

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 522 926**

51 Int. Cl.:

G05D 1/02 (2006.01)
A47L 5/30 (2006.01)
A47L 9/04 (2006.01)
A47L 11/24 (2006.01)
A47L 11/40 (2006.01)
H04L 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2006 E 10183383 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.10.2014 EP 2270620**

54 Título: **Robot Autónomo de Cubrimiento**

30 Prioridad:

02.12.2005 US 741442 P

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

19.11.2014

73 Titular/es:

**IROBOT CORPORATION (100.0%)
8 Crosby Drive
Bedford, MA 01730, US**

72 Inventor/es:

**SVENDSEN, SELMA;
OZICK, DANIEL N.;
CASEY, CHRISTOPHER M.;
KAPOOR, DEEPAK RAMESH;
CAMPBELL, TONY L.;
WON, CHIKYUNG;
MORSE, CHRISTOPHER y
BURNETT, SCOTT THOMAS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 522 926 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

Robot Autónomo de Cubrimiento

Campo técnico

Esta invención se relaciona con robots, y más particularmente con robots autónomos de cubrimiento.

5 Antecedentes

Los robots autónomos son robots que pueden realizar tareas deseadas en ambientes no estructurados sin guía humana continua. Muchas clases de robots son autónomos en algún grado. Diferentes robots pueden ser autónomos en diferentes formas. Un robot autónomo de cubrimiento cruza una superficie de trabajo sin la guía humana continua para realizar una o más tareas. En el campo de la robótica orientada al hogar, oficina y/o
10 consumidor, se han adoptado ampliamente robots móviles que realizan funciones domésticas tales como aspirar, lavar el piso, patrullar, cortar el césped y otras tareas.

El documento WO 2004/025947 A describe un sistema de control de navegación para alterar la actividad de movimiento de un dispositivo robótico que opera en un área de trabajo definida, que comprende un subsistema de transmisión integrado en combinación con el dispositivo robótico, el subsistema de transmisión comprende medios para emitir una serie de rayos dirigidos, cada rayo dirigido que tiene un patrón de emisión predeterminado, y un subsistema de recepción de funcionar como una estación base que incluye un algoritmo de control de navegación que define un evento de activación predeterminado para el sistema de control de navegación y un conjunto de unidades de detección situado dentro del área de trabajo definida en una relación de separación conocida, el conjunto de unidades de detección se configura y funciona para detectar uno o más de los rayos dirigidos emitidas por el sistema de transmisión; y en el que el subsistema de recepción se configura y funciona para procesar uno o más rayos dirigidos detectado bajo el control del algoritmo de control de navegación para determinar si se ha producido el evento de activación predeterminado, y, si se ha producido el evento de activación predeterminado transmitir una señal de control al dispositivo robótico, en el que la recepción de la señal de control por el dispositivo robótico hace que el dispositivo robótico implemente una conducta prescrita que altera la actividad de movimiento del dispositivo robótico.
15
20
25

El documento US 5.001.635 describe un vehículo que es capaz de reconocer formas en un área predeterminada, que comprende: una pluralidad de sensores ultrasónicos, un codificador, medios para dibujar mapas para dibujar de forma secuencial y continuamente un mapa del área prescrita determinada por la información recibida del codificador y sensores ultrasónicos, medios de memoria para almacenar el mapa dibujado por los medios para dibujar mapas y medios de control para instruir el movimiento rectilíneo, iniciar el frenado y giro del vehículo con el fin de moverse en una forma de serpentina, en el que los sensores de ultrasonido, codificador y medios para dibujar mapas son operados por los medios de control, los medios de memoria escriben y almacenan un historial de sus propios movimientos en el área y cuando se recibe la información recuerda información detectada desde el codificador, y se determina un cambio de dirección del vehículo que es instruido por los medios de control por información en el mapa, así como las áreas por las que el vehículo ha pasado anteriormente.
30
35

Resumen

La presente invención se relaciona con un robot autónomo de acuerdo con la reivindicación 1 y un método de navegación de un robot autónomo de acuerdo con las reivindicación 7. Se describen posibles implementaciones en las reivindicaciones dependientes.

40 Un robot autónomo de cubrimiento encontrará muchos obstáculos mientras permanece en operación. Con el fin de continuar funcionando, el robot necesitará evitar obstáculos continuamente, y liberarse por sí mismo en casos en donde sea atrapado por telas, cuerdas, u otros medios mullidos en los que se pueda enredar.

En otro aspecto, un robot autónomo de cubrimiento incluye un sistema de accionamiento, un sensor de golpe, y un sensor de proximidad. El sistema de accionamiento se configura para maniobrar el robot de acuerdo con una configuración de partida (giro) y una configuración de velocidad. El sensor de parachoques es sensible a una colisión del robot con un obstáculo en una dirección hacia adelante. El sensor de proximidad es sensible a un obstáculo delante del robot a una distancia cercana, pero no hace contacto con el robot, por ejemplo, 1-10 pulgadas, preferiblemente 1-4 pulgadas. Los procesos de control de movimiento del sistema de accionamiento se configuran para reducir la configuración de velocidad en respuesta a una señal desde el sensor de proximidad que indica la detección de un posible obstáculo, mientras que continúa con un proceso de limpieza o de cobertura, incluyendo el avance del robot de acuerdo con la configuración de partida. Adicionalmente, los procesos de control de movimiento
45
50

del sistema de accionamiento se configuran para alterar la configuración de partida (giro) en respuesta a una señal recibida desde el sensor de parachoques que indica el contacto con un obstáculo.

5 En algunos casos, los procesos de control de movimiento del sistema de accionamiento se pueden configurar para alterar la configuración de partida en respuesta a las señales recibidas desde el sensor de parachoques y uno o más sensores de proximidad lateral para seguir un perímetro del obstáculo. En otros casos, el sistema de accionamiento se puede configurar para alterar la configuración de partida (giro) en respuesta a las señales recibidas desde el sensor de parachoques y el sensor de proximidad para dirigir el robot lejos del obstáculo. En un ejemplo, el sistema de accionamiento se configura para maniobrar el robot en una configuración de torque (por ejemplo, corriente del motor o resistencia del motor) y el sistema de accionamiento se configura para alterar la configuración de corriente del motor o la resistencia del motor en respuesta a una señal recibida desde el sensor de parachoques indicando contacto con un obstáculo. El sistema de accionamiento puede aumentar la configuración de corriente del motor o resistencia del motor en respuesta a una señal recibida desde el sensor de parachoques lo que indica el contacto con un obstáculo.

15 El sensor de proximidad puede incluir una pluralidad de conjuntos de por lo menos un par de emisores y receptores de infrarrojos, dirigido uno hacia el otro para converger a una distancia fija entre sí, sustancialmente como se describe en "Robot obstacle detection system" Patente de Estados Unidos No., 6.594.844. Alternativamente, el sensor de proximidad puede incluir un dispositivo de sonar. El sensor de parachoques puede incluir un interruptor, un sensor capacitivo, u otro dispositivo sensible al contacto.

20 El robot se puede colocar en el suelo. En aún otro aspecto, un método para navegación de un robot autónomo de cubrimiento con respecto a un objeto en el suelo incluye el robot que cruza de forma autónoma el suelo en un modo de limpieza a una velocidad de limpieza completa. Al detectar la proximidad de un objeto a la parte delantera del robot, este reduce la velocidad de limpieza a una velocidad de limpieza reducida mientras continúa hacia el objeto hasta que el robot detecta el contacto con el objeto. Al detectar el contacto con el objeto, el robot gira con respecto al objeto y limpia junto al mismo, opcionalmente sustancialmente a la velocidad de limpieza reducida. El robot puede seguir un perímetro del objeto mientras que la limpieza junto al objeto. Al salir del perímetro del robot, el robot puede aumentar la velocidad a una velocidad de limpieza completa. El robot puede mantener una distancia de seguimiento sustancialmente constante desde el objeto, puede mantener una distancia de seguimiento menor que la longitud de la extensión de un cepillo o cabeza de limpieza de borde o más allá de un lado siguiente del cuerpo de robot, o puede ponerse en contacto sustancialmente con el objeto mientras limpia junto al objeto en respuesta al contacto inicial de velocidad de limpieza reducida. En un ejemplo, la siguiente distancia del objeto es sustancialmente una distancia entre el robot y el objeto sustancialmente inmediatamente después del contacto con el objeto. En otro ejemplo, la siguiente distancia del objeto es de entre aproximadamente 0 y 2 pulgadas.

35 En un caso, el robot realiza una maniobra para moverse alrededor del objeto en respuesta al contacto con este. La maniobra puede incluir que el robot se mueva en una trayectoria sustancialmente semicircular, o una sucesión alterna de espirales parciales (por ejemplo, arcos con disminución progresiva de radio) alrededor del objeto. Alternativamente, la maniobra puede incluir que el robot se mueva lejos del objeto y luego se mueva en una dirección sustancialmente tangencial al objeto.

40 Al detectar una proximidad de un objeto en la parte delantera del robot, este puede disminuir la velocidad de limpieza completa a una velocidad de limpieza reducida en una tasa constante, una tasa exponencial, una tasa no lineal, o alguna otra tasa. Además, al entrar en contacto con el objeto de detección, el robot puede aumentar la configuración de torque (por ejemplo, corriente del motor) de la unidad, el cepillo principal, o los motores de los cepillos laterales.

Descripción de las figuras

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva desde arriba de un robot autónomo de cubrimiento de ejemplo.

45 La Figura 2 muestra una vista en perspectiva desde abajo de un robot autónomo de cubrimiento de ejemplo.

La Figura 3 muestra una vista en explosión de un robot autónomo de cubrimiento de ejemplo.

La Figura 4 muestra una vista en perspectiva delantera de una cabeza de limpieza principal de ejemplo que se puede incorporar en un robot autónomo de cubrimiento.

50 La Figura 5 muestra una vista en explosión de una cabeza de limpieza principal de ejemplo que se puede utilizar con un robot autónomo de cubrimiento.

La Figura 6A muestra una vista en perspectiva desde arriba de una cabeza de limpieza de borde de ejemplo que utiliza un cepillo giratorio.

La Figura 6B muestra una vista en explosión de una cabeza de limpieza de borde de ejemplo.

La Figura 6C muestra vistas esquemáticas de una inclinación de una cabeza de limpieza de borde de ejemplo.

La Figura 7 muestra un ejemplo de una cabeza de limpieza de borde con una escobilla giratoria.

La Figura 8A muestra un parachoques que se puede utilizar con el robot autónomo de cubrimiento.

5 La Figura 8B muestra sensores cinéticos de parachoques y sensores de proximidad.

La Figura 9A muestra un diagrama de bloques de un robot de ejemplo;

Las Figuras 9B y 9C muestran diagramas de flujo que describen el control de movimiento y la operación de barrido.

La Figura 10 muestra los sensores de proximidad al suelo y una abrazadera que se pueden utilizar para detectar el suelo adyacente.

10 Las Figuras 11 y 12 muestran vistas laterales y en explosión de un sensor de proximidad al suelo.

La Figura 13 muestra una vista en explosión de una cubierta utilizada con el sensor de proximidad al suelo mostrado en las Figuras 11 y 12.

La Figura 14 es una vista en explosión que muestra un ejemplo de un ensamble de rodachina.

La Figura 15 es una vista en explosión que muestra un ejemplo de un sensor de caída de rueda.

15 La Figura 16 es una vista de sección transversal que muestra un ejemplo de un ensamble de rodachina.

Las Figuras 17A-H ilustran ejemplos de métodos para desenredar robots de cubrimiento con diversas configuraciones de cabezas de limpieza.

La Figura 17A ilustra un método para desenredar que se puede utilizar con un robot de cubrimiento que tiene un rodillo agitador.

20 La Figura 17B ilustra un método para desenredar que se puede utilizar con un robot de cubrimiento que tiene un rodillo agitador y un rodillo de cepillo.

La Figura 17C tiene una vista lateral y una vista inferior que ilustra un método para desenredar un robot de cubrimiento con rodillos duales de agitación.

La Figura 17D ilustra un método alternativo para desenredar con el robot mostrado en la Figura 17C.

25 La Figura 17E ilustra un método para desenredar un robot de cubrimiento con dos rodillos de agitación y un rodillo de cepillo.

La Figura 17F ilustra otro método para desenredar el robot de cubrimiento.

La Figura 17G tiene una vista lateral y una vista inferior que ilustra un método para desenredar con un robot de cubrimiento 300 con dos rodillos de agitación y dos conductos de aire.

30 La Figura 17H tiene una vista lateral y una vista inferior que ilustra un método para desenredar un robot de cubrimiento 300 con dos rodillos de agitación, un rodillo de cepillo y dos conductos de aire.

Símbolos de referencia similares en diversos dibujos indican elementos similares.

