

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 552 085**

51 Int. Cl.:

**G05D 1/02** (2006.01)

**A01D 34/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2014** **E 14168427 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015** **EP 2829937**

54 Título: **Aparato de trabajo robótico para un área de trabajo limitada**

30 Prioridad:

**25.07.2013 IT MI20131252**

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

**25.11.2015**

73 Titular/es:

**BERNINI, FABRIZIO (100.0%)**  
**Via della Pace, 3 Frazione Mercatale Valdarno**  
**52021 Bucine-Arezzo, IT**

72 Inventor/es:

**BERNINI, FABRIZIO**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**Observaciones :**

**Véase nota informativa (Remarks) en el folleto original publicado por la Oficina Europea de Patentes**

**ES 2 552 085 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**

Aparato de trabajo robótico para un área de trabajo limitada

5 Campo técnico de la invención

La presente invención se refiere generalmente al campo de diseño de robots autopropulsados. Más en particular, la presente invención se refiere a un aparato de trabajo para un área limitada.

10 Técnica anterior

Se conocen robots autopropulsados, tales como, por ejemplo, robots cortacésped, robots limpiadores de piscinas, robots aspiradora o robots limpiasuelos. Estos robots pueden moverse autónomamente en virtud de una batería recargable, que tiene el propósito de suministrar energía a los dispositivos eléctricos y electromecánicos presentes dentro del robot, tales como, por ejemplo, motores para mover ruedas y palas, sensores y unidades de procesamiento de datos.

15 Cuando el nivel de carga de la batería es demasiado bajo, el robot se mueve automáticamente hasta llegar a una estación de recarga, en la que se puede recargar la batería.

20 Similarmente, cuando el robot ha completado el ciclo de trabajo (por ejemplo, cortar césped, limpiar una piscina, aspirar o limpieza de suelos), el robot se mueve automáticamente hasta llegar a la estación base, tal como, por ejemplo, un punto para vaciar el filtro.

25 La solicitud de patente internacional WO 03/104909 divulga un sistema de control de navegación electrónico para un robot cortacésped. El sistema comprende un bucle conductor interior más pequeño 3 y un bucle exterior más grande 2 conectado a un generador de corriente alterna 1 (véase la Fig. 1), en el que la superficie definida por el aro exterior 2 corresponde al área de trabajo del dispositivo autopropulsado. De esta manera, el bucle interior 3 y el bucle exterior 2 generan respectivos campos magnéticos. El robot cortacésped incluye un receptor 14 para los campos magnéticos (por ejemplo, una o más vueltas alrededor de un núcleo magnético) y utiliza el campo magnético recibido del bucle exterior 2 y del bucle interior 3 para regresar a una estación de recarga 3.

30 El solicitante ha observado que dicho sistema de control electrónico de navegación para robots cortacésped tiene las siguientes desventajas:

- 35 – es demasiado complejo, porque requiere el uso de dos bucles conductores de corriente;
- el tiempo que tarda el robot cortacésped para regresar a la estación de recarga 3 es demasiado largo;
- el robot cortacésped puede llegar a la base únicamente siguiendo una dirección preferencial, en particular siguiendo una dirección en la que el campo magnético es cero (véase la línea 55 en la figura 12);
- 40 – es demasiado caro.

45 La solicitud de patente europea, que tiene número de publicación EP-1906205, divulga un sistema para determinar si un robot autopropulsado está en una posición externa o interna con respecto a un cable que tiene forma de bucle que define el área de trabajo.

La solicitud de patente japonesa que tiene número de publicación JP-2002-352374 divulga un marcador magnético y un receptor en un vehículo.

50 La solicitud de patente internacional que tiene número de publicación WO-2011/129728 divulga un sistema para guiar un robot cortacésped hacia una estación de carga utilizando dos señales recibidas de dos fuentes respectivas de señal de campo magnético o de señal de corriente eléctrica.

Sumario de la invención

55 La presente invención se refiere a un aparato de trabajo para un área limitada según se define en la reivindicación 1 anexa y por sus realizaciones preferidas de la misma descritas en las reivindicaciones dependientes 2 a 10.

60 El solicitante ha percibido que el aparato de trabajo de acuerdo con la presente invención tiene las siguientes ventajas:

- reduce el tiempo que tarda el robot autopropulsado en regresar a la estación base o a un punto preestablecido y por consiguiente, reduce la energía consumida para regresar a la estación base;
- aumenta la fiabilidad del proceso de regreso a la estación base;
- es simple de implementar;

- es menos caro.

Breve descripción de los dibujos

- 5 Características y ventajas adicionales de la invención se harán evidentes a partir de la descripción que sigue de una realización preferida y de las variantes de la misma proporcionadas a modo de ejemplo con referencia a los dibujos anexos, en los que:
- 10 - la figura 1 muestra esquemáticamente un aparato de trabajo para un área limitada de acuerdo con una realización de la invención;
  - la figura 2 muestra esquemáticamente una vista en perspectiva de un robot autopropulsado incluido en el aparato de trabajo de acuerdo con la realización de la invención;
  - la figura 3 muestra un diagrama de bloques de la estación base incluida en el aparato de trabajo de acuerdo con la realización de la invención;
  - 15 - la figura 4 muestra esquemáticamente un posible patrón del campo magnético generado por la estación base;
  - la figura 5A muestra un diagrama de bloques del robot autopropulsado;
  - la figura 5B muestra más en detalle la unidad de procesamiento del diagrama de bloques de la figura 5A;
  - las figuras 6A-6B muestran el trayecto de búsqueda y el trayecto de rastreo seguido por el robot autopropulsado durante un modo de regreso a base, respectivamente;
  - 20 - las figuras 7A-7B muestran los diagramas de flujo de una fase de búsqueda de campo magnético y de una fase de rastreo de campo magnético, respectivamente, del modo de regreso a base realizado por la unidad de procesamiento del robot autopropulsado.

25 Descripción detallada de la invención

Con referencia a la figura 1, muestra un aparato de trabajo 100 para un área limitada S de acuerdo con una realización de la invención.

- 30 El aparato de trabajo 100 comprende una estación base 80 y un robot autopropulsado 1.

El robot autopropulsado 1 está configurado para tener un modo de funcionamiento normal, un modo de regreso a base y un modo de espera.

- 35 En el modo de funcionamiento normal el robot autopropulsado 1 está tal como para realizar un ciclo de trabajo en el área S, indicada en la figura 1 con línea discontinua. El robot autopropulsado 1 es, por ejemplo, un robot cortacésped, un robot para limpiar piscinas, un robot aspiradora y un robot limpiasuelos. Si el robot autopropulsado 1 es un robot cortacésped, el área de trabajo S es un jardín delimitado por una valla. Si el robot autopropulsado 1 es un robot para limpiar una piscina, el área de trabajo S es la propia piscina y está de este modo delimitada por las paredes verticales de la piscina. Se debe observar que el área de trabajo S no está delimitada necesariamente por un obstáculo físico, sino que puede estar delimitada de otras maneras, tales como, por ejemplo, por un hilo conductor de corriente eléctrica.
- 40

- 45 En el modo de regreso a base, el robot autopropulsado 1 está como para regresar automáticamente a la estación base 80: esto se produce cuando la batería 70 del robot autopropulsado 1 está baja, o cuando el robot autopropulsado 1 ha completado un ciclo de trabajo o cuando finaliza el horario laboral (por ejemplo, después de las 6:00 p.m.). Por ejemplo, el modo de regreso a base es activado cuando termina un contador que indica la duración de un ciclo de trabajo (por ejemplo, quince minutos) o cuando el nivel de carga de la batería 70 dentro del robot autopropulsado 1 es inferior a un umbral predeterminado.
- 50

En el modo de espera, el robot autopropulsado 1 está estacionario dentro de la estación base 80; durante este modo el robot autopropulsado 1 puede ser recargado o se puede realizar mantenimiento (por ejemplo, se vacía un filtro).

- 55 La estación base 80 tiene la función de alojar al robot autopropulsado 1 cuando este último ha finalizado el ciclo de trabajo. La estación base 80 se coloca en un punto preestablecido, en particular a lo largo del perímetro del área de trabajo S; por ejemplo, la figura 1 muestra que la estación base 80 está colocada aproximadamente a medio camino a lo largo del lado S1 del perímetro del área de trabajo S. La estación base 80 puede ser, por ejemplo:

- 60 - una estación de recarga, que tiene la función de recargar la batería 70 del robot autopropulsado 1;
- un punto para vaciar un filtro.

Las dimensiones de la estación base 80 son significativamente más pequeñas que las dimensiones del perímetro del área de trabajo S. Por ejemplo, considerando un área de trabajo S que tenga una forma rectangular con el lado más grande S1 y teniendo también la estación base 80 una forma rectangular. En este caso las dimensiones del lado

más grande de la estación base 80 son significativamente más pequeñas que las dimensiones del lado S1 del área de trabajo; por ejemplo, los valores del lado más grande de la estación base 80 están comprendidos entre 15 centímetros y 2 metros, mientras que los valores del lado S1 están comprendidos entre 5 metros y 200 metros.

5 Con referencia a la figura 3, muestra los componentes electrónicos dentro de la estación base 80. La estación base 80 comprende:

- una unidad de procesamiento 85;
- un circuito impulsor 87;
- 10 – un generador 86 de un campo magnético B.

La unidad de procesamiento 85 tiene la función de controlar el valor del campo magnético B.

15 El circuito impulsor 87 tiene la función de proporcionar señales adecuadas para controlar el generador de campo magnético 86, en función de las señales generadas por la unidad de procesamiento 85.

20 El generador de campo magnético 86 tiene la función de generar un campo magnético B que se extiende al menos en parte por el área de trabajo S. Ventajosamente, el campo magnético B se extiende por una parte del área de trabajo S: en otras palabras, la intensidad del campo magnético B no es suficiente para ser detectado por un sensor de campo magnético 76 colocado dentro del robot autopropulsado 1. De esta manera, se reduce la intensidad del campo magnético B generado por la estación base 80.

25 El campo magnético B tiene un patrón de líneas de fuerza como se muestra esquemáticamente en la figura 4. Es posible observar que las líneas de fuerza del campo magnético B se extienden por al menos parte del área de trabajo S. Además, todas las líneas de fuerza se encuentran en direcciones que convergen hacia la estación base 80, como se muestra por ejemplo por la línea de fuerza 91; en otras palabras, todas las líneas de fuerza del campo magnético B pasan a través del centro de la estación base 80. Este patrón de líneas de fuerza del campo magnético B es utilizado por el robot autopropulsado 1 para regresar a la estación base 80, como se explicará con mayor detalle más adelante. Se observa que el número finito de líneas de fuerza mostradas en la figura 4 son únicamente una representación esquemática que tiene el propósito de mostrar la dirección del campo magnético B, pero en realidad hay presentes infinitas líneas de fuerza; por ejemplo, la línea de fuerza 91 puede estar compuesta de un conjunto de líneas de fuerza contiguas.

35 Preferentemente, el generador de campo magnético 86 está implementado con una bobina lineal 88 de longitud finita (por ejemplo, 10 cm), o con un hilo eléctricamente conductor enrollado alrededor de un núcleo ferromagnético de manera tal como para formar una pluralidad de vueltas concéntricas, en las que fluye una corriente alterna I alrededor del hilo conductor. La longitud de la bobina 88 (y de este modo del núcleo ferromagnético) es perpendicular al lado S1 (del perímetro del área de trabajo S) a lo largo del que está colocada la estación base 80, como se muestra con la flecha en la figura 4.

40 Como alternativa, la longitud de la bobina 88 (y de este modo del núcleo ferromagnético) es paralela al lado S1.

45 Con referencia a las figuras 2 y 5A-5B, muestran los componentes eléctricos y electrónicos del robot autopropulsado 1. El robot autopropulsado 1 está configurado para regresar automáticamente a la estación base 80 cuando la batería 70 del robot autopropulsado 1 está baja o cuando ha completado un ciclo de trabajo o cuando finaliza el horario laboral (por ejemplo, después de las 6:00 p.m.) o para otras funciones dependientes de la aplicación.

El robot autopropulsado 1 comprende:

- 50 – un bastidor 10;
- medios de movimiento 20;
- medios de trabajo 30;
- una unidad de procesamiento 75;
- una batería 70;
- 55 – un giroscopio 45;
- un sensor de campo magnético 76.

