivel (es decir, un desnivel real 12b). En otras palabras, a medida que el robot 100 se desplaza hacia un desnivel 12b que tiene una distancia d (desde el detector 520 hasta la segunda superficie de piso 10b) mayor que D_S , cualquier emisión de trayectoria múltiple 534m que rebote hacia afuera de la tabica de escalera 13 y vuelva al receptor 524 del detector de desnivel 520 puede no tener una oportunidad geométrica de ocurrir antes de que se guíe al robot 100 a un estado irrecuperable (por ejemplo, con una rueda 124, 124a, 124b o una rueda loca 126 colgando por fuera de la caída), momento en el que el receptor del detector 524 recibe una emisión 523d que indica un desnivel real 12b. Mediante el ajuste del ángulo α de observación hacia atrás del campo de visión del detector de desnivel 520 para observar hacia atrás en menos de 10 grados, esto minimiza la probabilidad de que la emisión de trayectoria múltiple 523m rebote hacia fuera de una superficie vertical 13 e indique de forma falsa una distancia d a la superficie de piso 10 dentro de la distancia umbral D_S , lo que ocurre con un ángulo α de observación hacia atrás mayor de 10 grados. Esto evita que la rueda loca 126 ruede más allá del borde de un desnivel ($d > D_S$) y provoque que el robot 100 entre en un estado irrecuperable, tal como caer o quedarse atascado en el borde de una caída. Según se representa en la FIG. 9C, haciendo que el campo de visión 523, 525 del detector de desnivel 520 observe hacia atrás de la dirección de desplazamiento F, el robot 100 puede detectar un umbral transitable 12a (es decir, una condición pisable dentro de la distancia de caída umbral D_S) cuando el robot 100 se inclina para atravesar un desnivel 12a que tiene una distancia de caída D_C que separa la primera superficie de piso 10a de la segunda superficie de piso 10b y una altura de subida y la altura de caída (es decir, la distancia d desde el detector 520) en o dentro del alcance de la distancia de caída umbral D_S . La FIG. 10B representa una condición que está alineada con la respuesta del detector en la

segunda columna de la Tabla 1, en la cual ambas emisiones 523a, 523b de respuesta son recibas por el receptor 524 después de reflejarse fuera de una superficie 10 colocada más allá de la distancia umbral D_s . La superficie aquí está demasiado lejos ($d \gg D_s$) y la superficie 10 es reflectante de forma difusa, tal como una escalera de mármol blanco.

- 5 En cualquier caso, según se describió anteriormente con respecto a la Tabla 1, el robot 100 puede responder a cuatro condiciones de detección, sólo una de las cuales indica una condición ($d \leq D_s$) en la que el robot 100 continúa desplazándose sin preocupación de un desnivel real 12b. El robot 100 también puede responder a otras condiciones de detección.

10 Con referencia a las FIG. 11A-11C, el cuerpo del detector 514 incluye al menos una pared 516, que define el campo de visión 523, 525 de al menos uno de los componentes de detección 522, 524. Las paredes 516 evitan o reducen la luz reflejada desde los emisores o receptores que golpea o es recibida por el objeto o desnivel 12. Las paredes 516 dirigen la luz con puntos de atrapamiento del apantallamiento A1, A2, B1, B2; por lo tanto, las paredes 516 definen el campo de visión 523, 525 del al menos uno de los componentes de detección 522, 524. La paredes 516 se pueden diseñar para estrechar o expandir el campo de visión 523, 525 de los componentes de detección 522, 524. Según se
15 representa en el ejemplo de la FIG. 11A, el cuerpo del detector 514 tiene un doble deflector con 4 puntos de atrapamiento (2 puntos de atrapamiento superiores A1, A2 y dos puntos de atrapamiento inferiores B1, B2). Las aberturas de los puntos de atrapamiento superiores A1, A2 permiten que las emisiones 523 llenen el volumen de la carcasa 514 y las aberturas de los puntos de atrapamiento inferiores B1, B2 crean unos troqueles definidos, (es decir, límites de luz emitida afilados). Las emisiones 523, son afiladas y mejoran de este modo la precisión del estado de transición en el primer volumen V1 y desde la intersección del primer volumen V1 del primer campo de
20 emisión 523a y el campo de visión 525 del receptor (o el primer campo de visión 524a del receptor y el emisor 522 en un ejemplo de dos receptores, un emisor) y el estado de transición y la distancia de caída umbral en la que comienza el segundo volumen V2. Según se representa en las FIG. 11B y 11C, la emisión 523 define una emisión central "afilada" 523c con emisiones 523e de caída fuera de borde mínima. El ángulo γ de la emisión 523e de caída
25 fuera de borde es menor de 1 grado desde la emisión central 523c. El tamaño de la emisión 523 proyectada en la superficie de piso 10 depende de cómo de estrechada está la emisión del haz LED y la distancia de la superficie de piso 10 desde las segundas aberturas de los puntos de atrapamiento B1, B2. Adicionalmente, en algunas ejecuciones, las aberturas de los puntos de atrapamiento inferiores B1, B2 se dimensionan con una anchura de abertura que abarca una distancia equivalente a la mitad del ángulo de potencia de los emisores LED 522. Gestionar el brillo de los bordes de la emisión 523 puede necesitar estrechar la anchura de las aberturas B1, B2. Mediante la
30 gestión de potencia en los bordes de la emisión 523, el troquel de la distancia de caída umbral D_s se encuentra en un punto de intersección definido entre las emisiones 523a, 523b y el campo de visión 525 del receptor. Esta precisión en los puntos de transición elimina la dependencia superficial y mejora la consistencia de la respuesta de detección a través de tipos de piso y los ángulos de balanceo y cabeceo del robot 100.

35 Con el fin de permitir la medición de distancia con la aplicación de la tabla de verdad de dos volúmenes de las FIG. 9A y 9B, un segundo receptor 524c (o segundo emisor), no mostrado, se podría colocar entre o al lado de los emisores 522a, 522b (o receptores 524a, 524b), con un campo de visión que se solape con cualquiera o ambos de los volúmenes cercano o lejano de cualquiera o ambos de los emisores cercano o lejano 522a, 522b (o los receptores 524a, 524b). Con respecto a la adición de un segundo receptor 524c a la FIG. 9B, el segundo receptor
40 524c estaría más distante de las superficies/volúmenes candidatos (volúmenes de caída de escalera lejano o de umbral cercano) que el primer receptor 524, y sería dispuesto o bien en el mismo lado o bien en el lado opuesto del primer receptor 524 en la forma de las FIG. 8B y 8C. Por lo tanto, un detector de dos volúmenes/diferencial híbrido que combine las dos ejecuciones de un detector de tres elementos tendría emisores primero y segundo y receptores primero y segundo. El primer receptor sería configurado (a través de la colocación de una lente en la parte inferior
45 del detector 520, el apantallamiento de la carcasa 514 y el ángulo de visión θ), para observar un primer volumen V1 del primer emisor 522a a una distancia de caída umbral D_s cercana y también un segundo volumen V2 del segundo emisor 522b a una distancia de caída de la escalera, lejana; y el segundo receptor 524c sería configurado para, desde una posición más distante que el primer receptor 524a, observar al menos una parte de uno o ambos de los volúmenes primero o segundo V1, V2.

50 En funcionamiento, el robot seguiría o podría seguir la misma lógica según se expone en la tabla de verdad de la Tabla 1 y los diagramas de estado de la tabla de verdad de las FIG. 13A-H. No obstante, el detector híbrido se podría utilizar para verificar los umbrales y las ganancias; verificar los contenidos tanto del primer como del segundo volumen (con ganancia aumentada o filtrado pasabanda); determinar el tipo de superficie (por ejemplo, entre reflectante, estampada, dura, blanda, de pelo poco profundo o profundo); y clasificar las situaciones que dependen
55 de la distancia superficial (alta centrada; con cabeceo; guiñada). Alternativamente, se podría resumir una tabla de verdad diferente con las condiciones V1, V2, V3, V4, con los resultados V3 y V4 del segundo receptor 524c utilizados para verificación, en lugar de una decisión de dejar de pulsar.

60 La FIG. 12 proporciona una disposición de ejemplo de las operaciones para un método 1100 de funcionamiento el robot móvil 100. El método 1200 incluye recibir 1202, en un procesador de cálculo, los datos de un primer detector 522a, 522b. El primer detector 522a, 522b incluye un primer emisor 522a y un primer receptor 524a. El método 1200 incluye recibir 1204, en el procesador de cálculo, los datos de un segundo detector 522b, 524b que incluye un segundo emisor 522b y un segundo receptor 524b. Siendo el primer emisor 522a y el segundo emisor 522b el

mismo emisor 522 o siendo el primer receptor 524a y el segundo receptor 524b el mismo receptor 524. El método 1200 incluye determinar 1106, utilizando el procesador de cálculo, una distancia objetivo d entre un punto de referencia de detección (por ejemplo, el receptor 524) y un objeto detectado en base a los datos recibidos, y determinar 1108 si la distancia objetivo d está dentro de una primera distancia umbral D_S o una segunda distancia umbral D_{NS} . El método 1200 también incluye emitir 1210 una orden, desde el procesador de cálculo, en base a si la distancia objetivo d está dentro de la primera distancia umbral D_S o la segunda distancia umbral D_{NS} . En algunos ejemplos, un tiempo de procesamiento del procesador de cálculo entre determinar si la distancia objetivo d está dentro de una primera o una segunda distancia umbral y emitir una orden es igual o inferior a aproximadamente 10 milisegundos (+/- 5 ms). El tiempo de procesamiento se basa en la distancia entre el detector 520 y la rueda loca 126, debido a que el procesador necesita determinar si se debe emitir una orden para cambiar la dirección del robot 100 antes de que la rueda loca 126 se caiga fuera del desnivel 12. Por lo tanto, si la rueda loca 126 (o cualquier rueda próxima al detector 520) está dentro de una distancia próxima del detector 520, entonces se puede necesitar menos tiempo para determinar si existe el desnivel 12 y para evaluar si el robot 100 puede mantenerse en movimiento. Si la distancia entre la rueda loca 126 (o cualquier otra rueda) es mayor, el robot puede utilizar más tiempo para tomar sus decisiones.

Con referencia de nuevo a la FIG. 9A, en algunas ejecuciones, si el primer emisor 522a y el segundo emisor 522b son lo mismo, el método 1200 incluye, además, emitir luz desde el primer emisor 522a a lo largo de un primer campo de visión 523, y recibir los reflejos de la luz en el primer receptor 524a a lo largo de un segundo campo de visión 525a. Además, el método 1200 incluye recibir el reflejo de la luz en el segundo receptor 524b a lo largo de un tercer campo de visión 525b. El primer campo de visión 523 intersecta los campos de visión segundo y tercero 525a, 525b. La intersección de los campos de visión primero y segundo 523, 525a define un primer volumen V1, y la intersección de los campos de visión primero y tercero 523, 525b define un segundo volumen V2. El primer volumen V1 detecta una primera superficie de piso 10a dentro de la primera distancia umbral D_S desde el punto de referencia de detección (por ejemplo, el cuerpo del robot 110), y el segundo volumen V2 detecta una segunda superficie de piso 10b dentro de una segunda distancia umbral, mayor que la primera distancia umbral D_S , a partir del punto de referencia de detección. Los campos de visión primero, segundo y tercero 523, 525a, 525b pueden definir los ejes F_{523} , F_{525a} , F_{525b} de los campos de visión primero, segundo y tercero respectivamente, donde los ejes de los campos de visión segundo y tercero 525a, 525b son paralelos. Adicional o alternativamente, el método 1100 puede incluir disponer un eje F_{523} del campo de visión definido por el primer campo de visión 523 con un ángulo entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 15 grados con respecto a un eje de detección longitudinal común Y_S , y disponer los ejes F_{525a} , F_{525b} de los campos de visión de definidos por los campos de visión segundo y tercero 525a, 525b con un ángulo de entre 0 y aproximadamente 10 grados con respecto al eje de detección longitudinal común Y_S .

