(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 744 777**

(51) Int. CI.:

A47L 9/00 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.05.2016 PCT/GB2016/051365**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2016 WO16189271**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2016 E 16736543 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019 EP 3302203**

(54) Título: **Procedimiento de control de un robot móvil**

(30) Prioridad:

28.05.2015 GB 201509192

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2020

(73) Titular/es:

DYSON TECHNOLOGY LIMITED (100.0%)
Tetbury Hill
Malmesbury, Wiltshire SN16 0RP, GB

(72) Inventor/es:

BRITAIN, MAXIMILIAN;
WAKELING, WILLIAM y
ORD, CHRISTOPHER

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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

Procedimiento de control de un robot móvil

La presente invención versa acerca de un procedimiento para controlar un robot móvil y acerca de una detección de errores en un robot móvil.

Los robots móviles son cada vez más comunes y son utilizados en campos tan diversos como la exploración espacial, el corte de césped y la limpieza de suelos. Recientemente, ha habido un rápido avance en el campo de las aspiradoras robóticas, cuyo objetivo primario es navegar y aspirar el hogar del usuario de forma autónoma y desapercibida, mientras que requiere una asistencia del usuario humano tan pequeña como sea posible, y preferentemente ninguna.

Al llevar a cabo esta tarea, una aspiradora robótica debe poder navegar y evitar obstáculos de forma autónoma en su entorno, y también poder proporcionar un buen nivel de rendimiento de limpieza sobre varios tipos de suelo distintos. Por ejemplo, se prevé que se requiera a una única aspiradora robot que limpie la mayoría de habitaciones en un entorno doméstico típico, por lo que debería poder proporcionar un buen rendimiento de limpieza sobre superficies de suelo tales como azulejos, madera dura, alfombra de pelo corto y pelo largo, linóleo, etc.

Se prevé que, de vez en cuando durante la operación, los robots se encuentren con problemas. Por ejemplo, una aspiradora robot puede aspirar un objeto grande que cree un bloqueo en el flujo de aire a través de la máquina, un cable puede quedar enredado en torno a una barra de cepillo o similar. A menudo, tales problemas requerirán la intervención del ser humano para solventar el problema y volver a poner el robot en curso. Sin embargo, el usuario podría percibir cualquier intervención humana requerida como una molestia, y es preferible que el robot sea capaz de resolver los errores por sí mismo siempre que sea posible, sin requerir ninguna intervención humana.

El documento GB2513193 describe un robot móvil que tiene un módulo de diagnóstico para monitorizar y reconocer condiciones de fallo en un robot.

La presente invención proporciona un procedimiento para controlar un robot móvil, comprendiendo el procedimiento: monitorizar un primer sistema del robot móvil para detectar un primer error asociado con el primer sistema; y monitorizar un segundo sistema del robot móvil para detectar un segundo error asociado con el segundo sistema, en el que cuando se detectan el primer error y el segundo error al mismo tiempo, determinar que se ha producido un tercer error.

El procedimiento, aunque se ha especificado anteriormente que es para controlar un robot móvil, puede ser utilizado en el control de otros dispositivos, por ejemplo aspiradoras, aparatos para el cuidado del cabello y otros aparatos electrónicos de consumo tales.

Como resultado, el robot puede determinar con mayor precisión un error que está experimentando el robot, y puede identificar mejor, por lo tanto, un estado de error que puede resolver por sí solo sin la necesidad de que un usuario interactúe con el robot. Esto mejora la naturaleza autónoma del robot móvil y mejora la experiencia del usuario del robot móvil.

El procedimiento puede comprender, además, hacer que el robot lleve a cabo una operación de gestión de errores en respuesta a una determinación de que se ha producido un tercer error. Al resolver el error por sí mismo, el robot no requerirá ninguna intervención humana. Como resultado, el robot móvil puede llevar a cabo, de forma más eficaz, su tarea asignada de forma autónoma.

La operación de gestión de errores llevada a cabo en respuesta al tercer error puede ser distinta de una operación alternativa de gestión de errores llevada a cabo en respuesta a uno del primer error o del segundo. Como resultado, se puede asignar la operación más adecuada de gestión de errores para resolver el problema específico identificado por el robot móvil.

El primer sistema puede ser un sistema de limpieza de suelos y puede comprender un motor para generar un flujo de aire a través del robot móvil. Como resultado, una aspiradora robótica puede estar dotada de una mayor autonomía. En este ejemplo, el primer error puede ser un bloqueo del conducto de aire, y la detección del primer error puede comprender la detección de una reducción en la carga experimentada por el motor. Se puede detectar la reducción en la carga detectando un aumento imprevisto en la velocidad del motor.

El segundo sistema puede ser un sistema de accionamiento y comprende uno o más sensores de navegación para monitorizar la posición del robot en un entorno, y un accionador de movimiento para mover el robot por el entorno. En este ejemplo, el segundo error puede ser un resbalamiento, y la etapa de monitorizar el segundo sistema puede comprender la monitorización de cambios en la posición del robot según se mueve el robot. Entonces, la detección del segundo error puede comprender la detección de que un cambio en la posición del robot detectada por los uno o más sensores de navegación no se corresponde con la cantidad movida por el accionador de movimiento.

El tercer error puede ser un estado de inmovilización por la aspiración del robot. La determinación de un error de estado de inmovilización por la aspiración permitirá que el robot móvil pueda resolver mejor el problema en el que el nivel de succión generado por el robot móvil tiene un impacto negativo sobre la maniobrabilidad del robot móvil.

El primer sistema puede comprender un motor para generar un flujo de aire a través del robot móvil, y en el que la operación de gestión de errores en respuesta a una determinación de que se ha producido un tercer error comprende hacer funcionar el motor en un modo de potencia reducida para reducir la succión y seguir moviendo el robot. Como resultado, durante la operación de gestión de errores, el motor no creará suficiente succión para impedir la movilidad del robot móvil, pero continuará produciendo algo de flujo de aire a través del robot móvil mientras que robot móvil pueda alejarse del área de la superficie del suelo en la que se ha producido el tercer error.

Se puede hacer que el motor funcione en el modo de potencia reducida hasta que el robot móvil se haya desplazado fuera de un área calculada de tamaño predeterminado, siendo el centro de dicha área calculada la posición en la que se detectó el tercer error. Esto permite que el robot móvil se aleje del área en la que se produjo el error, de manera que haya menos probabilidad de que se produzca una repetición del tercer error cuando el motor vuelve a un nivel normal de potencia.

Se pueden detectar el primer error y el segundo error al mismo tiempo si se detecta un caso de uno u otro del primer error o del segundo mientras está en curso un caso del otro del primer error o del segundo. Como resultado, el robot móvil puede distinguir mejor entre un caso bien del primer error o del segundo y un caso del tercer error.

La presente invención también proporciona un robot móvil que comprende un sistema de control, un sistema de ejecución de tareas y un sistema de accionamiento, configurado el sistema de control para monitorizar el sistema de ejecución de tareas y el sistema de accionamiento, comprendiendo el sistema de control una unidad de detección de errores, configurada la unidad de detección de errores para detectar un primer error en el sistema de ejecución de tareas y un segundo error en el sistema de accionamiento, y configurada, además, para determinar que se ha producido un tercer error si detecta el primer error y el segundo error al mismo tiempo.

Como resultado, se proporciona un robot móvil mejorado que es mejor en la diferenciación entre distintos errores que encuentra.

El sistema de control puede comprender, además, una unidad de gestión de errores configurada para llevar a cabo una de una operación primera o segunda de gestión de errores en respuesta a la detección bien del primer error o bien del segundo, respectivamente, y configurada, además, para llevar a cabo una tercera operación de gestión de errores en respuesta a la determinación de que se ha producido un tercer error. Como resultado, el robot móvil puede asignar una tarea más adecuada de gestión de errores para abordar el error que ha sido detectado. Esto puede permitir que gestione y solvente más errores de forma autónoma sin requerir que intervenga un usuario.

El sistema de ejecución de tareas puede ser un sistema de limpieza de suelos que comprende un motor para generar un flujo de aire a través del robot móvil. Esto permite que un robot móvil tal como una aspiradora robot opere de forma autónoma de manera más eficaz. El primer error puede ser un bloqueo del conducto de aire, el segundo error puede ser un resbalamiento y el tercer error puede ser un estado de inmovilización por la aspiración del robot móvil.

