(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 692 888**

(51) Int. CI.:

G01S 15/93 (2006.01)
G01S 7/521 (2006.01)
A47L 11/40 (2006.01)
G10K 11/02 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.02.2012 PCT/US2012/026998**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **14.03.2013 WO13036284**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2012 E 12829585 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018 EP 2753954**

(54) Título: **Sistema SONAR para un vehículo autónomo**

(30) Prioridad:

07.09.2011 US 201161532086 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.12.2018

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

WETHERN, THOMAS JAMES

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

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

Sistema SONAR para un vehículo autónomo

Introducción

Las presentes enseñanzas se refieren a sistemas SONAR para un vehículo remoto. Las presentes enseñanzas se refieren, más en particular, a sistemas SONAR que proporcionan una navegación mejorada para un vehículo remoto, tal como una aspiradora robotizada.

La solicitud europea publicada EP 0 326 623 A1 da a conocer un transductor de ultrasonidos que está dispuesto en un alojamiento cilíndrico circular y que presenta un canal de salida circular cónico.

Resumen

Las presentes enseñanzas proporcionan un sistema SONAR para su uso con una aspiradora robotizada que presenta emisores y receptores SONAR en el mismo. El sistema SONAR comprende una guía de ondas o bocina prevista en cada uno de los emisores y receptores, que puede mejorar la resolución de objetivo global y reducir el número de "zonas muertas" en la que los objetivos no son fáciles de resolver. Un objetivo, tal y como se utiliza en el presente documento, puede incluir cualquier elemento sólido dentro del entorno del vehículo remoto. Un vehículo remoto puede utilizar información relativa a objetos sólidos en su entorno para, por ejemplo, evitar objetos, seguir las paredes, etc.

Las presentes enseñanzas proporcionan un sistema SONAR para su uso con un vehículo remoto, tal y como se expone en la reivindicación 1. Otras formas de realización se describen en las reivindicaciones dependientes.

Objetos y ventajas adicionales de las presentes enseñanzas se expondrán en parte en la siguiente descripción, y en parte resultarán evidentes a partir de la descripción, o pueden adquirirse llevando a la práctica las presentes enseñanzas. Los objetos y las ventajas de las presentes enseñanzas se realizarán y se obtendrán por medio de los elementos y combinaciones especialmente señalados en las reivindicaciones adjuntas.

Debe entenderse que tanto la anterior descripción general como la siguiente descripción detallada se ofrecen solamente a modo de ejemplo y explicación y no limitan las presentes enseñanzas reivindicadas.

Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de esta memoria descriptiva, ilustran formas de realización a modo de ejemplo de las presentes enseñanzas y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de las presentes enseñanzas.

Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 proporciona una comparación normalizada de una salida de transductor medida para sistemas SONAR conocidos, y muestra que guías de ondas conocidas no dirigen adecuadamente una señal emitida.

La FIG. 2 muestra un gráfico a modo de ejemplo de una salida de emisor SONAR medida cuando una guía de ondas abocinada a modo de ejemplo de un sistema SONAR según las presentes enseñanzas está situada vertical y horizontalmente, y muestra que, efectivamente, la guía de ondas dirige una señal emitida.

La FIG. 3 muestra un gráfico a modo de ejemplo de una salida de emisor SONAR medida cuando una guía de ondas de un emisor montado en el lateral de un sistema SONAR según las presentes enseñanzas está empotrada, está configurada para dirigir una señal emitida 50° hacia adelante, y está configurada para dirigir una señal emitida 75° hacia adelante.

La FIG. 4 muestra un gráfico a modo de ejemplo de una salida de emisor SONAR medida cuando una guía de ondas asimétrica de un sistema SONAR según las presentes enseñanzas está configurada para dirigir una señal emitida 50° hacia adelante. El gráfico muestra una salida horizontal y una salida vertical.

La FIG. 5 es una vista en perspectiva de una forma de realización a modo de ejemplo de una aspiradora robotizada que presenta un sistema SONAR según las presentes enseñanzas.

La FIG. 6 es una vista en perspectiva de otra forma de realización a modo de ejemplo de una aspiradora robotizada que presenta un sistema SONAR según las presentes enseñanzas.

La FIG. 7 es una vista lateral parcial del sistema SONAR de aspiradora robotizada de la FIG. 1.

La FIG. 8 es una vista en sección transversal de la vista parcial del sistema SONAR de aspiradora robotizada de la FIG. 7, tomada a lo largo de la línea D-D de la FIG. 7.

La FIG. 9 es una vista en sección transversal de la vista parcial del sistema SONAR de aspiradora robotizada de la FIG. 8, tomada a lo largo de la línea F-F de la FIG. 8.

Descripción de las formas de realización

A continuación se hará referencia en detalle a formas de realización a modo de ejemplo de las presentes enseñanzas, un ejemplo de las cuales se ilustra en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible se usarán los mismos números de referencia a lo largo de los dibujos para hacer referencia a las mismas partes u otras similares.

Un sistema típico de determinación de distancias y navegación por sonido (SONAR, por sus siglas en inglés) presenta al menos un transmisor y al menos un receptor, posiblemente combinados en un único elemento transceptor. Un tren de impulsos, u otra señal acústica, es enviado por un emisor y, en un momento posterior, el receptor detecta un reflejo procedente de un objetivo. Dada la velocidad del sonido en el aire, la distancia hasta el objetivo puede calcularse como la distancia recorrida durante la mitad del tiempo de vuelo entre la emisión y la detección.