Con referencia de nuevo a la FIG. 9B, en algunas ejecuciones, si el primer receptor 524a y el segundo receptor 524b son el mismo, el método 1200 incluye además recibir los reflejos de la luz a lo largo de un primer campo de visión 525, y emitir luz desde el primer emisor 522a a lo largo de un segundo campo de visión 523a. El método 1200 también incluye emitir luz desde el segundo emisor 522b a lo largo de un tercer campo de visión 523b. El primer campo de visión 525 intersecta los campos de visión segundo y tercero 523a, 523b, donde la intersección de los campos de visión primero y segundo 525, 523b define un primer volumen V1. La intersección de los campos de visión primero y tercero 525, 523b define un segundo volumen V2. El primer volumen V1 detecta un primer piso de superficie 10a dentro de la primera distancia umbral D_S desde el punto de referencia de detección, y el segundo volumen V2 detecta una segunda superficie de piso 10b dentro de una segunda distancia umbral desde el punto de referencia de detección, siendo una distancia mayor que la primera distancia umbral D_S . Los campos de visión primero, segundo y tercero 525, 523a, 523b definen los ejes F_{525} , F_{523a} , F_{523b} de los campos de visión primero, segundo y tercero respectivamente, donde los ejes de los campos de visión segundo y tercero 523a, 523b son paralelos. Adicional o alternativamente, el método 1200 puede incluir disponer un eje F_{525} del campo de visión definido por el primer campo de visión 525 con un ángulo entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 15 grados con respecto a un eje de detección longitudinal común Y_S , y disponer los ejes F_{523a} , F_{523b} de los campos de visión definidos por los campos de visión segundo y tercero 523a, 523b con un ángulo de entre 0 y aproximadamente 10 grados con respecto al eje de detección longitudinal común Y_S .

Varias ejecuciones de los sistemas y las técnicas descritas aquí se pueden realizar con circuitos digitales electrónicos y/u ópticos, circuitos integrados, ASIC (circuitos integrado de aplicación específica) diseñados especialmente, hardware, firmware, software de ordenador y/o combinaciones de los mismos. Estas diversas ejecuciones pueden incluir la aplicación en uno o más programas de ordenador que sean ejecutables y/o interpretables en un sistema programable que incluya al menos un procesador programable, que puede ser de propósito especial o general, acoplado para recibir datos e instrucciones desde, y para transmitir datos e instrucciones a, un sistema de almacenamiento, al menos un dispositivo de entrada, y al menos un dispositivo de salida.

Estos programas de ordenador (también conocidos como programas, software, aplicaciones o código de software) incluyen instrucciones de lenguaje máquina para un procesador programable, y se pueden ejecutar con un lenguaje de programación de alto nivel procedimental y/u orientado a objeto, y/o en lenguaje ensamblador/máquina. Según se utiliza en la presente memoria, los términos "medio legible por máquina" y "medio legible por ordenador" se refiere a cualquier producto de programa de ordenador, medio, aparato y/o dispositivo legible por ordenador no transitorio

(por ejemplo, discos magnéticos, discos ópticos, la memoria, dispositivos lógicos programables (PLD)) utilizado para proporcionar instrucciones de lenguaje máquina y/o datos a un procesador programable, que incluye un medio legible por máquina que recibe las instrucciones de lenguaje máquina como una señal legible por máquina. El término "señal legible por máquina" se refiere a cualquier señal utilizada para proporcionar instrucciones de lenguaje máquina y/o datos a un procesador programable.

Las ejecuciones de la materia en estudio y las operaciones funcionales descritas en esta memoria descriptiva se pueden ejecutar con circuitos electrónicos digitales, o con software, firmware o hardware de ordenador, incluyendo las estructuras descritas en esta memoria descriptiva y sus equivalentes estructurales o con combinaciones de uno o más de ellos. Además, la materia en estudio descrita en esta memoria descriptiva se puede ejecutar como uno o más productos de programa de ordenador, es decir, uno o más módulos de instrucciones de programas informáticos codificados en un medio legible por ordenador para su ejecución por, o para controlar el funcionamiento de, el aparato de procesamiento de datos. El medio legible por ordenador puede ser un dispositivo de almacenamiento legible por máquina, un sustrato de almacenamiento legible por máquina, un dispositivo de memoria, una composición de contenido que afecta a una señal propagada legible por máquina o una combinación de uno o más de ellos. Los términos "aparato de procesamiento de datos", "dispositivo de cálculo" y "procesador de cálculo" abarcan todos los aparatos, dispositivos y máquinas para el procesamiento de datos, incluyendo a modo de ejemplo un procesador programable, un ordenador o múltiples procesadores u ordenadores. El aparato puede incluir, además de hardware, código que crea un entorno de ejecución para el programa de ordenador en cuestión, por ejemplo, el código que constituye el firmware del procesador, una pila de protocolo, un sistema de gestión de bases de datos, un sistema operativo o una combinación de uno o más de ellos. Una señal propagada y una señal generada artificialmente, por ejemplo, una señal eléctrica, óptica o electromagnética generada por lenguaje máquina que se genera para codificar la información para su transmisión al aparato receptor adecuado.

Un programa de ordenador (también conocido como una aplicación, programa, software, aplicación de software, secuencia de órdenes o código) se puede escribir con cualquier forma de lenguaje de programación, que incluye los lenguajes compilados o interpretados, y se puede utilizar de cualquier forma, que incluye como un programa autónomo o como un módulo, componente, subrutina u otra unidad adecuada para su utilización en un entorno informático. Un programa de ordenador no se corresponde necesariamente con un archivo en un sistema de archivos. Un programa se puede almacenar en una parte de un archivo que contiene otros programas o datos (por ejemplo, una o más secuencias de órdenes almacenadas en un documento de lenguaje de marcas), en un solo archivo dedicado al programa en cuestión o en múltiples archivos coordinados (por ejemplo, archivos que almacenan uno o más módulos, programas secundarios o partes de código). Un programa de ordenador se puede utilizar para ser ejecutado en un ordenador o en varios ordenadores que se sitúan en un lugar o distribuidos a través de múltiples lugares e interconectados por una red de comunicación.

Los procesos y flujos lógicos descritos en esta memoria descriptiva se pueden realizar mediante uno o más procesadores programables que ejecuten uno o más programas de ordenador para realizar las funciones operando sobre los datos de entrada y generando la salida. Los procesos y los flujos lógicos también se pueden realizar por, y los aparatos también se pueden ejecutar como, circuitos lógicos de propósito especial, por ejemplo, una FPGA (matriz de puertas programables en campo) o un ASIC (circuito integrado de aplicación específica).

Los procesadores adecuados para la ejecución de un programa de ordenador incluyen, a modo de ejemplo, ambos microprocesadores de propósito general y especial, y uno cualquiera o más procesadores de cualquier tipo de ordenador digital. En general, un procesador recibirá instrucciones y datos de una memoria de sólo lectura o una memoria de acceso aleatorio o ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son un procesador para ejecutar instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y datos. Generalmente, un ordenador también incluirá, o se acoplarán operativamente para recibir datos desde o transferir datos o ambos, a uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para el almacenamiento de datos, por ejemplo, discos magnéticos, magneto-ópticos o discos ópticos. Sin embargo, un ordenador no necesita tener dichos dispositivos. Además, un ordenador se puede incorporar en otro dispositivo, por ejemplo, un teléfono móvil, un asistente personal digital (PDA), un reproductor de audio móvil, un receptor del sistema de posicionamiento global (GPS), por nombrar sólo unos pocos. Los medios legibles por ordenador adecuados para almacenar instrucciones de programa de ordenador y datos incluyen todas las formas de memoria no volátil, medios y dispositivos de memoria, que incluyen a modo de ejemplo dispositivos semiconductores de memoria, por ejemplo, EPROM, EEPROM y dispositivos de memoria flash; discos magnéticos, por ejemplo, discos duros internos o discos extraíbles; discos magneto-ópticos; y discos CD-ROM y DVD-ROM. El procesador y la memoria se pueden complementar con o incorporar en, un circuito lógico de propósito especial.

Para proporcionar interacción con un usuario, uno o más aspectos de la descripción se pueden ejecutar en un ordenador que tiene un dispositivo de visualización, por ejemplo, un CRT (tubo de rayos catódicos), monitor LCD (pantalla de cristal líquido) o una pantalla táctil para visualizar información al usuario y, opcionalmente, un teclado y un dispositivo señalador, por ejemplo, un ratón o una bola de seguimiento, mediante la cual el usuario puede proporcionar entrada al ordenador. También se pueden utilizar otros tipos de dispositivos para proporcionar interacción con un usuario; por ejemplo, la retroalimentación proporcionada al usuario puede ser cualquier forma de retroalimentación sensorial, por ejemplo, retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o retroalimentación táctil; y la entrada del usuario se puede recibir de cualquier forma, incluyendo la acústica, el habla o la entrada táctil.

Además, un ordenador puede interactuar con un usuario mediante el envío de documentos y la recepción de documentos desde un dispositivo que se utiliza por el usuario; por ejemplo, mediante el envío de páginas web a un navegador web en el dispositivo cliente de un usuario en respuesta a las solicitudes recibidas desde el navegador web.

- 5 Uno o más aspectos de la descripción se pueden ejecutar en un sistema informático que incluye un componente de interfaz de administrador, por ejemplo, como un servidor de datos, o que incluye un componente de software intermedio, por ejemplo, un servidor de aplicaciones, o que incluye un componente de interfaz de usuario, por ejemplo, un ordenador cliente que tiene una interfaz gráfica de usuario o un navegador web a través del cual un usuario puede interactuar con una ejecución de la materia en estudio descrita en esta memoria descriptiva o
- 10 cualquier combinación de uno o más de dichos componentes de interfaz de administrador, de software intermedio o de interfaz de usuario. Los componentes del sistema se pueden interconectar mediante cualquier forma o medio de comunicación de datos digitales, por ejemplo, una red de comunicación. Los ejemplos de redes de comunicación incluyen una red área local ("LAN") y una red de área extensa ("WAN"), una inter-red (por ejemplo, el internet), y redes entre iguales (por ejemplo, red entre iguales a medida).
- 15 El sistema informático puede incluir clientes y servidores. Un cliente y un servidor están generalmente distantes uno de otro y por lo general interactúan a través de una red de comunicación. La relación de cliente y servidor surge en virtud de los programas informáticos que se ejecutan en los ordenadores respectivos y que tienen una relación cliente-servidor entre sí. En algunas ejecuciones, un servidor transmite datos (por ejemplo, una página HTML) a un dispositivo cliente (por ejemplo, para fines de visualización de datos y recepción de la entrada de usuario de un
- 20 usuario que interactúa con el dispositivo cliente). Los datos generados en el dispositivo cliente (por ejemplo, un resultado de la interacción de usuario) se pueden recibir desde el dispositivo cliente en el servidor.