60 Los medios de movimiento 20 están montados en el bastidor 10 y tienen la función de mover el robot autopropulsado 1 en el área de trabajo S en el modo de funcionamiento normal y en el modo de regreso a base. Los medios de movimiento 20 comprenden, por ejemplo, uno o más motores eléctricos y cuatro ruedas 20a (véase la figura 2) conectadas a los motores eléctricos; como alternativa, se puede utilizar un par de pistas en lugar de las ruedas 20a, o si no una combinación de ruedas y pistas. Los motores eléctricos están conectados a la ruedas 20a (y/o al par de pistas) por medio de conjuntos impulsores, de manera tal como para poner las cuatro ruedas 20a (y/o par de pistas) en rotación y de este modo mover el robot autopropulsado 1 en el área de trabajo S.

- Los medios de trabajo 30 tienen la función de realizar un tipo dado de trabajo en el área de trabajo S durante el modo de funcionamiento normal. Si el robot autopropulsado 1 es un robot cortacésped, los medios de trabajo 30 comprenden una o más palas que tienen la función de cortar la hierba presente en el área de corte S. Si el robot autopropulsado 1 es un robot para limpiar una piscina, los medios de trabajo 30 comprenden entradas para succionar la suciedad colocada en la superficie S que constituye el fondo de la piscina.
- El giroscopio 45 tiene la función de medir la velocidad angular del robot autopropulsado 1 alrededor de un eje que es vertical con respecto al robot autopropulsado 1 (o vertical con respecto al plano definido por el área de trabajo S en la que se mueve el robot autopropulsado 1). En particular, el giroscopio 45 es tal como para generar una señal de velocidad angular  $S_\omega$  que indica la velocidad angular  $\omega$  del robot autopropulsado 1 alrededor de un eje que es vertical con respecto al robot autopropulsado 1 (por ejemplo, un eje vertical que pasa a través del centro de gravedad del robot autopropulsado 1).
- El sensor de campo magnético 76 tiene la función de detectar un conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B generado por la estación base 80. El término "conjunto de líneas de fuerza contiguas" significa las líneas de fuerza del campo magnético B que son tales como para generar un flujo magnético concatenado con el sensor de campo magnético 76. Más en particular, el sensor de campo magnético 76 es tal como para detectar la variación en el flujo magnético concatenado con el sensor 76 que es provocado por un conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B y es tal como para generar, en función de dicha variación en el flujo magnético concatenado, una señal de detección  $S_{ril}$  que indica la posición del robot autopropulsado 1 con respecto al conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B o que indica la ausencia del campo magnético B. La posición significa si que el robot autopropulsado 1 está a la derecha o si está a la izquierda del conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B.
- Preferentemente, el robot autopropulsado 1 comprende un acelerómetro que tiene la función de medir la aceleración del robot autopropulsado 1. De esta manera, la unidad de procesamiento 75 del robot autopropulsado 1 puede detectar si el robot autopropulsado 1 ha llegado a la estación base 80; además, la aceleración medida se puede utilizar para detectar si el robot autopropulsado ha golpeado un obstáculo.
- La unidad de procesamiento 75 tiene la función de controlar el movimiento del robot autopropulsado 1 en el área de trabajo S, mediante la ejecución de algoritmos implementados con porciones de código de software. Dichos algoritmos implementan el modo de funcionamiento normal, el modo de regreso a base y el modo de espera.
- La unidad de procesamiento 75 es por ejemplo un microprocesador, en particular M32C de Renesas. Como alternativa, la unidad de procesamiento 75 es un dispositivo electrónico programable (por ejemplo, una FPGA) o un circuito integrado específico de aplicación (ASIC).
- Más en particular, en el modo de funcionamiento normal la unidad de procesamiento 75 es tal como para generar una señal impulsora de movimiento  $S_{amm}$  con el fin de controlar los medios de movimiento 20, que realizan el movimiento del robot autopropulsado 1 en el área de trabajo S; además, la unidad de procesamiento 75 es tal como para generar una señal impulsora de trabajo  $S_{aml}$  con el fin de impulsar los medios de trabajo 30, que realizan un tipo determinado de trabajo en el área de trabajo S.
- En el modo de regreso a base, la unidad de procesamiento 75 es tal como para recibir una señal de detección  $S_{ril}$  y la señal de velocidad angular  $S_\omega$  como entradas y es tal como para generar, en función de las mismas, la señal impulsora de movimiento  $S_{amm}$  con el fin de impulsar los medios de movimiento 20 para que realicen el regreso del robot autopropulsado 1 a la estación base 80, como se explicará con mayor detalle más adelante.
- El modo de regreso a base comprende dos fases:
- un fase de búsqueda de campo magnético;
  - una fase de rastreo de campo magnético posterior.
- En la fase de búsqueda de campo magnético, el robot autopropulsado 1 busca un conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B mediante el seguimiento de un trayecto de búsqueda definido 94, como se explicará con mayor detalle más adelante.
- En la fase de rastreo de campo magnético, el robot autopropulsado 1 se mueve rastreando el conjunto de líneas de fuerza contiguas (previamente encontradas en la fase de búsqueda de campo magnético) por medio de una pluralidad de maniobras de atravesar las líneas de fuerza contiguas, como se explicará con mayor detalle más adelante, hasta llegar a la estación base 80. Por lo tanto al final del modo de regreso a base el robot autopropulsado 1 ha llegado a la estación base 80.

Con referencia a la figura 5B, la unidad de procesamiento 75 comprende:

- una memoria 75-1;
- un módulo de medición de distancia recorrida 75-2;
- 5    – un módulo de gestión de guiñada 75-3;
- un módulo de búsqueda de campo magnético 75-4;
- un módulo de rastreo de campo magnético 75-5.

10 El módulo de medición de distancia recorrida 75-2 realiza una estimación de la distancia recorrida por el robot autopropulsado 1 a lo largo de la dirección de avance. En particular, el módulo de medición de distancia es tal como para generar, en función de los valores de parámetros asociados con los medios de movimiento 20, una señal de distancia recorrida  $S_d$  que indica una estimación de la distancia recorrida por el robot autopropulsado 1 a lo largo de la dirección de avance. Los parámetros asociados con los medios de movimiento 20 son, por ejemplo, el diámetro de las ruedas 20a del robot autopropulsado 1 (leído por la memoria 75-1) y el número de revoluciones completadas por la ruedas 20a.

15 El módulo de gestión de guiñada 75-3 realiza un cálculo del ángulo de guiñada, es decir, el ángulo recorrido por el robot autopropulsado 1 alrededor de un eje que es vertical con respecto al robot autopropulsado 1 (por ejemplo, un eje vertical que pasa a través del centro de gravedad del robot autopropulsado 1), es decir, vertical con respecto al plano definido por el área de trabajo S en la que se mueve el robot autopropulsado 1. Preferentemente, este ángulo se calcula por medio de una operación de integración de los valores de la señal de velocidad angular  $S_\omega$ . En particular, el módulo de gestión de guiñada 75-3 está configurado para generar una señal de guiñada  $S_i$  que indica el valor presente del ángulo de guiñada del robot autopropulsado 1.

25 La memoria 75-1 es tal como para almacenar los valores de una longitud DS de un segmento recto de un lado DM, que se explicará con mayor detalle más adelante.

Además, la memoria 75-1 es tal como para almacenar un valor de guiñada inicial  $S_{i-in}$  que indica el ángulo de guiñada al comienzo de la fase de rastreo de campo magnético, es decir, igual al valor de la señal de guiñada  $S_i$  al comienzo de la fase de rastreo del campo magnético. Además, la memoria 75-1 está configurada para almacenar un valor de diferencia mínima de ángulo de guiñada  $\Delta S_{i-min}$  igual a la diferencia mínima del ángulo de guiñada esperado en un intervalo de tiempo determinado al final de una maniobra de atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas durante la fase de rastreo de campo magnético en el modo de regreso a base. Por ejemplo,  $\Delta S_{i-min}$  es igual a 3 grados en 10 segundos.

30 Además, el módulo de gestión de guiñada 75-3 realiza un cálculo de la diferencia real de ángulo de guiñada  $\Delta S_i$  igual a la diferencia entre el valor del ángulo de guiñada final y el valor del ángulo de guiñada inicial, en el que el ángulo de guiñada inicial significa el valor del ángulo de guiñada al comienzo de la maniobra de atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas y en el que ángulo de guiñada final significa el valor del ángulo de guiñada al final de la maniobra de atravesar.

35 El módulo de búsqueda de campo magnético 75-4 ejecuta un algoritmo (implementado con porciones de código de software) para generar, en función de los valores de la señal de detección  $S_{ril}$  y de una señal de distancia recorrida  $S_d$ , la señal impulsora de movimiento  $S_{amm}$  con el fin de mover el robot autopropulsado dentro del área de trabajo S para buscar un conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B dentro del área de trabajo S de acuerdo con un trayecto de búsqueda definido 94, como se describirá con mayor detalle más adelante en la descripción relacionada en el diagrama de flujo 200 en la figura 7A.

40 El módulo de rastreo de campo magnético 75-5 ejecuta un algoritmo (implementado con porciones de código de software) para generar, en función de los valores de la señal de detección  $S_{ril}$ , de la señal de velocidad angular  $S_\omega$  y de una señal de distancia recorrida  $S_d$ , la señal impulsora de movimiento  $S_{amm}$  con el fin de mover el robot autopropulsado dentro del área de trabajo S para rastrear el conjunto de líneas de fuerza contiguas previamente encontradas por medio de una pluralidad de maniobras de atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas encontradas hasta llegar a la estación base 80, como se describirá con mayor detalle más adelante en la descripción relacionada en el diagrama de flujo 250 de la figura 7B.

45 Ventajosamente, el sensor de campo magnético 76 está implementado con dos bobinas 76-1, 76-2, cada una compuesta de un hilo eléctricamente conductor enrollado alrededor de un material ferromagnético de manera tal como para formar una pluralidad de vueltas concéntricas, en el que la orientación mutua de las bobinas 76-1, 76-2 es igual a 90 grados (es decir, las dos bobinas 76-1, 76-2 están colocadas físicamente a 90 grados entre sí) y la posición de las bobinas es horizontal con respecto al plano definido por el área de trabajo S. Cuando el robot autopropulsado 1 está en el campo magnético B generado por la estación base 80, el campo magnético B tiene un flujo concatenado con la superficie de las dos bobinas 76-1, 76-2, en el que la superficie es la sección transversal de cada bobina 76-1, 76-2. El movimiento del robot autopropulsado 1 en el campo magnético B provoca una variación

en el flujo concatenado con las bobinas 76-1, 76-2, que produce (por inducción mutua) fuerzas electromotrices respectivas inducidas en los extremos de las dos bobinas 76-1, 76-2, en las que las fuerzas electromotrices inducidas tienen una amplitud y una fase que dependen de la posición de las dos bobinas 76-1, 76-2 con respecto al conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B. Mediante la medición de la diferencia de fase y amplitud entre las fuerzas electromotrices inducidas en los extremos de las bobinas 76-1, 76-2, es posible discriminar la posición del robot autopropulsado 1 con respecto al conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B (es decir, si está en una posición a la derecha o a la izquierda).

Por lo tanto, si el sensor de campo magnético 76 está implementado con dos bobinas 76-1, 76-2, la señal de detección  $S_{ril}$  es la diferencia de fase y amplitud entre fuerzas electromotrices inducidas en los extremos de las dos bobinas 76-1, 76-2.

Con referencia a la figura 6A, muestra el trayecto de búsqueda 94 seguido por el robot autopropulsado 1 en la fase de búsqueda de campo magnético del modo de regreso a base, en el que el robot autopropulsado 1 busca un conjunto 91 de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B.

Es posible observar que el robot autopropulsado 1 está configurado para seguir al menos una parte del trayecto de búsqueda 94 que está ubicado dentro del área de maniobra AM, que es un cuadrado que tiene lados con longitud  $2 \cdot DM$ . El lado DM tiene un valor mucho menor que el lado S1 del perímetro del área de trabajo S; por ejemplo, el lado DM tiene un valor igual a 1 metro.