La interferencia multitrayectoria es una de las principales fuentes de ruido en sistemas SONAR de apertura sintética. Un sistema SONAR de apertura sintética puede utilizar un conjunto de datos tomados en momentos diferentes o en distintas posiciones estratégicas para obtener información rigurosa acerca de un objeto. En las interferencias SONAR multitrayectoria, la forma de onda registrada por el receptor es una suma convolucionada de la trayectoria de transmisión directa entre el transmisor y el receptor, los reflejos procedentes de los objetivos, así como sonido que ha llegado por otras trayectorias (objetivo-suelo-receptor, suelo-objetivo-receptor, suelo-objetivo-suelo-receptor, objetivo1-objetivo2-receptor, y así sucesivamente). Cuanto mayor sea el número de objetivos que estén en el terreno, más compleja puede ser la forma de onda devuelta. Cuando un vehículo remoto, tal como una aspiradora robotizada, tiene poca altura y, por lo tanto, tiene un sistema SONAR situado cerca del suelo, la interferencia multitrayectoria es frecuente y difícil de evitar, incluso con transmisores altamente direccionales.

Cuando se utiliza una frecuencia de radiodifusión fija hay una longitud de onda asociada (en lo que respecta a una frecuencia de radiodifusión fija de 40 kHz, por ejemplo, la longitud de onda asociada puede ser de 8 mm aproximadamente, aunque la longitud de onda exacta varía ligeramente con la temperatura y la humedad y los correspondientes cambios en la velocidad del sonido en el aire). Cuando un dispositivo recorre la distancia de media longitud de onda (p.ej., 4 mm en el anterior escenario de 40 kHz), debido a la interferencia multitrayectoria de la información devuelta, el perfil de la forma de onda devuelta cambia en el transcurso de la media longitud de onda. Esto es debido a los cambios en una relación de fase de las diferentes componentes de un eco de reflexión de señal. Todas las formas de onda agregadas y devueltas, medidas en múltiplos de separación de media longitud de onda (es decir, 4mm, 8mm, N*4mm), se parecen entre sí hasta cierto punto. Aunque normalmente hay una inversión de polaridad desde un intervalo de media longitud de onda al siguiente intervalo de media longitud de onda, la inversión de polaridad afecta a todas las componentes de reflexión recibidas, de modo que la forma global de las curvas de amplitud de forma de onda sucesivas en intervalos de media longitud de onda son similares. Sin embargo, puede haber cambios drásticos en el perfil de formas de onda agregadas a lo largo del recorrido a través de una sola media longitud de onda. Cuando se considera como una secuencia continua y completa, la forma de onda recibida "parpadeará" con la periodicidad de la media longitud de onda de frecuencia de radiodifusión. El parpadeo puede incluir una variación en la amplitud de eco devuelta dentro de un período de tiempo específico. Preferiblemente, los sistemas SONAR según las presentes enseñanzas están dispuestos y adaptados para minimizar el parpadeo y otros cambios drásticos en la forma de onda agregada.

Entre cualquier par transmisor-receptor hay distancias específicas en las que los objetivos son más difíciles de resolver. Las distancias pueden estar espaciadas periódicamente, en el sentido de que si es difícil resolver un objetivo a una distancia de 100mm desde el punto central de un par transceptor, es probable que también sea difícil resolver el objetivo en nulos de 50mm y 200mm. Por el contrario, la intensidad de señal y la resolución objetivo de un par transmisor-receptor es particularmente fuerte en los antinodos o picos espaciados en intensidad de recepción (p.ej., si es difícil resolver un objetivo a una distancia de 100mm desde el punto central del par transceptor, entonces la resolución será particularmente fuerte en picos de 150mm y 75mm). La separación de estos picos en intensidad de recepción y nulos en intensidad de recepción puede modificarse cambiando la separación entre un transmisor SONAR y su receptor asociado, la distancia de los pares transmisor-receptor desde el plano de tierra, o la frecuencia de radiodifusión de pares transmisor-receptor.

La distancia de la separación pico/nulo es proporcional a la frecuencia de radiodifusión e inversamente proporcional a la separación entre el transmisor y el receptor. Al describir esta relación desde el punto de vista matemático, se aplica el concepto de zonas de interferencia de Fresnel (utilizadas principalmente en la transmisión de señales de RF), en el que una línea de transmisión entre una antena de emisión y un receptor de destino tiene elipses concéntricas alrededor de la misma, donde cualquier obstáculo dentro de una elipsis determinada crearía componentes de reflexión en fase (constructivas, en zonas de orden impar) o fuera de fase (destructivas, en zonas de orden par). Puesto que los dispositivos piezocerámicos están montados muy cerca del suelo con respecto a la longitud de la trayectoria de la señal, las zonas de interferencia de Fresnel correspondientes intersecan el plano de

tierra y forman elipses concéntricas de zonas que emanan del punto central del par transmisor-receptor, donde la contribución de los reflejos de plano de tierra alterna, en el agregado, entre constructiva o destructiva. El efecto de reflexión del plano de tierra se agrava cuando el plano de tierra es altamente reflectante (p.ej., en un suelo duro). Un plano de tierra absorbente (p.ej., una alfombra) mitiga, pero no elimina, el efecto.