Aunque esta memoria descriptiva contiene muchos detalles específicos, estos no se deben interpretar como limitaciones en el alcance de la descripción o de lo que se puede reivindicar, sino más bien como descripciones de las características específicas para ejecuciones particulares de la descripción. Determinadas características que se describen en esta memoria descriptiva en el contexto de ejecuciones independientes también se pueden ejecutar en combinación en una única ejecución. A la inversa, diversas características que se describen en el contexto de una única ejecución también se pueden ejecutar en varias ejecuciones por separado o en cualquier combinación secundaria adecuada. Además, aunque las características se pueden describir anteriormente como actuando en determinadas combinaciones e incluso reivindicado inicialmente como tal, una o más características de una combinación reivindicada en algunos casos se pueden separar de la combinación, y la combinación reivindicada se puede dirigir a una combinación secundaria o variación de una combinación secundaria.

Del mismo modo, aunque las operaciones se representan en los dibujos en un orden particular, esto no se debe entender como que se requiere que dichas operaciones se realicen en el orden particular mostrado o en orden secuencial, o que se realicen todas las operaciones ilustradas, para lograr los resultados deseables. En determinadas circunstancias, la multitarea y el procesamiento en paralelo pueden ser ventajosos. Además, la separación de diversos componentes del sistema en los ejemplos descritos anteriormente no se debe entender como que se requiere dicha separación en todos los ejemplos, y se debe entender que los sistemas y componentes de programa descritos generalmente se pueden integrar juntos en un solo producto de software o comercializado en múltiples productos de software.

- 40 Se han descrito varias ejecuciones. No obstante, se entenderá que se pueden hacer diversas modificaciones sin apartarse del espíritu y alcance de la descripción. En consecuencia, otras ejecuciones están dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones. Por ejemplo, las acciones mencionadas en las reivindicaciones se pueden realizar en un orden diferente y todavía lograr los resultados deseables.

REIVINDICACIONES

1. Un robot autónomo (100) que comprende:
 - un cuerpo del robot (110) que define una dirección motriz de avance (F);
 - 5 un sistema motriz (120) que soporta el cuerpo del robot (110) y configurado para maniobrar el robot (100) sobre una superficie (10, 10a, 10b);
 - al menos un detector de proximidad (520, 520a, 520b, 520c, 520d, 520e, 520f) que comprende:
 - un primer componente (522, 524) que tiene un primer campo de visión (523, 525);
 - 10 un segundo componente (522a, 524a) que tiene un segundo campo de visión (523a, 525a), intersectando el primer campo de visión (523, 525) el segundo campo de visión (523a, 525a) para formar un primer volumen de intersección (V1);
 - un cuerpo del detector (514) que tiene al menos dos deflectores (516, 519, 521) dispuestos para definir el campo de visión (523, 523a, 523b, 525, 525a, 525b) de al menos un componente (522, 522a, 522b, 523, 523a, 523b); y
 - 15 un controlador (200) en comunicación con el sistema motriz (120) caracterizado por que el al menos un detector de proximidad comprende además un tercer componente (522b) que tiene un tercer campo de visión, intersectando el primer campo de visión el tercer campo de visión para formar un segundo volumen de intersección (V2), estando el segundo volumen de intersección (V2) más distante del cuerpo del robot que el primer volumen de intersección (V1), en donde el primer componente es uno de un emisor y un receptor y cada uno del segundo componente y el tercer componente es el restante de un emisor y un receptor y caracterizado adicionalmente por que el controlador se configura para:
 - 20 de forma incremental o secuencial activar y desactivar cada uno de los componentes segundo y tercero (522a, 522b, 524a, 524b) de tal manera que sólo uno de los componentes segundo y tercero (522a, 522b, 524a, 524b) se active de una vez; y
 - emitir una orden motriz (241) al sistema motriz (120) para maniobrar el robot (100) en base a una señal desde el al menos un detector de proximidad (520, 520a, 520b, 520c, 520d, 520e, 520f) generada cuando un objeto (10, 10a, 10b) interfiere con al menos uno de los volúmenes de intersección primero y segundo (V1, V2).
 - 2. El robot (100) de la reivindicación 1, en donde el controlador (200) emite una orden motriz (241) al sistema motriz (120) cuando el objeto interfiere con el segundo volumen (V2) de intersección, cambiando el comando motriz (241) la dirección del robot (100) de una dirección motriz de avance (F) a una dirección motriz distinta del avance.
 - 3. El robot (100) de la reivindicación 1 o 2, en donde cada componente (522, 522a, 522b, 523, 523a, 523b) define un eje del campo de visión (F_{523} , F_{523a} , F_{523b} , F_{525} , F_{525a} , F_{525b}) y el cuerpo del detector (514) define un eje transversal (X_S) y un eje longitudinal (Y_S), dispuestos los componentes (522, 522a, 522b, 523, 523a, 523b) a lo largo del eje transversal (X_S) con sus ejes de los campos de visión (F_{523} , F_{523a} , F_{523b} , F_{525} , F_{525a} , F_{525b}) dispuestos con un ángulo (θ_1 , θ_2 , θ_3) con respecto al eje longitudinal (Y_S).
 - 35 4. El robot (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el primer volumen de intersección (V1) se extiende aproximadamente desde el cuerpo del robot (110) hasta aproximadamente 3 cm, y el segundo volumen (V2) de intersección se extiende aproximadamente desde 3 a 5 cm desde el cuerpo del robot (110) hasta una distancia distante del cuerpo del robot (110).
 - 5. El robot (100) de la reivindicación 1, en donde una primera distancia (S_1) entre el primer componente (522, 524) y el segundo componente (522a, 524a) es menor que una segunda distancia (S_2) entre el segundo componente (522a, 524a) y el tercer componente (522b, 524b).
 - 40 6. El robot (100) de la reivindicación 5, en donde los ejes (F_{523a} , F_{523b} , F_{525a} , F_{525b}) de los campos de visión del segundo componente (522a, 523a) y el tercer componente (522b, 523b) no son paralelos.
 - 7. El robot (100) de la reivindicación 6, en donde los ejes (F_{523a} , F_{523b} , F_{525a} , F_{525b}) de los campos de visión del segundo componente (522a, 523a) y el tercer componente (522b, 523b) se disponen cada uno con un ángulo (α) de entre 0 y aproximadamente 10 grados con respecto al eje longitudinal (Y_S) definido por el cuerpo del detector (514) hacia una parte posterior (114) del cuerpo del robot (110).
 - 45 8. El robot (100) de la reivindicación 5, en donde los ejes (F_{523} , F_{525}) de los campos de visión del primer componente (522, 524) se disponen con un ángulo (θ_1) entre aproximadamente 5 grados y aproximadamente 15 grados con respecto al eje longitudinal (Y_S), siendo el ángulo (θ_1) del eje (F_{523} , F_{525}) del campo de visión del primer componente (522, 524) mayor que los ángulos (θ_2 , θ_3) de los ejes (F_{523a} , F_{523b} , F_{525a} , F_{525b}) de los campos de visión de los componentes segundo y tercero (522a, 522b, 523a, 523b).
 - 50