La invención también proporciona una unidad de detección de errores para un robot móvil, comprendiendo la unidad de detección de errores: una unidad de monitorización para monitorizar uno o más parámetros de un primer sistema y de uno segundo del robot móvil, e identificar uno o más parámetros de los sistemas primero y segundo que son indicativos de errores, y una unidad de determinación de errores con capacidad para determinar que: se ha producido un primer error si la unidad de monitorización identifica parámetros del primer sistema que son indicativos de un error; se ha producido un segundo error si la unidad de monitorización identifica parámetros del segundo sistema que son indicativos de un error; y se ha producido un tercer error si la unidad de monitorización identifica parámetros tanto del primer sistema como del segundo que son indicativos de errores simultáneos.

Se pueden adoptar adicionalmente el sistema de control y las unidades de detección de errores descritos anteriormente en dispositivos distintos de un robot móvil. Por ejemplo, pueden encontrar utilidad en aspiradoras, aparatos para el cuidado del cabello y otros aparatos electrónicos de consumo tales.

Para que se pueda comprender más fácilmente la presente invención, se describirán ahora realizaciones de la invención, a modo de ejemplo, con referencia a los siguientes dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una representación esquemática de un robot móvil;
la Figura 2 es una representación esquemática de una unidad de detección de errores;
la Figura 3 es una representación esquemática de un sistema de limpieza de suelos;
la Figura 4 es una representación esquemática de un sistema de accionamiento;
la Figura 5 es una aspiradora robot;
la Figura 6 es un diagrama de flujo que esquematiza un procedimiento para controlar un robot móvil;
la Figura 7 es un diagrama de flujo que esquematiza un procedimiento de gestión de un error detectado por un robot móvil;

la Figura 8 es una representación de una primera operación de gestión de errores; y
la Figura 9 es una representación de una segunda operación de gestión de errores.

Ciertos ejemplos descritos en la presente memoria permiten que un robot móvil determine mejor un error que afecta a su operación prevista. Estos ejemplos permiten que el robot asigne una operación más apropiada de gestión de errores para abordar el error. En ciertos ejemplos descritos en la presente memoria, se puede llevar a cabo una operación de gestión de errores que permite que el robot aborde de forma autónoma el propio error sin requerir ninguna asistencia de un usuario humano.

El robot móvil 1 ilustrado de forma esquemática en la Figura 1 tiene un sistema 2 de control, un sistema 3 de ejecución de tareas y un sistema 4 de accionamiento. El sistema 2 de control comprende una unidad 20 de detección de errores y, en algunas realizaciones, puede comprender, además, una unidad 21 de gestión de errores. En la Figura 2 se muestra una realización de la unidad 20 de detección de errores. La unidad 20 de detección de errores de la Figura 2 comprende una unidad 22 de monitorización que monitoriza el sistema 3 de ejecución de tareas y el sistema 3 de accionamiento del robot móvil 1. La unidad de monitorización puede monitorizar parámetros de sistemas en el robot móvil 1 e identificar parámetros que son indicativos de errores en esos sistemas. Entonces, los parámetros identificados pueden ser utilizados por la unidad 20 de determinación de errores para determinar qué error se ha producido.

El sistema 3 de ejecución de tareas es el sistema proporcionado al robot móvil para llevar a cabo tareas asignadas al robot móvil. Por ejemplo, el robot móvil 1 puede ser un cortacésped robótico, en cuyo caso el sistema 3 de ejecución de tareas podría ser un sistema de corte y/o de recogida de hierba. En un ejemplo adicional, el robot móvil 1 puede ser una aspiradora robótica de suelos, y el sistema 3 de ejecución de tareas sería un sistema de limpieza de suelos. En la Figura 3 se muestra una representación esquemática de tal sistema 30 de limpieza de suelos. El sistema 30 de limpieza de suelos comprende un cabezal limpiador 32, un sistema 33 de separación y un motor 34 de aspiración. Estas características del sistema de limpieza de suelos son características normales de un sistema de limpieza de suelos y no se proporciona en la presente memoria ninguna explicación de estos sistemas. Serán evidentes otros ejemplos de los sistemas de ejecución de tareas.

El sistema 4 de accionamiento permite que el robot móvil maniobre y navegue en un entorno en el que debe llevar a cabo la tarea que se la ha asignado. En la Figura 4 se proporciona una representación esquemática de un sistema de accionamiento. El sistema 4 de accionamiento está dotado de un accionador 40 de movimiento y un sensor 42 de navegación. El accionador 40 de movimiento puede ser, por ejemplo, ruedas o bandas de oruga accionadas, y es capaz de proporcionar mediciones de odometría al sistema 2 de control del robot móvil 1. Estas mediciones de odometría pueden ser utilizadas por el sistema 2 de control para estimar la distancia y la trayectoria recorrida por el robot móvil 1. El sensor 42 de navegación es un sensor que puede proporcionar información al sistema 2 de control del entorno alrededor del robot móvil 1. Por ejemplo, el sensor 42 de navegación puede ser una cámara de visión, un sensor de proximidad, un telémetro de rayos láser. El robot móvil 1 normalmente utilizará un número de distintos tipos de sensor de navegación para poder navegar de forma autónoma un entorno con mayor éxito. El sensor 42 de navegación proporciona información al sistema 2 de control acerca del entorno alrededor del robot 1 que permita al sistema 2 de control crear un mapa del entorno que puede ser utilizado por el robot móvil 1 para navegar. En algunos ejemplos, el sensor 42 de navegación puede formar parte de un motor de navegación del robot móvil. Tal motor de navegación puede compartir algunos aspectos y la funcionalidad del sistema 2 de control. En ejemplos alternativos adicionales, se puede compartir parte de la funcionalidad del sistema 2 de control en otros sistemas del robot móvil 1. Por ejemplo, cada sistema en el robot móvil 1 puede ser capaz de monitorizar sus propios parámetros y de identificar parámetros que son indicativos de errores.

La Figura 5 muestra un ejemplo de un robot móvil. El robot móvil es una aspiradora robótica 50 y tiene un sistema de limpieza de suelos que comprende un sistema 52 de separación ciclónica y un cabezal limpiador 54. Un motor (no mostrado) de aspiración proporcionado en el interior del cuerpo principal de la aspiradora robot 50 aspira aire sucio del cabezal limpiador 54, a través del separador ciclónico 52 en el que se eliminan las partículas de polvo del flujo de aire, y luego expulsa el aire limpio a través de una abertura de evacuación (no mostrada) en la parte trasera del robot. La aspiradora robot 50 tiene accionadores de movimiento en forma de bandas 56 de oruga que pueden ser accionadas para mover la aspiradora robótica 50 en un entorno en el que se encuentra ubicada. La aspiradora robot 50 tiene un sensor de navegación que comprende una cámara 58 de lente anular panorámica de 360 grados que es capaz de capturar imágenes del área en torno a la aspiradora robot 50. El sistema de control del robot utiliza técnicas de localización y cartografía simultáneas (SLAM) sobre las imágenes capturadas por la cámara 58 para crear un mapa del entorno y para identificar la posición del robot en ese mapa. Las técnicas de SLAM llevadas a cabo por el sistema de control también utilizan mediciones de odometría proporcionadas desde las bandas de oruga accionadas, y también información proporcionada desde otros sensores, tales como sensores de proximidad, ubicados en los alojamientos 59 de los sensores posicionados a ambos lados del separador ciclónico 52.

Las aspiradoras robot normalmente tienen pequeños motores de aspiración que no crean una gran cantidad de aspiración. Sin embargo, con motores de aspiración que mejoran y disminuyen en tamaño con el paso del tiempo, es posible proporcionar aspiradoras robóticas con motores de aspiración más potentes. Esto proporciona a la aspiradora robótica mayor potencia de aspiración, lo que da lugar a un rendimiento mejorado de limpieza. Por supuesto, si la

potencia de aspiración de la aspiradora robótica es demasiado grande, entonces puede ser posible que la aspiración afecte de forma negativa a la maniobrabilidad del robot. Ciertamente, es posible que si se genera suficiente aspiración mediante el motor de aspiración, el robot pueda inmovilizarse por aspiración de la superficie del suelo con tal gran fuerza que el sistema de movimiento no pueda mover el robot. Esto se denomina, a veces, un "estado de inmovilización por la aspiración". Cuando la aspiradora robot experimenta un error de estado de inmovilización por la aspiración, las ruedas o bandas de oruga del robot darán vueltas sobre la superficie del suelo pero el robot no se moverá debido a la fuerza con la que el robot aspira la superficie del suelo mediante la potencia de aspiración.