Descripción Detallada

35 Las Figuras 1-3 muestran vistas en perspectiva por encima, en perspectiva por debajo y en explosión de un robot autónomo de cubrimiento de ejemplo 100. El robot 100 tiene un chasis 102, un sistema de tracción 104, una cabeza de limpieza de borde 106a, y un controlador 108. El sistema de tracción 104 se monta sobre el chasis 102, y tiene una tracción diferencial (ruedas izquierda y derecha cercanas a o sobre el diámetro central del robot y velocidad controlable independientemente) configurado para maniobrar robot 100. La cabeza de limpieza de borde 106a se

- 5 6
 7 8
 9 10
 11 12
 13 14
 15 16
 17 18
 19 20
 21 22
 23 24
 25 26
 27 28
 29 30
 31 32
 33 34
 35 36
 37 38
 39 40
 41 42
 43 44
 45 46
 47 48
 49 50
 51 52
 53 54
 55 56
 57 58
 59 60
- monta para extenderse más allá de los bordes laterales del chasis 102 para eliminar suciedad y residuos por debajo e inmediatamente adyacente al robot 100, y más particularmente para barrer suciedad y residuo en la ruta de limpieza de la cabeza de limpieza principal 106b cuando el robot limpia en una dirección delantera. En algunas implementaciones, las cabezas de limpieza de borde o principales 106b, 106a también se pueden utilizar para aplicar tratamientos de superficie. Un controlador 108 (también descrito en la Figura 9A) se monta en el chasis 102 y se controla mediante robótica basada en comportamiento para proporcionar comandos a los componentes de robot 100 con base en las lecturas de sensor o directrices, como se describe adelante, para limpiar o tratar los pisos en una forma autónoma. Una batería 109 puede proporcionar una fuente de potencia al robot 100 y sus subsistemas. Una cubierta de fondo 110 puede proteger las porciones internas del robot 100 y evitar que entre polvo y residuos.
- El sistema de tracción 104 incluye un ensamble de rueda de tracción izquierda 112, un ensamble de rueda de tracción derecha 114 y un ensamble de rodachina 116. Los ensambles de rueda de tracción 112, 114 y el ensamble de rodachina 116 se conectan al chasis 102 y proporcionan soporte al robot 106. El controlador 108 puede proporcionar comandos al sistema de tracción para controlar las ruedas 112 y 114 hacia adelante o hacia atrás para maniobrar el robot 100. Por ejemplo, se puede utilizar un comando mediante el controlador 108 para engranar los ensambles de rueda en una dirección delantera, lo que resulta en movimiento hacia adelante del robot 100. En otro caso, se puede utilizar un comando para un giro a la izquierda que hace que el ensamble de rueda izquierda 112 sea engranado en la dirección delantera mientras el ensamble de la rueda derecha 114 se acciona en la dirección trasera, lo que resulta en que el robot 100 hace un giro en la dirección horaria cuando se ve desde arriba.
- Las Figuras 4 y 5 muestran vistas en explosión y en perspectiva delantera de un cepillo limpiador principal 111 que se puede incorporar en la cabeza de limpieza principal 106b del robot 100 a través de unión al chasis 102. La estructura general de un robot y las cabezas de limpieza como se describe aquí son similares a aquellas descritas en la Patente Estadounidense No. 6,883,201, excepto cuando se indique lo contrario. En general, cuando un cepillo de robot se enreda con cuerdas, hilos, pelo, flecos o borlas, el motor de cepillo puede encontrar sobrecorriente o aumento de temperatura, y puede provocar aumento de consumo de energía, pobre limpieza, ralentización o bloqueo del cepillo. Si el robot también se controla o el elemento enredado es pesado o asegurado, el robot puede ser mantenido en el lugar, y si los sensores están disponibles para detectar la inmovilidad, puede detener el movimiento y por lo tanto no se hace la limpieza. Un robot que se queda atascado durante su rutina de trabajo debe ser "rescatado" y se debe limpiar con el fin de continuar la función autónoma. Teóricamente, puede haber gasto de energía adicional para combatir la fricción dinámica o estática en las ruedas de tracción, rodachina, compartimiento de basura de escobilla y tren de tracción de cabeza de limpieza (tracción reversa). Los flecos/borlas/cuerdas pueden envolverse en forma apretada alrededor del diámetro más pequeño del cepillo limpiador (por ejemplo, usualmente el núcleo de un cepillo 111, si el cepillo 111 solo incluye cerdas). Si el diámetro más pequeño del cepillo limpiador 111 es sólido (no elástico), se puede requerir energía adicional para superar la fricción dinámica o estática en un tren de tracción de la cabeza de limpieza y los cepillos en contacto con el piso, por ejemplo, cuando el cepillo gira en la dirección opuesta dentro de la cabeza limpiadora con el fin de desenrollar los flecos/borlas/cuerdas. Si se permite que continúen los flecos o cuerdas alrededor del cepillo, puede ser necesario retirar el cepillo 111 de la cabeza limpiadora 106b con el fin de retirar el material enredado. La cabeza de limpieza principal 111 tiene deflectores o aletas blandas 113 y cerdas 115 dispuestas a lo largo de un cuerpo de cabeza de limpieza 117. Las aletas blandas 113 dispuestas a lo largo del cuerpo de cabeza de limpieza 117 pueden minimizar la fricción estática. El cuerpo de cabeza de limpieza 117 se puede girar alrededor de su eje horizontal de tal manera que este engrane la superficie del piso mientras que el robot 100 se mueve a través de un piso, haciendo que los deflectores 113 y las cerdas 115 agiten el polvo y los residuos que puedan estar sobre la superficie del piso. El controlador 108 se puede configurar para invertir la polarización, la rotación de la cabeza limpiadora principal 111 (es decir, proporcionar suficiente polarización inversa para permitir que el cepillo limpiador gire libremente cuando el robot extrae y desenvuelve un enredo cuando se mueve en una dirección hacia adelante) luego de un aumento repentino en o una corriente de motor de cabeza de limpieza principal elevada, aunque continúa conduciendo un ciclo de limpieza u otro ciclo cuando el controlador 108 ejecuta comportamiento de control de movimiento individual para mover el robot 100 a través del piso. En este caso un aro 116 de aletas blandas 113 puede llegar a tener un diámetro más pequeño de la cabeza de limpieza 111. El aro 116 es flexible (plegable, blando) de tal manera que requiere poca energía para deformarse, desviando potencialmente la energía no requerida para iniciar el movimiento del robot 100. Un retraso momentáneo en un tren de engranaje de cepillo que encuentra fricción estática proporciona una oportunidad al robot 100 para reasumir el movimiento, permitiendo por lo tanto el desenredo más fácil de los cepillos. De manera similar, una cuerda o borla puede llegar a enredarse menos alrededor del diámetro más grande del aro 116 (en comparación con un núcleo tal como el núcleo 117 o a un núcleo más pequeño) simplemente debido a que el cepillo 111 no completa tantos giros por unidad de longitud de cuerda o borla enredada. Adicionalmente, la naturaleza de las aletas recogidas en forma longitudinal (curvas) 113 actúa adicionalmente como un resorte que obliga a las borlas/flecos a desenredarse/abrirse durante el espacio momentáneo entre la puesta en marcha del robot y una polarización inversa para impulsar hacia atrás la cabeza limpiadora enredada 111. Se pueden utilizar cerdas 115 para limpiar, aunque se pueden utilizar aletas 113 principalmente con el propósito de desenredar. Esto permite al robot 100 continuar limpiando (agitando la alfombra) si una cuerda enredada se separa y es retenida por las aletas 113 en la cabeza limpiadora 111. Otras características y detalles del robot combinables con aquellas descritas aquí se pueden encontrar en la siguiente Solicitud de Patente Provisional Estadounidense No. 60/747,791.

Las Figuras. 6A y 6B muestran vistas en explosión y en perspectiva superiores de la cabeza de limpieza de borde 106. La cabeza de limpieza de borde 106a se ubica en el chasis 102 y se acciona por un motor de cabeza de limpieza de borde 118 y controla la transmisión 119 para que gire un cepillo 120 alrededor de un eje no horizontal. El cepillo 120 tiene elementos de cepillo 122A-F que se extienden más allá del borde periférico del chasis 102. Cada elemento de cepillo 122A-F forma un ángulo de aproximadamente 60 grados con los elementos de cepillo adyacentes y tiene puntas con cerdas que se extienden a lo largo del eje de los elementos. El cepillo 120 se puede girar alrededor de un eje vertical, de tal manera que los extremos del elemento de cepillo 122A-F se mueven normalmente hacia la superficie de trabajo. La cabeza de limpieza de borde 106 se puede ubicar cerca del borde del robot 100 de tal manera que el cepillo 120 sea capaz de barrer la suciedad y los residuos más allá del borde del chasis 102. En algunas implementaciones, la cabeza de limpieza de borde 106 opera alrededor de un eje desfasado (inclinado) desde un eje vertical del robot. Como se muestra en la forma esquemática en la Figura 6C el cepillo 106 puede estar inclinado, en las direcciones lado a lado y hacia adelante (es decir, inclinado hacia abajo con respecto al plano de la rueda en contacto con aproximadamente una línea de cuarenta y cinco grados desde la dirección de viaje dentro de ese plano), con el fin de recolectar residuos desde el exterior de la periferia del robot hacia el ancho de trabajo principal, pero no interrumpe dicha recolección de residuos una vez que esté allí o de otra forma expulsa los residuos desde el ancho de trabajo del robot. El desfase del eje se puede ajustar opcionalmente para personalizar la inclinación de la cabeza de limpieza 106 para ajustarse a diversos tipos de alfombras, tal como alfombra tipo shag.

También se pueden utilizar otras configuraciones de cabeza de limpieza de borde con el robot 100. Por ejemplo, una cabeza de limpieza de borde puede tener tres elementos de cepillo separados uniformemente 120 grados. La Figura 7 muestra otro ejemplo de una cabeza de limpieza de borde 124 en la que se utiliza una escobilla giratoria 126 en lugar de un cepillo. En otras configuraciones, una cabeza de limpieza de borde puede tener una o más fibras absorbentes que se extienden más allá de un borde periférico del chasis 102.

La Figura 8A muestra un parachoques 130 que se puede utilizar con el robot autónomo de cubrimiento 100. La Figura 8B muestra sensores de proximidad 134 que se alojan dentro del parachoques 130. El sistema de tracción 104 se puede configurar para maniobrar el robot 100 de acuerdo con una configuración de cabeza y una configuración de velocidad. Los sensores de proximidad 134 pueden detectar un obstáculo potencial en la parte delantera del robot.

La Figura 9A muestra una vista esquemática de los dispositivos electrónicos del robot 100. El robot 100 incluye un controlador 103 que se comunica con un microcontrolador parachoques 107A, que juntos controlan un receptor omni-direccional, receptor direccional, sensores de proximidad de pared 134, e interruptores de parachoques 132. El controlador 103 supervisa todas las otras entradas de sensor, que incluye sensores de repecho 140 y sensores de corriente de motor para cada uno de los motores.

El control de la dirección y la velocidad del robot 100 se pueden manipular mediante comportamientos de control de movimiento seleccionados por un mediador de acuerdo con los principios de robótica con base en comportamiento para el cubrimiento y confinación, descritos de manera general en las Patentes Estadounidenses Nos. 6,809,490 y 6,781,338 (y ejecutado por el controlador 108), para reducir la magnitud de velocidad del robot 100 cuando el sensor de proximidad 134 detecta un obstáculo potencial. Los comportamientos de movimiento ejecutados por el controlador 108 también pueden alterar la velocidad del robot 100 cuando los sensores de parachoques cinético 132 detectan una colisión del robot 100 con un obstáculo. De acuerdo con lo anterior, con referencia a la Figura 9A, el robot 100 cruza una superficie del piso al realizar un comportamiento de cruce o comportamiento RECTO 900. Cuando el robot 100 detecta un obstáculo próximo, pero aún no hace contacto a través de los sensores de proximidad 134, el robot 100 ejecuta una rutina de toque gentil 902 (que puede ser un comportamiento, una parte de un comportamiento, o formado por más de un comportamiento), en el que el robot 100 no procede a velocidad de limpieza completa en el obstáculo; pero en su lugar reduce su velocidad de aproximación desde una velocidad de limpieza completa a aproximadamente 300 mm/seg a una velocidad de limpieza reducida de aproximadamente 100 mm/seg a través del controlador 108 hacia el potencial obstáculo, de tal manera que cuando ocurre una colisión, la colisión es menos ruidosa, y es menos probable estropear las superficies. Por lo tanto se reduce el ruido general, el potencial daño del robot 100 o que el objeto colisione. Cuando el robot 100 detecta contacto con el objeto a través de sensores de parachoques cinéticos 132, el robot 100 ejecuta una de las siguientes rutinas: rebote 910, seguido de perímetro de obstáculo 912, alternar la eyección de manejo y retirarse del objeto 914, o alterar la dirección de manejo a curva para acercarse al objeto y seguir a lo largo de este (por ejemplo, una pared). El rebote 910 implica que el robot 100 se mueva con el fin de que rebote a lo largo del objeto. Seguir el perímetro del obstáculo 912 implica que el robot 100 utilice sensores de proximidad 134 para seguir a lo largo de un perímetro del objeto a una distancia predefinida para, por ejemplo, limpiar cerca al objeto y/o limpiar el borde de una pared. El robot 100 continúa limpiando la habitación y cuando detecta un objeto cercano (que puede ser una pared, mesa, silla, sofá, u otro obstáculo) en la dirección delantera, continúa limpiando en la misma dirección sin interrupción, pero a una velocidad reducida. En casos predeterminados y/o aleatorios, el robot 100 golpeará el objeto, y girará en el lugar de tal manera que el borde de la cabeza de limpieza principal 106b esté tan cerca a la pared como sea posible, y seguirá cercanamente al objeto sobre el costado del robot, esencialmente a velocidad de limpieza reducida, de tal manera que el lado/borde del cepillo 106a recolecta los residuos o suciedad de las esquinas entre el piso y la pared

o el obstáculo. Una vez el robot 100 deja la pared, después de una distancia predeterminada y/o aleatorizada dentro de los límites predeterminados, el robot 100 aumenta su velocidad hasta la velocidad de limpieza completa. En otras ocasiones, rodeará el objeto, girará en el lugar hasta que esté lejos del objeto o pared, e inmediatamente procederá a retirarse del objeto o pared a una velocidad de limpieza completa.

5 El robot 100 emplea una arquitectura de software de comportamiento dentro del controlador 103. Aunque las realizaciones del robot 100 discutidas aquí pueden utilizar solo control con base en comportamiento en parte o en lo absoluto. El control con base en comportamiento es efectivo en que el control del robot sea robusto así como seguro (es decir sin atasco o falla). El robot 100 emplea una arquitectura de software y control que tiene una serie de comportamientos que se ejecutan por un mediador en el controlador 103. El comportamiento se ingresa dentro del
10 mediador en respuesta a un evento del sensor. En una realización, todos los comportamientos tienen una prioridad relativa fija con respecto al otro. El mediador (en este caso) reconoce condiciones de habilitación, cuyos comportamientos tienen un grupo completo de condiciones de habilitación, y selecciona el comportamiento que tiene la mayor prioridad entre aquellos que han cumplido las condiciones de habilitación. Con el fin de reducir la prioridad, se categorizan de manera general los comportamientos como comportamientos de evasión y escape (tal como evadir un repecho o escapar de una esquina), y comportamientos de trabajo (por ejemplo, seguir una pared, rebotar, o conducirse en línea recta). Los comportamientos pueden incluir: escape diferente (que incluye escapar de esquinas, anti-caída, situaciones de atasco, movimiento de activación y olvido temporal “balístico” que suprime algunos comportamientos de evasión, por ejemplo, como se describe en la Patente Estadounidense No. 6,809,490) evasión de repechos, evasión de paredes virtuales (una pared virtual puede ser un radiofaro con un portal de rayo, cubrimiento de área (que cubre un patrón confinado tal como una ruta en espiral o un parche bustrofedón), alineación (giro en un lugar, utilizando sensores de proximidad lateral para alinearse con un obstáculo recto encontrado mientras sigue el obstáculo, por ejemplo, una esquina interna, seguimiento (que se representa un parachoques sustancialmente paralelo que sigue a lo largo de un obstáculo utilizando un sensor lateral de proximidad o parachoques que se extiende hacia el lado del robot), responder a un parachoques con el fin de
25 “rebotar” (un comportamiento que ocurre después que el robot rebota de un objeto), y accionamiento (cruce). El movimiento del robot, si existe, ocurre mientras interviene un comportamiento. Si más de un comportamiento está en el mediador, el comportamiento con mayor prioridad se ejecuta, mientras que se cumplan cualesquier condiciones requeridas correspondientes. Por ejemplo, el comportamiento de evitar repechos no se ejecutará a menos que se haya detectado el repecho por un sensor de detección de repechos, pero la ejecución de un comportamiento de evasión de repechos siempre prevalecerá sobre la ejecución de otros comportamientos que también han satisfecho condiciones de habilitación.