En particular, el trayecto de búsqueda 94 comprende:

- una porción comprendida entre los puntos P0 y P1 (excluyendo P1) que es substancialmente recta con una longitud  $2 \cdot DM$ ;
- un punto P1 en el que el robot autopropulsado 1 realiza una rotación de 180 grados;
- una porción comprendida entre los puntos P1 y P2 (excluyendo P2) que es substancialmente recta con una longitud DM;
- un punto P2 en el que el robot autopropulsado 1 realiza una rotación de 90 grados a la izquierda;
- una porción comprendida entre los puntos P2 y P3 (excluyendo P3) que es substancialmente recta con una longitud DM;
- un punto P3 en el que el robot autopropulsado 1 realiza una rotación de 180 grados para invertir el sentido de desplazamiento;
- una porción comprendida entre los puntos P3 y P4 que es substancialmente recta con una longitud  $2 \cdot DM$ .

Se observa que la combinación del trayecto de búsqueda 94 junto con la activación del modo de funcionamiento normal (etapa 225 en la figura 7A) permite guiar el robot autopropulsado 1 hacia el área que rodea la estación base 80 en la que está presente el campo magnético B, como se explicará con mayor detalle más adelante con referencia a la descripción de la figura 7A.

Con referencia a la figura 6B, muestra el trayecto de rastreo 92 seguido por el robot autopropulsado 1 para rastrear un conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1 en la fase de rastreo de campo magnético del modo de regreso a base y así llegar a la estación base 80. Se observa que el conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1 es una porción de la línea de fuerza 91 mostrada en la figura 4. De hecho, tras encontrar el conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1, el robot autopropulsado 1 permanece fijado en el conjunto de líneas de fuerza contiguas y lo rastrea en la dirección que converge hacia la estación base 80, hasta que llega a ella. Dado que el robot autopropulsado 1 se mueve al rastrear un conjunto de líneas de fuerza contiguas en la dirección que converge hacia la estación base 80, esto implica que se mueve hacia una mayor intensidad del campo magnético B.

Es posible observar que el robot autopropulsado 1 está configurado para seguir un trayecto de rastreo en zigzag 92 alrededor de un conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1 del campo magnético B, por medio de una pluralidad de maniobras de atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1. En particular, el trayecto de rastreo 92 comprende:

- porciones 92-1, 92-4 de una longitud DS en las que el robot autopropulsado 1 se mueve en una dirección que es substancialmente paralela al conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1 del campo magnético B;
- porciones 92-2, 92-5 en las que el robot autopropulsado 1 realiza una rotación hacia el conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1;
- porciones 92-3, 92-6 en las que el robot autopropulsado 1 se mueve en una dirección substancialmente perpendicular al conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1, de manera tal como para atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1.

Las porciones 92-2 y 92-3 constituyen juntas la maniobra de atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1. Análogamente, las porciones 92-5 y 92-6 constituyen juntas otra maniobra de atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas 91-1.

5 El valor de la longitud DS se determina experimentalmente y es por ejemplo igual a 4 cm.

Se observa que el trayecto de rastreo 92 seguido por el robot autopropulsado 1 es particularmente ventajoso porque permite al robot autopropulsado 1 regresar a la estación base 80 en tiempos reducidos y de una manera fiable desde cualquier punto del área de trabajo S en la que está presente el campo magnético B, sin seguir una dirección preferencial.

La figura 7A muestra el diagrama de flujo 200 de la fase de búsqueda de campo magnético del modo de regreso a base y la figura 7B muestra el diagrama de flujo 250 de la fase de rastreo de campo magnético del modo de regreso a base. Las etapas 201-226 del diagrama de flujo 200 y las etapas 227-253 del diagrama de flujo 250 son realizadas por la unidad de procesamiento 75, por medio de respectivos algoritmos implementados con porciones de código de software. El lenguaje de programación utilizado es por ejemplo lenguaje C.

El diagrama de flujo 200 recibe como entradas el valor del lado DM, la señal de detección S<sub>ril</sub> generada por el sensor de campo magnético 76 y la señal de distancia recorrida S<sub>d</sub> calculada por la unidad de procesamiento 75 y genera como salida la señal impulsora de movimiento S<sub>amm</sub> para impulsar los medios de movimiento 20 y de este modo mover el robot autopropulsado 1 para que siga el trayecto de búsqueda 94 mostrado en la figura 6A.

El diagrama de flujo 250 recibe las siguientes señales como entradas:

- 25 – la longitud DS;
- la señal de detección S<sub>ril</sub>;
- la diferencia mínima de ángulo de guiñada  $\omega S_{i\_min}$ ;
- el valor de guiñada inicial S<sub>i-in</sub>;
- la señal de distancia recorrida S<sub>d</sub>;
- 30 – la señal de guiñada S<sub>i</sub>.

En el diagrama de flujo 250, la señal impulsora de movimiento S<sub>amm</sub> es generada como salida, en función de los valores de las señales de entrada descritas antes, con el fin de impulsar los medios de movimiento 20 y de este modo mover el robot autopropulsado 1 para rastrear el conjunto de las líneas de fuerza contiguas previamente encontradas (por medio del diagrama de flujo 200) de acuerdo con el trayecto de rastreo 92 mostrado en la figura 6B, hasta llegar a la estación base 80.

La fase de búsqueda de campo magnético es activada, por ejemplo, cuando el nivel de carga de la batería 70 dentro del robot autopropulsado 1 es inferior a un umbral predeterminado, o cuando termina un contador que indica la duración de un ciclo de trabajo (por ejemplo, quince minutos) o cuando finaliza el horario laboral (por ejemplo, después de las 6:00 p.m.).

Con referencia al diagrama de flujo 200 en la figura 7A, la fase de búsqueda de campo magnético del modo de regreso a base comienza con la etapa 201.

En la etapa 202 el robot autopropulsado 1 se mueve todo recto, es decir, a lo largo de una trayectoria substancialmente recta, como se muestra en la porción del trayecto de búsqueda 94 de la figura 6A comprendida entre P0 y P1 (excluyendo P1).

50 En la etapa 203 se lee el valor de la señal de detección S<sub>ril</sub>.

En la etapa 204 se verifica si el valor de la señal de detección S<sub>ril</sub> indica que el robot autopropulsado 1 está a la izquierda o a la derecha de un conjunto de líneas de fuerza contiguas:

- 55 – en caso negativo (es decir, no se detectó el campo magnético B), continúa a la etapa 205;
- en caso positivo, continúa a la etapa 226 en la que se activa la fase de rastreo de campo magnético, porque el robot autopropulsado 1 ya ha detectado la presencia del campo magnético B por medio de un conjunto de líneas de fuerza contiguas.

60 En la etapa 205 se lee el valor de la señal de distancia recorrida S<sub>d</sub> que indica la distancia recorrida por el robot autopropulsado 1.

En la etapa 206 se verifica si el valor de la señal de distancia recorrida S<sub>d</sub> es mayor o igual a 2\*DM:

## ES 2 552 085 T3

- en caso negativo, regresa a la etapa 202 y el robot autopropulsado 1 continúa moviéndose todo recto;
- en caso positivo, continúa a la etapa 207.

5 Por lo tanto, se realiza el ciclo compuesto por las etapas 202, 203, 204, 205, 206 hasta que el robot autopropulsado 1 encuentra un conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B o hasta que el robot autopropulsado 1 ha recorrido una distancia igual a  $2 \cdot DM$  (es decir, la porción del trayecto de búsqueda 94 de la figura 6A comprendida entre los puntos P0 y P1).

10 En la etapa 207 el robot autopropulsado 1 rota 180 grados sobre sí mismo, como se muestra en el punto P1 de la figura 6A.

En la etapa 208 el robot autopropulsado 1 se mueve todo recto, como se muestra en la porción del trayecto de búsqueda 94 de la figura 6A comprendida entre P1 y P2.

15 En la etapa 209 se lee el valor de la señal de detección  $S_{ril}$ .

En la etapa 210 se verifica si el valor de la señal de detección  $S_{ril}$  indica que el robot autopropulsado 1 está a la izquierda o a la derecha de un conjunto de líneas de fuerza contiguas:

- 20
- en caso negativo (es decir, no se detectó el campo magnético B), continúa a la etapa 211;
  - en caso positivo, continúa a la etapa 226 en la que se activa la fase de rastreo de campo magnético, porque el robot autopropulsado 1 ya ha detectado la presencia del campo magnético B por medio de un conjunto de líneas de fuerza contiguas.

25 En la etapa 211 se lee el valor de la señal de distancia recorrida  $S_d$  que indica la distancia recorrida por el robot autopropulsado 1.

En la etapa 212 se verifica si el valor de la señal de distancia recorrida  $S_d$  es mayor o igual a  $DM$ :

- 30
- en caso negativo, regresa a la etapa 208 y el robot autopropulsado 1 continúa moviéndose todo recto;
  - en caso positivo, continúa a la etapa 213.

35 Por lo tanto, se realiza el ciclo compuesto por las etapas 208, 209, 210, 211, 212 hasta que el robot autopropulsado 1 encuentra un conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B o hasta que el robot autopropulsado 1 ha recorrido una distancia igual a  $DM$  (es decir, la porción del trayecto de búsqueda 94 de la figura 6A comprendida entre los puntos P1 y P2).

40 En la etapa 213 el robot autopropulsado 1 rota 90 grados a la izquierda, como se muestra en el punto P2 de la figura 6A.

En la etapa 214 el robot autopropulsado 1 se mueve todo recto, como se muestra en la porción del trayecto de búsqueda 94 de la figura 6A comprendida entre P2 y P3.

45 En la etapa 215 se lee el valor de la señal de detección  $S_{ril}$ .

En la etapa 216 se verifica si el valor de la señal de detección  $S_{ril}$  indica que el robot autopropulsado 1 está a la izquierda o a la derecha de un conjunto de líneas de fuerza contiguas:

- 50
- en caso negativo (es decir, no se detectó el campo magnético B), continúa a la etapa 217;
  - en caso positivo, continúa a la etapa 226 en la que se activa la fase de rastreo de campo magnético, porque el robot autopropulsado 1 ya ha detectado la presencia del campo magnético B por medio de un conjunto de líneas de fuerza contiguas.

55 En la etapa 217 se lee el valor de la señal de distancia recorrida  $S_d$  que indica la distancia recorrida por el robot autopropulsado 1.

En la etapa 218 se verifica si el valor de la señal de distancia recorrida  $S_d$  es mayor o igual a  $DM$ :

- 60
- en caso negativo, regresa a la etapa 214 y el robot autopropulsado 1 continúa moviéndose todo recto;
  - en caso positivo, continúa a la etapa 219.

Por lo tanto, se realiza el ciclo compuesto por las etapas 214, 215, 216, 217, 218 hasta que el robot autopropulsado 1 encuentra un conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B o hasta que el robot autopropulsado 1

ha recorrido una distancia igual a DM (es decir, la porción del trayecto de búsqueda 94 de la figura 6A comprendida entre los puntos P2 y P3).

5 En la etapa 219 el robot autopropulsado 1 rota 180 grados sobre sí mismo, como se muestra en el punto P3 de la figura 6A.

En la etapa 220 el robot autopropulsado 1 se mueve todo recto, como se muestra en la porción del trayecto de búsqueda 94 de la figura 6A comprendida entre P3 y P4.

10 En la etapa 221 se lee el valor de la señal de detección S<sub>ril</sub>.

En la etapa 222 se verifica si el valor de la señal de detección S<sub>ril</sub> indica que el robot autopropulsado 1 está a la izquierda o a la derecha de un conjunto de líneas de fuerza contiguas:

- 15
- en caso negativo (es decir, no se detectó el campo magnético B), continúa a la etapa 223;
  - en caso positivo, continúa a la etapa 226 en la que se activa la fase de rastreo de campo magnético, porque el robot autopropulsado 1 ya ha detectado la presencia del campo magnético B por medio de un conjunto de líneas de fuerza contiguas.

20 En la etapa 223 se lee el valor de la señal de distancia recorrida S<sub>d</sub> que indica la distancia recorrida por el robot autopropulsado 1.

En la etapa 224 se verifica si el valor de la señal de distancia recorrida S<sub>d</sub> es mayor o igual a 2\*DM:

- 25
- en caso negativo, regresa a la etapa 220 y el robot autopropulsado 1 continúa moviéndose todo recto;
  - en caso positivo, continúa a la etapa 225.

En la etapa 225 se activa el modo de funcionamiento normal.