Como ya se ha explicado, la unidad 20 de detección de errores del sistema 2 de control puede monitorizar parámetros proporcionados a la misma por otros sistemas en el robot móvil 1. Por ejemplo, el sistema 30 de limpieza de suelos puede proporcionar una indicación de la carga experimentada por el motor 34 de aspiración. Si hay un bloqueo en el conducto de aire a través del sistema 30 de limpieza de suelos, entonces se reducirá la presión a través del sistema, y será evidente en los parámetros una caída en la carga experimentada por el motor de aspiración, por ejemplo puede haber un aumento imprevisto en la velocidad del motor. La unidad 21 de gestión de errores puede llevar a cabo, entonces, una operación apropiada de gestión de errores para resolver el problema. Para un bloqueo del conducto de aire, la operación de gestión de errores sería, normalmente, detener la operación de limpieza, detener todo movimiento del robot 1 y presentar un error a un usuario. Entonces, se indicará al usuario que busque el bloqueo y lo elimine antes de permitir que el robot 1 reanude la operación de limpieza.

Otro ejemplo de un error que puede ser gestionado por la unidad 20 de detección de errores es de un "resbalamiento". Se produce un error de resbalamiento cuando el accionador 40 de movimiento del robot móvil intenta mover el robot, pero el robot no se mueve. Esto puede ser, por ejemplo, debido a que el robot ha navegado hasta un área en la que el accionador 40 de movimiento no es eficaz contra la superficie del suelo, o también puede ser debido a que el robot móvil se ha movido contra un obstáculo que levanta el cuerpo hacia arriba de forma que el accionador 40 de movimiento ya no pueda hacer contacto con la superficie del suelo, lo que se denomina a veces estar "encallado". Este error de resbalamiento puede ser detectado por la unidad 20 de detección de errores debido a que las mediciones de odometría recibidas por el sistema 2 de control no se correlacionan con la información que se proporciona desde el sensor 42 de navegación. Por ejemplo, las mediciones de odometría del accionador 40 de movimiento indican que el robot móvil debería haberse movido en una dirección hacia delante una distancia de 0,5 metros, pero el sensor 42 de navegación muestra que el robot no se ha movido en absoluto, o mucho menos de lo previsto. En respuesta a la detección de un error de resbalamiento, la unidad 21 de gestión de errores puede provocar, de nuevo, que el robot lleve a cabo una operación apropiada de gestión de errores en un intento por resolver el error. Para un error de resbalamiento, la operación de gestión de errores podría ser detener el robot 1 y presentar un error a un usuario. El usuario puede investigar, entonces, el problema, y abordar el error levantando el robot y posicionándolo en una parte distinta de la superficie del suelo.

Los dos ejemplos de errores descritos anteriormente requieren una indicación del usuario para ayudar a resolver el error. Como ya se ha explicado anteriormente, es poco deseable cualquier necesidad de que un usuario interactúe con un robot autónomo. No todos los errores requieren que se implique un usuario en la operación de gestión de errores, y cuanto mejor pueda identificar con precisión un robot móvil un error correctamente, mejor se podrá asignar una operación apropiada de gestión de errores con vistas a abordar ese error específico.

En cuanto al error de estado de inmovilización por la aspiración descrito anteriormente, no existe ningún parámetro individual que pueda indicar que el robot ha entrado en un estado de inmovilización por la aspiración. Sin embargo, un estado de inmovilización por la aspiración dará lugar a la aparición de indicaciones de errores tanto de bloqueo como de resbalamiento. Por lo tanto, cuando el robot entra en un estado de inmovilización por la aspiración, se detectarán casos de errores tanto de bloqueo como de resbalamiento. Ambas operaciones de gestión de errores para estos dos errores requieren que un usuario interactúe con el robot, según se ha explicado anteriormente. Sin embargo, sería posible que un robot móvil gestione por sí solo un error de estado de inmovilización por la aspiración sin necesitar que intervenga un usuario. Por lo tanto, se describirá ahora un procedimiento mejorado de identificación de errores en un robot móvil que puede ser utilizado para distinguir mejor entre distintos tipos de errores. En particular, el procedimiento mejorado puede distinguir entre uno de un error de bloqueo y de un error de resbalamiento, y un error de estado de inmovilización por la aspiración.

La Figura 6 es un diagrama de flujo que esquematiza un procedimiento para identificar errores en un robot móvil. En el procedimiento, se reconoce que la monitorización de parámetros en un sistema puede identificar incorrectamente un error en ese sistema cuando de hecho se produce un error distinto que sucede que da origen a los mismos parámetros. En el procedimiento de la Figura 6, se puede utilizar información acerca de errores detectados en otros sistemas asociados para localizar mejor y determinar el error real que se ha producido. El procedimiento comienza monitorizando parámetros de los sistemas del robot móvil. Si se detecta un error en un primer sistema, la siguiente etapa es comprobar si también se ha detectado un error en el sistema secundario. Si no hay ningún error en el segundo sistema, entonces puede determinarse que se ha producido un primer error. De forma similar, si se detecta un error en el segundo sistema, la siguiente etapa es comprobar si también se ha detectado un error en el primer sistema. Si tampoco se ha detectado un error en el primer sistema, entonces se puede determinar que se ha producido el segundo error. Sin embargo, si en cualquier caso se detecta que también hay un error en el otro del primer sistema o del

segundo, entonces se puede determinar que se ha producido un tercer error que es distinto de cualquiera de los errores primero o segundo.

Como ya se ha explorado, un error de estado de inmovilización por la aspiración es un ejemplo de un error que se manifiesta como una combinación u otros errores. Se aplicará ahora el procedimiento descrito anteriormente al ejemplo de un error de estado de inmovilización por la aspiración en una aspiradora robótica. En la aspiradora robótica, el primer sistema es el sistema de limpieza de suelos y el segundo sistema es el sistema de accionamiento. El primer error asociado con el sistema de limpieza de suelos podría ser un bloqueo del conducto de aire, según se ha descrito anteriormente, y el segundo error asociado con el sistema de accionamiento podría ser un error de resbalamiento. Cuando la succión de la aspiradora robótica provoca que el robot se inmovilice por aspiración del suelo, la abertura de aspiración del cabezal limpiador será llevada a un contacto estrecho con la superficie del suelo y se creará un cierre estanco entre el cabeza limpiador y la superficie del suelo. Como consecuencia, será muy difícil que el aire sea aspirado al interior de la abertura de aspiración, y se creará un vacío parcial en el interior del cabezal limpiador. A su vez, esto reducirá la carga sobre el motor de aspiración, y podrá aumentar la velocidad de funcionamiento del motor. El sistema de control que estará monitorizando parámetros del motor de aspiración detectará un error de bloqueo en el sistema de limpieza de suelos.

El segundo sistema en la aspiración robótica es el sistema de accionamiento. El error que se asocia con el sistema de accionamiento es un error de resbalamiento. Cuando la succión de la aspiradora robótica provoca que el robot se inmovilice por aspiración del suelo, la fuerza con la que el robot se inmoviliza por aspiración del suelo supera la fuerza de accionamiento proporcionada por el accionador de movimiento, que en este ejemplo son bandas de oruga accionadas. Por ello, las bandas de oruga girarán, pero patinarán sobre la superficie del suelo y la aspiradora robot no se moverá. Los sensores de navegación en el robot identificarán que el robot no se está moviendo, y el sistema de control que está monitorizando los parámetros del sistema de accionamiento detectará que el movimiento de las ruedas no se corresponde con la falta de movimiento identificado por los sensores de navegación. Por lo tanto, el sistema de control detectará un error de resbalamiento en el sistema de accionamiento.