Los comportamientos reactivos tienen, como sus condiciones de habilitación o activadores, diversos sensores y detectores de fenómenos. Estos incluyen sensores para detección y evasión de obstáculos, tal como detección de proximidad hacia adelante (múltiple), detección de parachoques delantero (múltiple), sensores de repechos (múltiples), detección de señales de pared virtual (que pueden en su lugar ser considerados como activadores de cubrimiento). Los sensores de estos tipos se pueden supervisar y acondicionar por filtros, condicionamiento, y sus controladores, que pueden generar las condiciones de habilitación así como los datos de registro que ayudan al comportamiento a actuar en forma predecible y sobre toda la información disponible (por ejemplo, conversión a señales “verdaderas/falsas” de un bit, que registran el ángulo de probabilidad de impacto o incidencia con base en
40 las diferencias de tiempo o fuerza de un grupo de sensores, o información histórica, promedio, frecuencia, o información de varianza).

Se pueden representar sensores físicos reales en la arquitectura mediante sensores “virtuales” sintetizados desde el acondicionamiento y los controladores. Sensores “virtuales” adicionales que se sintetizan a partir de propiedades físicas detectables o interpretadas, propioceptivas o interpretadas sobre el robot 100, tal como sobre corriente de
45 una condición de motor, inmovilidad o atasco del robot 100 (al supervisar una falta de lectura de odometría desde un codificador de rueda o contador), estado de la carga de la batería a través de coulometría, y otros sensores virtuales.

Adicionalmente, los comportamientos reactivos pueden actuar de acuerdo con condiciones de habilitación que representan fenómenos detectados que se buscan o siguen. Se puede detectar una señal de rayo o inalámbrica (RF, acústica) sin dirección; o en algunos casos con dirección. Un marcador o rayo remoto (código de barras), retroreflectivo, distintivo, fiducial o cualquier marca reconocida mediante la visión) da una dirección que puede permitir alojar un movimiento relativo; sin dirección el robot 100 puede no obstante moverse para servir en la presencia, ausencia, y/o fuerza relativa de una señal detectada. La reflexión de un rayo desde el robot 100, borde, o línea se puede detectar en forma similar, y siguiendo comportamientos (tal como seguir obstáculos mediante el robot 100) conducido al servir sobre tal señal. Se puede recolectar una señal de artefacto o residuo al supervisar los
55 residuos u objetos recolectados por o atravesados por el robot, y esa señal puede ser una condición de habilitación para un comportamiento reactivo que controla un patrón de cubrimiento de área.

El robot 100 mantiene procesos concurrentes, procesos “paralelos” que de manera general no se consideran comportamientos reactivos. Puede ser necesario un programador para asignar tiempo al procesador para la mayoría de los otros procesos, por ejemplo, incluir el mediador y los comportamientos, en una forma cooperativa o de multitarea. Si hay más subprocesos disponibles, se pueden manejar menos procesos por parte del programador.
60

Como se observó, los filtros y el acondicionamiento y los controladores, pueden interpretar y producir señales brutas. Esos procesos no se consideran comportamientos reactivos, y el ejercicio no dirige el control sobre los controladores de motor u otros accionadores. Además, en la presente realización, los controladores de motor de cepillo controlan los cepillos laterales y principales, aunque estos se pueden controlar alternativamente mediante comportamientos de cepillo dedicados y un mediador de control de cepillo.

De acuerdo con otro ejemplo, la rutina de toque gentil 902 puede emplear un detector de proximidad infrarrojo 134 que podría salir (es decir, cuando un receptor recibe desde una reflexión en el espacio de un emisor y receptor en ángulo hacia otro) desde aproximadamente 1 a 10 pulgadas (preferiblemente, desde 1 a 4 pulgadas). Esta distancia se selecciona con el fin de estar dentro del rango efectivo del sensor de rayo de cruce o de proximidad IR 134, aún con suficiente tiempo para ralentizar al robot móvil 100 antes de una colisión con un obstáculo detectado. Los sensores de proximidad convencional regresan una fuerte señal que depende del obstáculo albedo; sensores de cruce de rayo 134 pueden tener umbrales para varios albedos que se introducen en la distancia específica del sensor en donde se cruza el rayo/campo del emisor al receptor. Adicionalmente, la ralentización con base en una pared detectada cerca puede ser suprimida en o apagada por el usuario, independientemente del sensor de parachoques 132. El controlador 108 puede ralentizar sustancialmente el robot en una reducción constante y luego cruza lentamente. El controlador 108 puede ejecutar una curva s lentamente sobre aproximadamente 3 pulgadas, puede hacerse lento constantemente pero a una tasa de aceleración o desaceleración de aproximadamente 3 pulgadas. Durante el comportamiento de escape, por ejemplo, pánico, inmovilidad, atasco, anti-caída, el robot puede apagar esencialmente los sensores de proximidad 134 usualmente al no utilizar los sensores de proximidad 134 con el fin de permitir la condición para cualquier comportamiento de escape o algunos comportamientos de evasión.

El sistema de tracción 104 se pueden configurar para reducir la velocidad de configuración en respuesta a una señal del sensor de proximidad 134 que indica la detección de un obstáculo adelante, mientras que continúa avanzando el robot 100 y trabaja el piso o la superficie de acuerdo con la configuración de cabeza existente. El sistema de tracción 104 se puede configurar para alterar la configuración de cabeza ejemplo respuesta a una señal recibida del sensor parachoques 132 que indica el contacto con un obstáculo. Por ejemplo, el sistema de tracción 104 se puede configurar para alterar la configuración de cabeza en respuesta a las señales recibidas del sensor de parachoques 132 y el sensor de proximidad 134 de tal manera que el robot 100 sigue un perímetro del obstáculo. En otro ejemplo, el sistema de tracción 104 se puede configurar para cambiar la cabeza para dirigir el robot 104 lejos del obstáculo.

Los sensores de proximidad 134 pueden incluir uno o más pares de emisores y receptores infrarrojos. Por ejemplo, se puede utilizar un emisor modulado y un receptor estándar. En algunas implementaciones se puede utilizar un tubo de luz (no mostrado), ópticas de colimación o difusión, ópticas de Fresnel o difractivas para eliminar puntos ciegos al proporcionar un patrón de luz uniforme o un patrón de luz más concentrado o se detecte más probablemente en áreas de alta probabilidad de impacto, tal como la dirección inmediata hacia adelante. Alternativamente, algunas implementaciones pueden hacer uso de sonar u otros tipos de sensores de proximidad.

En algunas implementaciones, el sensor de parachoques cinético 132 puede incluir un interruptor mecánico 130. En algunas implementaciones, el sensor de parachoques 132 puede incluir un sensor capacitivo. También se pueden utilizar otros tipos de sensores de contacto.

El sistema de tracción 104 se puede configurar para maniobrar el robot 100 en una configuración de torque (o corriente de motor) en respuesta a una señal recibida desde el sensor de parachoques 132 que indica el contacto con un obstáculo. Por ejemplo, el sistema de tracción 104 puede aumentar la configuración de torque (o corriente de motor) en respuesta a una señal recibida del sensor de parachoques que indica contacto con un obstáculo.

En otro método de ejemplo de navegación un robot autónomo de cubrimiento con respecto a un objeto sobre el piso, el robot 100 se puede colocar inicialmente sobre el piso (o ya puede estar sobre el piso, por ejemplo, si el robot se inicia solo desde un puerto de carga) con el robot 100 que atraviesa autónomamente el piso en un modo de limpieza a una velocidad de limpieza completa. Si el robot 100 detecta un objeto cercano en la parte delantera del robot 100, reduce la velocidad de limpieza (por ejemplo, a una velocidad de limpieza reducida) y continúa moviéndose hacia el objeto y trabaja/limpia el piso hasta detectar el impacto, que probablemente es con el objeto pero puede ser otro objeto. Luego de detectar el impacto con un objeto, el robot 100 gira con respecto al objeto que choca y lo rodea, es decir, a lo largo del objeto. El robot 100 puede, por ejemplo, seguir el perímetro del objeto mientras limpia a lo largo o junto al objeto. En otro caso, el robot 100 puede mantener una constante siguiendo la distancia desde el objeto mientras limpia la siguiente parte cercana al objeto en respuesta al contacto con el objeto. La siguiente distancia desde el objeto puede ser una distancia entre el robot 100 y el objeto inmediatamente después del contacto con el objeto, por ejemplo, 0 a 2 pulgadas. La distancia es opcionalmente menor que la distancia desde el lado o el borde de la unidad de cepillo 106a que se extiende más allá del costado del robot.

El robot 100 puede, en algunos casos, realizar una maniobra para moverse alrededor del objeto en respuesta al contacto con el objeto. Por ejemplo, el robot 100 puede moverse en una ruta semicircular alrededor del objeto, o una sucesión de espirales parciales alternas (por ejemplo, arcos con radio progresivamente reducido). En otro caso, el robot 100 se puede mover lejos del objeto y luego moverse en una dirección algo tangencial al objeto

El robot 100 puede reducir la velocidad de limpieza a una velocidad reducida a una tasa constante, por ejemplo, a una tasa exponencial o no lineal. La velocidad de limpieza completa del robot 100 puede ser de aproximadamente 300 mm/s y la velocidad de limpieza reducida del robot 100 puede ser aproximadamente 100 mm/s.

5 La Figura 10 muestra sensores de parachoques cinéticos 132, los sensores de proximidad al suelo 140 y una abrazadera 142 que se puede utilizar con el robot 100 para detectar el suelo adyacente. Los sensores de parachoques cinéticos 132 pueden detectar colisiones entre el robot 100 y los objetos en la ruta delantera del robot. Los sensores de proximidad al suelo se pueden ubicar en el chasis 102 y se pueden utilizar para que el robot 100 esté cerca de un "repecho", tal como unas escaleras. Los sensores de proximidad al suelo 140 pueden enviar señales al controlador 108 que indica si se detecta o no un repecho. Con base en las señales de los sensores de proximidad al suelo 140, el controlador 108 puede dirigir el sistema de tracción 104 para cambiar la velocidad para evitar el repecho.

15 Las figuras 11 y 12 muestran vistas laterales y en explosión de un sensor de proximidad al suelo 140. El sensor de proximidad al suelo 140 tiene un cuerpo con una sección delantera 144, una sección posterior 146 y un emisor 148, un receptor 150 y una cubierta 152. El emisor 148 y el receptor 150 pueden ser capaces de emitir y recibir luz infrarroja. El emisor 148 y el receptor 150 están dispuestos dentro de las secciones de cuerpo delantera y trasera 144, 146 en un ángulo de tal manera que sus ejes se alinean en un punto por debajo del robot 100 a la distancia de piso aproximada.

20 La Figura 13 muestra una vista en explosión de la cubierta 152. La cubierta 152 consiste de un lente 154 y un cuerpo de cubierta 156. Los lentes 152 pueden ser transparentes a luz infrarroja y el cuerpo de cubierta 156 puede ser opaco para facilitar las emisiones de enfoque enviadas desde el emisor 148. El borde delantero 158 de la cubierta 152 se eleva por encima de su borde posterior 159 para ayudar en la reducción de polvo y para asegurar que la luz sea recibida por el receptor 150 principalmente cuando el sensor 140 se posiciona correctamente sobre un piso y se recibe una cantidad reducida cuando el sensor 140 está sobre un "repecho". En algunas implementaciones, la cubierta 152 se construye utilizando un material con unas propiedades antiestáticas (disipadoras o conductoras), tal como policarbonato antiestático, óxido de cobre dopado o cubierto con policarbonato, Lexan "LNP" antiestático disponible de General Electric, Inc., polietileno antiestático, aleación de ABS/policarbonato antiestático, u otros materiales similares. Un ejemplo incluye ABS 747 y PC 114R o 1250Y mezclado con polvo antiestático. Preferiblemente, la cubierta del robot, el chasis, y otras partes también son antiestáticas (por ejemplo, ABS antiestático), disipador y/o conductor, por lo menos en parte con el fin de hacer tierra en la cubierta antiestática 152. La cubierta 152 también puede hacer tierra mediante cualquier ruta conductora a tierra. Cuando el robot de cubrimiento 100 atraviesa un piso, una cubierta 152 con propiedades antiestáticas afuera puede llegar a cargarse electrostáticamente (por ejemplo, a través de fricción), teniendo por lo tanto una propensión a acumular residuos cargados acumulados opuestamente, tal como pelusa, que puede obstruir una vista del sensor del emisor 148 y receptor 150.

35 En casos en donde el sensor de proximidad al suelo 140 se coloca adecuadamente sobre un piso, la luz emitida desde el emisor 148 refleja el piso y vuelve al receptor 150, resultando en una señal que es legible por el controlador 108. En el caso en que el sensor de proximidad al suelo 140 no esté sobre un piso, la cantidad de luz recibida por el receptor 150 se reduce, lo que resulta en una señal que puede ser interpretada por el controlador 108 como un repecho.

40 La Figura 14 es una vista en explosión que muestra un ejemplo del ensamble de rodachina 116. El ensamble de rodachina 116 se ubica en forma separada y se puede eliminar independientemente del chasis 102 y el robot de cubrimiento 100. El ensamble de rodachina 116 incluye una carcasa de rodachina 162, una rodachina 164, un sensor de caída de rueda 166, y un sensor de proximidad al suelo-rueda 168.

45 La carcasa de rodachina 162 lleva la rodachina 164, el sensor de caída de rueda 166, y el sensor de proximidad al suelo-rueda 168. La rodachina 164 gira alrededor de un eje vertical y rueda alrededor de un eje horizontal en la carcasa de rodachina 162.

El sensor de caída de rueda 166 detecta el desplazamiento hacia debajo de la rodachina 164 con respecto al chasis 102. El sensor de caída de rueda 166 determina si la rodachina 164 está en contacto con la superficie de trabajo.

50 El sensor de proximidad al suelo-rueda 168 se ubica adyacente a la rodachina 164. El sensor de proximidad al suelo-rueda 168 detecta la proximidad del piso con relación al chasis 102. El sensor de proximidad al suelo-rueda 168 incluye un emisor infrarrojo (IR) y un receptor IR. El emisor IR produce una señal IR. La señal IR refleja la superficie de trabajo. El receptor IR detecta la señal IR reflejada y determina la proximidad de la superficie de trabajo. Alternativamente, el sensor de proximidad al suelo-rueda 168 puede utilizar otro tipo de sensor, tal como un sensor de luz visible. El sensor de proximidad al suelo-rueda 168 evita que el robot de cubrimiento 100 se mueva hacia abajo en un repecho en la superficie de trabajo, tal como un escalón o una escalera. En ciertas implementaciones, los ensambles de rueda fracción 114, 116 incluyen cada uno un sensor de proximidad al suelo-rueda.