La distancia entre un emisor y un receptor colocados en un vehículo remoto, tal como una aspiradora robotizada, puede elegirse para sacar partido del efecto de la zona de interferencia de Fresnel. En el aire libre sin reflejos (todos los objetivos en el campo lejano y sin plano de tierra), el nivel de señal de transmisión directa entre el emisor y el receptor disminuye en cierto modo de manera regular con el cuadrado de la distancia entre el emisor y el receptor, a menos que el emisor o receptor tenga un número impar de lóbulos laterales fuera de eje que pudieran alterar este comportamiento. Cuando se introduce un plano de tierra (p.ej., cuando el vehículo remoto se coloca en el suelo), en algunas distancias entre emisor y receptor (dependiendo, como se mencionó anteriormente, de (1) la altura desde el suelo, (2) la frecuencia de radiodifusión y (3) la velocidad de onda), los reflejos del plano de tierra como un agregado son constructivos en ciertas distancias y destructivos en algunas distancias Por lo tanto, puede ser ventajoso separar el emisor y el receptor de tal manera que estén en zonas de Fresnel de orden par sobre una superficie orientada hacia delante del vehículo remoto (p.ej., en una superficie delantera del paragolpes de una aspiradora robotizada), de modo que los reflejos de plano de tierra agregados sean destructivos. Lo reflejos de plano de tierra destructivos minimizan la intensidad de señal intrínseca del transmisor al receptor en el dominio de amplitud y en el dominio de tiempo, y tienden a mejorar la resolución de objetivos en el campo cercano. Con la separación correcta, una señal de transmisión directa entre un emisor y un receptor de un par SONAR puede reducirse hasta en 6dB. El efecto destructivo es más fuerte en un plano de tierra duro (es decir, reflectante). Un plano de tierra más absorbente puede reducir la interferencia destructiva, de tal manera que una señal de transmisión directa recibida es mayor en un suelo amortiguado, lo cual se asemeja al escenario del aire libre.

En algunas formas de realización de las presentes enseñanzas, este efecto de reflexión de plano de tierra puede utilizarse para determinar un tipo de suelo. Cuando hay una separación adecuada entre un transmisor y un receptor, una reducción en la señal de transmisión directa más allá de un umbral determinado indica que la superficie del suelo que está justo delante de los dispositivos es dura. Un nivel de señal más cercano al escenario del aire libre indica que el suelo es o bien blando (p.ej., alfombra) o no existe (un desnivel). Las presentes enseñanzas también contemplan que la separación entre el emisor y el receptor puede elegirse, como alternativa, al contrario; al separar el emisor y el receptor dentro de las zonas de interferencia de Fresnel impares, una superficie dura aumentará la señal directa recibida por encima de ese nivel de aire libre, y una superficie blanda reducirá la señal directa volviendo al escenario de transmisión en aire libre.

Existen sistemas robóticos que utilizan un sistema SONAR y que disparan impulsos a un ritmo periódico fijo (p.ej., con una separación de 50ms entre trenes de impulsos, o 20 disparos por segundo). Un periodo de disparos fijo puede ser fácil de implementar, pero puede ser beneficioso ajustar este período con el fin de aprovechar el parpadeo periódico para obtener múltiples perfiles de longitud de onda dentro de una media longitud de onda dada. Cuando un vehículo remoto recorre un espacio, puede ser ventajoso tomar mediciones en tantas fases de una media longitud de onda como sea posible, a fin de capturar una con la mejor resolución. En el caso de un entorno complejo (p.ej., cuando hay múltiples objetivos muy cercanos entre sí), múltiples mediciones tomadas de manera muy seguida a lo largo de la trayectoria de una única media longitud de onda pueden revelar de manera ventajosa que en algunas posiciones la energía reflejada distorsiona considerablemente los objetivos, mientras que en algunas posiciones los objetivos pueden resolverse de manera clara y distintiva.

Si el vehículo remoto está en un entorno de este tipo y captura una forma de onda que muestra más claramente diferentes picos de objetivo, puede ser ventajoso planificar disparos adicionales para recibirlos en múltiplos de media longitud de onda de la ubicación de recepción original para maximizar la integridad de la señal, es decir, coordinar el periodo de disparos con la velocidad de la aspiradora robotizada. Por el contrario, si el vehículo remoto se está desplazando a determinadas velocidades fijas, tales como 7,62cm (3 pulgadas) por segundo, todos los disparos y las señales recibidas pueden producirse en la misma fase relativa dentro de la media longitud de onda, de tal manera que los objetivos podrían seguir siendo difusos. También puede producirse una situación en la que formas de ondas muestreadas secuencialmente están muy poco correlacionadas, lo que hace que la detección del umbral sea difícil e incoherente de una muestra a otra. Si la sincronización de los disparos está coordinada con la velocidad de la aspiradora robotizada, el parpadeo periódico puede minimizarse o al menos aprovecharse para mejorar la resolución del objetivo.

Las presentes enseñanzas contemplan proporcionar un sistema SONAR de vehículo remoto con un coste y complejidad minimizados y que tiene una buena cobertura para detectar una variedad de objetivos de manera coherente. Las presentes enseñanzas contemplan ofrecer una guía de ondas configurada de manera apropiada (también denominada bocina), que se extiende hacia fuera desde emisores y receptores SONAR para dirigir señales desde los emisores hasta los receptores, donde la guía de ondas mejora la resolución de objetivo global y reduce el número de "zonas muertas" en las que los objetivos no son fáciles de resolver. Las guías de ondas pueden utilizarse en un sistema SONAR para la navegación de un sistema de aspiradora robotizada, proporcionando amplia cobertura horizontal y una cobertura vertical controlada según sea apropiado para una aspiradora robotizada. Dada la relación de aspecto de las aspiradoras robotizadas típicas, una guía de ondas puede reducir los reflejos de plano de tierra de

campo cercano para reducir el efecto de la interferencia de Fresnel en el campo cercano, a expensas de agravar, posiblemente, el efecto a mayores distancias aún dentro del alcance de detección del objetivo deseado. Sin embargo, puede obtenerse una cobertura óptima de un sistema SONAR a través de la colocación juiciosa de transmisores y receptores SONAR en la aspiradora robotizada de manera que para cualquier ubicación de objetivo dada en el campo de detección deseado haya un par transmisor-receptor que tenga esa ubicación objetivo situada dentro de una zona de interferencia de Fresnel impar (constructiva, en fase). En general, un mayor número de dispositivos de emisión y recepción utilizados en el sistema SONAR puede proporcionar una mayor cobertura solapada a fin de reducir las zonas muertas de interferencia de Fresnel.