30 Por lo tanto, si el robot autopropulsado 1 ha completado el trayecto de búsqueda 94 y no ha encontrado el conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético B, el robot autopropulsado 1 sale del modo de regreso a base y vuelve al modo de funcionamiento normal, en el que realiza los movimientos análogamente a cuando realiza el ciclo de trabajo en el área de trabajo S. Posteriormente, el robot autopropulsado 1 hará de nuevo una transición desde el modo de funcionamiento normal a la fase de búsqueda de campo magnético del modo de regreso a base, siguiendo de nuevo el trayecto de búsqueda 94, pero empezando desde una posición inicial diferente dentro del área de trabajo S: de esta manera el robot autopropulsado 1 seguirá una trayectoria diferente (comparada con la de la fase de búsqueda de campo magnético anterior) dentro del área de trabajo S y de este modo habrá una mayor probabilidad de que el robot autopropulsado 1 esté ubicado (a lo largo del trayecto de búsqueda 94) en una posición del área de trabajo S en la que esté presente el campo magnético B, como resultado de las posteriores activaciones de la fase de búsqueda de campo magnético.

35

40

De acuerdo con una variante de la fase de búsqueda de campo magnético, el lado DM del trayecto de búsqueda 94 tiene un valor mayor que es proporcional al lado S1 del perímetro del área de trabajo S (por ejemplo, el valor del lado DM es la mitad del valor del lado S1). Por ejemplo, el lado DM tiene un valor igual a 50 metros. De esta manera, cuando se activa la fase de búsqueda al final del ciclo de trabajo, el robot autopropulsado 1 realizará los movimientos de acuerdo con el trayecto de búsqueda 94 y puede cubrir la mayor parte del área de trabajo S. De esta manera, habrá una mayor probabilidad de que el sensor 76 detecte el campo magnético B la primera vez que el robot autopropulsado 1 sigue el trayecto de búsqueda 94, reduciendo de este modo la probabilidad de activar el modo de funcionamiento normal (etapa 225) y una segunda fase de búsqueda posterior.

45

50

Con referencia al diagrama de flujo 250 en la figura 7B, la fase de rastreo de campo magnético del modo de regreso a base comienza con la etapa 227.

55 En la etapa 228 se lee el valor de la señal de detección S<sub>ril</sub>.

En la etapa 229 se verifica si el valor de la señal de detección S<sub>ril</sub> indica que el robot autopropulsado 1 está a la izquierda de un conjunto de líneas de fuerza contiguas:

- 60
- en caso positivo (es decir, el robot autopropulsado 1 está a la izquierda del conjunto de líneas de fuerza contiguas), continúa a la etapa 230;
  - en caso negativo (es decir, el robot autopropulsado 1 está a la derecha del conjunto de líneas de fuerza contiguas), continúa a la etapa 240.

En la etapa 230 el robot autopropulsado 1 se mueve todo recto, como se muestra en la porción 92-1 del trayecto de rastreo 92 de la figura 6B.

En la etapa 231 se verifica si el robot autopropulsado 1 ha llegado a la estación base 80:

- en caso positivo, continúa a la etapa 252, en la que se concluye la fase de rastreo de campo magnético del modo de regreso a base porque el robot autopropulsado 1 ha llegado a la estación base 80 y de este modo se activa el modo de espera;
- en caso negativo, continúa a la etapa 232.

En la etapa 232 se lee el valor de la señal de distancia recorrida  $S_d$  que indica la distancia recorrida por el robot autopropulsado 1.

En la etapa 233 se verifica si el valor de la señal de distancia recorrida  $S_d$  es mayor o igual al valor de la longitud DS:

- en caso negativo, regresa a la etapa 230 y el robot autopropulsado 1 continúa moviéndose todo recto;
- en caso positivo, continúa a la etapa 234.

Por lo tanto, se realiza el ciclo compuesto por las etapas 230, 231, 232, 233 hasta que el robot autopropulsado 1 haya recorrido una distancia igual a DS, es decir, toda la porción 92-1 de la figura 6B.

En la etapa 234 el robot autopropulsado 1 gira a la derecha, de este modo comienza a desplazarse a lo largo de la porción 92-2 del trayecto de rastreo 92.

En la etapa 235 se verifica si el valor de la diferencia real de ángulo de guiñada  $\Delta S_i$  es mayor que el valor de la diferencia mínima de ángulo de guiñada  $\Delta S_{i-min}$ :

- en caso negativo, continúa a la etapa 239;
- en caso positivo, continúa a la etapa 236.

En la etapa 236 se lee el valor de la señal de detección  $S_{ril}$ .

En la etapa 237 se verifica si el valor de la señal de detección  $S_{ril}$  indica que el campo magnético B no está presente:

- en caso positivo, continúa a la etapa 249;
- en caso negativo, continúa a la etapa 238.

En la etapa 238 se verifica si el valor de la señal de detección  $S_{ril}$  indica que el robot autopropulsado 1 está a la derecha de un conjunto de líneas de fuerza contiguas:

- en caso negativo (es decir, el robot autopropulsado 1 está ubicado todavía a la izquierda del conjunto de líneas de fuerza contiguas), regresa a la etapa 234 y el robot autopropulsado 1 continúa girando a la derecha;
- en caso positivo (es decir, el robot autopropulsado 1 está ubicado a la derecha del conjunto de líneas de fuerza contiguas), continúa a la etapa 240.

Por lo tanto, se realiza el ciclo compuesto por las etapas 234, 235, 236, 237, 238 hasta que el robot autopropulsado 1 haya recorrido toda la porción 92-3 del trayecto de rastreo 92 y esté ubicado a la derecha del conjunto de líneas de fuerza contiguas.

En la etapa 240 el funcionamiento es análogo al descrito previamente empezando desde la etapa 230, con la diferencia de que el robot autopropulsado 1 está ubicado a la derecha del conjunto de líneas de fuerza contiguas. En particular:

- se realiza el ciclo compuesto por las etapas 240, 241, 242, 243 hasta que el robot autopropulsado 1 haya recorrido una distancia igual a DS, es decir, toda la porción 92-4 de la figura 6B;
- se realiza el ciclo compuesto por las etapas 244, 245, 246, 247, 248 hasta que el robot autopropulsado 1 haya recorrido toda la porción 92-6 del trayecto de rastreo 92 y esté ubicado a la izquierda del conjunto de líneas de fuerza contiguas.

Desde las etapas 237 y 247 continúa a la etapa 249 en el caso en el que se detecte que el campo magnético B no está presente. Esto ocurre en el caso de que el robot autopropulsado 1 se haya movido en sentido opuesto a uno en el que está ubicada la estación base 80.

5 Por lo tanto, en la etapa 249 el robot autopropulsado 1 realiza una rotación de 180 grados sobre sí mismo: de esta manera el robot autopropulsado 1 se colocará de nuevo en la dirección hacia la estación base 80 y de nuevo habrá una activación de la fase de búsqueda de campo magnético del modo de regreso a base (etapa 200-1) en el que se ejecuta de nuevo el diagrama de flujo 200.

10 Desde las etapas 235 y 245 continúa a la etapa 239 en el caso en el que el valor de la diferencia real de ángulo de guiñada  $\Delta S_i$  sea más pequeño que el valor de la diferencia mínima de ángulo de guiñada  $\Delta S_{i-min}$ . Esto ocurre en el caso de que el robot autopropulsado 1 haya llegado a un obstáculo o en el caso de que el robot autopropulsado 1 esté en las proximidades de la estación base 80, en particular en el caso de que haya llegado a una pared lateral de la estación base 80: en estas condiciones, de hecho, el valor del ángulo de guiñada (señal  $S_i$ ) no aumenta a pesar de que el robot autopropulsado 1 haya realizado una rotación a la derecha en la etapa 234 (o a la izquierda en la etapa 244).

15 En la etapa 239 se verifica si el valor presente del ángulo de guiñada (señal  $S_i$ ) es mayor que el valor de guiñada inicial  $S_{i-in}$ :

- 20
- en caso positivo, continúa a la etapa 250;
  - en caso negativo, continúa a la etapa 251.

25 En la etapa 250 el robot autopropulsado 1 realiza una rotación hacia atrás de 90 grados a la derecha (en otras palabras, el robot autopropulsado 1 se desplaza hacia la derecha en un arco de círculo que forma un ángulo de 90 grados), mientras que en la etapa 252 el robot autopropulsado 1 realiza una rotación hacia atrás de 90 grados a la izquierda (en otras palabras, el robot autopropulsado 1 se desplaza hacia la izquierda en un arco de círculo que forma un ángulo de 90 grados): de esta manera el robot autopropulsado 1 se colocará orientado hacia la estación base 80 y de nuevo habrá una activación de la fase de búsqueda de campo magnético del modo de regreso a base (etapa 200-1) en el que se ejecuta de nuevo el diagrama de flujo 200.

30 Ventajosamente, cuando el robot autopropulsado 1 está colocado dentro de la estación base 80, la batería 70 es recargada por medio de un acoplamiento inductivo entre el generador 86 del campo magnético B dentro de la estación base 80 y el sensor 76 del campo magnético B dentro del robot autopropulsado 1, como se describe con mayor detalle en la solicitud de patente europea n.º: 12160183.5 presentada el 19 de marzo de 2012 a nombre del mismo solicitante.

35 A continuación se describirá el funcionamiento del aparato de trabajo 100, haciendo referencia también a las figuras 6A, 6B, 7A, 7B.

40 Por simplicidad, se asume que el robot autopropulsado 1 es un robot cortacésped, que los medios de trabajo 30 son palas y que el área de trabajo S es un césped en el que es necesario cortar la hierba.

45 En el momento inicial  $t_0$  el robot cortacésped 1 está en el modo de funcionamiento normal, en el que realiza un ciclo de corte de hierba en el césped S.

50 En los instantes comprendidos entre  $t_0$  y  $t_1$  (excluyendo  $t_1$ ) el robot cortacésped 1 corta la hierba en al menos una parte del césped S.

55 En el momento  $t_1$  (posterior a  $t_0$ ), la unidad de procesamiento 75 dentro del robot cortacésped 1 detecta que la batería 70 está descargada y activa el modo de regreso a base; en particular, la unidad de procesamiento 75 activa la fase de búsqueda de campo magnético del modo de regreso a base.

60 En los instantes entre  $t_1$  y  $t_2$  (excluyendo  $t_2$ ) el robot cortacésped 1 sigue el trayecto de búsqueda 94 mostrado en la figura 6A hasta el punto P3 y luego lleva a cabo las etapas 201-215 del procedimiento 200 de la figura 7A, como se ha descrito previamente.

65 En el momento  $t_2$  (posterior a  $t_1$ ) el sensor 76 genera la señal de detección  $S_{ril}$  que indica que el robot cortacésped 1 está ubicado a la izquierda de un conjunto de líneas de fuerza contiguas y de este modo la unidad de procesamiento 75 activa la fase de rastreo (etapas 216 y 226 del procedimiento 200 de la figura 7A).

70 En el momento  $t_3$  (posterior a  $t_2$ ) el robot cortacésped comienza a seguir el trayecto de rastreo en zigzag 92 alrededor del conjunto de líneas de fuerza encontradas en el momento  $t_2$ , llevando a cabo las etapas 228, 229 del procedimiento 250 de la figura 7B.

En los instantes comprendidos entre t3 y t4 el robot cortacésped sigue el trayecto de rastreo en zigzag 92 alrededor del conjunto de líneas de fuerza encontradas en el momento t2, llevando a cabo las etapas del procedimiento 250 de la figura 7B (salvo la etapa 200-1), como se ha descrito previamente.

5 En el momento t4 (posterior a t3), el robot cortacésped 1 detecta que ha llegado a la estación base 80 y activa el modo de espera.

10 De acuerdo con una primera variante del funcionamiento, en los instantes comprendidos entre t1 y t2 (excluyendo t2) el robot cortacésped 1 sigue todo el trayecto de búsqueda 94 mostrado en la figura 6A hasta el punto P4 sin detectar la presencia del campo magnético B y de este modo lleva a cabo las etapas del procedimiento 200 de la figura 7A hasta alcanzar la etapa 224.

15 En el momento t1' la unidad de procesamiento 75 activa por primera vez el modo de funcionamiento normal (etapa 225) y el robot cortacésped 1 reanuda el ciclo de trabajo.