La Figura 15 es una vista en explosión que muestra un ejemplo del sensor de caída de rueda 166. El sensor de caída de rueda 806 incluye un emisor IR 170 y un receptor IR 172 en una carcasa 173. El emisor IR 170 produce una señal IR. La señal IR se refleja desde la rodachina 164. El receptor IR 172 detecta la señal IR reflejada y determina la posición vertical de la rodachina 164.

- 5 La Figura 16 es una vista en sección transversal que muestra un ejemplo de un ensamble de rodachinas 116. La vista muestra una superficie superior 174 de la rodachina 164 desde la que se refleja la señal IR. El receptor IR 172 utiliza la señal IR reflejada para determinar la posición vertical de la rodachina 164.

10 En algunos casos, el sistema de control 104 puede incluir adicionalmente un sistema de validación que valida la capacidad de operación de los sensores de proximidad al suelo cuando caen todas las ruedas. La validación se basa en la interferencia de que todas las ruedas caídas probablemente son el resultado de un robot que es levantado del piso por una persona, y se revisa para ver que todos los sensores de proximidad al suelo no registren una superficie de piso (ya sea sin reflexión medida, o una reflexión que es muy fuerte). Cualquier sensor que registra una superficie de piso o una reflexión fuerte (por ejemplo, que indica un sensor bloqueado) se considera bloqueado. En respuesta a esta detección, el robot puede iniciar una sesión de reporte de mantenimiento en el que 15 indicios o luces indican que el sensor de proximidad al suelo se tiene que limpiar. En respuesta a esta detección el robot prohibirá el movimiento hacia adelante hasta que un procedimiento de validación determine que todos los sensores de proximidad al suelo estén limpios y sean funcionales. Por ejemplo, un sensor de interruptor mecánico se puede ubicar por encima de la rodachina 168 en una ubicación 176 que provoca que se cierre cuando la rodachina este comprimida (por ejemplo, empujada hacia arriba por el piso), proporcionando así una señal alterna al controlador 108 de que la rodachina 164 está en el piso. 20

Ocasionalmente, un robot autónomo de cubrimiento se puede encontrar enredado con un objeto externo, tal como flecos sobre el extremo de una alfombra o cordón de zapatos que cuelgan de un zapato no amarrado. Un método para desenredar un robot autónomo de cubrimiento (tal como el robot 100) puede incluir colocar inicialmente el robot 100 sobre una superficie de piso, que se debe considerar que incluye casos en donde el robot inicia propiamente desde un puerto (por ejemplo, después de un retraso significativo, pero no obstante se ha colocado sobre el piso). El robot 100 se mueve autónomamente hacia adelante a través de la superficie de piso mientras opera las cabezas de limpieza 106a 106b. El robot 100 puede invertir la corriente del motor de cabeza de limpieza de borde 118 en respuesta a un aumento medido (por ejemplo, un pico o un aumento por encima del umbral, incremento rápido de una pendiente predeterminada) en la corriente del motor aunque continúa maniobrando a través de la superficie del piso en una dirección sin cambio, trabajando y/o limpiando el piso sin interrupción. 25 30

En algunos casos, el robot 100 puede moverse hacia adelante (independientemente del control de movimiento hacia adelante mediante los comportamientos de movimiento) antes de invertir la polaridad, la rotación de la cabeza de limpieza de borde 106a en respuesta a una corriente de motor de cabeza de limpieza elevada. El robot 100 puede invertir independientemente la rotación de la cabeza de limpieza de borde 106a en respuesta a una corriente de motor 106a de cabeza de limpieza de borde incrementada durante un periodo. El periodo para la corriente aumentada se puede especificar, por ejemplo, en segundos. Después de invertir la rotación de la cabeza de limpieza de borde 106, el robot 100 puede moverse en una dirección inversa, alterar su dirección de viaje, y moverse en una nueva dirección. 35 40

En una combinación particular, el robot incluye una cabeza de limpieza principal 106b que se extiende a través de la parte media del robot, por ejemplo, en una dirección transversal a la ruta de trabajo del robot o sustancialmente en una dirección paralela a las ruedas de tracción principales, así como también una cabeza de limpieza de borde que se dispone en el costado del robot, en una posición que se extiende a la cabeza de limpieza de borde más allá del perímetro del robot en la dirección lateral con el fin de limpiar a los lados del robot (en oposición a únicamente por debajo del cuerpo del robot). La cabeza de limpieza principal 106b incluye por lo menos un cepillo accionado rotacionalmente 111, y la cabeza de limpieza de borde 106a incluye por lo menos un cepillo accionado rotacionalmente 120. 45

Como se muestra en la Figura 9C, la cabeza de limpieza principal 106b es controlada por, por ejemplo, un proceso de control de motor de cepillo 930. El proceso de control de motor de cepillo supervisa un sensor de corriente del motor de cabeza de limpieza principal, y cuando ocurre un aumento de corriente rápido (por ejemplo, un pico o un aumento por encima de un umbral, integrado o pendiente determinada de otra forma de una cantidad predeterminada), revisa opcionalmente si el robot se mueve hacia adelante (por ejemplo, al supervisar un proceso, una marca indica el movimiento hacia adelante, o los motores se accionan directamente). Si el robot 100 se mueve hacia adelante, sin interrumpir dicho movimiento (opcionalmente aislado de la capacidad para hacerlo con el fin de que el movimiento del robot sea controlado mediante impulsos controlados por comportamiento independiente), los procesos de control de motor de cepillo 930 aplican una polarización inversa al motor de cepillo. 50 55

La polarización inversa no hace girar rápidamente el motor en la dirección inversa con el fin de evitar enredar la misma cuerda, hebra, o borla alrededor del cepillo en la dirección opuesta. En cambio, el proceso de control de motor de cepillo 930 aplica una corriente ligera, suficiente para mantener la rotación del cepillo casi neutra. Cuando

- 5 el robot 100 se mueve hacia adelante, la cuerda, hebra, o borla es halada sobre el cepillo para desenvolver el enredo que no solo se transmitirá a un torque atenuado en la dirección inversa al motor (por ejemplo debido a una reducción de la caja de velocidad entre el motor y el cepillo que permite el engranaje hacia atrás de la caja de velocidades en una ventaja mecánica invertida), sino combinada con la polarización inversa, el torque atenuado resulta en un desenredo asistido pero lento del cepillo enredado, de velocidad creciente cuando se aplica más tensión por la cuerda o hebra, por ejemplo, cuando el robot se mueve lejos del sitio en donde se fija la cuerda o hebra o borla.
- 10 La polarización inversa continua un tiempo o hasta que no se detecta carga por halado o atasco (por ejemplo sin enredos), luego finaliza el proceso y la cabeza de limpieza asume la rotación normal en una dirección para limpiar la superficie.
- El cepillo de borde 120 de la cabeza de limpieza de bode 106a se sujeta a sustancialmente el mismo control en un proceso de control de motor de cepillo de borde 960, en el que la rotación del cepillo de borde 120 es invertida por la corriente 962 en una forma similar (también mostrada en la Figura 9b).
- 15 De acuerdo con lo anterior, los cepillos principal 106b y de borde 106a se controlan independientemente uno del otro y del movimiento del robot, y cada uno se desenreda a sí mismo sin supervisar o interrumpir al otro. En algunos casos, cada uno se enredará simultáneamente, e independientemente pero el control simultáneo les permite desenredarse o autolimpiarse al mismo tiempo. Además, al tener el motor del cepillo bajo control reactivo (no esperando un estado de motor de control u otro estado de robot general) y solo con una ligera polarización inversa, el cepillo estará disponible para desenredarse tan pronto como aumenta rápidamente cualquier corriente detectada, atrapando un enredo, pero no se moverá en reversa cualquier cantidad suficiente para provocar un problema de enredo similar en la dirección opuesta.
- 20 En algunos casos, debido a que el control de movimiento es independiente y no supervisa el estado del cepillo, el robot 100 continúa moviéndose hacia adelante y la cabeza de limpieza 106 empieza a invertir la rotación de la cabeza de limpieza principal 111 después que el robot 100 ha procedido algo hacia adelante. En algunos casos, el robot 100 puede invertir la rotación de la cabeza de limpieza principal 111 en respuesta a una corriente de motor de cabeza de limpieza elevada durante un periodo. Después de invertir la rotación de la cabeza de limpieza principal 111, el robot 100 se puede mover en reversa, alterar una dirección de tracción y moverse en la dirección de tracción.
- 25 Las Figuras 17A-H ilustran ejemplos de métodos para desenredar robots de cubrimiento con diversas configuraciones de cabezas de limpieza. En general, las cabezas de limpieza tienen rodillos que se pueden accionar mediante motores eléctricos. La mugre y los residuos se pueden recoger por las cabezas de limpieza y depositar en un contenedor para el desecho manual o automático posterior. Se pueden proporcionar dispositivos de control electrónicos para el control de los motores de tracción para cambiar la dirección del robot de cubrimiento, y también para el control de los rodillos de cepillos de agitación. Dichos métodos pueden permitir que los robots de cubrimiento reasuman la limpieza no atendida después de encontrarse en una situación de enredo.
- 30 La Figura 17A muestra una vista lateral de una cabeza de limpieza 201 de un robot de cubrimiento 200 con un rodillo agitador 202 en un contacto tangencial con la superficie de trabajo. El rodillo 202 cepilla la suciedad 203 hacia un conducto de succión 204 que está integrado dentro de una cámara de cepillo 206. Al utilizar una corriente de succión de aire, los residuos recolectados 210 se pueden transportar a un contenedor 212.
- 35 Si se bloque u obstruye el movimiento de los rodillos 202 a un grado predeterminado o configurable, se puede detener la cabeza de limpieza 201, permitiendo al robot 200 invertir la dirección con el rodillo 202 mínimamente energizado en la dirección inversa lo suficiente para liberar la obstrucción. Por ejemplo, si una cuerda se llega a enredar alrededor del rodillo 202, el rodillo 202 se puede desenganchar y permitir girar con el fin de que la cuerda se desenrede cuando el robot 200 gira de nuevo. El robot 200 puede luego reasumir la operación del rodillo 202 en la dirección de rotación original y reasumir el movimiento del robot en la dirección original.
- 40 La Figura 17B muestra otro ejemplo de desenredo utilizando el robot 200 con la adición de un rodillo de cepillo 214. El rodillo de cepillo 214 se puede accionar mediante el mismo motor o un motor diferente y girar normal hacia la superficie de trabajo. El rodillo de cepillo 214 envía la suciedad 216 desde los bordes del robot 200 hasta un área de recogida 218 del rodillo 202.
- 45 En este ejemplo, si el movimiento de los rodillos 202 o 212 se bloque u obstruye a un grado predeterminado o configurable se puede detener la cabeza de limpieza 201, permitiendo al robot 200 invertir la dirección con los rodillos 202, mínimamente energizados 212 en la dirección inversa suficiente para liberar la obstrucción. Por ejemplo, si una cuerda se enrolla alrededor del rodillo 202 o 212, el rodillo 202 o 212, o ambos, se pueden desenredar y permitir girar con el fin de que la cuerda se desenrede cuando el robot 200 vuelva a continuar. El robot 200 puede luego reasumir la operación de los rodillos 202, 212 en la dirección de rotación original y reasumir el movimiento del robot en la dirección original.
- 50
- 55

La figura 17C muestra una vista inferior de un robot de cubrimiento 240 y una vista lateral de una cabeza de limpieza 242 dentro de esta. Un primer rodillo de cepillo 244 y un segundo rodillo de cepillo 246 están en contacto tangencial con la superficie de trabajo. Los rodillos 244 y 246 se pueden rotar mediante un único motor o múltiples motores con el propósito de agitar la superficie de trabajo y levantar dinámicamente los residuos 248 atrapados entre ellos, hacia un conducto de succión 250 que está integrado dentro de la cámara de cepillo 252. Por medio de una corriente de succión de aire 254, los residuos recolectados 256 se pueden transportar a un contenedor 258.

Si el movimiento de los rodillos 244, 246 se bloquea u obstruye a un grado predeterminado o configurable, los rodillos 202, 212 se pueden detener, permitiendo al robot 240 avanzar hacia adelante, como se muestra por la flecha 260, con los rodillos 202, 212 mínimamente energizados en la dirección inversa lo suficiente para liberar la obstrucción, y reanudar la operación del motor de rodillo en la dirección de rotación original.

La Figura 17D muestra al robot 240 realizando un método de ejemplo alterno para desenredo. Si el movimiento de los rodillos de agitación 244, 246 se bloquea u obstruye a un grado predeterminado o configurable, los rodillos 244, 246 se pueden desenredar (es decir no controlados activamente). El robot 240 puede luego invertir las direcciones, como se muestra en las flechas 262, con rodillos 244, 246 mínimamente energizados en la dirección inversa lo suficiente para liberar la obstrucción, luego que los rodillos 244, 246 se puedan reenganchar en su dirección de rotación original y el robot 240 reanuda la tracción en su dirección original (mostrado por la flecha 264).

La Figura 17E muestra una vista lateral de un robot de cubrimiento 270 con tres rodillos. El robot 270 tiene una cabeza de limpieza 272 y un cepillo lateral 274. La cabeza de limpieza 272 tiene un rodillo de agitación normal 276 y un rodillo de agitación contrarrotatorio 278. Los rodillos de agitación 276 y 278 pueden ser controlados rotacionalmente paralelos entre sí y a la superficie de trabajo y el rodillo de cepillo 274 se puede controlar normalmente hacia la superficie de trabajo promotores eléctricos (no mostrados). El rodillo de cepillo 274 puede prebarrar la superficie de trabajo y empujar la suciedad y los residuos hacia los rodillos de agitación 275, 278 como se muestra por la flecha 279. Los rodillos de agitación 276, 278 pueden empujar la suciedad 280 hacia el conducto de succión 282 que se integra dentro de una cámara del cepillo 284. Al utilizar una corriente de succión de aire, los residuos recolectados 288 se pueden transportar a un contenedor 290.

Si el movimiento de los rodillos de agitación 276, 278 se bloquean u obstruyen a un grado predeterminado o configurable, se pueden detener los motores del rodillo o activar temporalmente en la dirección opuesta en un intento por eliminar el bloqueo u obstrucción. Los motores del rodillo pueden reanudar la operación en la dirección de rotación original.

La Figura 17F ilustra otro ejemplo de un método para desenredar el robot de cubrimiento 270. Si el movimiento de los rodillos de agitación 276, 278 se bloquea u obstruye a un grado predeterminado o configurable, los motores de rodillo se pueden detener o activar temporalmente en la dirección opuesta. Los motores de rodillo pueden luego reanudar la tracción de los rodillos 276, 278 en la dirección de rotación original mientras que invierten simultáneamente la dirección de viaje del robot 270 o imparten un movimiento de torsión alrededor de su eje. El robot 270 puede luego reanudar el movimiento en la dirección original.