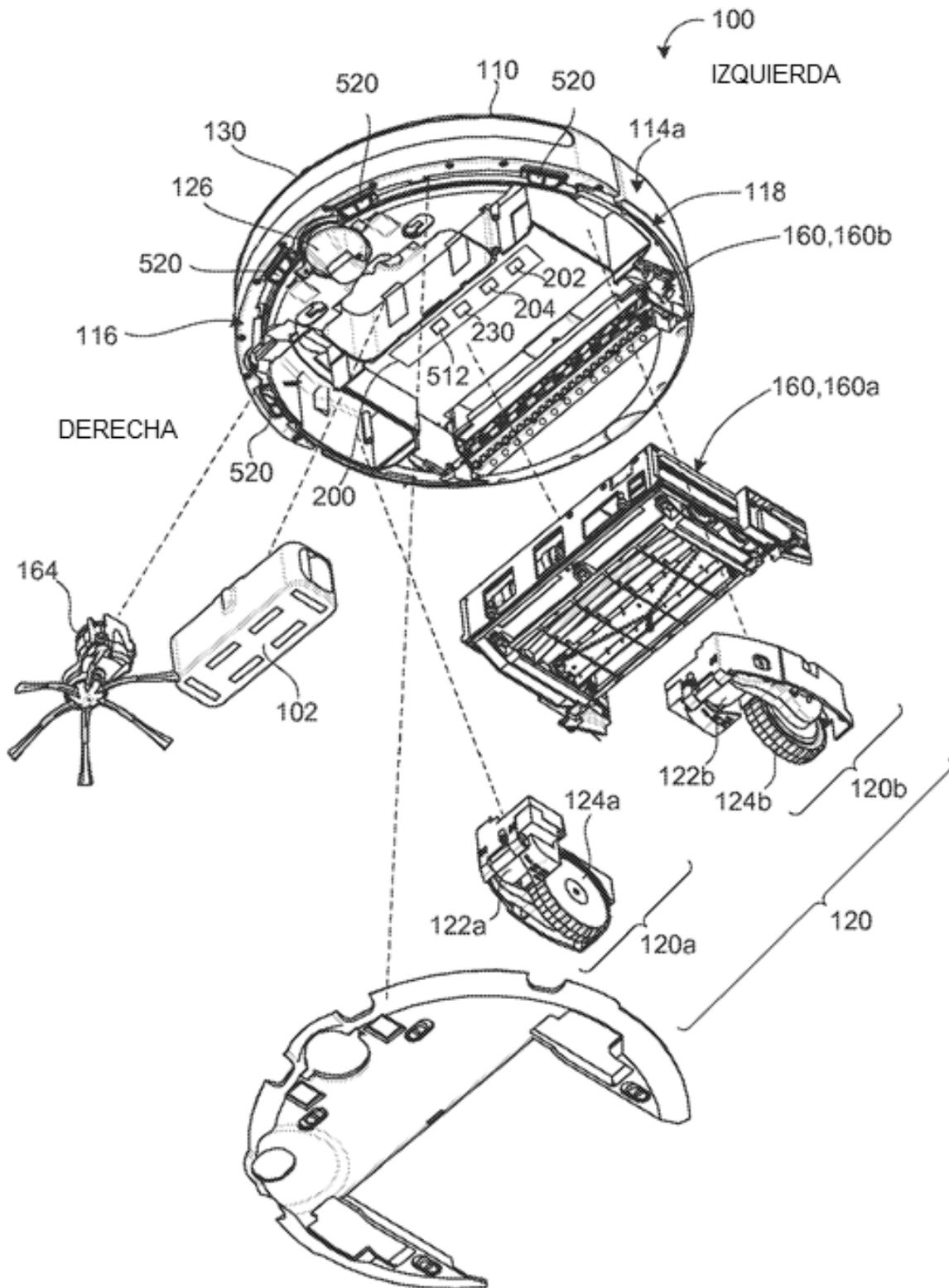


FIG. 2

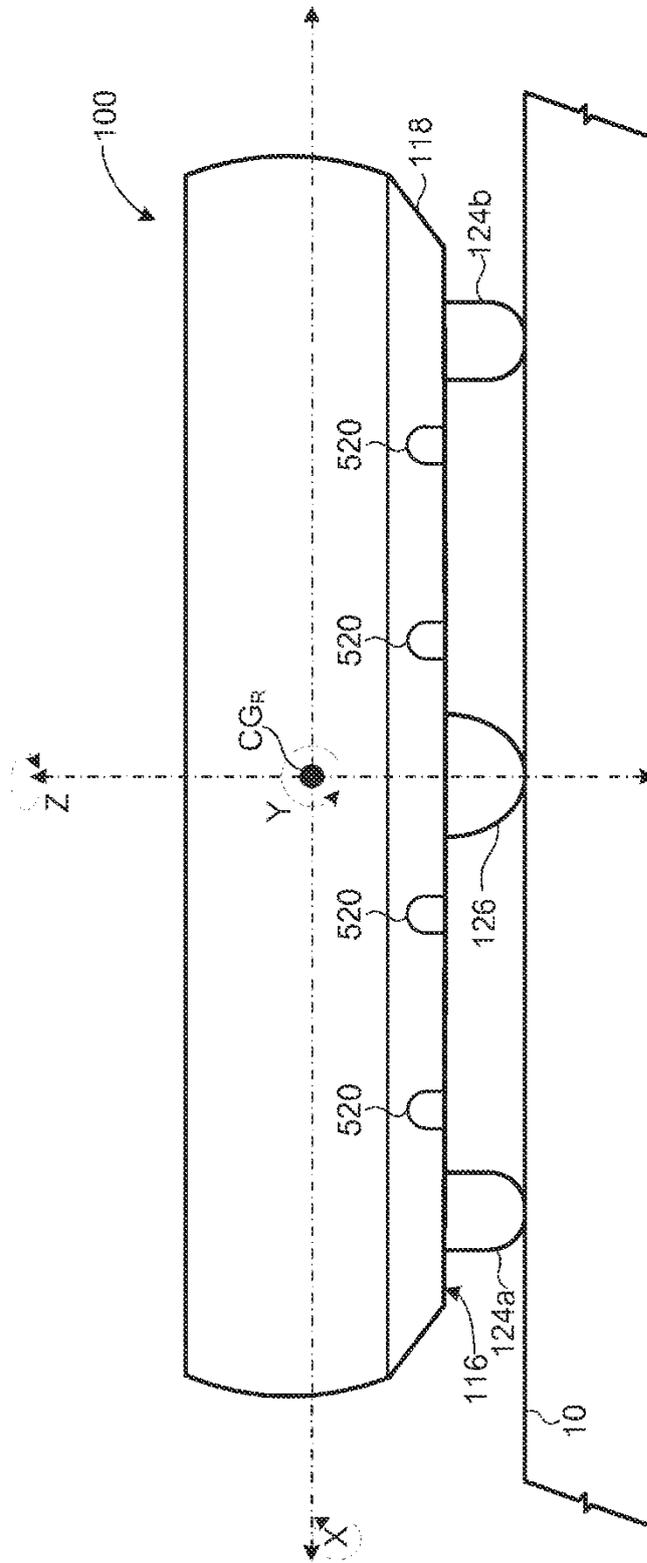


FIG. 3

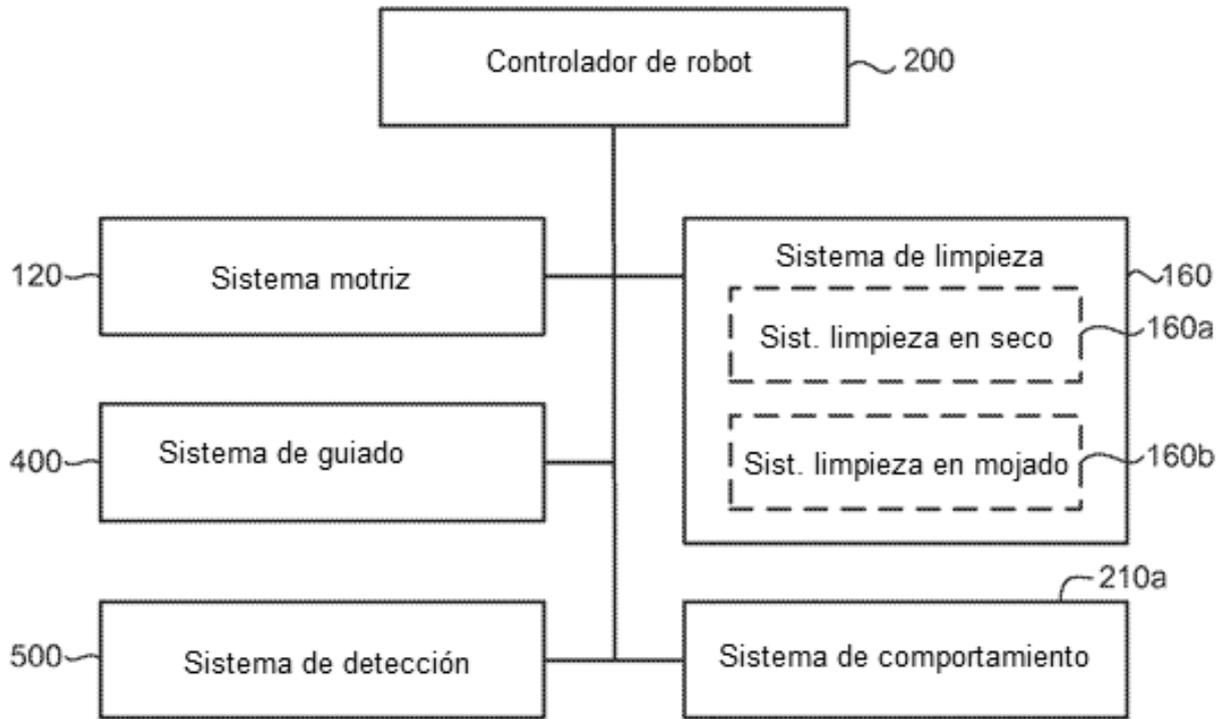


FIG. 4

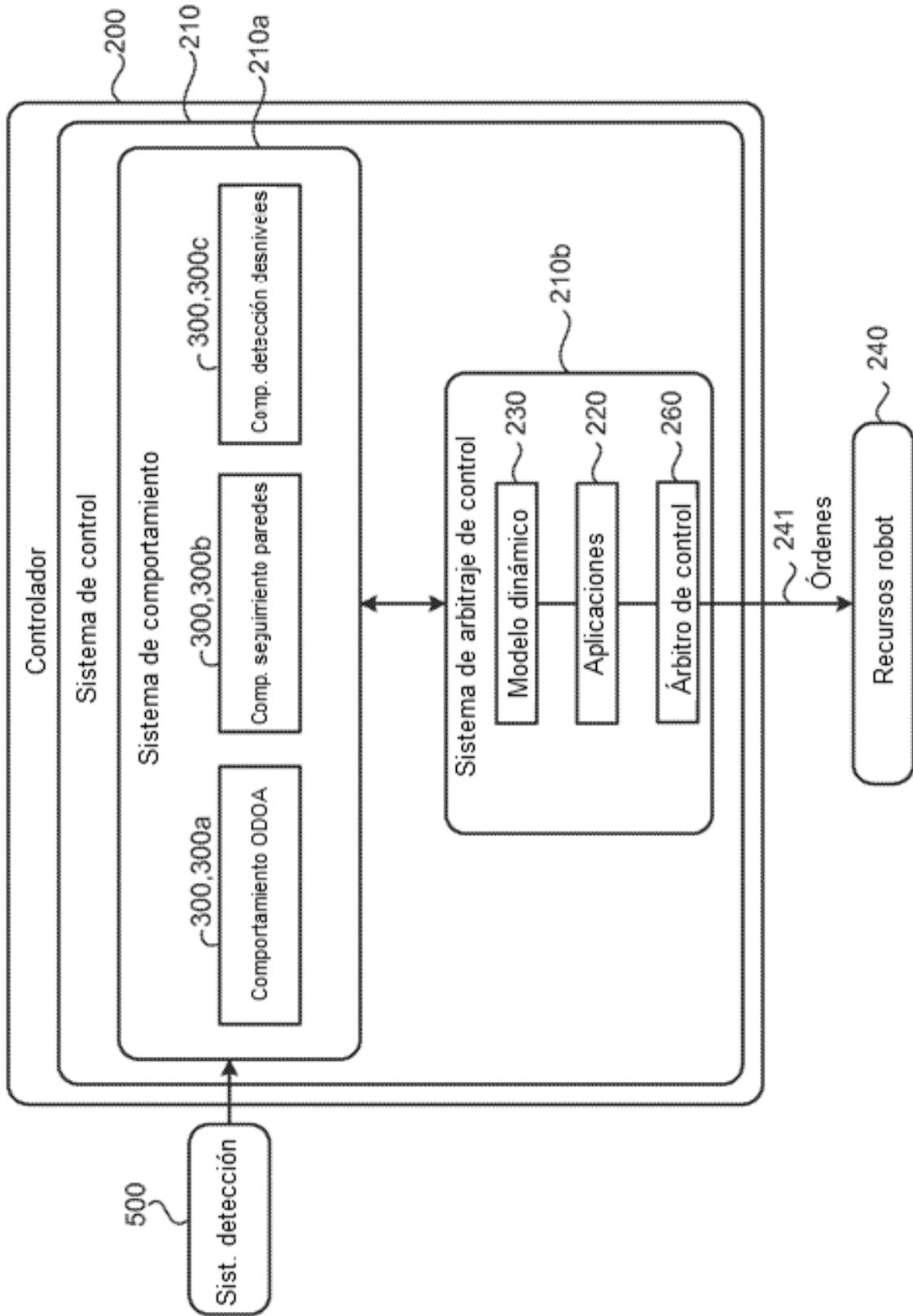


FIG. 5