Transductores ultrasónicos electroacústicos: Según diversas formas de realización de las presentes enseñanzas, varios tipos diferentes de transductores pueden utilizarse en un sistema SONAR ultrasónico. A continuación se incluye una lista parcial de dispositivos transductores que se contemplan para su uso según las presentes enseñanzas:

- PZT de tipo abierto: Un bimorfo piezocerámico de cristal de plomo está montado dentro de un pequeño alojamiento abierto (p.ej., de 10mm de diámetro, aunque diseños más grandes están disponibles). Para aumentar el rendimiento, el bimorfo está acoplado a un radiador de cono de aluminio, que resuena de una manera mínimamente amortiguada, similar a un diafragma de papel como los utilizados en altavoces de automoción. El ensamblado radiante está cubierto por una malla de plástico o metal integrada. Un transductor PZT de tipo abierto es relativamente económico, es distribuido comercialmente por múltiples proveedores y es un transductor de alto factor Q, que es muy eficiente/sensible en resonancia a la vez que rechaza de manera natural señales fuera de banda (es decir, este transductor es, en cierto modo, inmune al ruido ambiental). Sin embargo, un transductor PZT de tipo abierto está muy expuesto a suciedad y residuos que pueden hacer que la señal se atenúe, incluso con una pequeña cantidad de material mojado y pegajoso en contacto con el radiador, reduciendo la salida del dispositivo en al menos 10 dB. Tales dispositivos expuestos al máximo pueden suponer un problema para la certificación de seguridad, dependiendo de la intensidad y del diseño de la malla protectora que cubre los dispositivos. La naturaleza de alto factor Q de los transductores PZT de tipo abierto hace que los transductores se muevan formando un anillo en el tiempo, desdibujando la señal recibida y oscureciendo los objetivos. Además, los transductores PZT de tipo abierto no pueden utilizarse fácilmente fuera de la estrecha banda de frecuencias de funcionamiento. Por último, muchos transductores PZT de tipo abierto contienen plomo, cuyo uso puede estar prohibido en las aspiradoras robotizadas.
- PZT de tipo cerrado: Un bimorfo piezocerámico de cristal de plomo está montado en la parte inferior de un alojamiento de aluminio (normalmente con un diámetro de 14mm o mayor). El alojamiento está adaptado (normalmente a través de micromecanizado) de modo que la resonancia del sistema se ajusta a una frecuencia específica. Un transductor PZT de tipo cerrado está mejor protegido contra la suciedad que el de diseño de tipo abierto, puede limpiarse sin riesgo de sufrir daños y puede tener una estructura interna asimétrica, de manera que tiene patrones de radiación intrínsecamente diferentes a lo largo de ejes opuestos, permitiendo controlar más la radiación de sonido sin la necesidad de una bocina directiva. Sin embargo, un transductor PZT de tipo cerrado tiene una eficiencia/sensibilidad reducida en comparación con los dispositivos de tipo abierto (unos 15 dB de media) y, generalmente, es más caro que un transductor PZT de tipo abierto. Muchos transductores PZT de tipo cerrado contienen plomo, cuyo uso puede estar prohibido en las aspiradoras robotizadas.
- Películas piezoeléctricas: los polímeros dipolares (p.ej., PVDF) han demostrado tener propiedades de tipo piezoeléctrico, aunque con baja eficiencia en comparación con los dispositivos PZT. Se han fabricado láminas poliméricas que tienen pequeños huecos aplanados que pueden estar expuestos a descargas de barrera dieléctrica de tal forma que la disrupción de Paschen generada por la descarga coronal da como resultado cargas que permanecen en las superficies de los huecos internos Cuando están expuestas a un campo eléctrico variable, las superficies dentro de los huecos se atraen y se repelen, generando una señal acústica. Las películas piezoeléctricas tienen un bajo factor Q y, por lo tanto, pueden utilizarse en una amplia gama de frecuencias (permitiendo el uso de transmisiones codificadas) y generalmente tienen un tiempo de respuesta mucho más rápido que los componentes piezocerámicos (proporcionando una resolución más detallada de los objetivos). La forma de la película piezoeléctrica puede moldearse, de tal manera que la forma del dispositivo puede optimizarse para una aplicación dada. Además, las películas son delgadas (p.ej., de aproximadamente 1mm o menos para un ensamblado de sensor completo), lo que permite una fácil integración con un mínimo volumen ocupado por toda la disposición. La mayoría de películas piezoeléctricas no tienen plomo. Sin embargo, los transmisores de película piezoeléctrica pueden tener una impedancia relativamente alta, de modo que requieren mayores tensiones de activación para funcionar (y, por lo tanto, un diseño electrónico más complejo y un mayor coste asociado). Los receptores de película piezoeléctrica tienen una sensibilidad relativamente baja, requiriendo preamplificadores de bajo ruido para proporcionar niveles de señal útiles, por lo que puede ser necesario colocar componentes electrónicos cerca de la película para minimizar la EMI. Además, la naturaleza de banda ancha de las películas piezoeléctricas hace más probable que capten ruido ambiental parásito, de tal forma que pueden necesitarse filtros de paso banda. Además, la tecnología aún se está desarrollando desarrollado, con un número limitado de proveedores para algunos tipos de película.