En el momento t1" (posterior a t1'), por ejemplo de un intervalo de tiempo definido) la unidad de procesamiento 75 activa durante un segundo tiempo la fase de búsqueda de campo magnético.

20 En los instantes comprendidos entre t1 "y t1'" (excluyendo t1'"") el robot cortacésped 1 sigue una parte del trayecto de búsqueda 94 mostrada en la figura 6A.

25 En el momento t2 (posterior a t1'"") el sensor 76 genera la señal de detección S\_ril que indica que el robot cortacésped 1 está ubicado a la izquierda de un conjunto de líneas de fuerza contiguas y de este modo la unidad de procesamiento 75 activa la fase de rastreo (etapa 226 del procedimiento 200 de la figura 7A) y de este modo el funcionamiento continúa análogamente al que se describió previamente en el momento t2.

30 De acuerdo con una segunda variante del funcionamiento, en los instantes comprendidos entre t1 y t2 (t2 excluido) el robot cortacésped 1 sigue durante un primer tiempo todo el trayecto de búsqueda 94 en la fase de búsqueda, ejecuta durante un primer tiempo el modo de funcionamiento normal, sigue durante un segundo tiempo todo el trayecto de búsqueda 94 en la fase de búsqueda, ejecuta durante un segundo tiempo el modo de funcionamiento normal, sigue durante un tercer tiempo una parte del trayecto de búsqueda 94 y finalmente lleva a cabo la fase de rastreo.

35 También un objetivo de la presente invención es un procedimiento para controlar el regreso a una estación base de un robot autopropulsado. El procedimiento comprende la etapa a) de generar un campo magnético que se extiende al menos en parte en un área de trabajo limitada, la etapa b) de activar un modo de regreso a base, la etapa c) de mover el robot autopropulsado dentro del área de trabajo para buscar un conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético dentro del área de trabajo de acuerdo con un trayecto de búsqueda definido y la etapa d) de mover el robot autopropulsado dentro del área de trabajo para rastrear al menos una parte del conjunto de las líneas de fuerza contiguas encontradas por medio de una pluralidad de maniobras de atravesar el conjunto de las líneas de fuerza contiguas encontradas hasta llegar a la estación base.

40 También un objetivo de la presente invención es un programa informático que comprende porciones de código de software adaptadas para llevar a cabo las etapas b), c), d) del procedimiento para controlar el regreso a una estación base de un robot autopropulsado, cuando dicho programa es ejecutado en un ordenador.

45

**REIVINDICACIONES**

1. Aparato de trabajo (100) para un área de trabajo limitada (S), comprendiendo el aparato:

- 5           – una estación base (80) configurada para generar un campo magnético (B) que se extiende al menos en parte por el área de trabajo;
- un robot autopropulsado (1) que tiene un modo de funcionamiento normal en el que realiza un ciclo de trabajo en el área de trabajo y un modo de regreso a base en el que regresa automáticamente a la estación base, comprendiendo el robot autopropulsado:
- 10           • medios para mover (20, 20a) el robot autopropulsado en el área de trabajo, en función de una señal impulsora de movimiento (S\_amm);

caracterizado por que el robot autopropulsado comprende además:

- 15           • un giroscopio (45) configurado para generar una señal de velocidad angular (S\_ω) que indica la medida de la velocidad angular del robot autopropulsado alrededor de un eje substancialmente vertical con respecto al plano del área de trabajo;
- un sensor de campo magnético (76) configurado para generar una señal de detección (S\_ril) que indica una posición derecha o izquierda del robot autopropulsado con respecto a un conjunto de líneas de fuerza contiguas (91) del campo magnético;
- 20           • una unidad de procesamiento (75) configurada para controlar el movimiento del robot autopropulsado dentro del área de trabajo, comprendiendo la unidad de procesamiento:
  - 25           ▪ un módulo de búsqueda de campo magnético (75-4) configurado, durante una fase de búsqueda del modo de regreso a base, para generar, en función de los valores de la señal de detección y de una señal de distancia recorrida (S\_d) que indica la estimación de la distancia recorrida por el robot autopropulsado, la señal impulsora de movimiento para mover el robot autopropulsado dentro del área de trabajo para buscar el conjunto de líneas de fuerza contiguas (91) del campo magnético dentro del área de trabajo de acuerdo con un trayecto de búsqueda definido (94);
  - 30           ▪ un módulo de rastreo de campo magnético (75-5) configurado, durante una fase de rastreo del modo de regreso a base posterior a la fase de búsqueda de campo magnético, para generar, en función de los valores de la señal de detección, de la señal de velocidad angular y de la señal de distancia recorrida (S\_d), la señal impulsora de movimiento para mover el robot autopropulsado dentro del área de trabajo para rastrear (91-1) al menos una porción del conjunto de líneas de fuerza contiguas encontradas por medio de una pluralidad de maniobras (92-2, 92-3) de atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas hasta llegar a la estación base.

40   2. Aparato de trabajo (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la estación base (80) se coloca en un punto a lo largo del perímetro del área de trabajo.

45   3. Aparato de trabajo (100) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que la unidad de procesamiento comprende además un módulo de medición de distancia recorrida (75-2) configurado para generar, en función de valores de parámetros asociados con los medios de movimiento, la señal de distancia recorrida (S\_d) que indica la estimación de la distancia recorrida por el robot autopropulsado, en el que el módulo de búsqueda de campo magnético está configurado para:

- 50           – generar la señal impulsora de movimiento para mover el robot autopropulsado dentro del área de trabajo de acuerdo con el trayecto de búsqueda definido (94);
- recibir (204, 210, 216) la señal de detección que indica la posición derecha o izquierda del robot autopropulsado con respecto al conjunto de líneas de fuerza contiguas del campo magnético y activar (226) la fase de rastreo;
- 55           – recibir (222, 223) la señal de detección que indica la ausencia del campo magnético y la señal de distancia recorrida que indica (224) la conclusión del trayecto de búsqueda y activar (225) el modo de funcionamiento normal y posteriormente (226) activar la fase de búsqueda.

60   4. Aparato de trabajo (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de procesamiento comprende además:

- un módulo de gestión de guiñada (75-3) configurado para:
  - generar, en función del valor de la señal de velocidad angular señal, una señal de guiñada (S\_i) que indica un valor presente del ángulo de guiñada del robot autopropulsado;

- calcular una diferencia ( $\Delta S_i$ ) del ángulo de guiñada igual a la diferencia entre el valor del ángulo de guiñada final y el valor del ángulo de guiñada inicial;

– una memoria (75-1) configurada para almacenar:

- un valor de guiñada inicial ( $S_{i-in}$ ) que indica el ángulo de guiñada al comienzo de la fase de búsqueda de campo magnético;
- un valor de diferencia mínima de ángulo de guiñada ( $\Delta S_{i-min}$ ) igual a la diferencia mínima del ángulo de guiñada esperado al final de una maniobra de atravesar el conjunto de líneas de fuerza contiguas;

en el que el módulo de rastreo de campo magnético está configurado para:

– recibir (229) la señal de detección que indica la posición izquierda del robot autopropulsado con respecto al conjunto de líneas de fuerza contiguas;

– generar (230, 231, 232) la señal impulsora de movimiento para mover el robot autopropulsado a lo largo de un segmento recto definido (DS); recibir (233) la señal de distancia recorrida ( $S_d$ ) que indica el valor del segmento recto definido y generar (234) la señal impulsora de movimiento para realizar un giro a la derecha del robot autopropulsado;

– detectar (235) que el valor de la diferencia real de ángulo de guiñada ( $\Delta S_i$ ) es mayor que el valor de la diferencia mínima de ángulo de guiñada ( $\Delta S_{i-min}$ ), recibir (238) la señal de detección que indica la posición izquierda del robot autopropulsado con respecto al conjunto de líneas de fuerza contiguas encontradas y generar (234) la señal impulsora de movimiento para continuar realizando el giro a la derecha del robot autopropulsado;

– detectar (235) que el valor de la diferencia real de ángulo de guiñada ( $\Delta S_i$ ) es mayor que el valor de la diferencia mínima de ángulo de guiñada ( $\Delta S_{i-min}$ ), recibir (238) la señal de detección que indica la posición derecha del robot autopropulsado con respecto al conjunto de líneas de fuerza contiguas encontradas y generar (240) la señal impulsora de movimiento para mover el robot autopropulsado a lo largo del segmento recto definido (DS).

5. Aparato de trabajo (100) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el módulo de rastreo de campo magnético está configurado para detectar (235) que el valor de la diferencia real de ángulo de guiñada ( $\Delta S_i$ ) es mayor que el valor de la diferencia mínima de ángulo de guiñada ( $\Delta S_{i-min}$ ), recibir (237) la señal de detección que indica la ausencia del campo magnético y generar (249) la señal impulsora de movimiento para realizar una rotación de 180 grados del robot autopropulsado y activar (200-1) la fase de búsqueda de campo magnético.

6. Aparato de trabajo (100) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el módulo de rastreo de campo magnético está configurado para:

– detectar (235) que el valor de la diferencia real de ángulo de guiñada ( $\Delta S_i$ ) es menor que el valor de la diferencia mínima de ángulo de guiñada ( $\Delta S_{i-min}$ ), detectar (239) que el valor presente del ángulo de guiñada ( $S_i$ ) es mayor que el valor de guiñada inicial ( $S_{i-in}$ ), generar (250) la señal impulsora de movimiento para realizar una rotación hacia atrás del robot autopropulsado a la derecha de 90 grados y activar (200-1) la fase de búsqueda de campo magnético;

– detectar (235) que el valor de la diferencia real de ángulo de guiñada ( $\Delta S_i$ ) es menor que el valor de la diferencia mínima de ángulo de guiñada ( $\Delta S_{i-min}$ ), detectar (239) que el valor presente del ángulo de guiñada ( $S_i$ ) es menor que el valor de guiñada inicial ( $S_{i-in}$ ), generar (251) la señal impulsora de movimiento para realizar una rotación hacia atrás del robot autopropulsado a la izquierda de 90 grados y activar (200-1) la fase de búsqueda de campo magnético.

7. Aparato de trabajo (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el sensor de campo magnético está implementado con dos bobinas que tienen una orientación mutua de aproximadamente 90 grados y que tienen una posición que es horizontal respecto al plano definido por el área de trabajo, en el que la señal de detección es la diferencia de fase y amplitud entre fuerzas electromotrices inducidas en los extremos de las dos bobinas.

8. Aparato de trabajo (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que la estación base está configurada para generar el campo magnético en una porción del área de trabajo.

9. Aparato de trabajo (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, en el que el robot autopropulsado es, como alternativas:

– un robot cortacésped;

- un robot para limpiar una piscina;
- un robot aspiradora;
- un robot limpiasuelos.

- 5 **10.** Aparato de trabajo (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 4 a 9, en el que el robot autopropulsado comprende una batería recargable y en el que la batería se carga por medio de un acoplamiento inductivo entre un generador de campo magnético y el sensor de campo magnético, cuando el robot autopropulsado está ubicado dentro de la estación base en un modo de espera.