Caída umbral

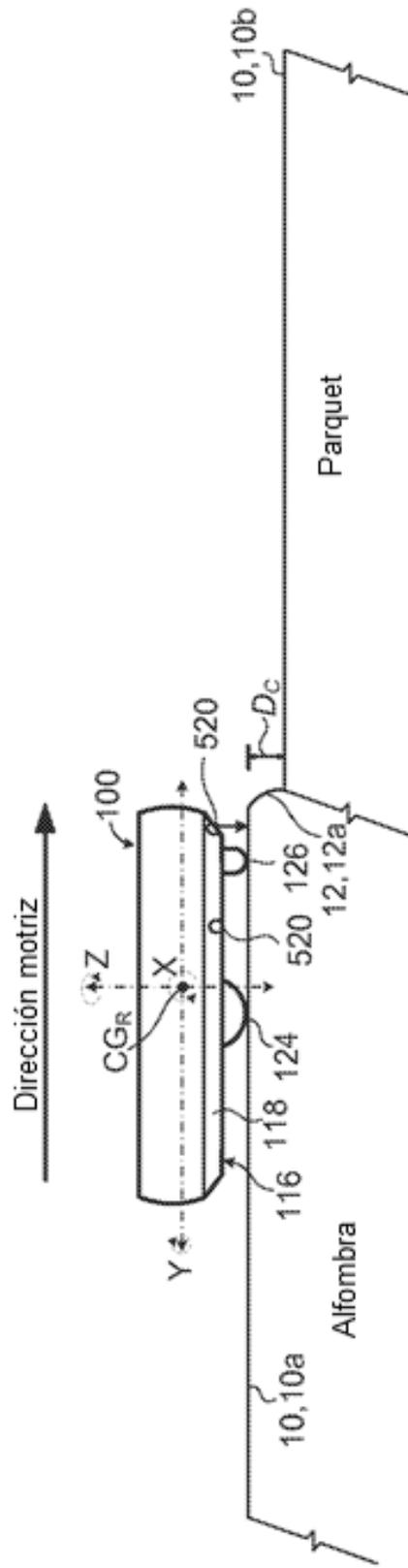


FIG. 6

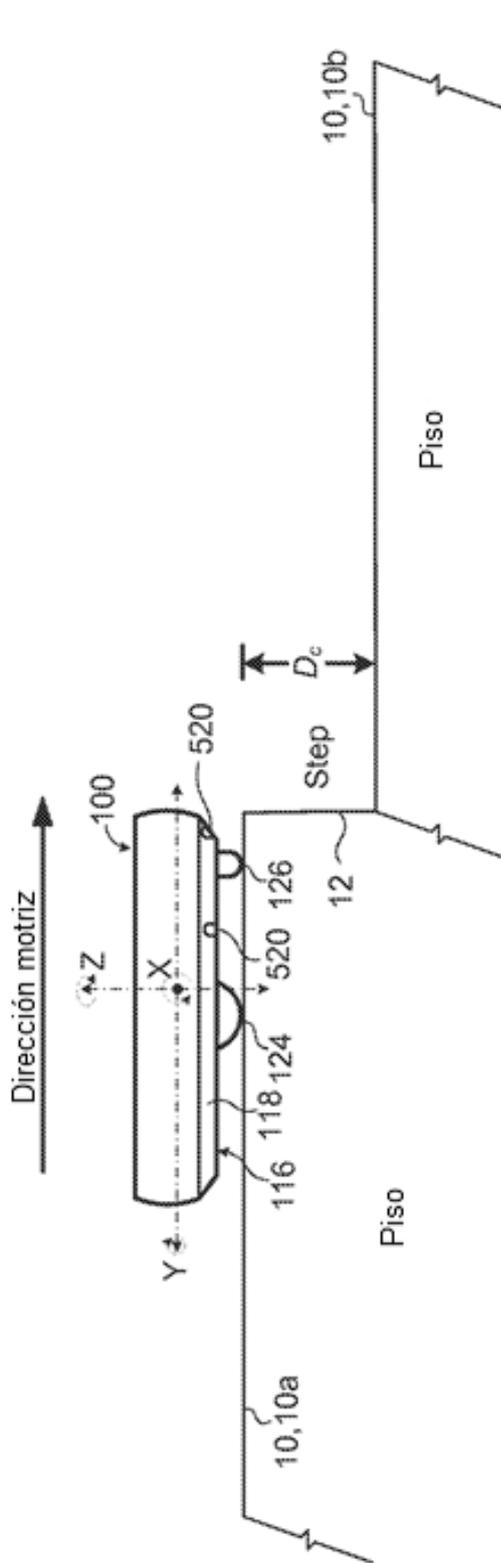


FIG. 7A

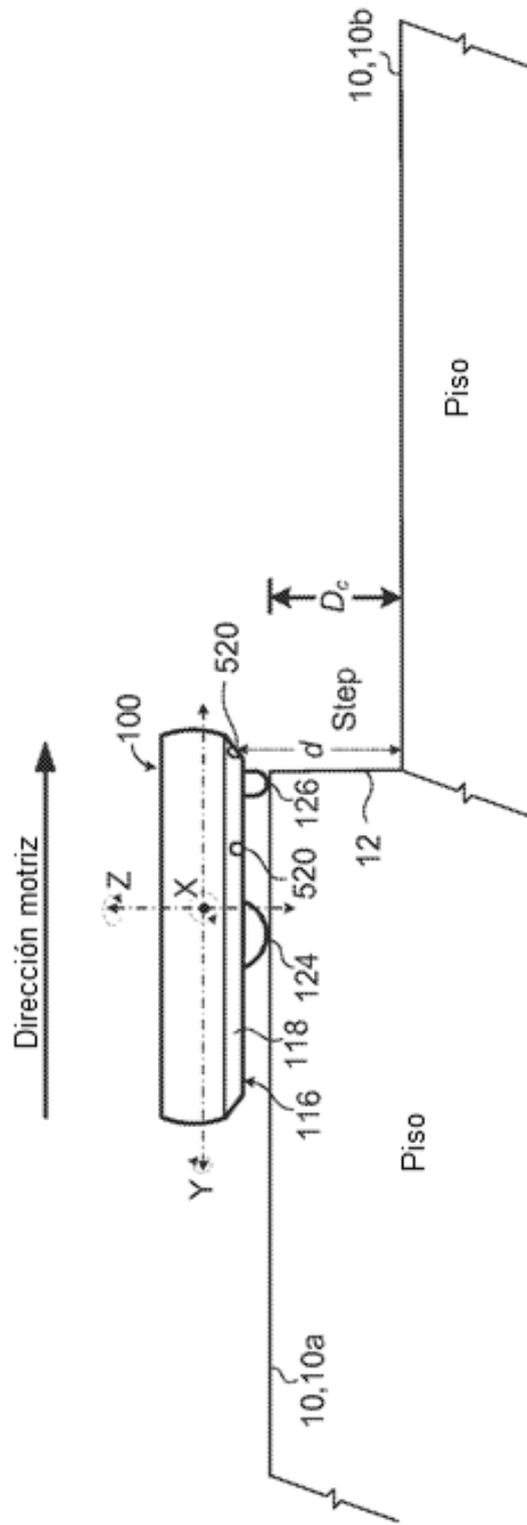


FIG. 7B

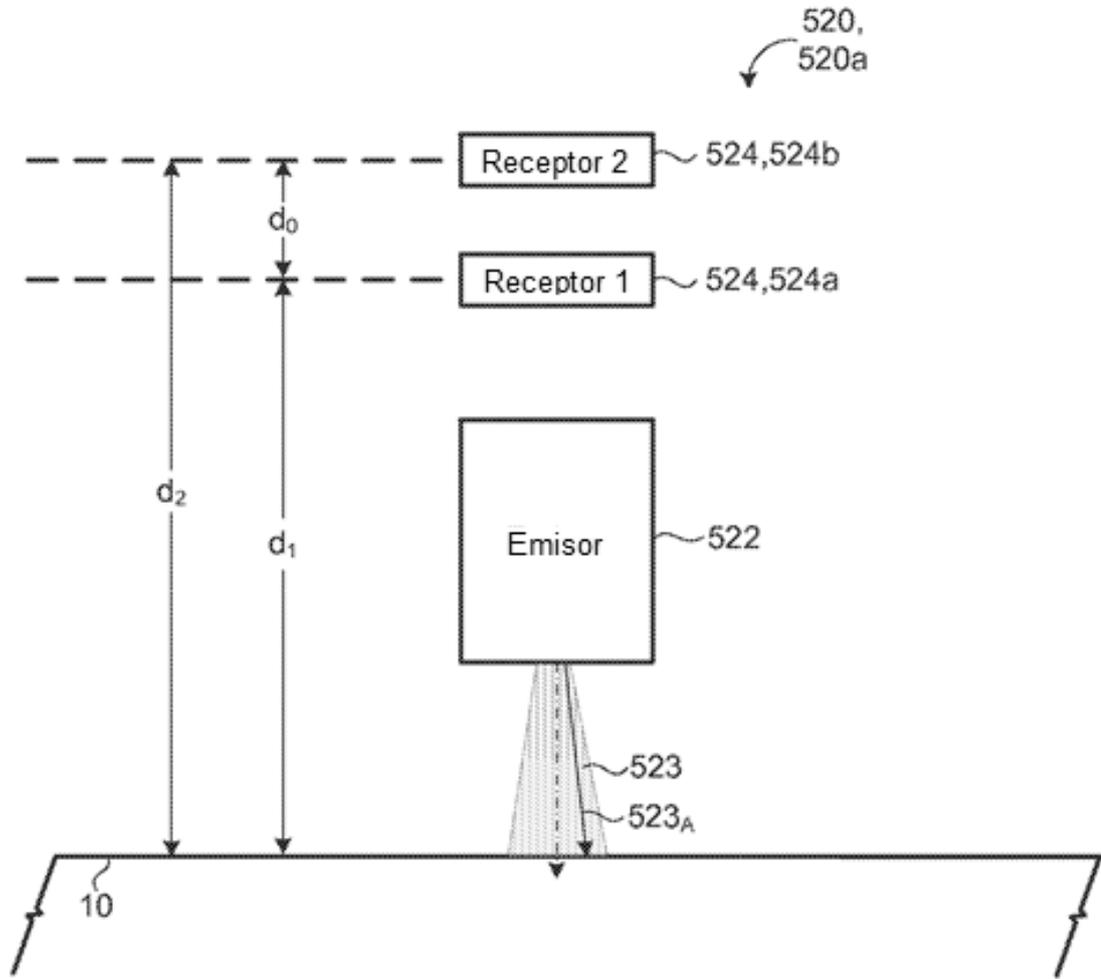


FIG. 8A