Según varias formas de realización alternativas de las presentes enseñanzas, también pueden utilizarse transductores, tales como "*super-tweeters*" (altavoces de alta frecuencia) de bobina móvil, y módulos electrostáticos, tales como el dispositivo Polaroid/Senscomp.

Las presentes enseñanzas contemplan varias maneras en las que un sistema SONAR puede configurarse en una aspiradora robotizada, cada una de las cuales tiene varias ventajas e inconvenientes asociados. Ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas contemplan situar el sistema SONAR en una superficie delantera del vehículo remoto y, en el caso de una aspiradora robotizada, en una superficie curva móvil similar a o que incluye diseños existentes de paragolpes delanteros de aspiradora robotizada.

Transductores PZT de tipo abierto empotrados: Según ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas, dispositivos piezocerámicos de tipo abierto están montados de tal manera que sus caras están niveladas con el paragolpes delantero de la aspiradora robotizada. Aparte de las ventajas generales de los dispositivos de tipo abierto (p.ej., bajo coste, múltiples proveedores, alta eficiencia/sensibilidad), en este tipo de ensamblado, la superficie curva relativamente lisa de la aspiradora robotizada puede proporcionar un buen deflector ya que es bastante lisa y sencilla, con un número mínimo de obstáculos que generan difracción y, por tanto, ruido. Este ensamblado también puede proporcionar una profundidad mínima añadida al paragolpes delantero de la aspiradora robotizada. Los transductores PZT de tipo abierto montados a baja altura en la aspiradora robotizada, colocados correctamente, pueden sacar el máximo provecho de los cuatro criterios de separación de dispositivo mencionados anteriormente para maximizar la cancelación de la transmisión de trayectoria directa. Sin embargo, los transductores PZT de tipo abierto empotrados dirigen más energía directamente hacia arriba y hacia abajo, agravando, posiblemente, lecturas de "falso objetivo" en relación con superficies y materiales situados por encima de la aspiradora robotizada. Además, los transductores utilizados según las presentes enseñanzas que están montados cerca del suelo están muy expuestos a suciedad y residuos que pueden hacer que la señal se atenúe. Incluso una pequeña cantidad de material mojado y pegajoso puede reducir la salida del dispositivo en más de 10 dB. Los transductores expuestos al máximo suponen un problema para la certificación de seguridad, dependiendo de la intensidad y del diseño de la malla protectora que cubre los dispositivos.

Dispositivos PZT de tipo abierto montados en bocina: Según ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas, dispositivos piezocerámicos de cara abierta están montados en guías de ondas que están moldeadas de manera solidaria en el plástico del paragolpes delantero de la aspiradora robotizada. Aparte de las ventajas generales de los dispositivos de tipo abierto (p.ej., bajo coste, múltiples proveedores, alta eficiencia/sensibilidad), en este tipo de ensamblado, la naturaleza directiva de las guías de ondas correctamente diseñadas mejora la cobertura (p.ej., sonido directo de haz irradiado con mayor amplitud horizontal y menor amplitud vertical más directamente en un área en la que la aspiradora robotizada se está movimiento). Sin embargo, guías de ondas eficaces pueden añadir profundidad adicional al paragolpes, complicando su diseño. Además, las guías de ondas normalmente reducen la eficiencia/sensibilidad de los dispositivos debido a una abertura reducida en la que está montado el dispositivo. Las guías de ondas pueden reducir, pero no eliminar, la posibilidad de obstrucción debida a desechos y, en función de la geometría de la garganta, la accesibilidad para la certificación de seguridad de producto puede seguir siendo un problema.

Transductores PZT de tipo cerrado empotrados: Según ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas, dispositivos piezocerámicos cerrados (p.ej., un ProWave 400EP14D) pueden estar montados a ras de la cara del paragolpes delantero de aspiradora robotizada. En dicha forma de realización, los transductores están más protegidos y menos expuestos a daños que los transductores PZT de tipo abierto. Los transductores pueden estar orientados para tener una amplia cobertura horizontal y una cobertura vertical controlada (específicas para ciertos modelos asimétricos, tal como el ProWave 400EP14D). Sin embargo, los transductores PZT de tipo cerrado empotrado pueden tener un coste mayor que los transductores PZT de tipo abierto. Una menor eficiencia/sensibilidad requiere el uso de más transductores de tipo cerrado para lograr la cobertura total de los transductores de tipo abierto.

Transductores PZT de flexión de espejo montados en parte trasera: Según ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas, hay disponibles dispositivos PZT de tipo abierto configurados en alojamientos que tienen una abertura de salida inclinada en forma de L. Uno de estos dispositivos, por ejemplo, una pieza ProWave 500MB120, viene como un par transmisor-receptor. Los transductores pueden montarse de tal manera que componentes piezocerámicos radiantes apunten hacia abajo, con una abertura de salida situada hacia fuera / hacia adelante. Los transductores PZT de flexión de espejo montados en la parte trasera pueden proporcionar la eficiencia/sensibilidad de un transductor de tipo abierto. Alojar los transductores en guías de ondas en forma de L, así como montar los transductores para que emitan disparos hacia abajo, puede ofrecer una mejor protección contra los desperdicios. Un sistema de este tipo a modo de ejemplo puede estar diseñado de tal manera que los transductores estén montados en un cuerpo de aspiradora robotizada, con guías de ondas abocinadas diseñadas dentro del paragolpes y acopladas a los transductores. El acoplamiento puede emplear uno de un mecanismo deslizante y un mecanismo plegable para mantener la trayectoria de señal hacia y desde los transceptores incluso cuando el paragolpes está retraído en el cuerpo de la aspiradora robotizada. Tal diseño eliminaría la necesidad de montar los transductores (o componentes electrónicos y cableado asociados) directamente en el paragolpes delantero. Sin embargo, los transductores PZT de flexión de espejo montados en la parte trasera puede ser más caros que los transductores

PZT de tipo abierto estándar, y, actualmente, una variedad limitada de transductores PZT de flexión de espejo montados en la parte trasera es distribuida comercialmente por varios vendedores, aunque esta disposición de montaje podría construirse a partir de dispositivos PZT de tipo abierto estándar.