Tras el procedimiento definido en la Figura 6, si el sistema de control detecta un caso del error en el primer sistema, es decir un bloqueo del conducto de aire en el sistema de limpieza de suelos, antes de determinar que se ha producido el error, primero comprueba si existe un error en el segundo sistema, es decir si se detecta un error de resbalamiento en el sistema de accionamiento. Si no se detecta ningún error de resbalamiento, el sistema de control puede determinar, entonces, que se ha producido un bloqueo del conducto de aire. Sin embargo, si se detecta un error de resbalamiento en el sistema de accionamiento, el sistema de control puede determinar que se ha producido un error de estado de inmovilización por la aspiración. Pasa lo mismo al revés: si se detecta primero el error de resbalamiento en el sistema de accionamiento, entonces el sistema de control comprobará el sistema de limpieza de suelos en busca de un error de bloqueo del conducto de aire. Si no se detecta ningún bloqueo del conducto de aire además del error de resbalamiento, entonces el sistema de control determinará que se ha producido un error de resbalamiento. Sin embargo, si se detecta un error de bloqueo del conducto de aire al mismo tiempo que el error de resbalamiento, entonces el sistema de control determinará que se ha producido un error de estado de inmovilización por la aspiración.

Tras una detección de un error en el primer sistema o en el segundo (el primer error), el sistema de control de la aspiradora robot puede estar configurado para buscar inmediatamente un error en el otro del primer sistema o del segundo (el segundo error). Si no se detecta ningún segundo error en el otro sistema inmediatamente después de la detección del primer error, entonces el sistema de control puede determinar que se ha producido el primer error. Esto permite que el robot actúe rápidamente en respuesta a un error, pero aumenta la probabilidad de que se pueda identificar un error incorrectamente. De forma alternativa, el sistema de control de la aspiradora puede estar configurado para continuar el funcionamiento de la aspiradora robot durante un breve periodo de tiempo, por ejemplo de hasta 2 segundos, tras la detección del primer error para permitir que se produzca un caso de aparición del segundo error. Esta configuración alternativa requiere que se haga que el robot funcione mientras prosigue el estado de error, sin embargo también aumenta la probabilidad de que se pueda detectar tanto el primer error como el segundo al mismo tiempo y, por lo tanto, se puede determinar un tercer estado de error (es decir, el estado de inmovilización por la aspiración). Por ello, como es más probable que se pueda determinar un error de estado de inmovilización por la aspiración, también es más probable que la aspiradora robot pueda abordar el propio estado de error de forma autónoma sin requerir indicaciones de un usuario.

Una vez que se ha determinado un error de estado de inmovilización por la aspiración, el sistema de control del robot puede provocar que el robot lleve a cabo una operación de gestión de errores dedicada específicamente a solventar el error de estado de inmovilización por la aspiración de forma autónoma. En el diagrama de flujo de la Figura 7 se describe un ejemplo de una operación de gestión de errores para solventar de forma autónoma un error de estado de inmovilización por la aspiración.

El procedimiento de la Figura 7 comienza con la determinación de un tercer error según se determina al final del diagrama de flujo de la Figura 6. El tercer error en este ejemplo es un error de estado de inmovilización por la aspiración, sin embargo se apreciará que esta operación de gestión de errores también puede ser llevada a cabo en respuesta a otros errores. Tras la determinación del error, se calcula un área de tamaño predeterminado en el mapa de navegación. Entonces, se reduce la potencia de aspiración del motor de aspiración. Esto puede hacerse reduciendo

la potencia al motor, lo que reduce la velocidad giratoria del motor. El motor puede estar dotado, por ejemplo, de un número de mapas de potencia que pueden ser utilizados para controlar el motor de aspiración. Por lo tanto, la reducción de la potencia puede llevarse a cabo seleccionando un distinto mapa de potencia para controlar el motor. Serán evidentes otros procedimientos para reducir la potencia de aspiración del motor de aspiración. Con el nivel de aspiración reducido, el robot debería estar libre entonces para moverse, y, así, se controla el robot para que continúe moviéndose en el recorrido en el que se encontraba. Por lo tanto, se continúa la operación de limpieza que el robot estaba llevando a cabo antes del error de estado de inmovilización por la aspiración, excepto con una menor cantidad de aspiración del motor de aspiración.

Una vez que se ha reducido la potencia de aspiración del motor de aspiración, a medida que se mueve el robot a lo largo de su recorrido de desplazamiento, el sistema de control sigue comprobando para ver si el robot se ha desplazado fuera del área calculada anteriormente en el mapa de navegación. Si el robot permanece en el interior del área calculada anteriormente, el robot continúa siguiendo su recorrido de desplazamiento, y no se realizan otros cambios. Sin embargo, una vez que el robot abandona el área calculada anteriormente, se aumenta la potencia de succión del motor de aspiración. El aumento puede devolver la potencia de succión al mismo nivel que antes de que se detectase el error de estado de inmovilización por la aspiración. De forma alternativa, se puede aumentar la potencia de succión en etapas durante un periodo de tiempo hasta que se alcance toda la potencia de aspiración. Entonces, el robot continúa una operación estándar.

En las Figuras 8 y 9 se muestran dos ejemplos de una aspiradora robot 50 que lleva a cabo una operación de gestión de errores y que siguen el procedimiento de la Figura 7. La aspiradora robot 50 sigue un recorrido 60 de desplazamiento que es un patrón espiral cuadrado. El punto en el que se determina el error de estado de inmovilización por la aspiración se indica mediante el símbolo “x”, y se marca con la letra L de referencia. Es en este punto en el que el sistema de control comienza la operación de gestión de errores. En este punto, el sistema de control del robot calcula un área de tamaño A predeterminado, y reduce la potencia de succión del motor de aspiración para entrar en un modo de baja potencia. Entonces, la aspiradora robot reanuda su desplazamiento a lo largo de su recorrido normal. Haciendo que el motor de aspiración funcione en un modo de baja potencia, la succión generada no será suficiente para provocar que el robot se inmovilice por aspiración de la superficie del suelo, y el robot puede moverse por el entorno como es habitual. En la Figura 8, el área calculada A es un área circular con un diámetro de 1 metro, mientras que en la Figura 9 el área calculada A es un área de 1 metro cuadrado. En ambos casos, el centro del área A es el punto L en el que se determinó el error de estado de inmovilización por la aspiración.

La forma del área calculada puede no ser de importancia particular. Sin embargo, una forma puede adaptarse mejor a otras características del robot móvil, por ejemplo la forma del robot y/o el patrón en el que se programa que se desplace el robot. Tanto la Figura 8 como la 9 muestran la aspiradora robot desplazándose en un patrón espiral cuadrado; sin embargo, serán evidentes otros patrones de desplazamiento. El área calculada circular A mostrada en la Figura 8 puede ser más apta para un robot que sigue un patrón espiral redondeado de desplazamiento (tal como una espiral de Arquímedes), mientras que el área calculada cuadrada puede adaptarse mejor a un robot que sigue un patrón espiral cuadrado, según se muestra en el ejemplo de la Figura 9, u otros patrones lineales regulares de desplazamiento.

El objetivo de la aspiradora robótica es proporcionar un nivel elevado de rendimiento de limpieza, y, así, también es importante que la aspiradora reanude la limpieza en su modo de potencia máxima tan rápido como sea posible, pero con una probabilidad tan pequeña como sea posible de un caso repetido inmediato del error de estado de inmovilización por la aspiración. Como tal, el tamaño del área calculada es predeterminado y tiene en cuenta la necesidad de que la aspiradora reanude la potencia máxima en la primera ocasión, al igual que el nivel de probabilidad de que el robot haya abandonado el área de la superficie del suelo que da lugar al error de estado de inmovilización por la aspiración. Mediante un procedimiento de análisis estadístico, al igual que de ensayo y error, se ha escogido este tamaño predeterminado como un área de 1 metro cuadrado para una aspiradora robot a la que se ha asignado la limpieza de un entorno doméstico. Sin embargo, las áreas de distintos tamaños pueden ser más aptas para robots móviles que se prevé que lleven a cabo distintas tareas y/o un trabajo en distintos entornos.

En cuanto el robot se desplaza fuera del área calculada, se detiene la operación de gestión de errores y el robot reanuda la operación de limpieza en condiciones normales de potencia máxima. En las Figuras 8 y 9 el punto en el que el robot abandona el área calculada y reanuda el procedimiento de limpieza con potencia máxima se indica mediante el símbolo "⊗", y marcado con la letra F de referencia. En la Figura 8 el error de estado de inmovilización por la aspiración se detecta al principio del patrón de desplazamiento, mientras que en la Figura 9 el error de estado de inmovilización por la aspiración se detecta parcialmente en torno al recorrido espiral cuadrado que está siguiendo el robot. Como tal, la longitud del recorrido que está recorriendo el robot en un modo de potencia reducida (es decir, entre los puntos marcados L y F) es mucho mayor en la Figura 8 que en la Figura 9. Esto sirve para resaltar que simplemente hacer funcionar la aspiradora robot en un modo de potencia reducida durante una duración predeterminada de tiempo puede no ser adecuado para resolver un error de estado de inmovilización por la aspiración, ya que una duración de tiempo no se corresponde necesariamente con una distancia recorrida desde un cierto punto, en particular cuando el robot está configurado para seguir un recorrido de desplazamiento espiral.