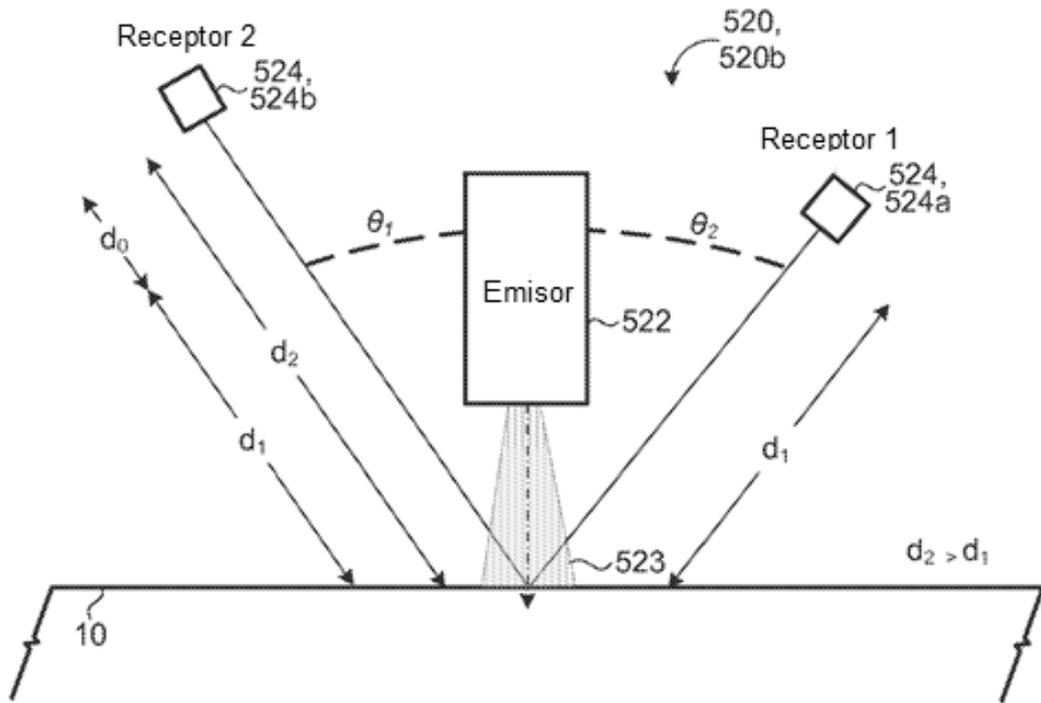


FIG. 8B

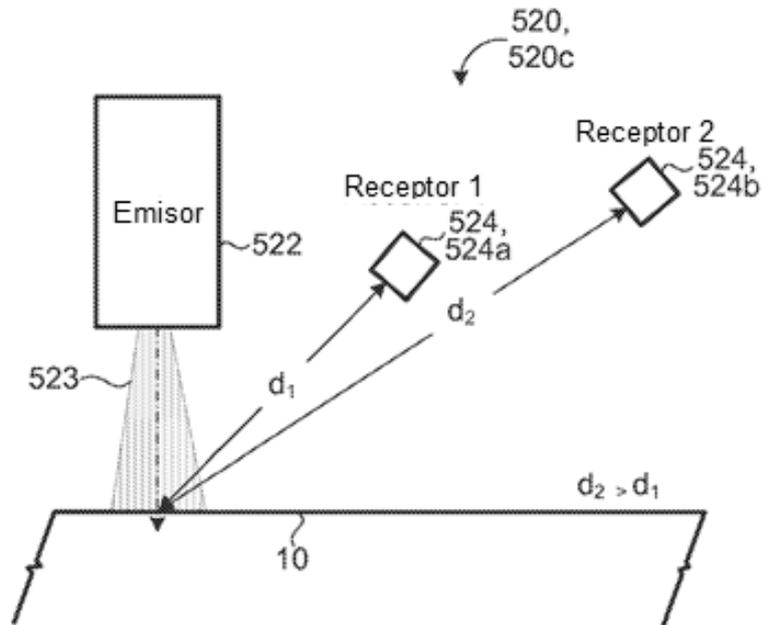


FIG. 8C

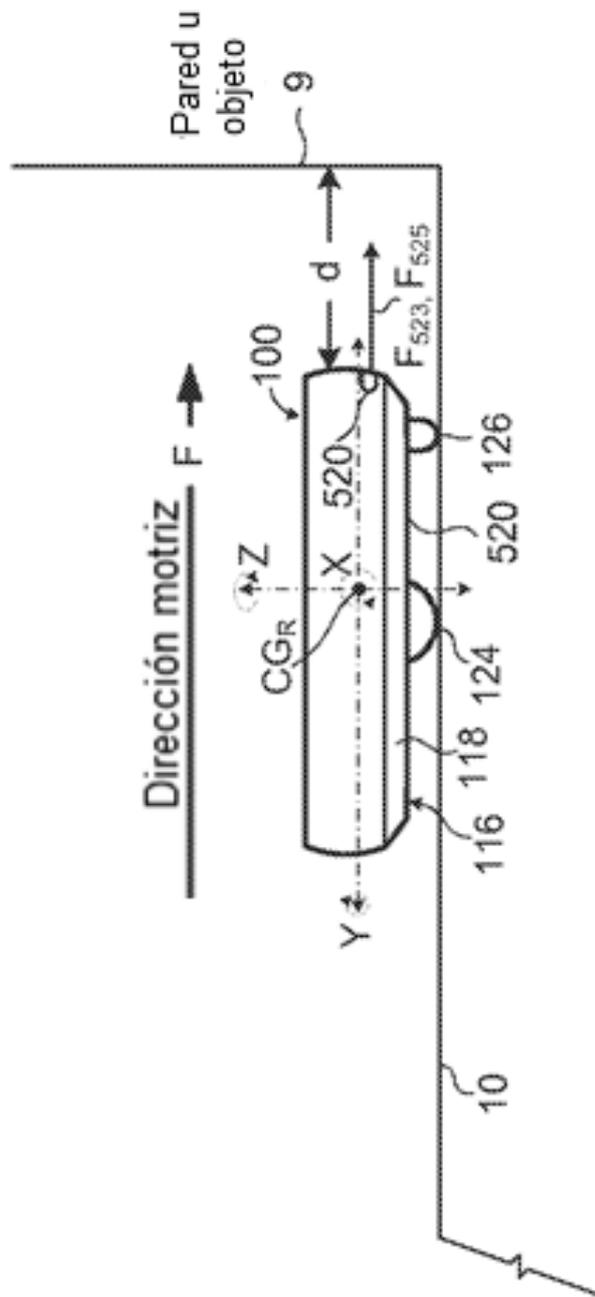


FIG. 8E

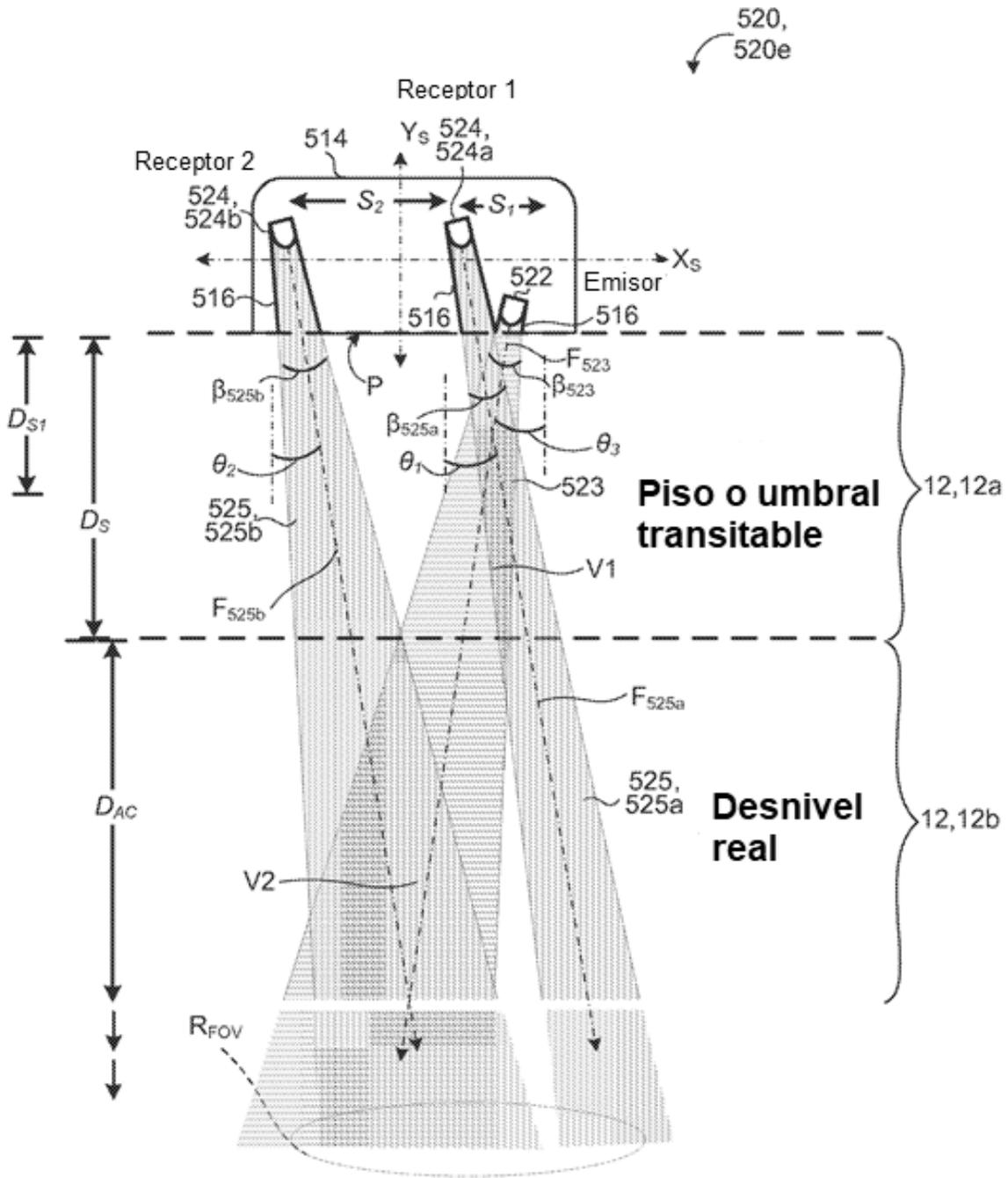


FIG. 9A