Disposiciones de películas piezoeléctricas: Según ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas, múltiples tiras moldeables de película piezoeléctrica (p.ej., PVDF o un polipropileno expandido y cargado de Emfit) pueden colocarse sobre la cara del paragolpes de la aspiradora robotizada. De manera ventajosamente, si las tiras son notablemente más largas que anchas, actuarán como radiadores de línea, con una amplia cobertura horizontal y una estrecha cobertura vertical. Además, las disposiciones de películas piezoeléctricas son transceptores naturales (es decir, pueden enviar y recibir) y pueden estar configuradas, utilizando retardos apropiados, como una disposición orientada. Disposiciones de películas piezoeléctricas son dispositivos de bajo factor Q que permiten el uso de transmisión de señales de banda ancha (lo que permite transmisiones codificadas) y generalmente tienen un tiempo de respuesta mucho más rápido que los componentes piezocerámicos, proporcionando una mejor resolución temporal de los objetivos. Sin embargo, las disposiciones de películas piezoeléctricas pueden tener un mayor coste electrónico para activar sus transmisores capacitivos y de alta impedancia, y pueden requerir un preamplificador para aumentar y resolver los bajos niveles de señal de los receptores. Además, la accesibilidad para la certificación de seguridad y la protección de los dispositivos contra daños por contacto tendría que considerarse antes de su producción, aunque la flexibilidad y configurabilidad de las películas permite esquemas de montaje tales como alojar la disposición de películas en el paragolpes, permitiendo cierta protección contra el contacto.

Según ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas, un sistema SONAR podría configurarse mediante una combinación de los elementos antes mencionados.

En formas de realización de las presentes enseñanzas que utilizan dispositivos PZT de tipo abierto con concentración y dirección de señal creadas con el uso de una guía de ondas, pueden utilizarse varios tipos diferentes de guías de ondas. Uno de los retos es que la salida de los dispositivos PZT en el campo cercano puede ser algo caótica y no colimada. Esta zona de campo cercano es conocida como la zona de Fresnel, que no debe confundirse con la zona de interferencia de Fresnel descrita anteriormente. El campo lejano equivalente en el que la onda emanada se propaga con normalidad y de manera más coherente desde el transductor se conoce como la zona de Fraunhofer. Puesto que la radiación inicial en la guía de ondas está en esta zona de Fresnel, algunos tipos de guía de ondas (p.ej., guía de ondas compuestas, donde la apertura se reduce inicialmente en un eje antes de volver a expandirse) no funcionarán de la manera prevista, por ejemplo cuando los componentes de reflexión dentro de la garganta de la guía de ondas genera nulos en algunos ángulos de radiación y, por lo tanto, una cobertura poco uniforme.

Las aspiradoras robotizadas existentes que utilizan SONAR tienen cinco dispositivos piezocerámicos (p.ej., dos emisores y tres receptores) montados en guías de ondas simples y simétricas. La geometría de cada una de las guías de ondas de los emisores y los receptores son idénticas e incluyen, por ejemplo, una guía de ondas de 10 mm de diámetro que está empotrada en una placa que tiene una ranura oval orientada verticalmente (p.ej., con 1,4 mm de ancho y 2,8 mm de alto), que presenta un abocinamiento recto hacia su abertura (p.ej., una salida de 2,4 mm de ancho y 4,8 mm de alto, con un abocinamiento continuo hasta alcanzar sin interrupciones el deflector delantero curvo). Las guías de ondas existente no controlan ni dirigen de manera suficiente un patrón de radiación de los transductores. La FIG. 1 proporciona una comparación normalizada de una salida de transmisor medida de sistemas SONAR existentes. Como puede verse, la forma general del patrón de radiación es similar. La principal ventaja que ofrece la guía de ondas es una leve reducción en una salida fuera de eje (>70°) en el plano vertical. Por lo tanto, una guía de ondas ovalada puede no afectar significativamente al patrón de radiación del emisor SONAR.

En cuanto a los transmisores SONAR, la apertura inicial en la que el emisor emite disparos determina en gran medida el patrón de radiación global del emisor, de manera muy similar en que una ranura de difracción determinaría el patrón de radiación global. La orientación vertical de las ranuras ovaladas de emisores SONAR de vehículos remotos existentes proporciona un comportamiento similar a un radiador de línea vertical, por ejemplo creando una dispersión vertical más controlada y una dispersión horizontal un poco más amplia. La pequeña zona de ranuras ovaladas de emisores SONAR de vehículos remotos existentes (p.ej., 1,4mm por 2,8mm) en comparación con el área total del dispositivo de radiación (p.ej., un diámetro de 10mm) atenúa la señal de salida global proporcionalmente. Sería ventajoso mantener un perfil de apertura vertical global para un mejor control vertical, mientras se maximiza el tamaño de la ranura para evitar atenuar la salida del dispositivo innecesariamente.