Una vez que el robot ha abandonado un área calculada y reanudado la operación de limpieza con potencia máxima, se olvida el área calculada. Por lo tanto, si el robot vuelve a entrar en el área calculada anteriormente, no hay ningún cambio y la potencia permanece al máximo. Se prevé que este comportamiento fomente el mayor rendimiento de limpieza en la mayor proporción que sea posible de un área que ha de ser limpiada. El robot solo entrará de nuevo en el modo de potencia reducida si se determina un nuevo caso del error de estado de inmovilización por la aspiración. Este nuevo caso del error de estado de inmovilización por la aspiración será tratado exactamente de la misma forma que el primero, calculándose una nueva área de tamaño predeterminado para el segundo caso del error de estado de inmovilización por la aspiración. De forma alternativa, puede ser beneficioso en algunos casos que el robot almacene el área calculada en la memoria después de que haya salido del área, y reanude el modo de potencia reducida cuando detecta que ha vuelto a entrar en el área calculada anteriormente.

Aunque hasta ahora se han descrito ejemplos y realizaciones ejemplares, se comprenderá que se pueden realizar diversas modificaciones sin alejarse del alcance de la invención según definen las reivindicaciones. Los procedimientos de detección de un error, según se han descrito anteriormente, pueden ser adoptado por dispositivos distintos de robots móviles, por ejemplo aspiradoras, aparatos para el cuidado del cabello y otros aparatos electrónicos de consumo. Según se reduce el coste de microprocesadores y de otros tipos de unidades centrales de procesamiento (CPU), y al esperar los usuarios que aumente el nivel de inteligencia en sus productos de consumo, cada vez más dispositivos incluirán sistemas de control inteligente. Al incluir sistemas de control tales como los descritos anteriormente en estos dispositivos, puede ser posible reducir el número de sensores requerido en el dispositivo y, como tal, se puede minimizar el coste del dispositivo.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar un robot móvil (1), comprendiendo el procedimiento:

monitorizar un primer sistema del robot móvil (1) para detectar un primer error asociado con el primer sistema; y

monitorizar un segundo sistema del robot móvil (1) para detectar un segundo error asociado con el segundo sistema,

en el que cuando se detectan el primer error y el segundo error al mismo tiempo, se determina que se ha producido un tercer error.

2. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 1, que comprende, además, provocar que el robot (1) lleve a cabo una operación de gestión de errores en respuesta a una determinación de que se ha producido un tercer error.

3. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 2, en el que la operación de gestión de errores llevada a cabo en respuesta al tercer error es distinta a una operación alternativa de gestión de errores llevada a cabo en respuesta a uno del primer error o del segundo.

4. Un procedimiento según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el primer sistema es un sistema (30) de limpieza de suelos y comprende un motor (34) para generar un flujo de aire a través del robot móvil (1).

5. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 4, en el que el primer error es un bloqueo del conducto de aire.

6. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 4 o 5, en el que la detección del primer error comprende detectar una reducción en la carga experimentada por el motor (34).

7. Un procedimiento según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el segundo sistema es un sistema (4) de accionamiento y comprende uno o más sensores (42) de navegación para monitorizar la posición del robot en un entorno, y un accionador (40) de movimiento para mover el robot (1) por el entorno.

8. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 7, en el que el segundo error es un resbalamiento.

9. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 7 u 8, en el que la etapa de monitorización del segundo sistema comprende monitorizar cambios en la posición del robot (1) según acciona el robot (1).

10. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 9, en el que la detección del segundo error comprende detectar que un cambio en la posición del robot detectada por uno o más sensores (42) de navegación no se corresponde con la cantidad movida por el accionador (40) de movimiento.

11. Un procedimiento según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el tercer error es un estado de inmovilización por la aspiración del robot (1).

12. Un procedimiento según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11, en el que el primer sistema comprende un motor para generar un flujo de aire a través del robot móvil, y en el que la operación de gestión de errores, en respuesta a una determinación de que se ha producido un tercer error, comprende hacer funcionar el motor en un modo de potencia reducida para reducir la aspiración y seguir moviendo el robot (1).

13. Un procedimiento según se reivindica en la reivindicación 12, en el que se hace funcionar el motor en el modo de potencia reducida hasta que el robot móvil (1) se haya desplazado fuera de un área calculada (A) de tamaño predeterminado, siendo el centro de dicha área calculada (A) la posición en la que se detectó el tercer error.

14. Un procedimiento según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que se detectan el primer error y el segundo error al mismo tiempo si se detectó un caso de uno u otro del error primero o segundo mientras estaba en curso un caso del otro del error primero o segundo.

15. Un robot móvil (1) que comprende un sistema (2) de control, un sistema (3) de ejecución de tareas y un sistema (4) de accionamiento, estando configurado el sistema (2) de control para monitorizar el sistema (3) de ejecución de tareas y el sistema (4) de accionamiento, en el que el sistema (2) de control comprende una unidad (20) de detección de errores, estando configurada la unidad (20) de detección de errores para detectar un primer error en el sistema (3) de ejecución de tareas y un segundo error en el sistema (4) de accionamiento, y estando configurado, además, para determinar que se ha producido un tercer error si detecta el primer error y el segundo error al mismo tiempo.

16. El robot móvil (1) según se reivindica en la reivindicación 15, en el que el sistema (2) de control comprende, además, una unidad (21) de gestión de errores configurada para llevar a cabo una de una primera o segundoa operación de gestión de errores en respuesta a la detección bien del primer error o bien del segundo, respectivamente, y configurada, además, para llevar a cabo, de forma alternativa, una operación de gestión de tercer error en respuesta a la determinación de que se ha producido un tercer error.

17. El robot móvil según se reivindica en la reivindicación 15 o 16, en el que el sistema (3) de ejecución de tareas es un sistema (3) de limpieza de suelos que comprende un motor (34) para generar un flujo de aire a través del robot móvil (1).

18. El robot móvil (1) según se reivindica en la reivindicación 17, en el que el primer error es un bloqueo del conducto de aire, el segundo error es un resbalamiento y el tercer error es un estado de inmovilización por la aspiración del robot móvil (1).

19. Una unidad (20) de detección de errores para un robot móvil (1), comprendiendo la unidad (20) de detección de errores:

una unidad (22) de monitorización para monitorizar uno o más parámetros de un primer y un segundo sistema del robot móvil (1), e identificar uno o más parámetros de los sistemas primero y segundo que son indicativos de errores, y
una unidad (24) de determinación de errores con capacidad para determinar que: se ha producido un primer error si la unidad (22) de monitorización identifica parámetros del primer sistema que son indicativos de un error; se ha producido un segundo error si la unidad (22) de monitorización identifica parámetros del segundo sistema que son indicativos de un error; y se ha producido un tercer error si la unidad (22) de monitorización identifica parámetros tanto del primer sistema como del segundo que son indicativos de errores simultáneos.