La Figura 17G muestra una vista lateral y una vista inferior de un robot de cubrimiento 300 con dos rodillos y dos conductos de aire. El robot 300 tiene una cabeza de limpieza 302, un rodillo de agitación normal 304 y un rodillo de agitación contrarrotatorio 306. Los rodillos de agitación 304 y 306 se pueden accionar rotacionalmente en paralelo entre sí y hacia la superficie de trabajo mediante motores eléctricos (no mostrados).

Los rodillos 304, 306 se pueden levantar dinámicamente y empujar la suciedad y los residuos 307 hacia un conducto de aire primario 308 que se integra dentro de una cámara de cepillo 312. La suciedad y los residuos que se pasan por los rodillos 304, 306 pueden encontrar un conducto de aire secundario 310 ubicado detrás de los rodillos. Una corriente de succión generada por un motor de succión de aire (no mostrado) puede transportar la suciedad y los residuos recolectados a través de los conductos 308, 210 hasta un contenedor 314. Los dispositivos de control electrónico asociados proporcionan control para impulsar los motores para cambiar la dirección del robot 300, y también para controlar la dirección de los rodillos de agitación 304, 306.

Si el movimiento de los rodillos de agitación 304, 306 se bloquea u obstruye, entonces el dispositivo de control hace uno o más de detener o energizar al mínimo los motores de rodillo en la dirección inversa, luego reanudar la operación del motor de rodillo en la dirección de rotación original. Simultáneamente, el robot 300 puede por lo menos invertir momentáneamente su dirección o impartir un movimiento de torsión alrededor de su eje y luego reanudar el movimiento en su dirección original.

La Figura 17H muestra otro ejemplo de un método de desenredo que involucra el robot 300 con la adición del rodillo de cepillo 316. El rodillo de cepillo 316 tiene un eje de rotación normal y luego se puede impulsar mediante un motor eléctrico existente o dedicado. El rodillo de cepillo 316 puede prebarrar la superficie de trabajo y empujar la suciedad

y los residuos 318 hacia los rodillos de agitación 304, 306 (como se muestra mediante la flecha 318). Luego se puede retirar la suciedad y los residuos como se describió anteriormente.

- 5 Si el movimiento de los rodillos de agitación 304, 306 se bloquea u obstruye, el dispositivo de control puede detenerse o energizar mínimamente los motores de rodillo en la dirección inversa, luego reasumir la operación del motor rodillo en la dirección de rotación original. Simultáneamente, el robot 300 puede por lo menos invertir momentáneamente su dirección o impartir un movimiento de torsión alrededor de su eje y luego reasumir el movimiento en su dirección original.

REIVINDICACIONES

1. Un robot autónomo de cubrimiento (100, 200, 258, 270, 300) comprende:
un sistema de tracción (104) configurado para maniobrar el robot de acuerdo con una configuración de partida y una configuración de velocidad;
- 5 un sensor de parachoques (132) sensible a una colisión del robot con un obstáculo en una dirección delantera; y
caracterizado porque comprende adicionalmente
un sensor de proximidad (134) sensible a un obstáculo potencial en la dirección delantera del robot;
- 10 en el que el sistema de tracción (104) se configura para reducir la configuración de velocidad en respuesta a una señal desde el sensor de proximidad que indica la detección de un obstáculo potencial, mientras que continúa avanzando el robot (100, 200, 258, 270, 300) de acuerdo con la configuración de partida; y
en el que el sistema de tracción se configura para alterar la configuración de partida en respuesta a una señal recibida desde el sensor de parachoques (132) que indica contacto con un obstáculo.
2. El robot de la reivindicación 1, en el que el robot (100, 200, 258, 270, 300) se mueve en una ruta sustancialmente semicircular alrededor del obstáculo.
- 15 3. El robot de la reivindicación 1, en el que el sistema de tracción (104) se configura para alterar la configuración de partida en respuesta a las señales recibidas desde el sensor de parachoques (132) y el sensor de proximidad (134) para seguir un perímetro del obstáculo o para dirigir al robot lejos del obstáculo.
- 20 4. El robot de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sensor de proximidad (134) comprende por lo menos un par emisor y receptor de rayos infrarrojos o en el que la sensor de proximidad (134) comprende un dispositivo de sonar.
5. El robot de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4 en el que el sensor de parachoques (132) comprende un interruptor o un sensor capacitivo.
- 25 6. El robot de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5 en el que el sistema de tracción (104) se configura para maniobrar el robot en una configuración de torque y para alterar la configuración de torque en respuesta una señal recibida del sensor de parachoques (132) indicando contacto con un obstáculo, o con aumentar la configuración de torque en respuesta a una señal recibida del sensor de parachoques (132) indicando contacto con un obstáculo.
- 30 7. Un método para navegar un robot autónomo de cubrimiento (100, 200, 258, 270, 300) con respecto a un objeto sobre el piso, el método comprende:
colocar el robot de cubrimiento en el piso, el robot cruza autónomamente el piso en un modo de limpieza a una velocidad de limpieza;
caracterizado porque
luego de detección, mediante un sensor de proximidad (134), de un objeto próximo a la parte delantera del robot, este reduce la velocidad de limpieza a una velocidad reducida mientras continúa hacia el objeto hasta que el robot detecta un contacto con el objeto; y
- 35 en el que luego de detección, mediante un sensor de parachoques (132), del contacto con el objeto, el robot gira con respecto al objeto y limpia junto al objeto.
8. el método de la reivindicación 7 en el que el robot sigue un perímetro del objeto mientras que limpia junto al objeto.
- 40 9. El método de la reivindicación 7 en el que el robot conserva una distancia de seguimiento sustancialmente constante desde el objeto mientras limpia junto al objeto en respuesta al contacto con el objeto.
10. El método de la reivindicación 9 en el que la distancia de seguimiento desde el objeto es sustancialmente una distancia, tal como de entre aproximadamente 0 y 5 centímetros [0 y 2 pulgadas], entre el robot y el objeto sustancialmente inmediatamente después del contacto con el objeto.

11. El método de la reivindicación 7 en el que el robot realiza una maniobra para moverse alrededor del objeto en respuesta al contacto con el objeto.
12. El método de la reivindicación 11 en el que la maniobra comprende el robot que se mueve en una ruta sustancialmente semi-circular alrededor del objeto, o moverse lejos del objeto y luego moverse en una dirección sustancialmente tangencial al objeto.
13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7-11 en el que el robot reduce la velocidad de limpieza a una velocidad reducida a una tasa constante o en una tasa exponencial y/o en una tasa no lineal, o en el que la velocidad de limpieza del robot en el modo de limpieza es de aproximadamente 300 mm/seg, y/o en el que la reducción de velocidad del robot es de aproximadamente 100 mm/seg.
14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7-13 en el que el robot incluye por lo menos un sensor de proximidad (134) dispuesto periféricamente en la parte delantera del robot, y un indicador de contacto (132) dispuesto en la parte delantera del robot.
15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7-14, en el que el robot cruza autónomamente el piso en el modo de limpieza que tiene una configuración de torque, en el que luego de la detección del contacto con el objeto, el robot aumente la configuración de torque, especialmente la configuración de torque de la unidad, cepillo principal o motores de cepillos laterales.