Según ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas, una ranura vertical rectangular para un transmisor SONAR (p.ej., de aproximadamente 8,2mm de alto por 3,2mm de ancho) pueden proporcionar una considerable atenuación vertical fuera de eje. Para dirigir adicionalmente la onda emanada, pueden utilizarse paredes laterales abocinadas. El abocinamiento de las paredes laterales puede empezar, por ejemplo, de manera perpendicular a la cara del dispositivo y continuar la expansión de una manera casi hiperbólica. Si la tasa de expansión de abocinamiento de las paredes hacia los lados es mayor que la de las paredes por encima y por debajo del dispositivo, una boca de guía de ondas rectangular (que en la presente forma de realización es más ancha que alta) puede proporcionar una cobertura horizontal más amplia y una cobertura vertical más estrecha. Un diseño de un sistema SONAR según las presentes enseñanzas minimiza las rebabas u otros bordes o salientes afilados en o

cerca de la guía de ondas, ya que tales rebabas o bordes afilados pueden hacer que las ondas sonoras se difracten y vuelvan a irradiarse desde tales obstáculos, actuando como una nueva fuente retardada, lo que agrava la interferencia multitrayectoria.

En una forma de realización a modo de ejemplo de las presentes enseñanzas, una guía de ondas tiene una altura de boca de 17mm, un ancho de boca de 38mm y una profundidad de boca de 15mm. Los datos de la salida de emisor medida de tal forma de realización a modo de ejemplo se muestran en la FIG. 2. Los expertos en la técnica apreciarán que los parámetros de guía de ondas pueden ajustarse hasta cierto punto si fuera necesario sin afectar significativamente a la forma general del patrón de radiación.

El gráfico de la salida de emisor de la FIG. 2 muestra un haz vertical controlado más estrecho obtenido mediante el uso de una guía de ondas según las presentes enseñanzas, que muestra que una guía de ondas según las presentes enseñanzas puede, efectivamente, dirigir una señal SONAR emitida. Es posible estrechar este haz aún más, aunque se necesitaría una profundidad de guía de ondas adicional para alcanzar este objetivo sin crear lóbulos fuera de eje. Tal aumento en la profundidad de guía de ondas puede complicar el diseño del sistema SONAR, particularmente en formas de realización que incorporan el sistema SONAR en un paragolpes delantero de una aspiradora robotizada. En cuanto a la cobertura horizontal, el anterior diseño de guía de ondas abocinada solo puede proporcionar una cobertura ligeramente más ancha que un dispositivo PZT empotrado / al aire libre.

Las presentes enseñanzas contemplan el uso de desviadores opcionales colocados en el centro de la salida de la boca de guía de ondas para lograr una cobertura horizontal incluso más ancha, a expensas de nulos fuera de eje en la cobertura generada. Cuanto mayor sea el diámetro de los desviadores, más amplia será la cobertura horizontal lograda, pero también más profundos serán los nulos en la respuesta polar horizontal.

En cuanto a los objetivos, en el mundo real, hay muchos tipos de objetos y superficies con los que podría encontrarse un sistema SONAR, con una reflectividad variada y "perfiles" de reflexión de objetivo asociados. Por lo general, un objeto más duro y más plano creará una reflexión más intensa de señales emitidas. Además, un objeto que presenta una orientación que es paralela a una cara del transceptor SONAR creará una mayor reflexión. En algunos casos, pequeños obstáculos con algunas de estas características pueden presentarse como objetivos difíciles. Una superficie de borde bajo, como el lateral de una baldosa ligeramente elevada, si es abordada perpendicularmente por un vehículo remoto, puede devolver un reflejo muy intenso; sin embargo, si es abordada de manera oblicua, el reflejo puede ser mínimo. Asimismo, un vástago cuadrado, tal como la pata de una mesa o una silla, cuando está orientado en paralelo a las caras de los transmisores y receptores del sistema SONAR, devuelve un fuerte reflejo, pero un borde inclinado de un vástago cuadrado está enfrentado a los dispositivos, donde casi toda la señal reflejada se redirige como dispersión, con muy poco o ningún reflejo devuelto al receptor. Un borde inclinado, por tanto, puede no ser detectado por un sistema SONAR y, de este modo, puede no puede ser identificado por el vehículo remoto como un objetivo. Un desafío para un sistema SONAR es cómo iluminar adecuadamente esos difíciles objetivos.

Para detectar y resolver mejor objetivos difíciles tales como patas en ángulo de una mesa/silla como se ha descrito anteriormente, las presentes enseñanzas contemplan usar paralaje, dirigiendo sonido hacia el objetivo desde ángulos amplios y variados. El paralaje es un desplazamiento o diferencia aparentes en la posición aparente de un objeto visto a lo largo de dos líneas visuales diferentes, y se mide por el ángulo o semiángulo de inclinación entre esas dos líneas. Los elementos SONAR montados en los bordes exteriores del sistema SONAR (p.ej., en los bordes exteriores de un paragolpes de una aspiradora robotizada) pueden ayudar a proporcionar esos diversos ángulos. En cuanto a los elementos de un sistema SONAR situados en el borde posterior del sistema SONAR (p.ej., en el borde posterior del paragolpes de una aspiradora robotizada), puede ser ventajoso montar el transmisor de modo que proyecte su salida de ultrasonidos hacia adelante y no hacia fuera para cubrir mejor el área en la que la aspiradora robotizada se está moviendo, dirigiendo el sonido hacia objetivos difíciles en la trayectoria del vehículo remoto desde el mayor ángulo oblicuo posible mientras aún está contenido en el vehículo remoto. Montar el transmisor SONAR en una guía de ondas que está orientada generalmente hacia adelante permite cierta cantidad de protección para el transmisor, al tiempo que se dirige el sonido emitido más hacia el área de cobertura deseada, aunque la homogeneidad de la cobertura puede verse comprometida debido a reflexiones dentro de la garganta de la guía de ondas que pueden producirse a partir de reflexiones en una garganta fuera de eje.