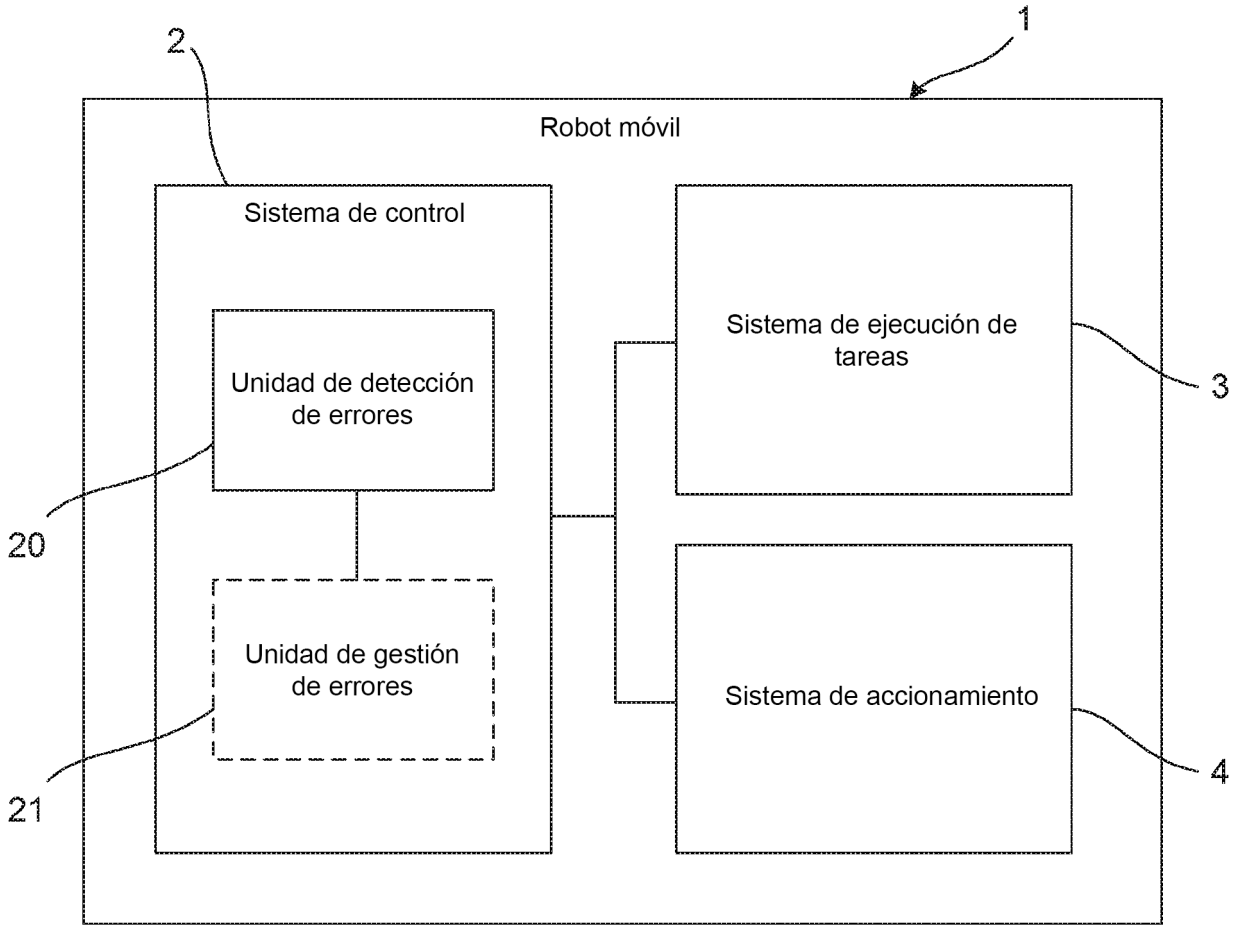
1
2
Robot móvil
Sistema de control
Unidad de detección de errores
Unidad de gestión de errores
Sistema de ejecución de tareas
Sistema de accionamiento
3
4
20
21

FIG 1

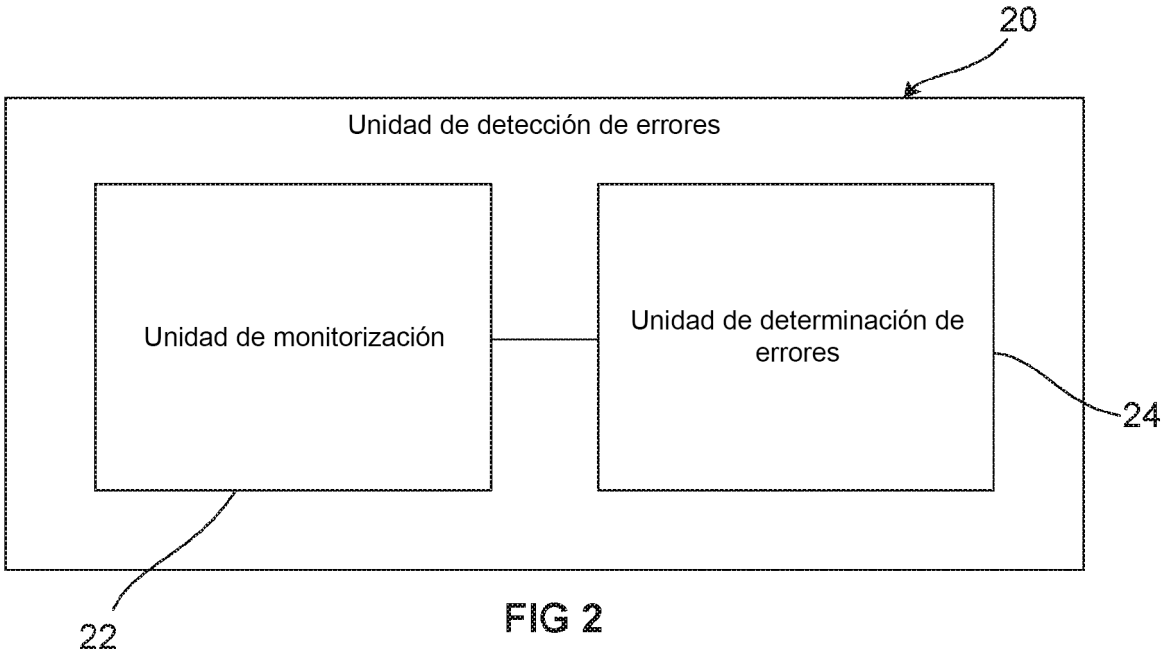
20
Unidad de detección de errores
Unidad de monitorización
Unidad de determinación de errores
24
22

FIG 2

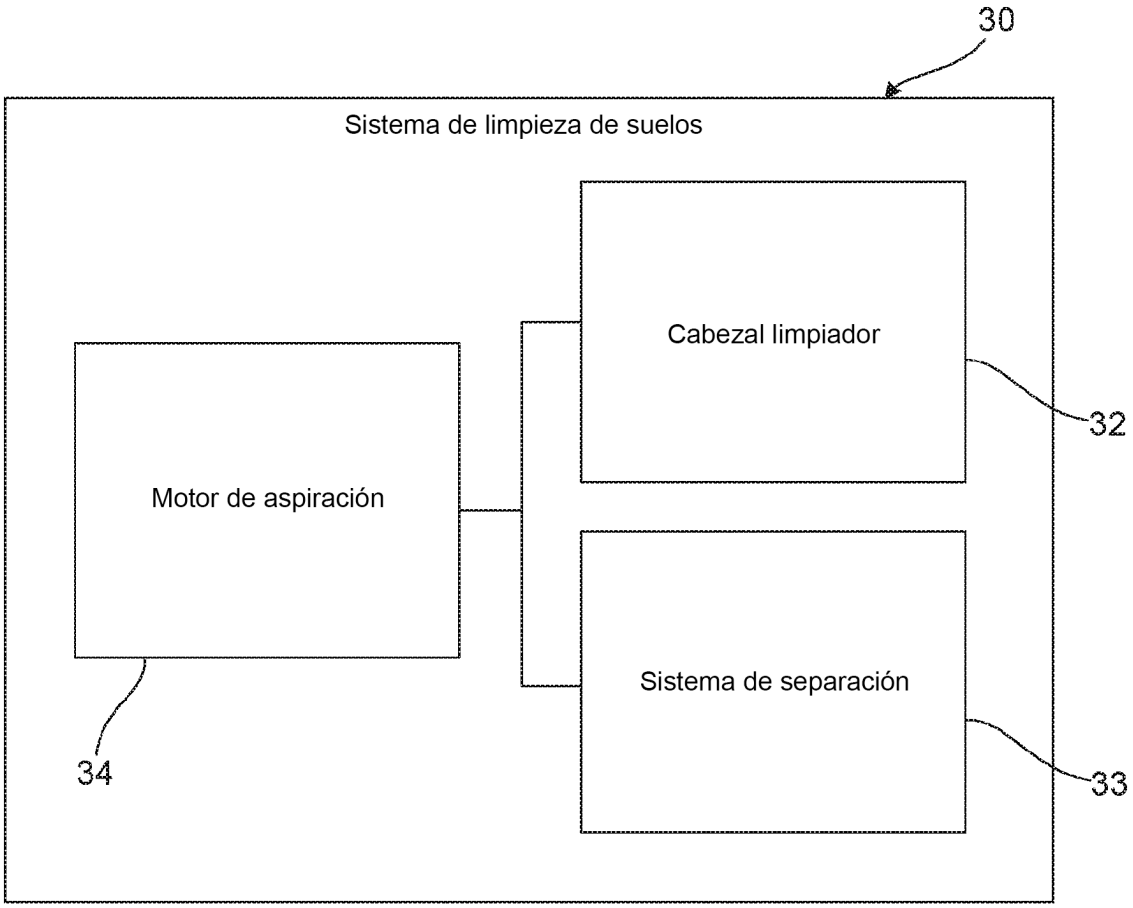
30
Sistema de limpieza de suelos
Cabezal limpiador
32
Motor de aspiración
Sistema de separación
34
33