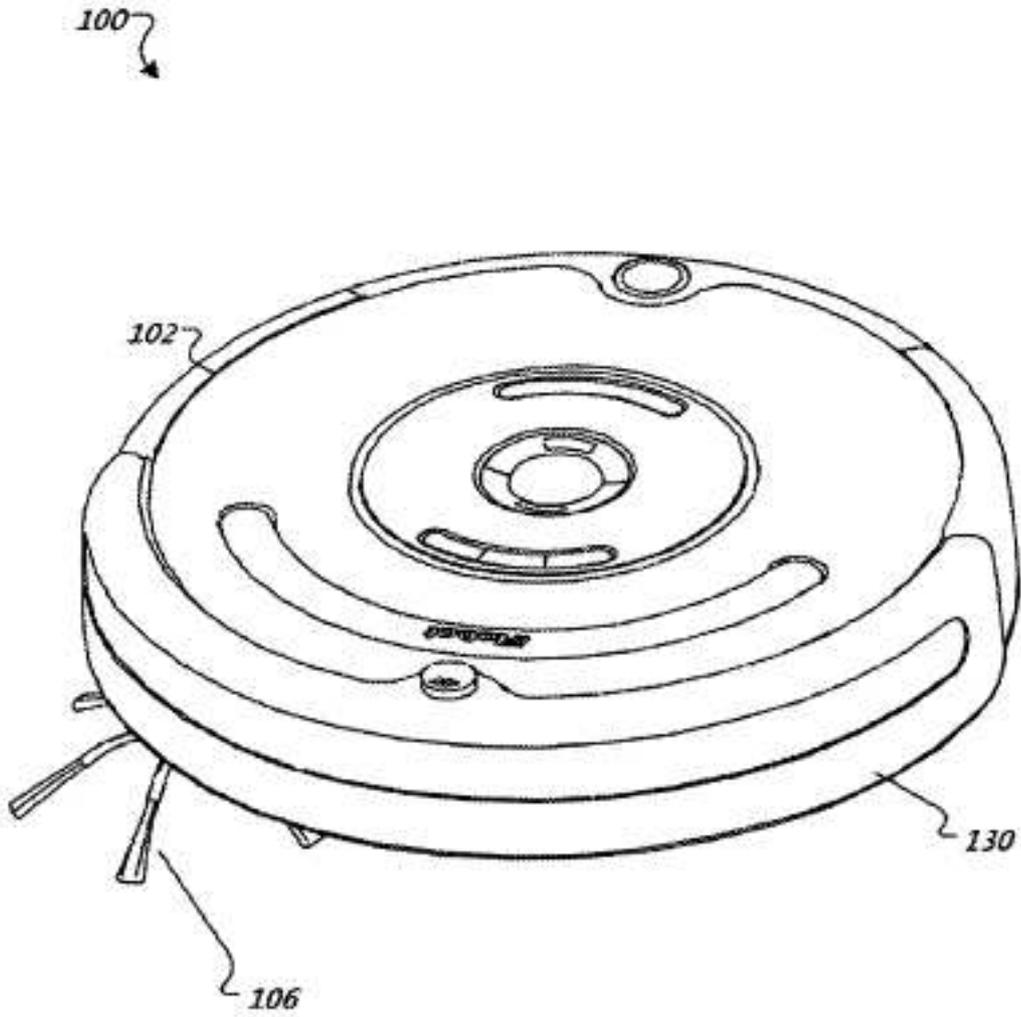


FIG. 1

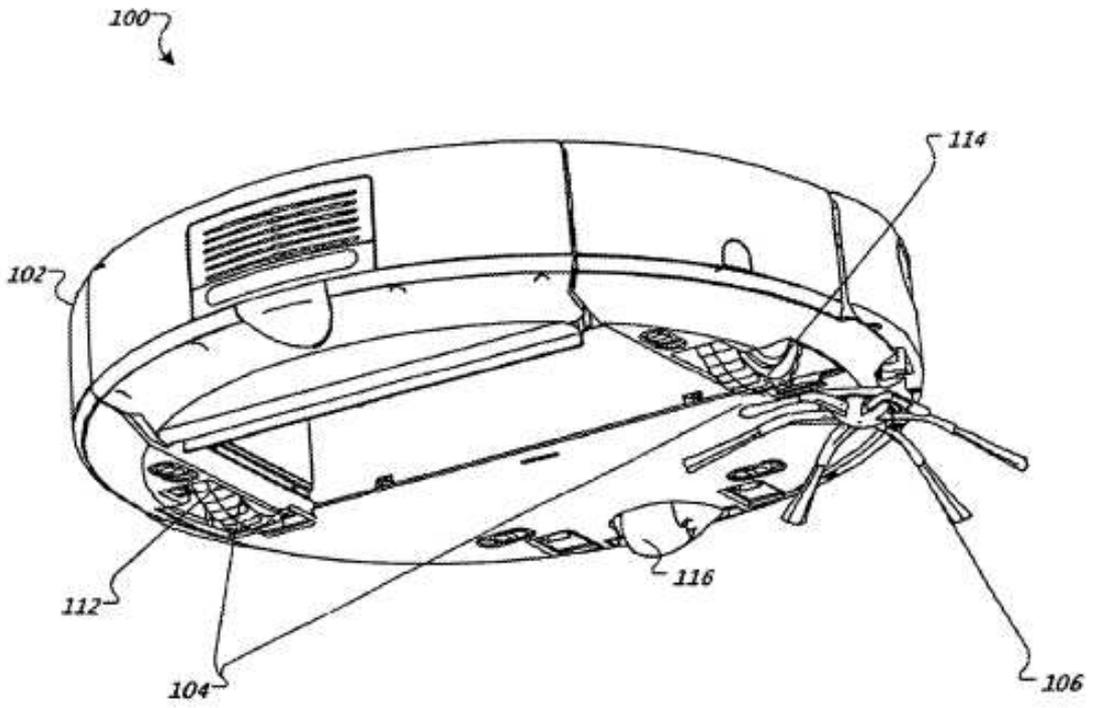


FIG. 2

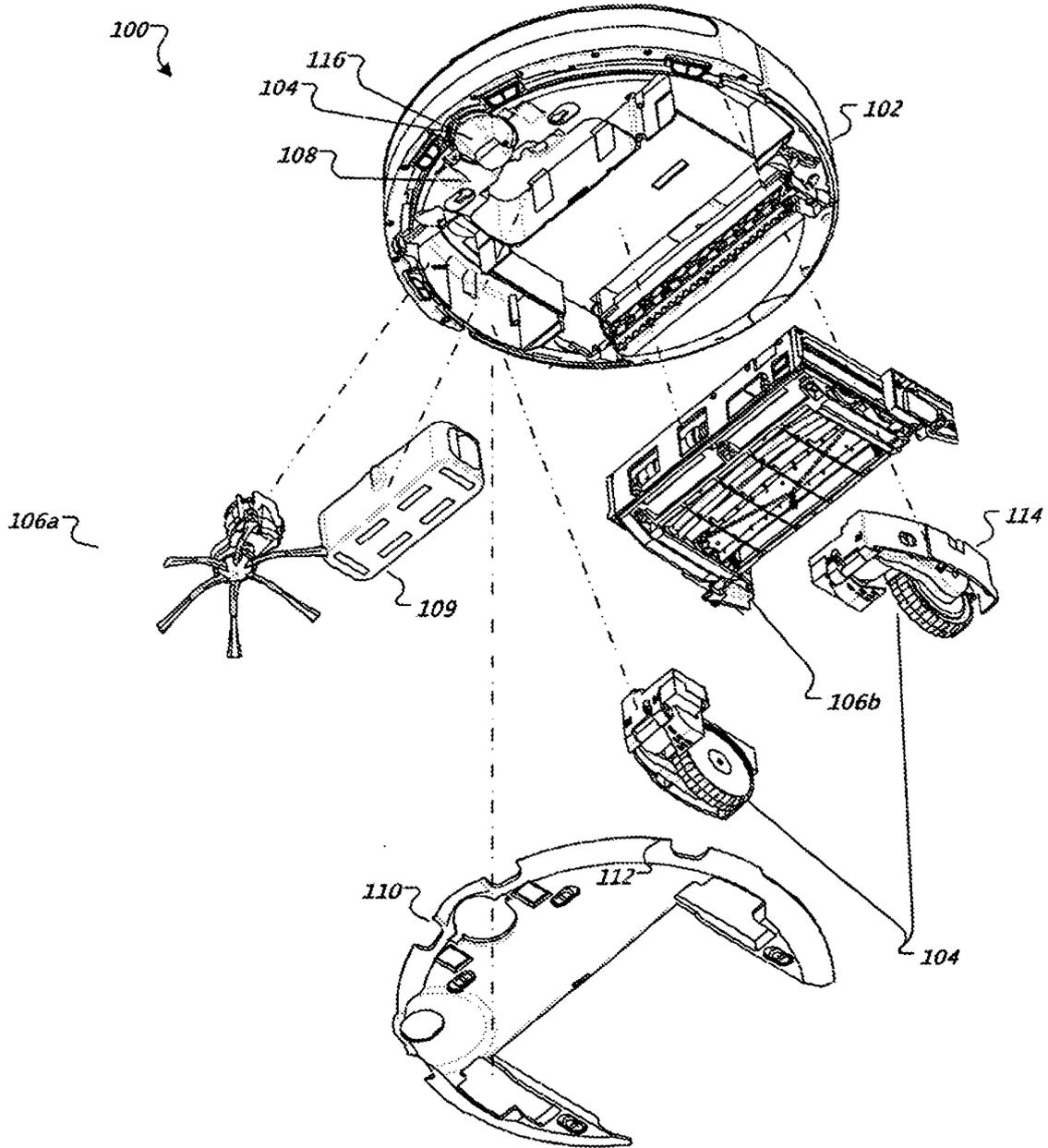


FIG. 3

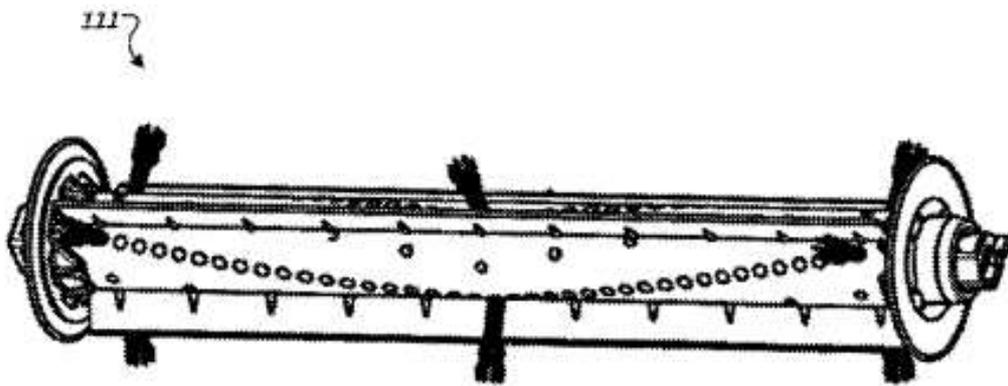


FIG. 4

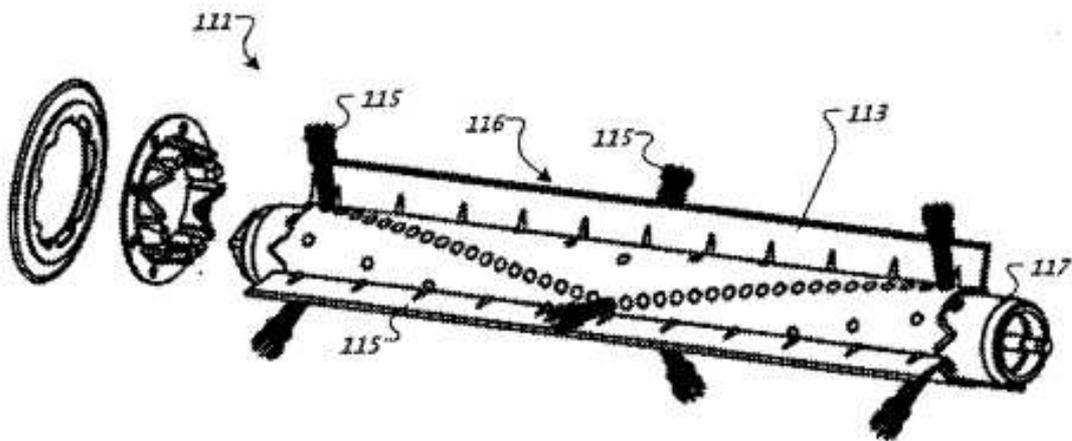


FIG. 5

106a

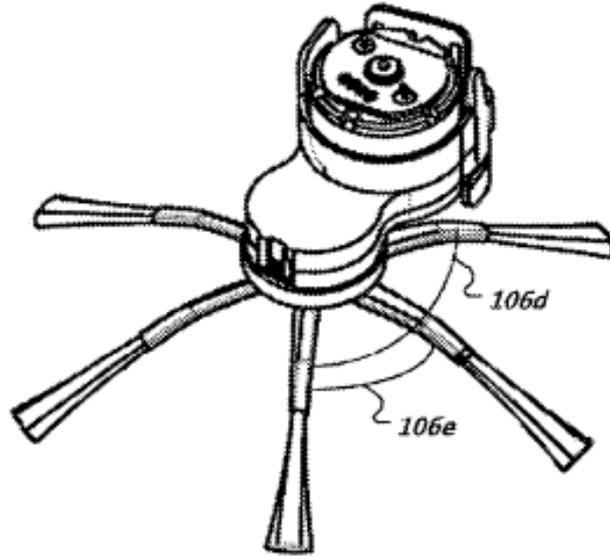


FIG. 6A

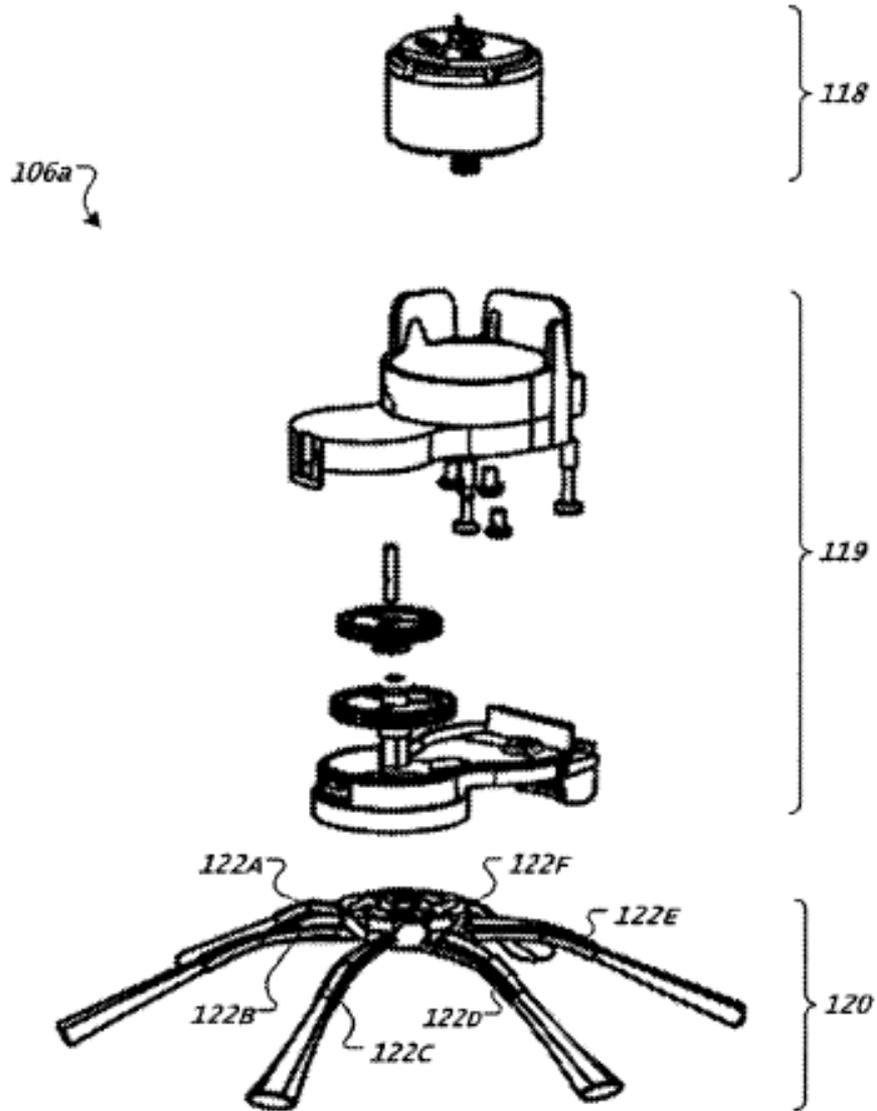


FIG. 6B

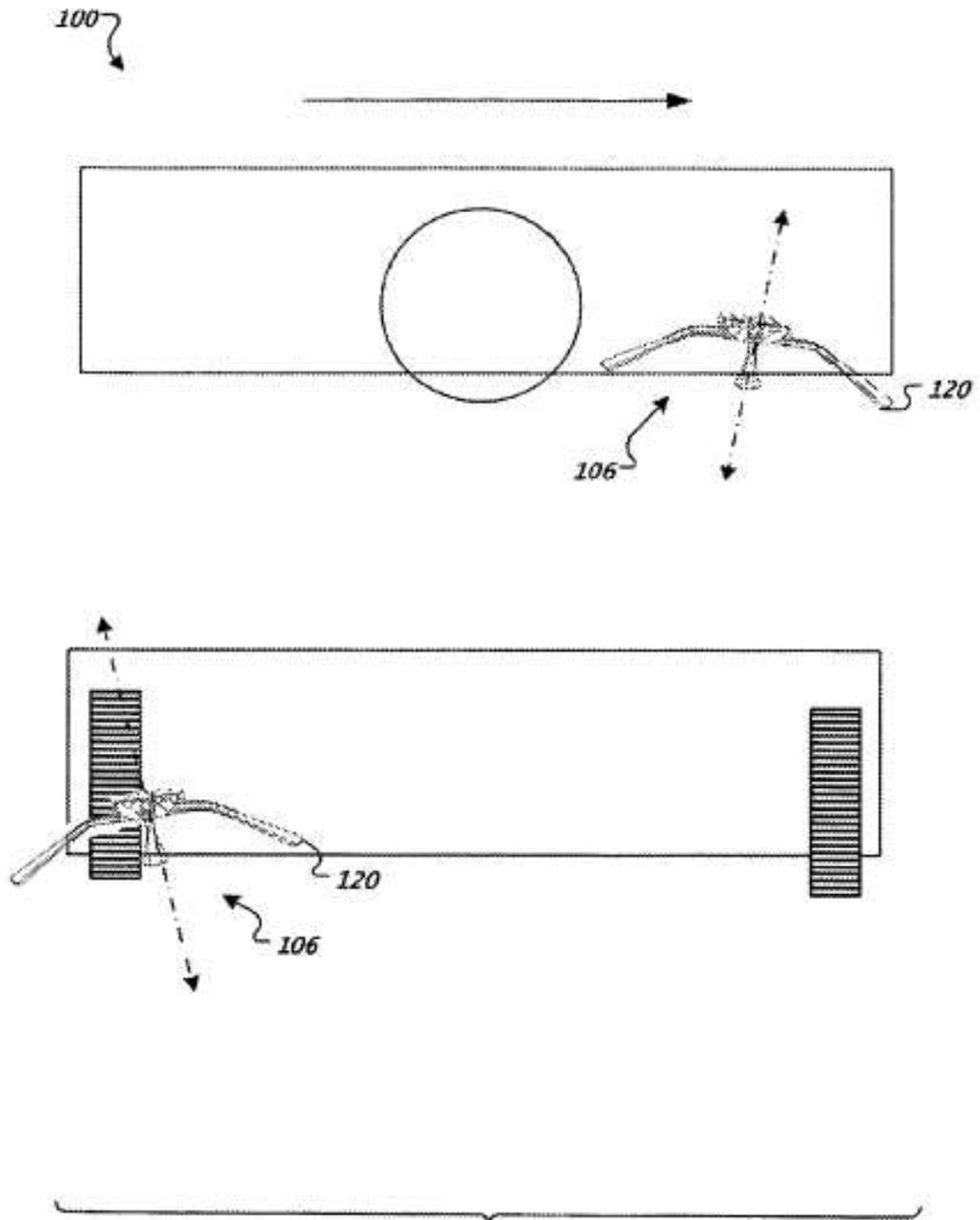


FIG. 6C

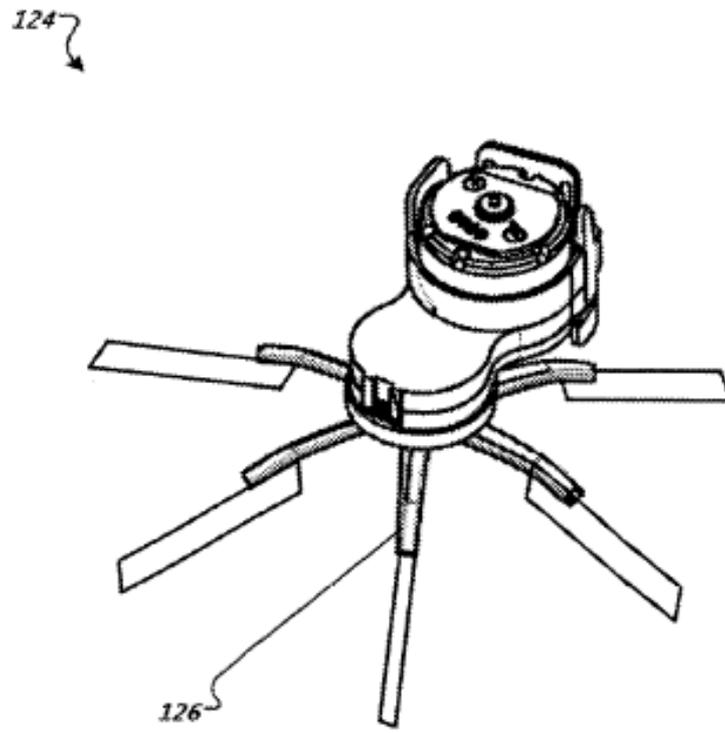


FIG. 7

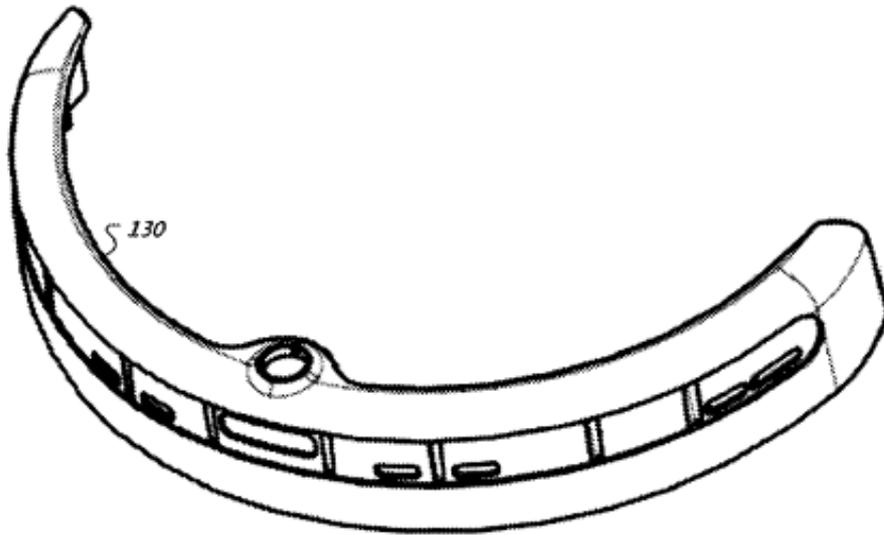


FIG. 8A