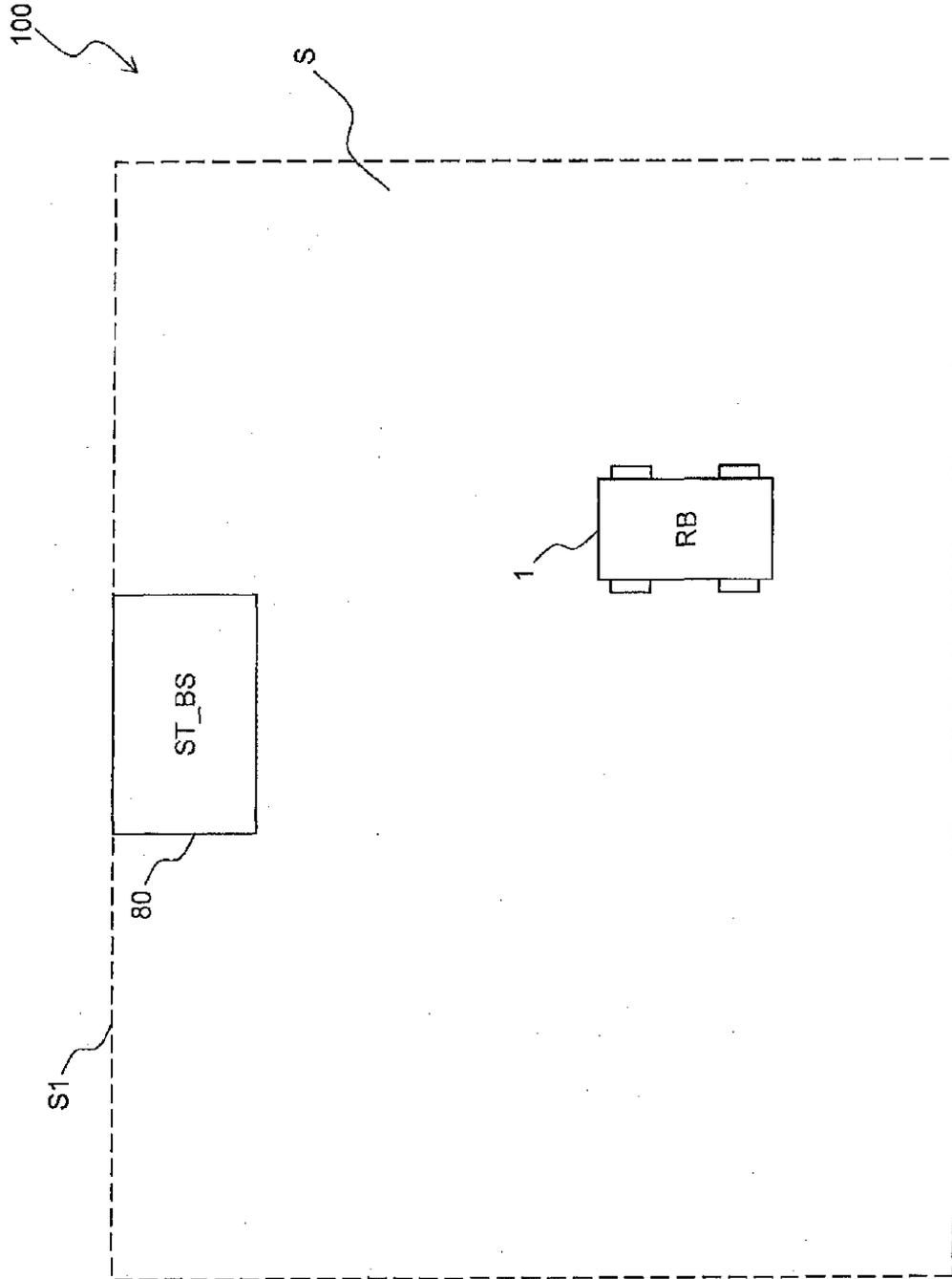


Fig. 1

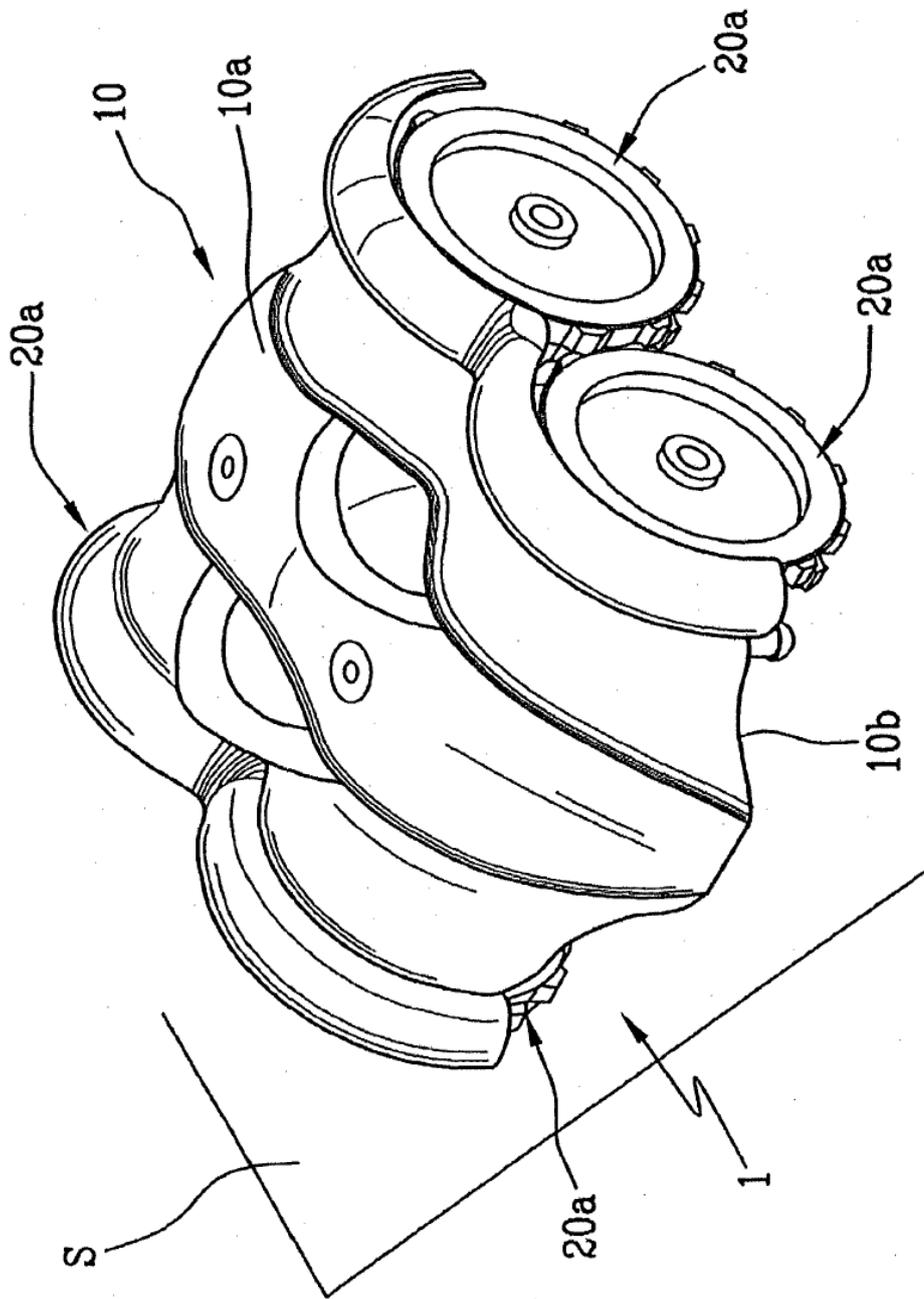


Fig. 2

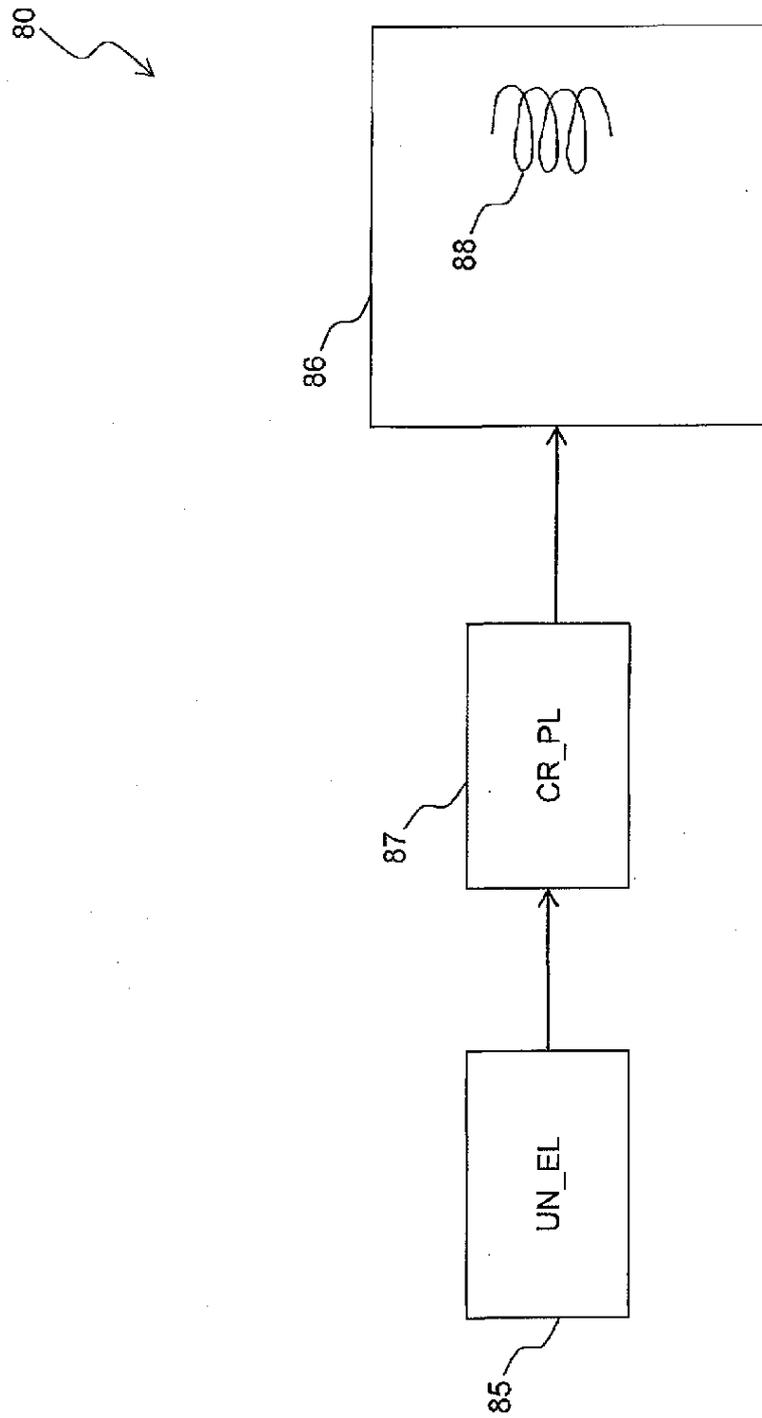


Fig. 3