FIG 3

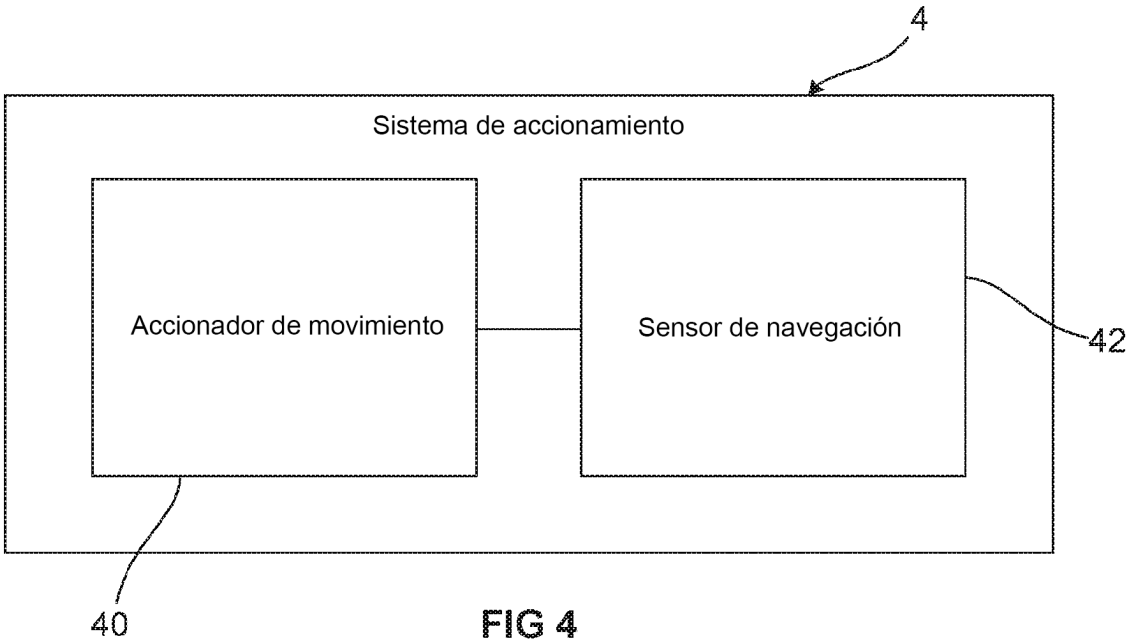
4
Sistema de accionamiento
Accionador de movimiento
Sensor de navegación
42
40

FIG 4

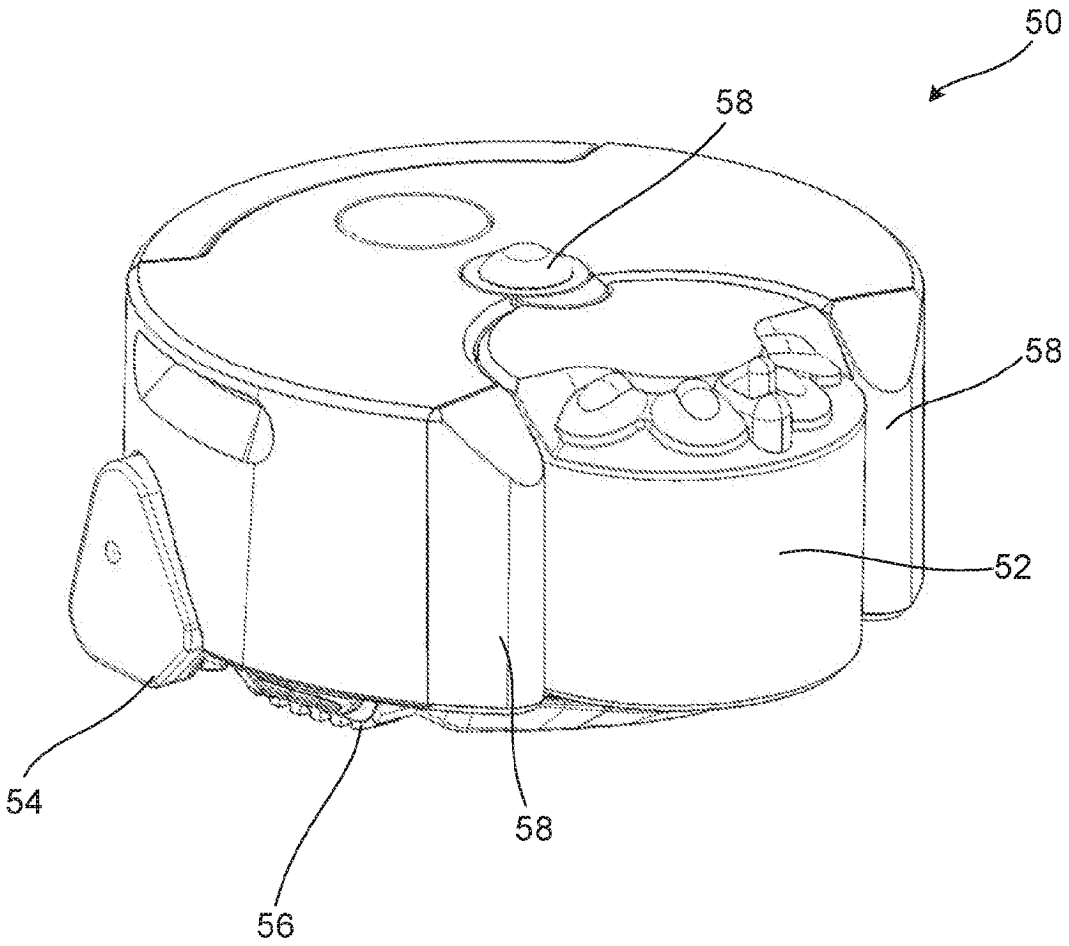

FIG 5

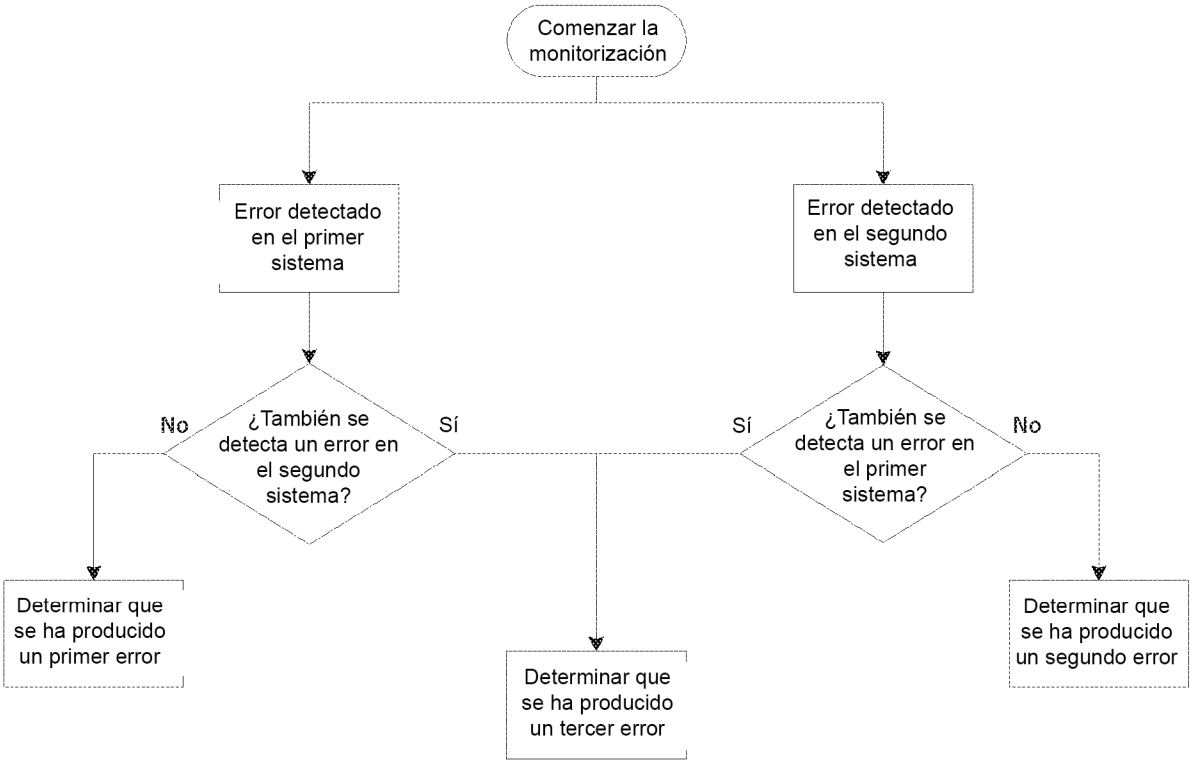
Comenzar la monitorización
Error detectado en el primer sistema
Error detectado en el segundo sistema
¿También se detecta un error en el segundo sistema?
No
Sí
¿También se detecta un error en el primer sistema?
Sí
No
Determinar que se ha producido un primer error
Determinar que se ha producido un tercer error
Determinar que se ha producido un segundo error