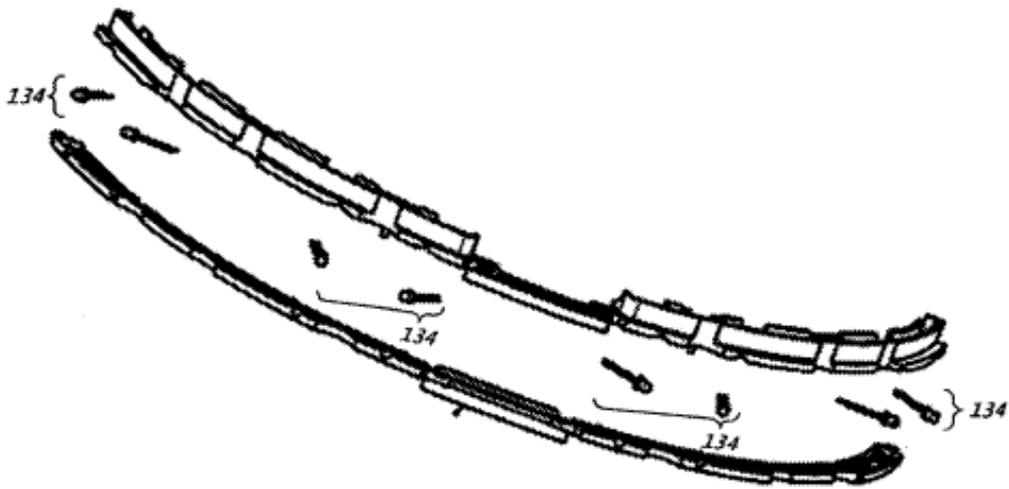


FIG. 8B

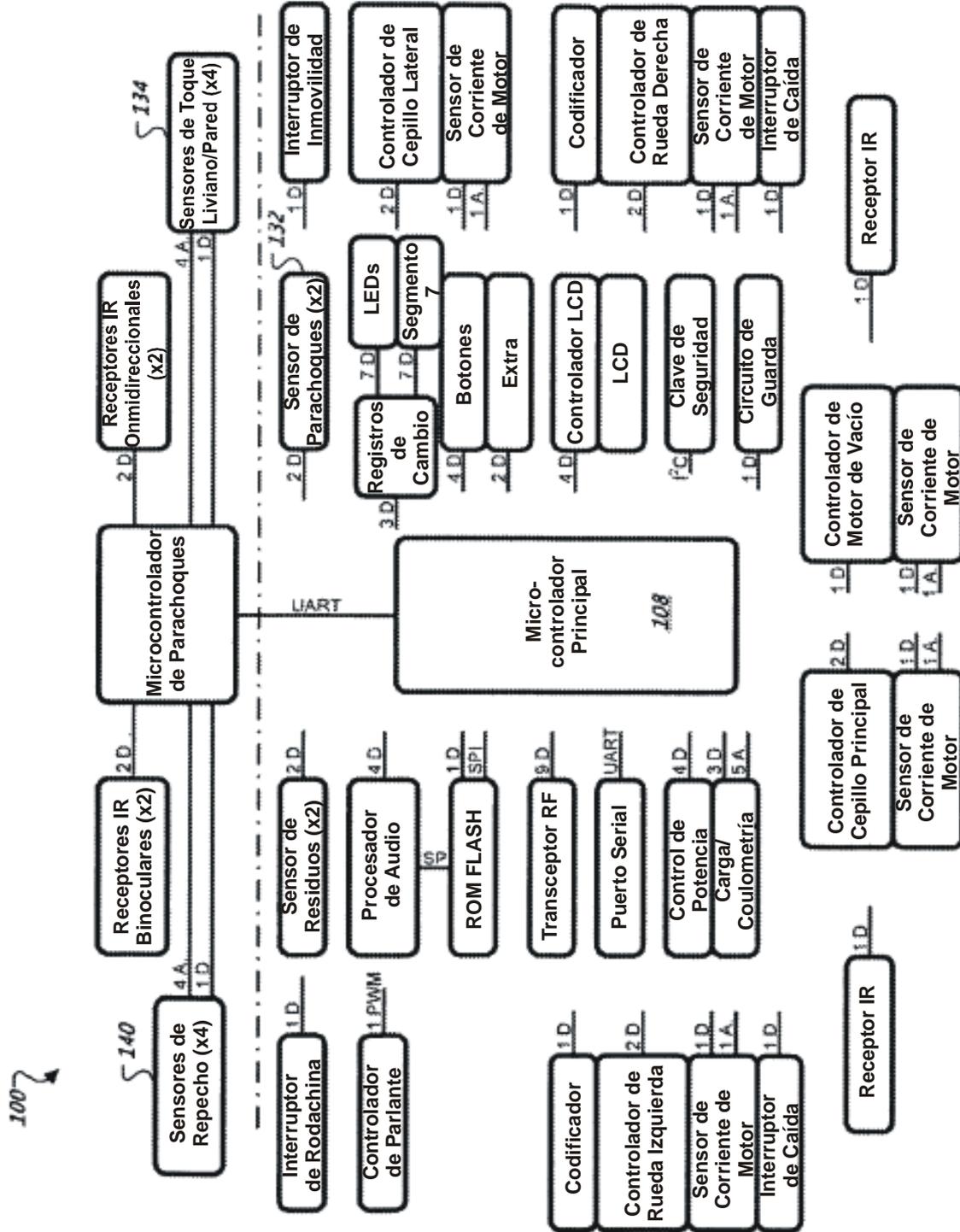


FIG. 9A

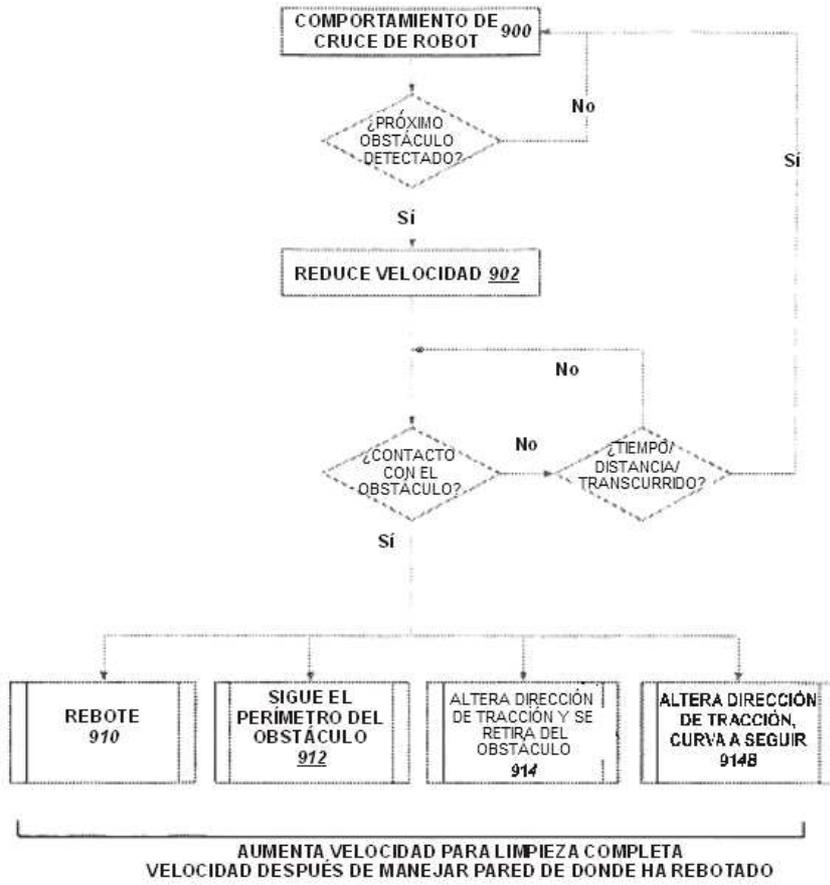


FIG. 9B

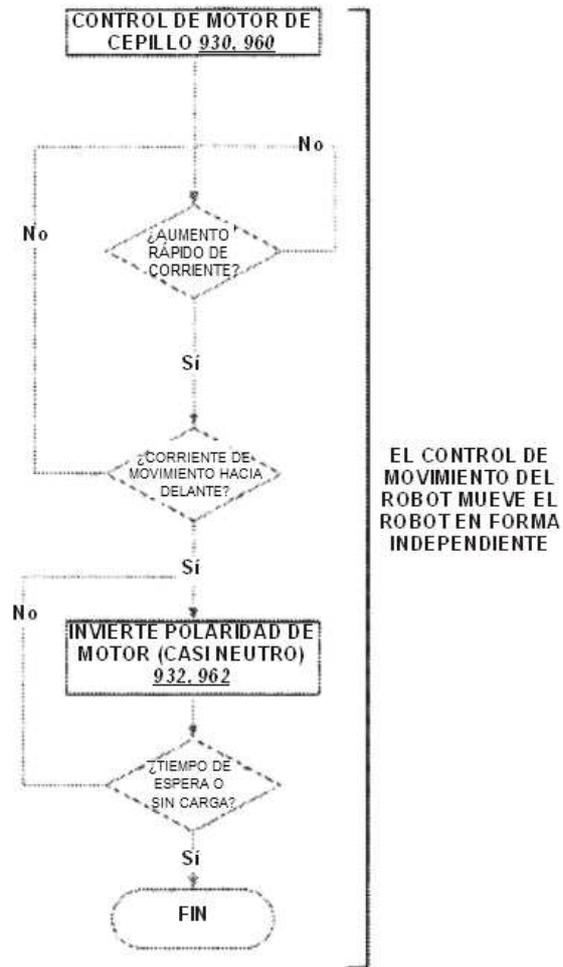


FIG. 9C

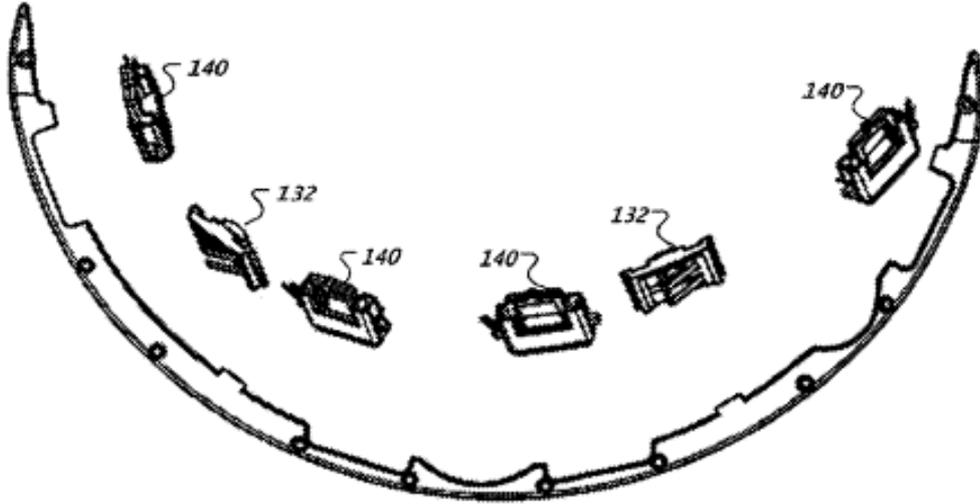


FIG. 10

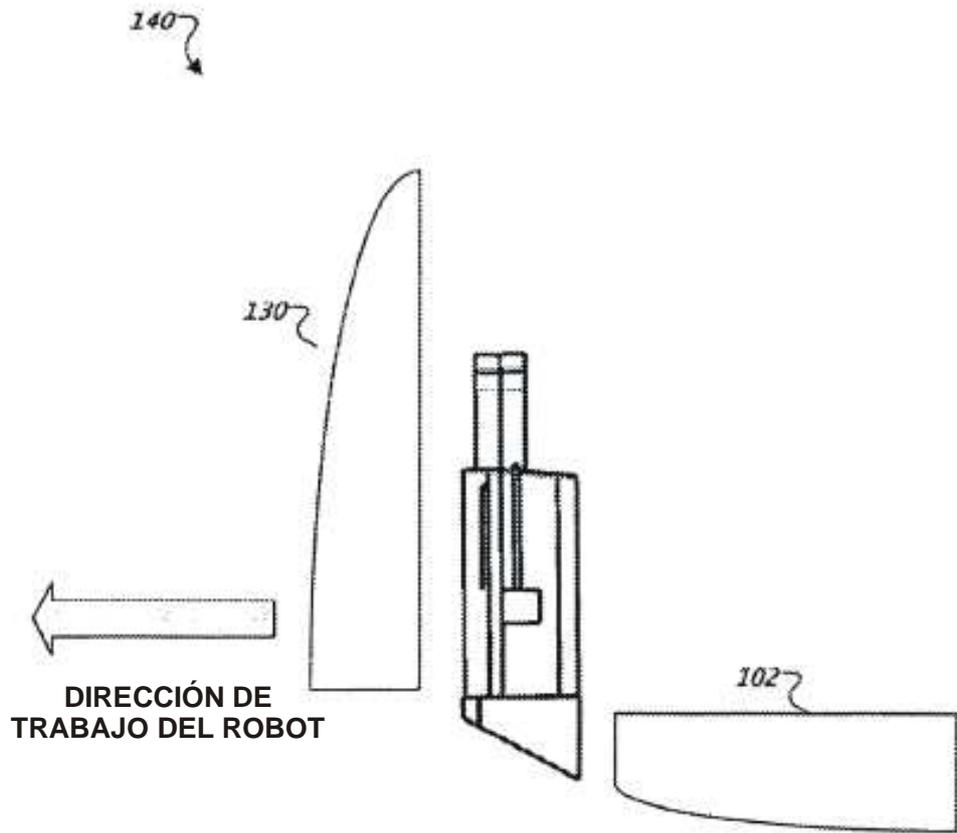


FIG. 11

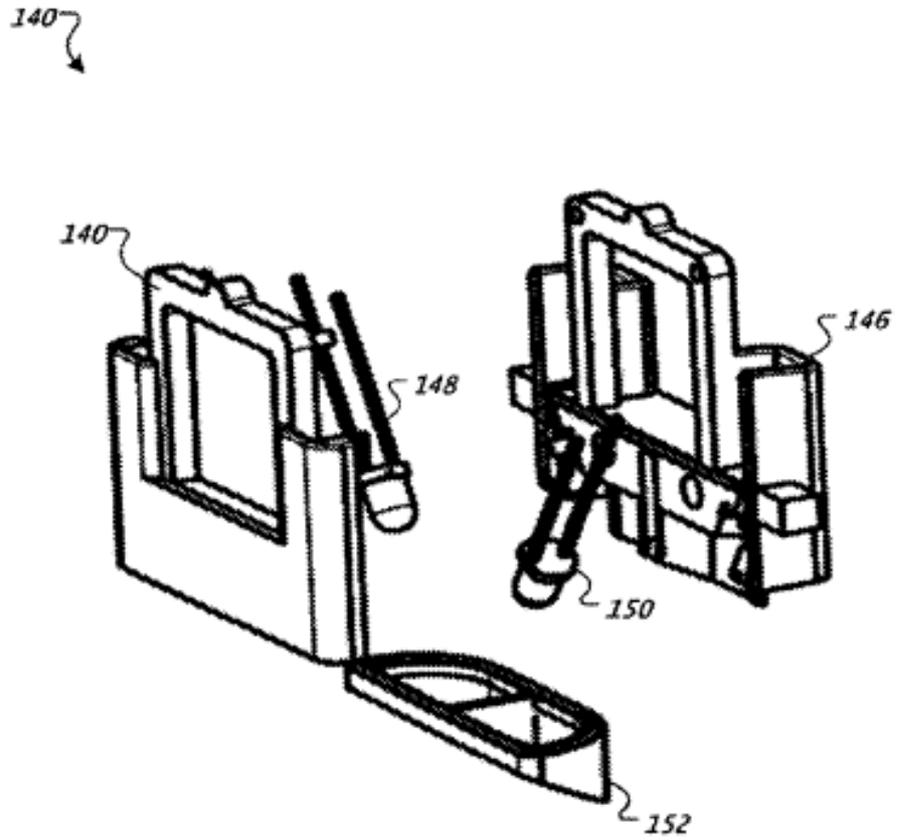


FIG. 12

152

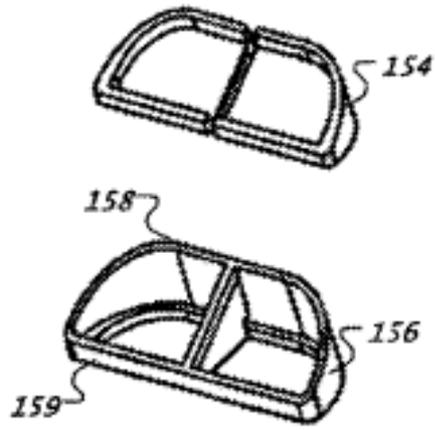


FIG. 13

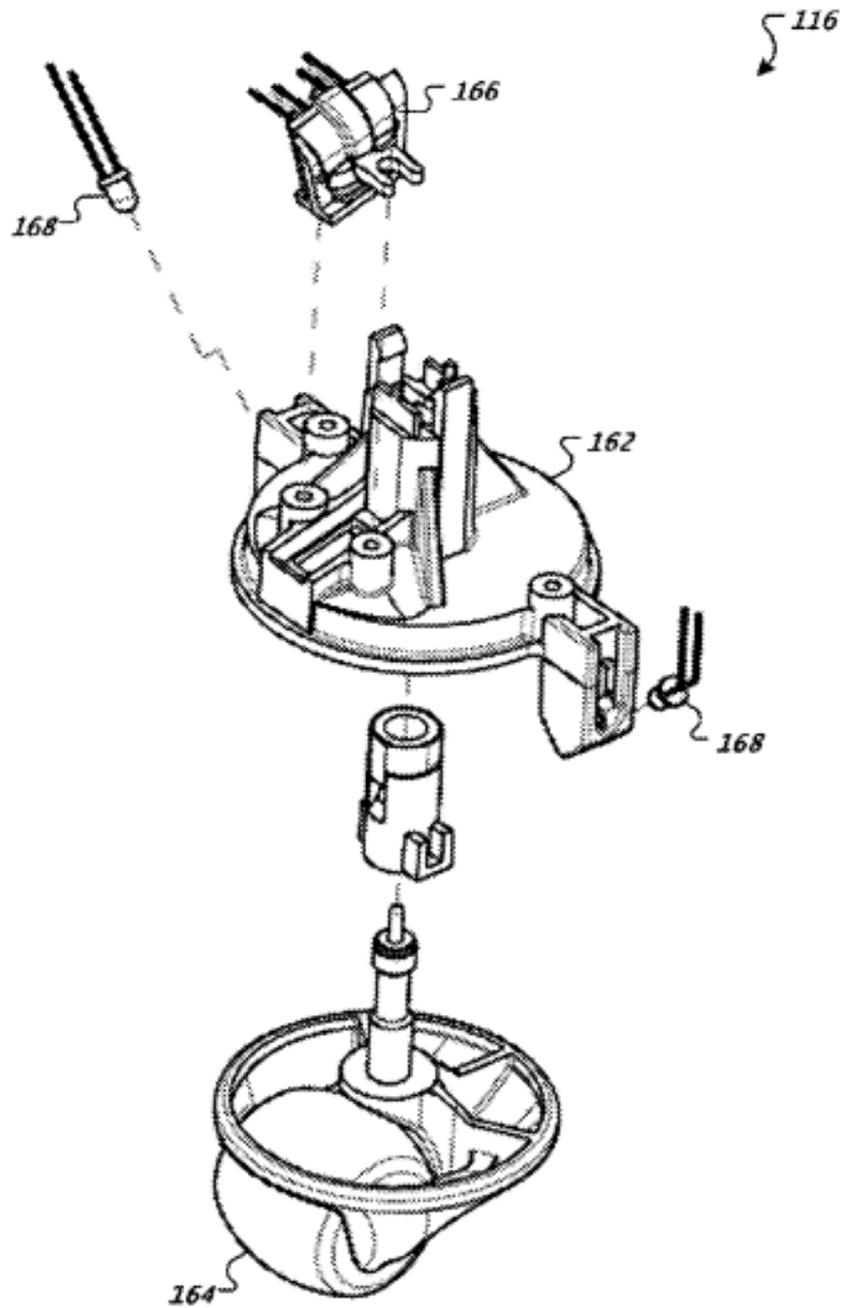


FIG. 14

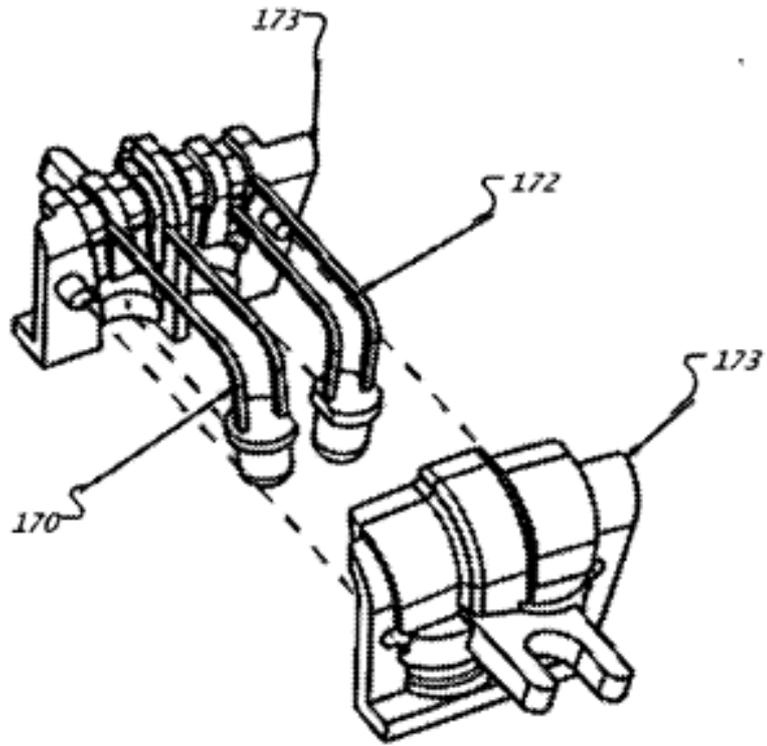


FIG. 15