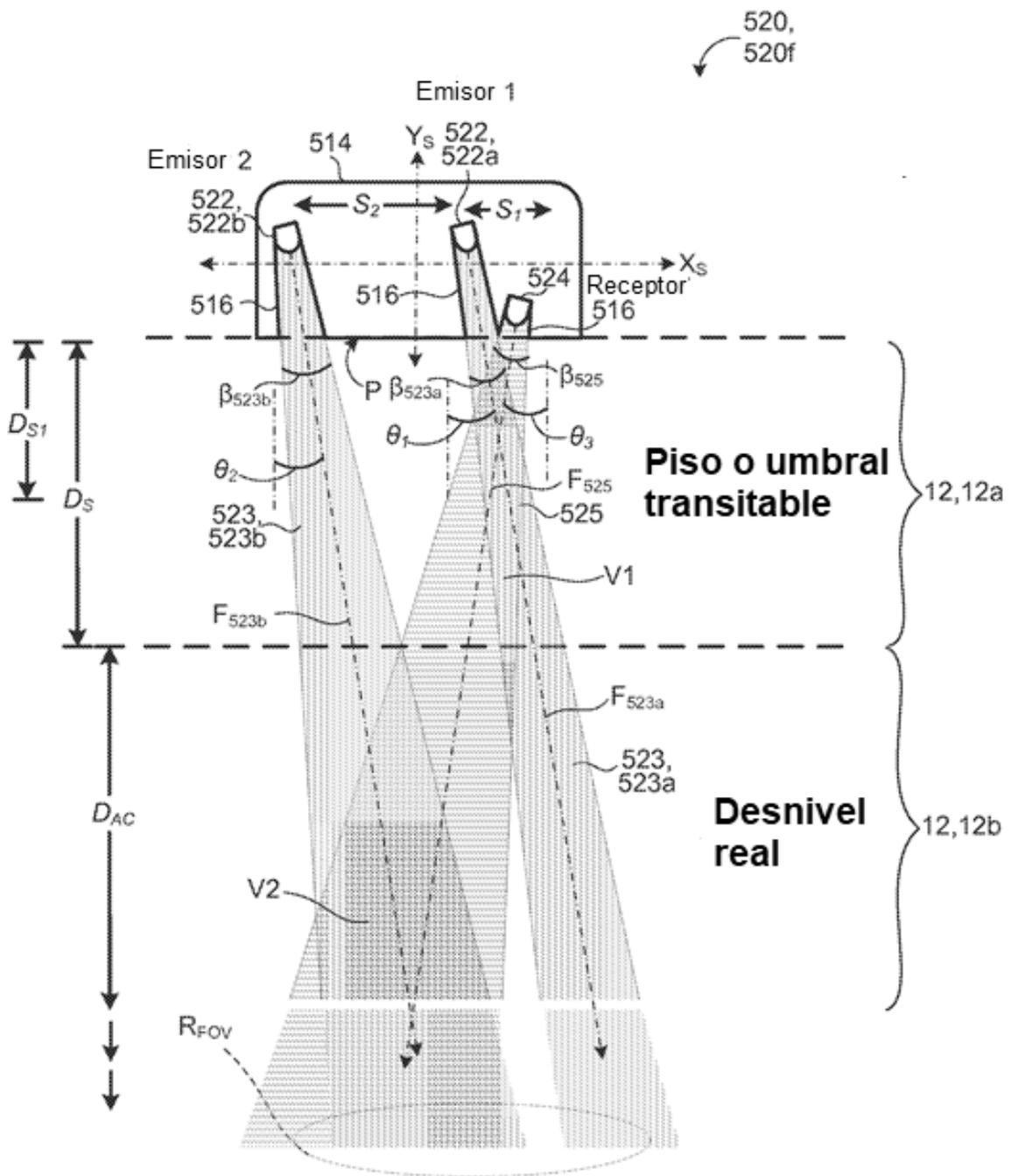


FIG. 9B

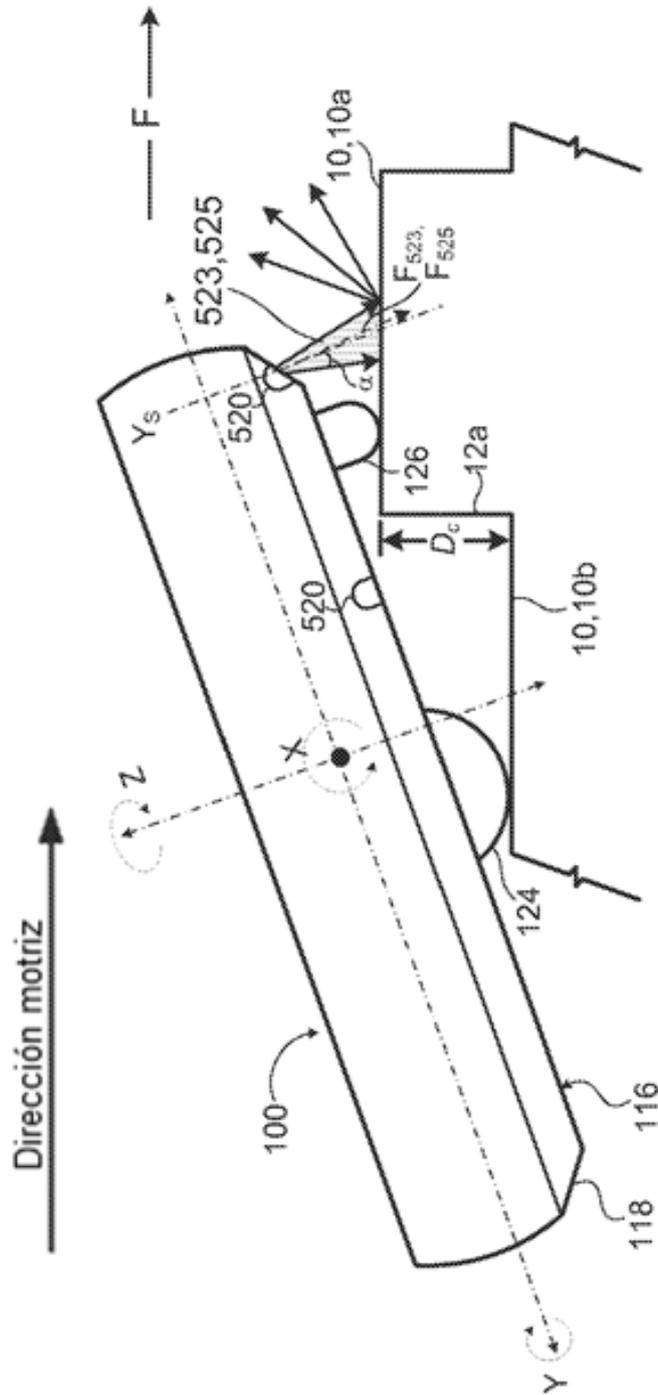


FIG. 9C

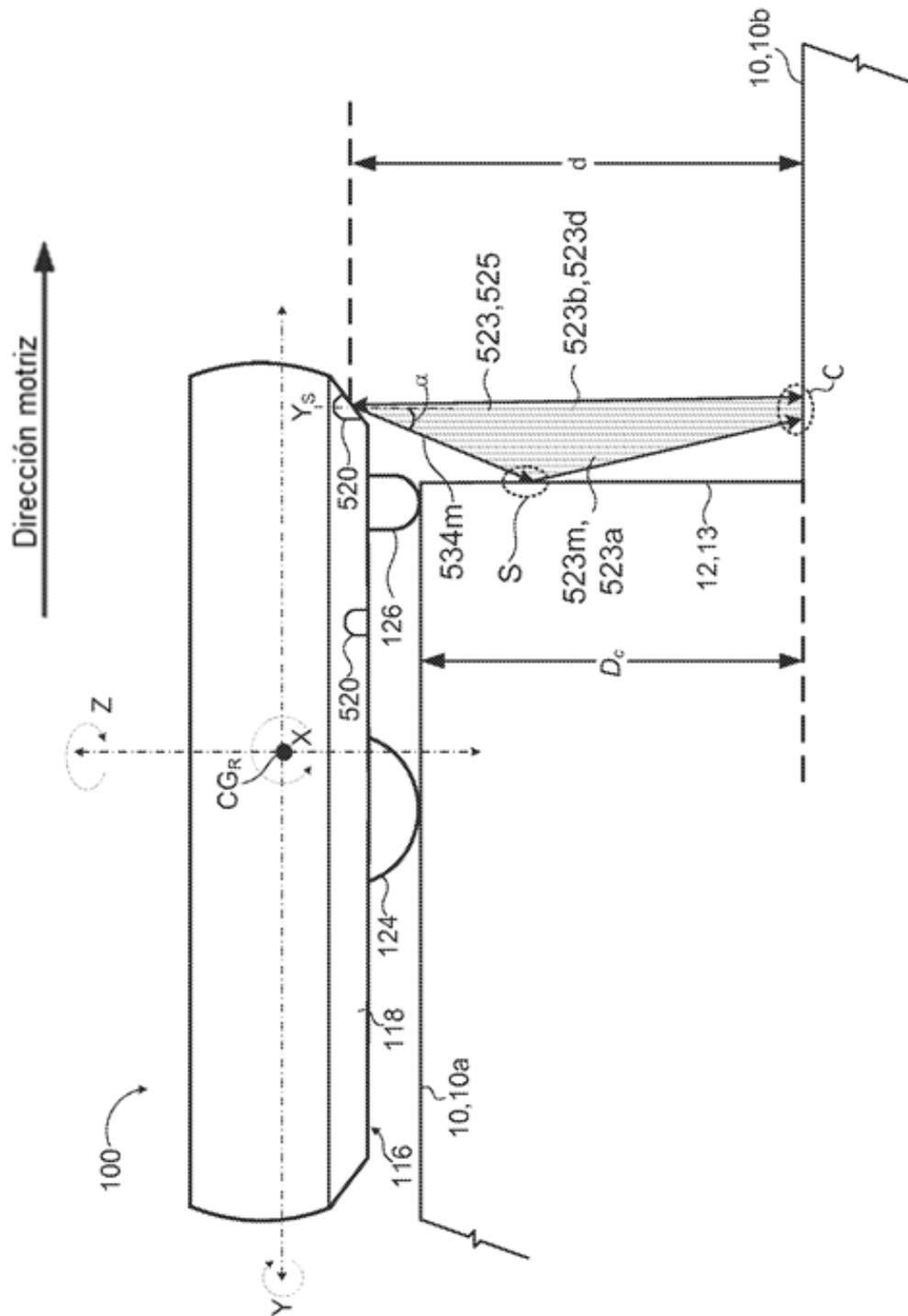


FIG. 10A

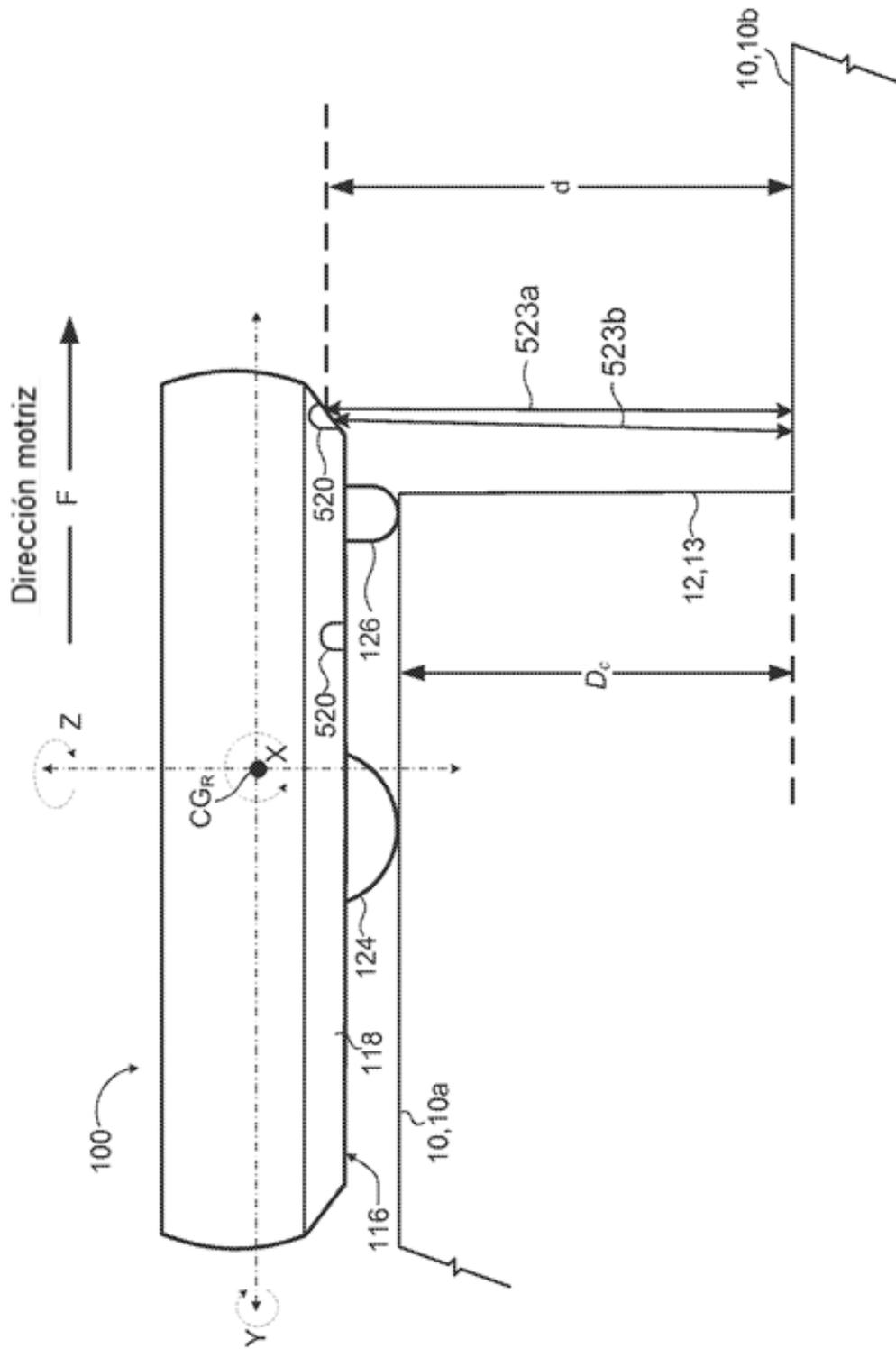


FIG. 10B