FIG 6

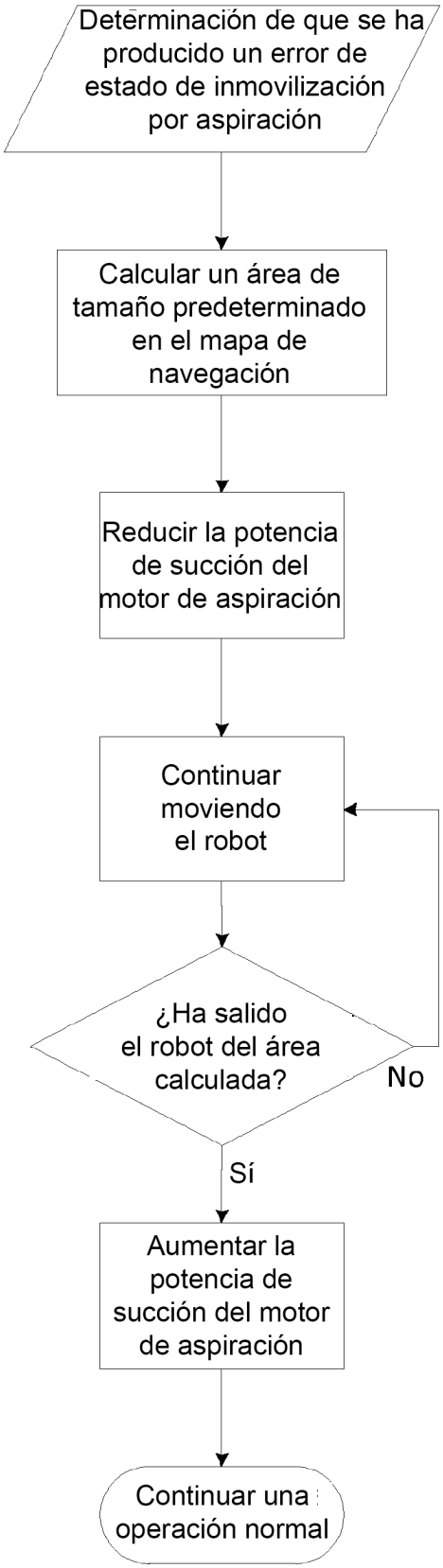
Determinación de que se ha producido un error de estado de inmovilización por aspiración
Calcular un área de tamaño predeterminado en el mapa de navegación
Reducir la potencia de succión del motor de aspiración
Continuar moviendo el robot
¿Ha salido el robot del área calculada?
No
Sí
Aumentar la potencia de succión del motor de aspiración
Continuar una operación normal

FIG 7

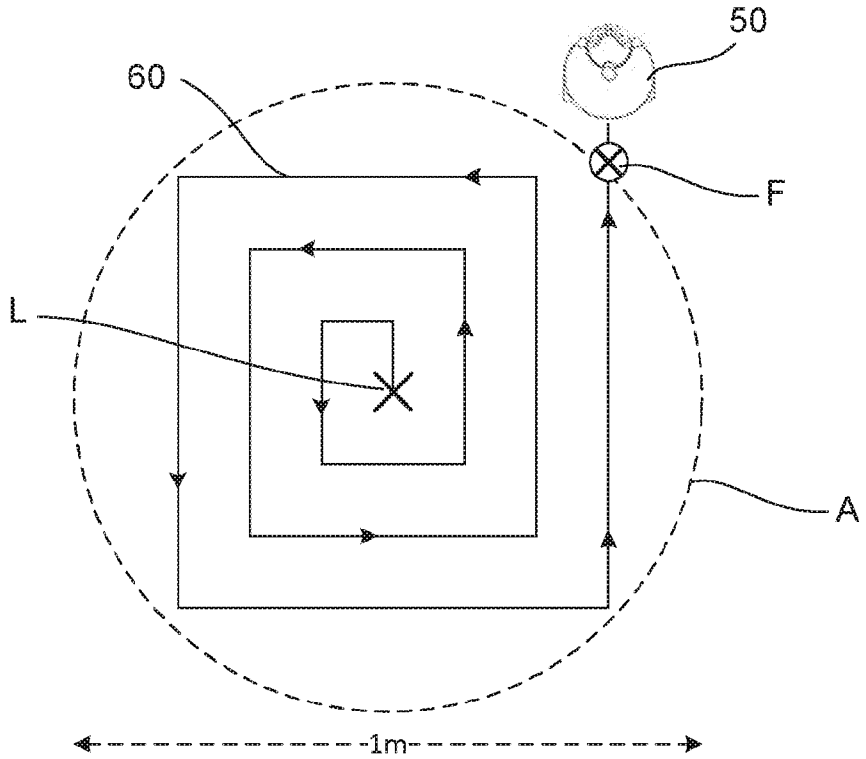

FIG 8

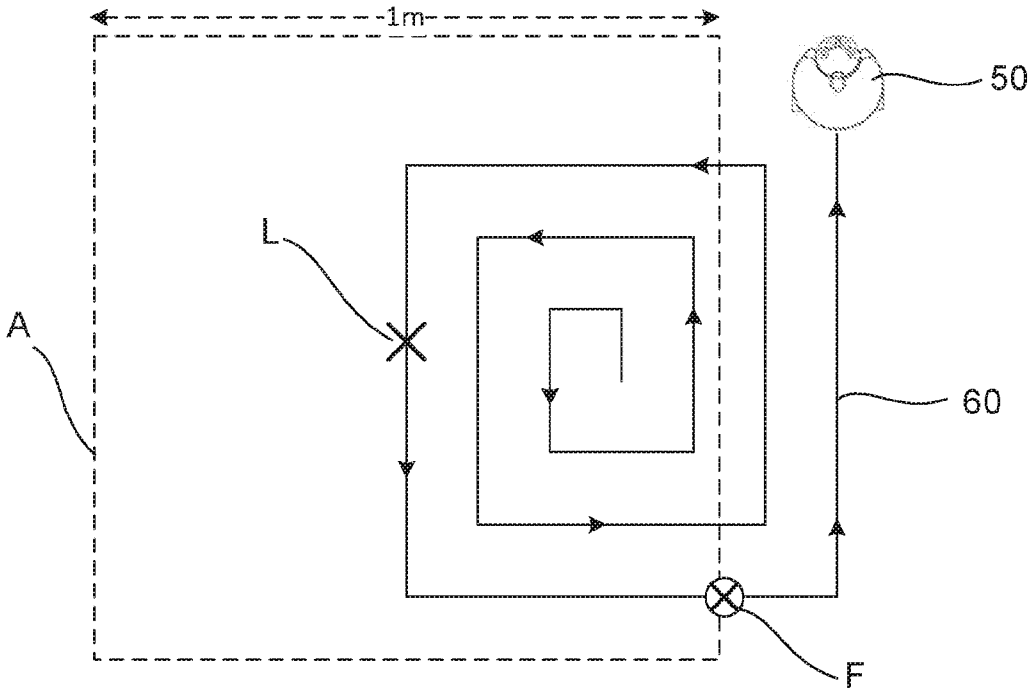

FIG 9