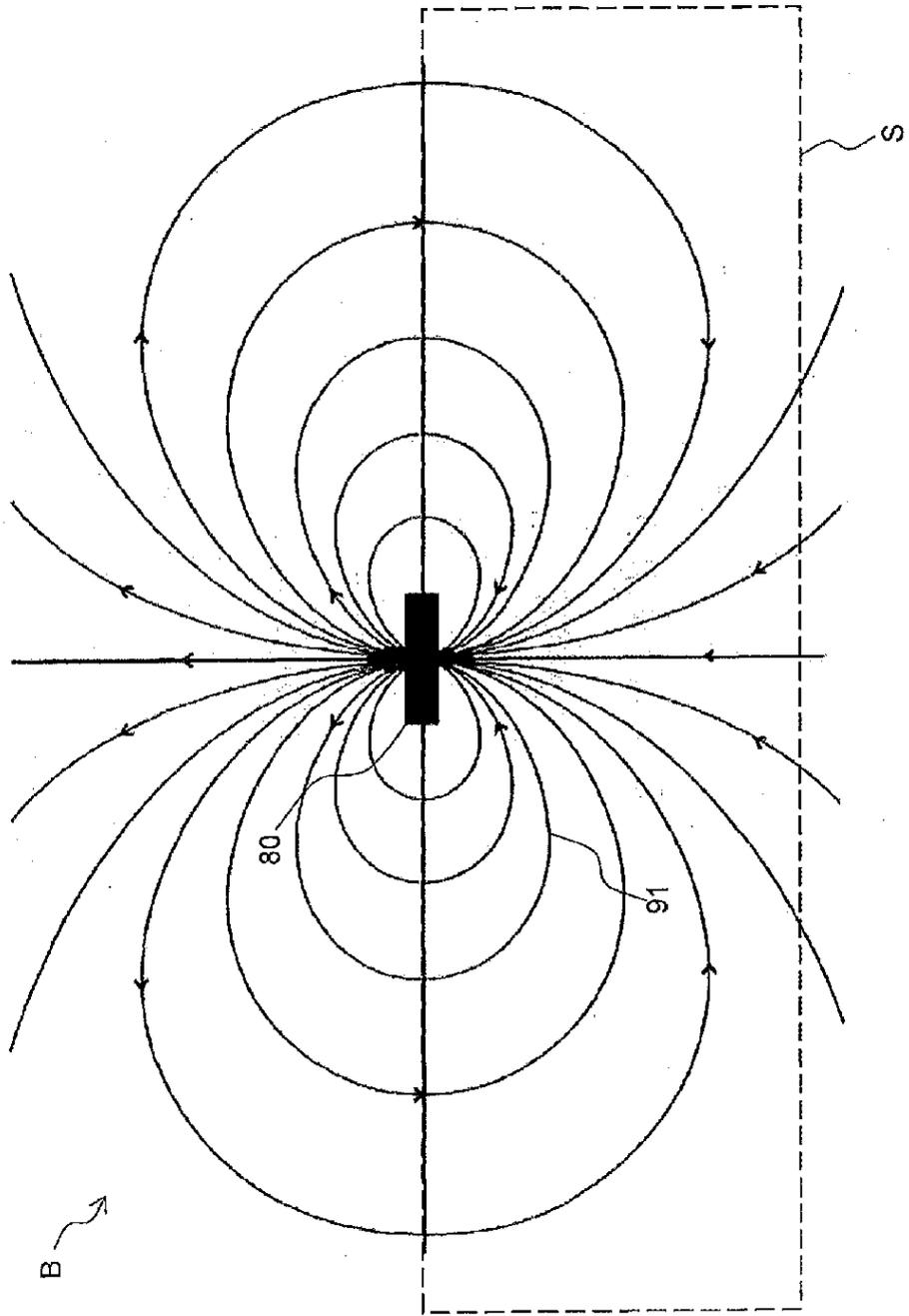


Fig.4

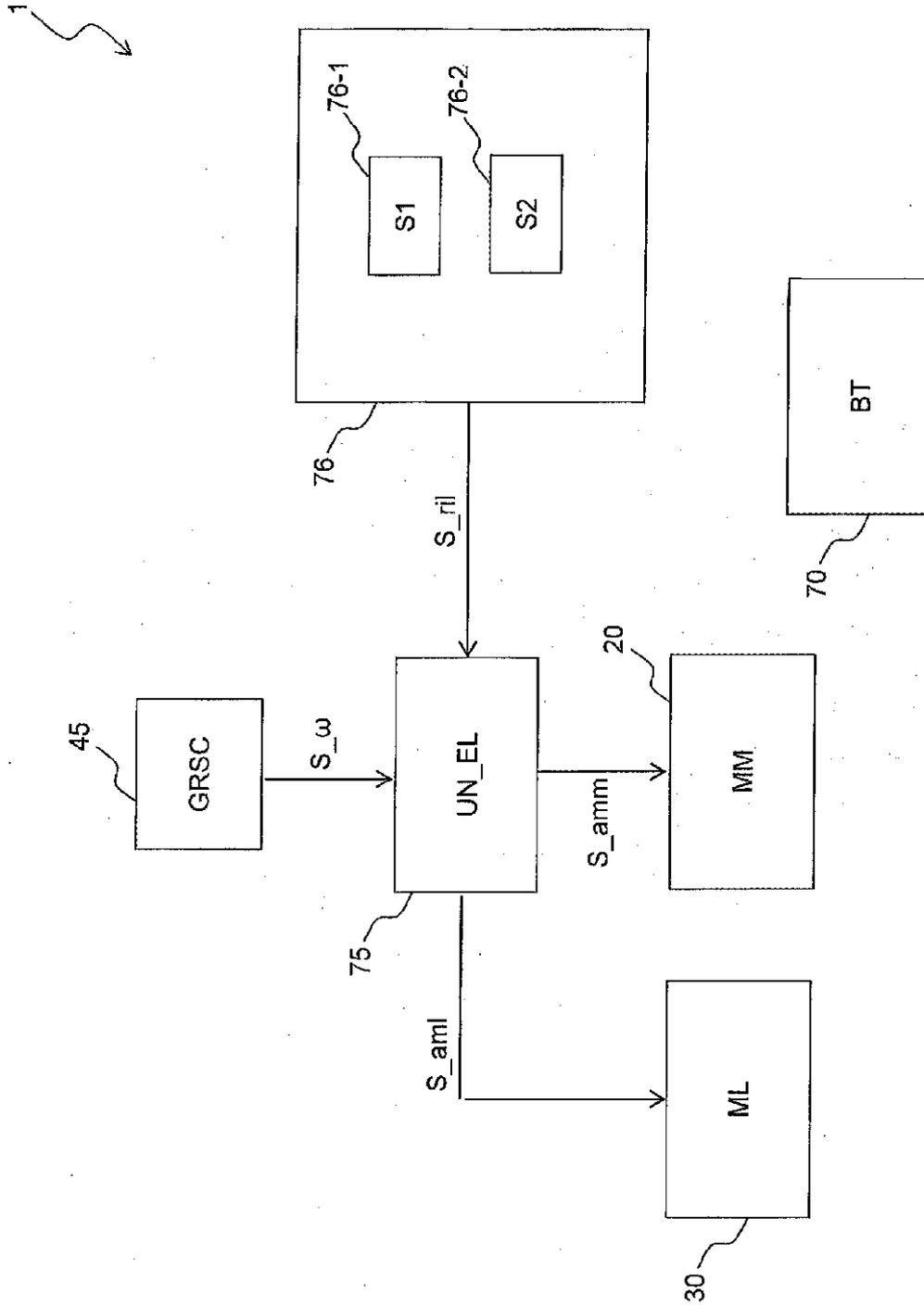


Fig. 5A

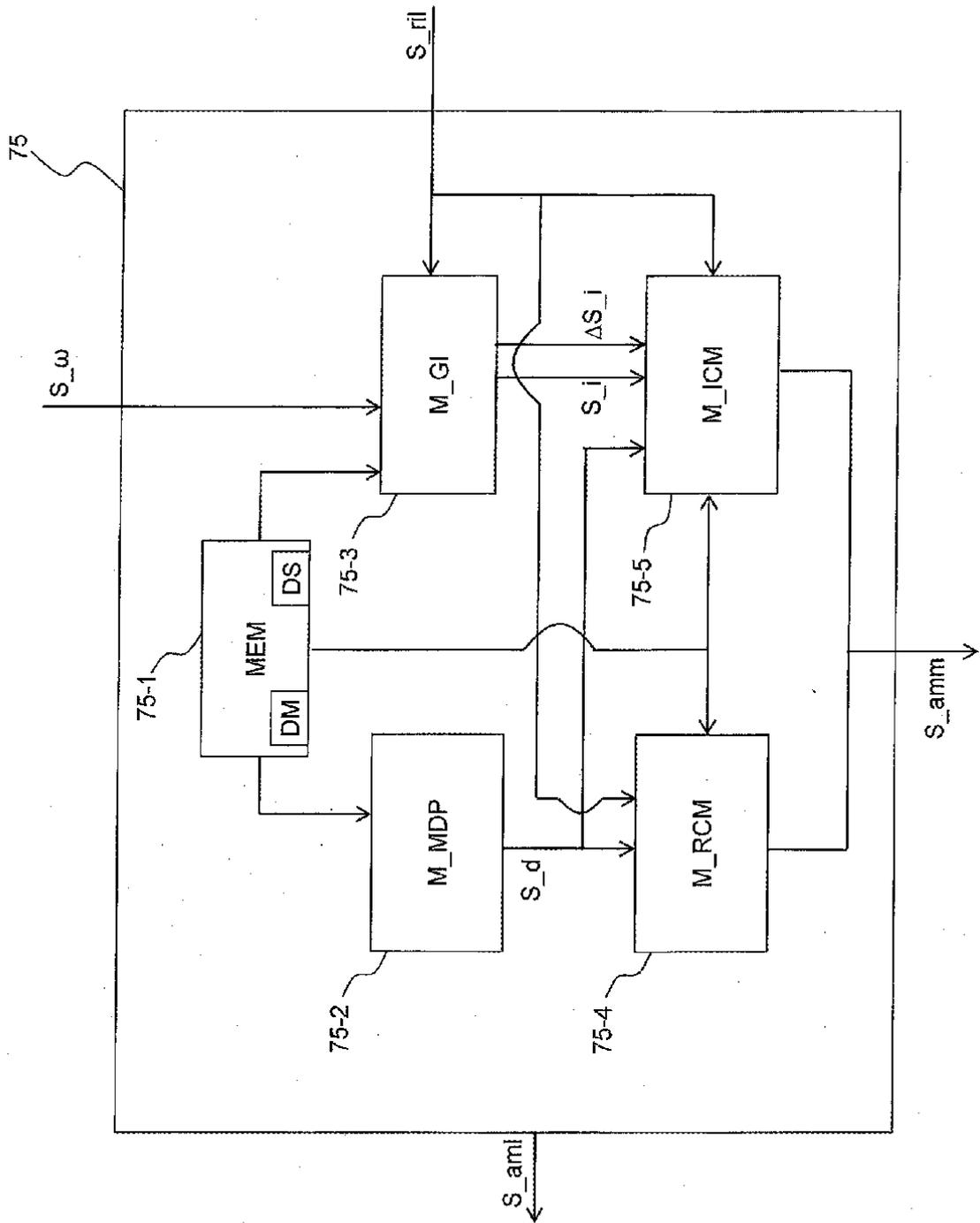


Fig. 5B

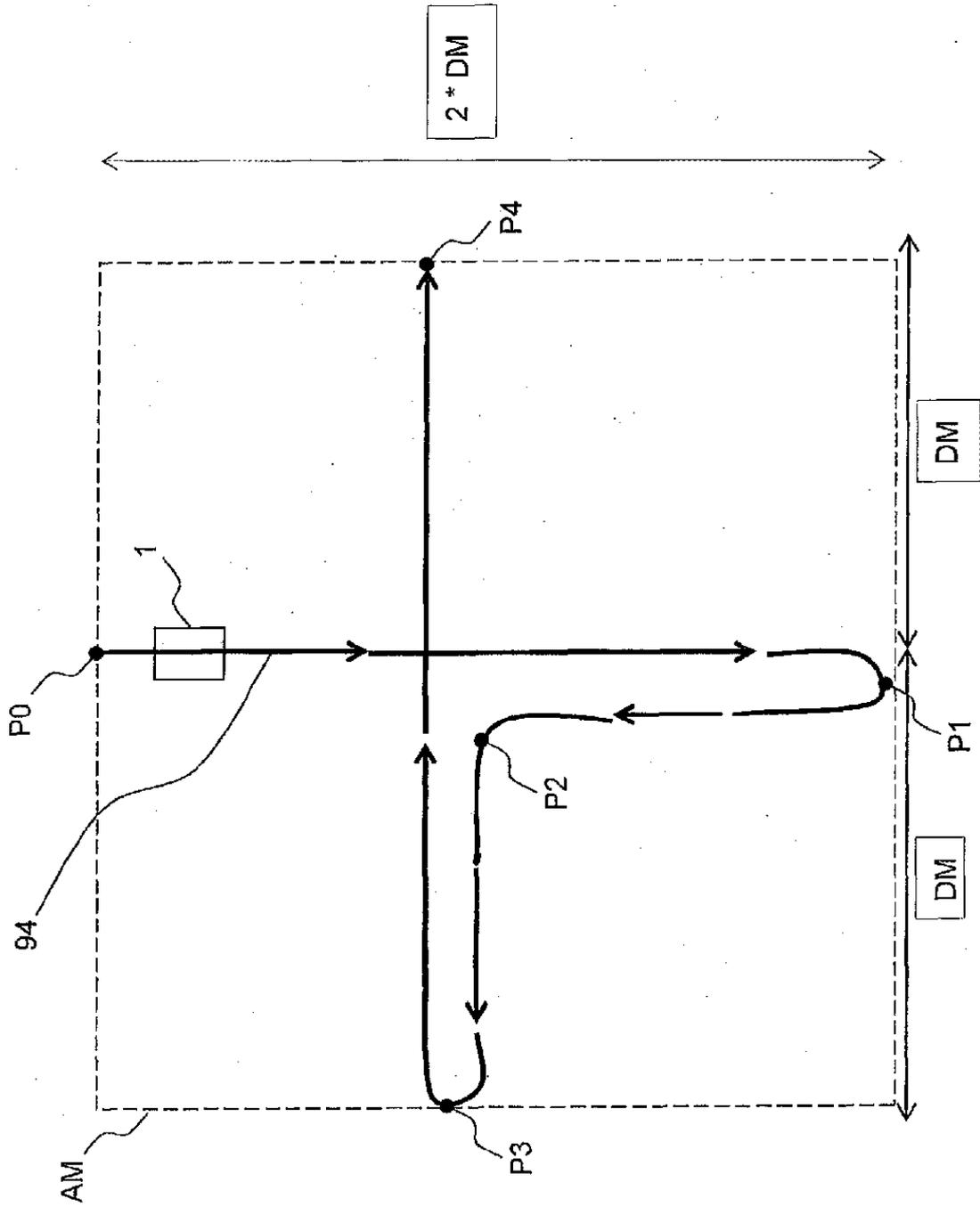