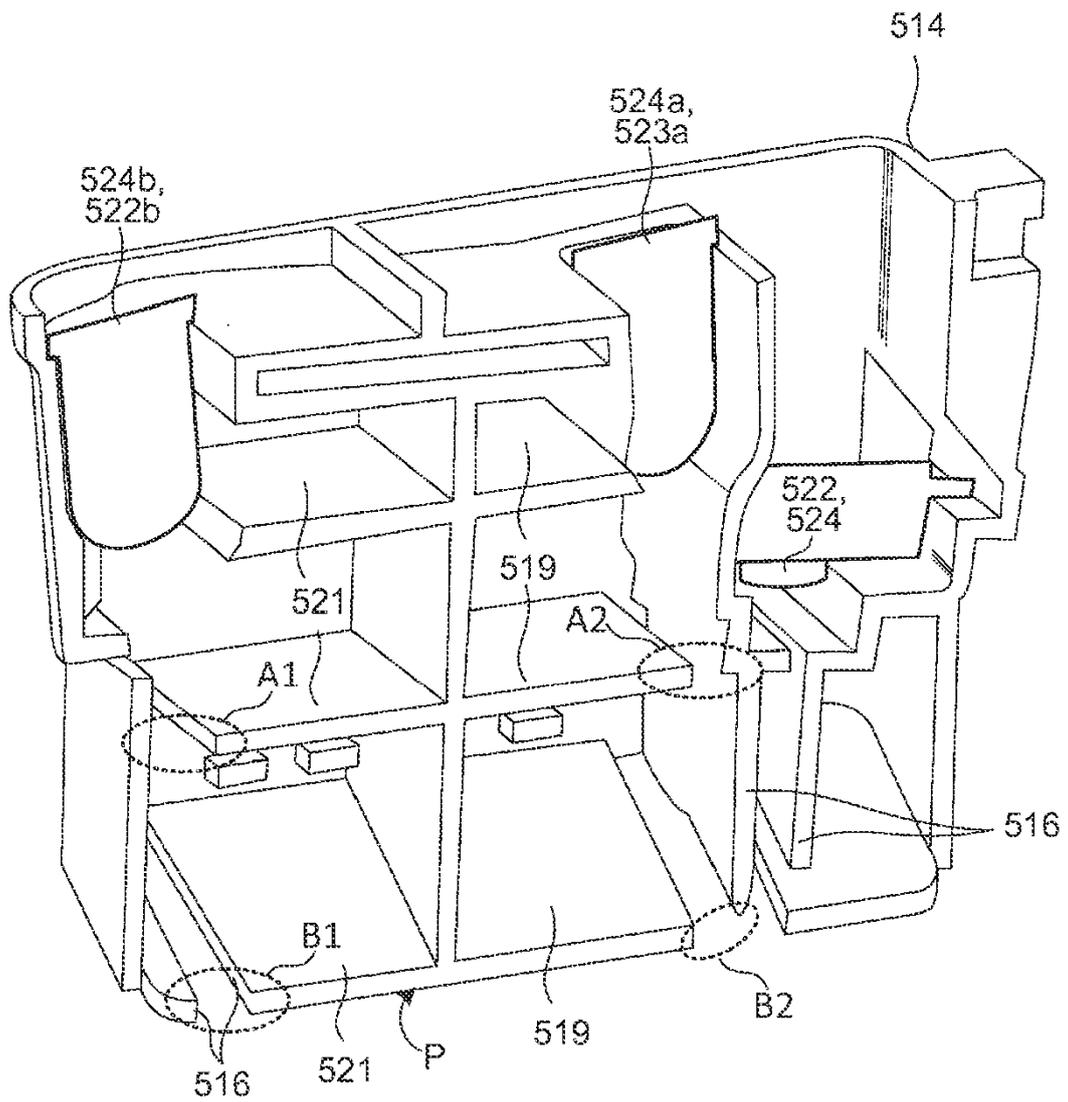


FIG. 11A

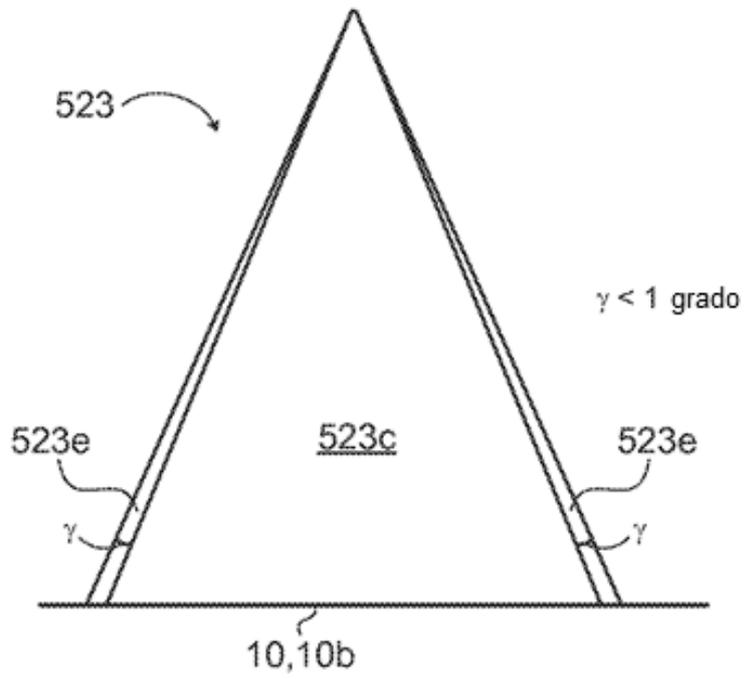


FIG. 11B

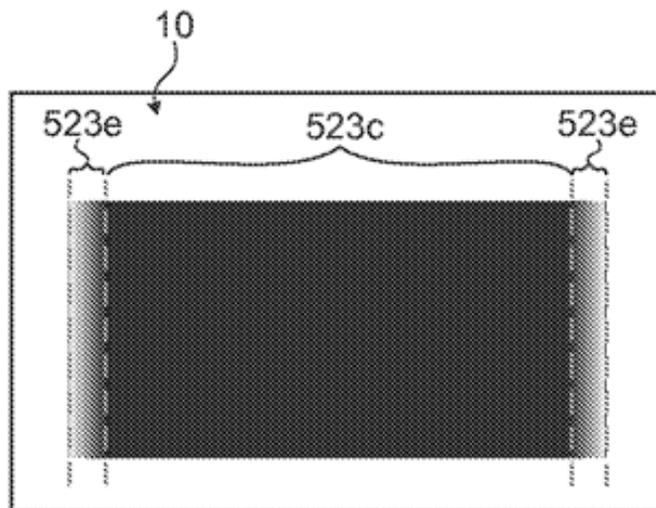


FIG. 11C

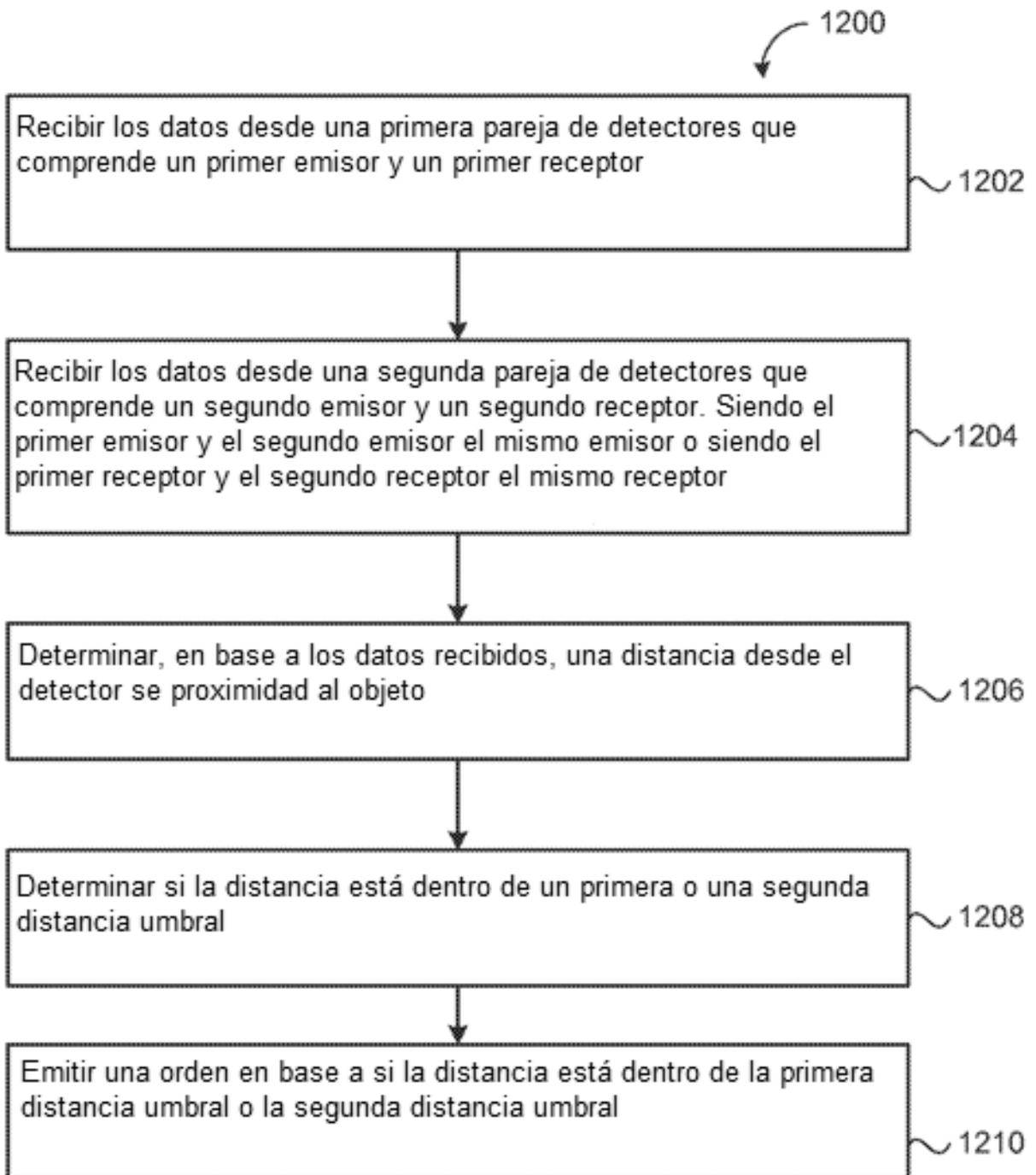


FIG. 12