116 ↘

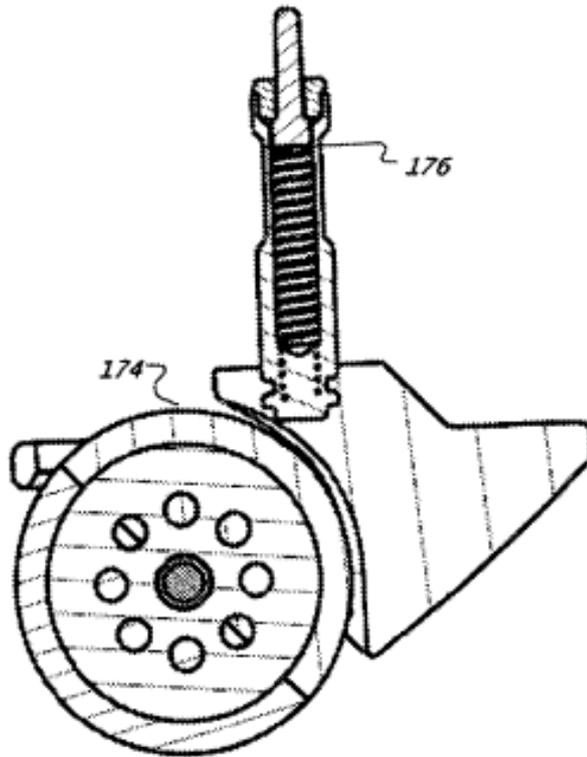


FIG. 16

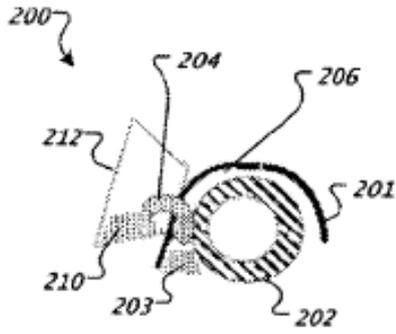


FIG. 17A

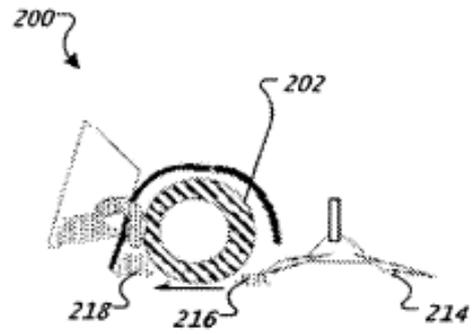


FIG. 17B

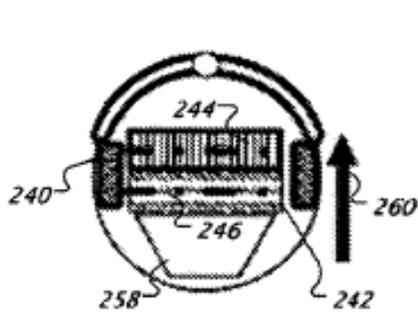
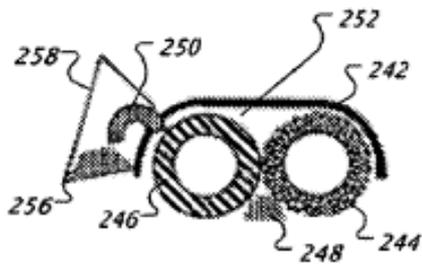


FIG. 17C

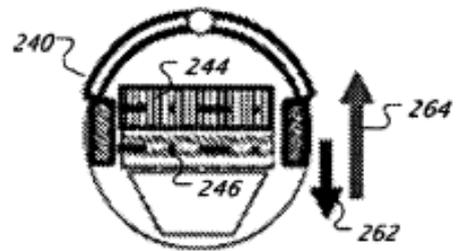


FIG. 17D

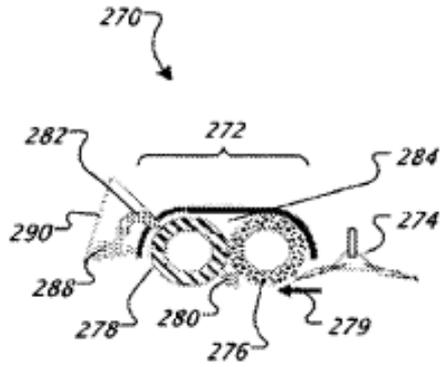


FIG. 17E

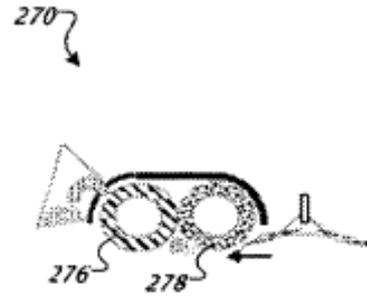


FIG. 17F

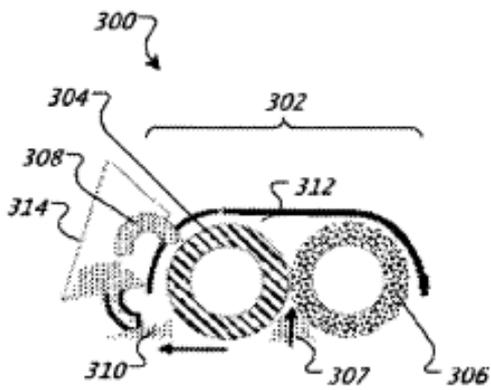


FIG. 17G

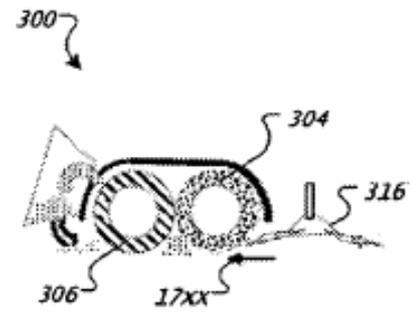


FIG. 17H