Fig. 6A

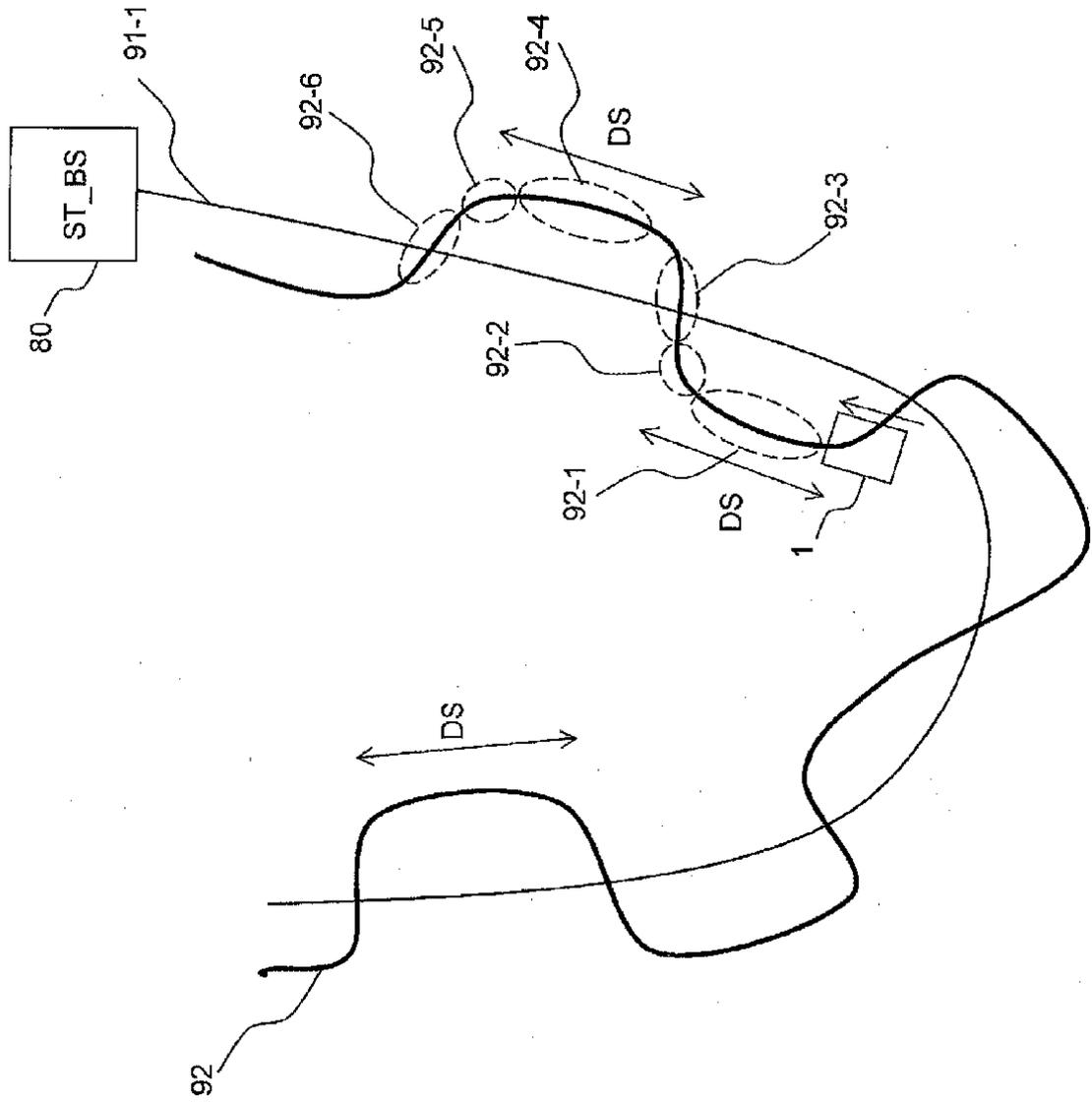


Fig. 6B

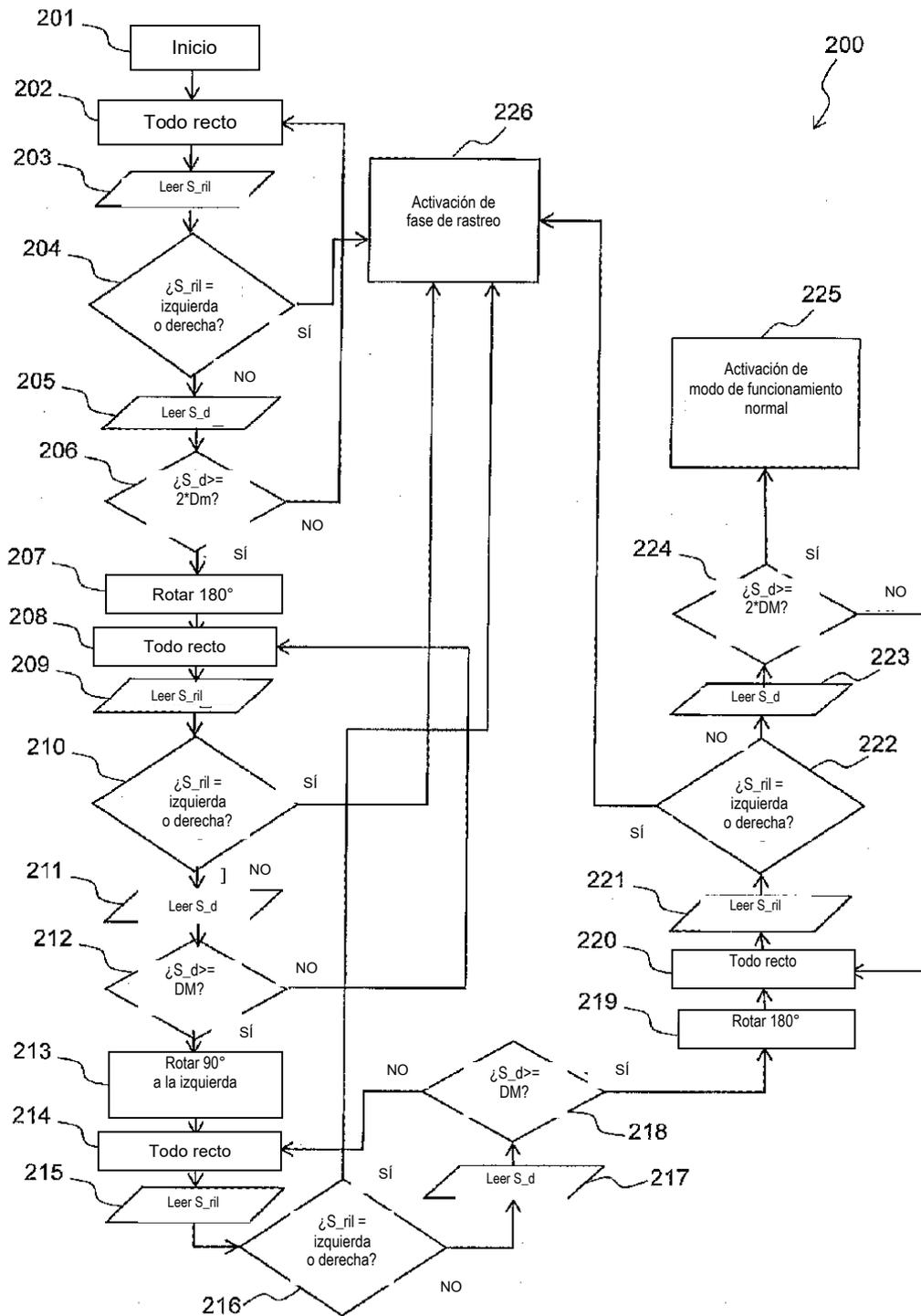


Fig. 7A

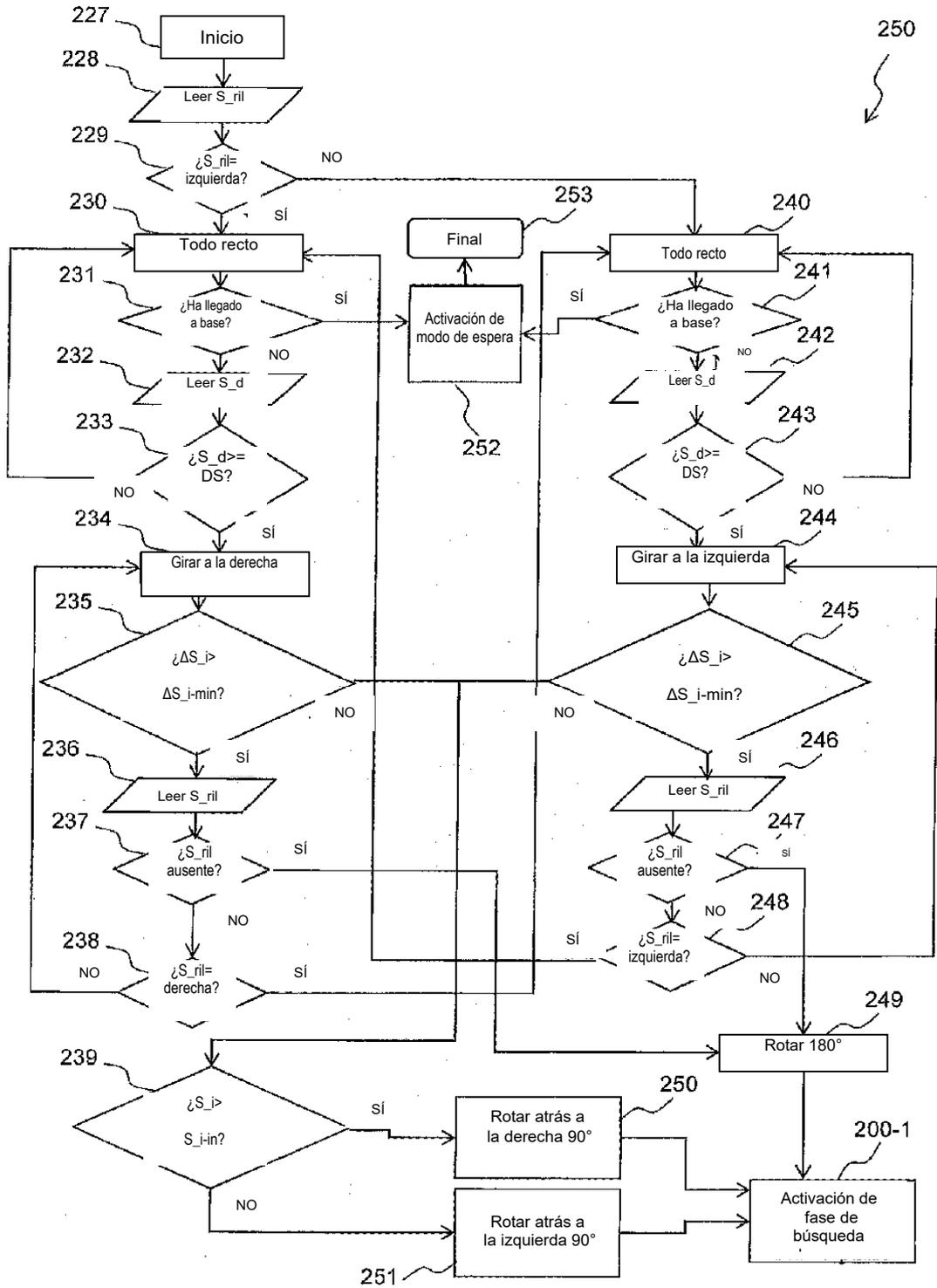


Fig. 7B