La FIG. 3 muestra una salida de emisor SONAR medida cuando una guía de ondas asimétrica se utiliza en un lado de un paragolpes de una aspiradora robotizada, que presenta aberturas circulares en las que está montado el dispositivo, de modo que el haz de cobertura vertical del emisor es todavía algo grande. Como puede observarse, el montaje empotrado proporciona un haz ancho que se extiende desde el lateral del paragolpes de la aspiradora robotizada. La bocina lateral asimétrica a 50º proporciona un haz más dirigido hacia una parte delantera de la aspiradora robotizada (p.ej., entre 310° aproximadamente y 330° aproximadamente con un pequeño dedo a 285° aproximadamente). La bocina lateral asimétrica a 75º proporciona un haz incluso más dirigido hacia más adelante de una parte delantera de la aspiradora robotizada (p.ej., entre 340° aproximadamente y 350° aproximadamente). Elementos del diseño de la guía de ondas pueden estar configurados para lograr un mayor control de haz. Por ejemplo, en una forma de realización a modo de ejemplo, una guía de ondas para su uso según las presentes enseñanzas puede tener una carga de ranura vertical (es decir, la creación de una ranura vertical en la abertura

usada para conectar el transmisor a la guía de ondas) y un abocinamiento vertical controlado del diseño de guía de ondas abocinada, con un abocinamiento horizontal asimétrico de las partes laterales de la guía de ondas, que puede proporcionar una cobertura horizontal controlada, pero amplia, orientada 30º aproximadamente hacia delante, con un estricto control vertical (aunque con algunos lóbulos laterales verticales), como se muestra en el gráfico de salida de emisor medida de la FIG. 4.

En función de su capacidad para dirigir el sonido hacia un área en la que el vehículo remoto se está moviendo, bocinas asimétricas pueden proporcionar vehículos remotos de detección SONAR mejorada.

En función de las enseñanzas anteriores, si la finalidad es simplemente determinar la distancia al obstáculo más cercano, entonces una configuración de dispositivos PZT de tipo abierto, algunos de los cuales presentan bocinas, puede ser una opción preferida. Al menos pueden utilizarse cinco emisores y receptores, aunque siete (o más) dispositivos pueden proporcionar una cobertura más completa, con un número mínimo de "zonas muertas" debidas a objetivos que están en zonas de interferencia de Fresnel destructivas. Sin embargo, si se desea un sistema de correlación en el que la posición de múltiples objetivos debe resolverse de manera más precisa, puede utilizarse una forma de realización que incluye una disposición como la que usa películas piezoeléctricas.

La FIG. 5 es una vista en perspectiva de una forma de realización a modo de ejemplo de una aspiradora robotizada que presenta un sistema SONAR según las presentes enseñanzas. Como se muestra, una aspiradora robotizada 100 incluye un alojamiento H que presenta una pluralidad de elementos SONAR (p.ej., emisores SONAR y receptores SONAR), ubicados a lo largo de aproximadamente la mitad delantera del mismo. En la forma de realización ilustrada, los elementos SONAR incluyen un emisor 110, un receptor 120, un receptor 130, un emisor 140 que está ubicado de manera central entre los elementos SONAR, un receptor 150, un receptor 160 (no totalmente visible en la FIG. 5), y un emisor 170 (no visible en la FIG. 5). Las presentes enseñanzas contemplan usar un número mayor o menor que los siete elementos SONAR ilustrados, así como varias disposiciones de emisores y receptores.

En varias formas de realización de las presentes enseñanzas, cada emisor incluye un elemento de emisión tal como, por ejemplo, un emisor ultrasónico y paredes arqueadas que crean una guía de ondas que se extiende desde el elemento de emisión hasta una superficie exterior de la aspiradora robotizada. Las paredes arqueadas dirigen la emisión ultrasónica hacia un área específica del entorno de la aspiradora robotizada. En varias formas de realización, cada receptor incluye un elemento receptor tal como, por ejemplo, un sensor de ultrasonidos y paredes arqueadas que crean una guía de ondas que se extiende desde el elemento receptor hasta una superficie exterior de la aspiradora robotizada. Las paredes arqueadas dirigen ondas entrantes desde el entorno de la aspiradora robotizada hacia el elemento receptor. Más detalles acerca de los emisores y receptores se muestran y describen más adelante con respecto a las FIG. 7 a 9.

En la forma de realización ilustrada de la FIG. 5, las guías de ondas de los emisores 110 y 170 situados más atrás (el emisor trasero 170 no se muestra, pero puede ser una imagen especular del emisor trasero 110) son asimétricas, lo que les permite dirigir el sonido del emisor de manera adecuada para iluminar los objetivos difíciles en un entorno pertinente de la aspiradora robotizada 100, ya que el sonido de los emisores 110, 140 y 170 estará orientado desde diversos ángulos hacia objetivos difíciles en el entorno pertinente de la aspiradora robotizada 100. Guías de ondas asimétricas pueden denominarse "bocinas de orientación", ya que pueden proporcionar a una aspiradora robotizada una orientación mejorada en un entorno típico.

En algunas formas de realización de las presentes enseñanzas, sólo los emisores 110, 170 situados más atrás en el sistema SONAR tienen guías de ondas asimétricas. En otras formas de realización que incluyen más que los tres emisores 110, 140, 170 de la FIG. 5, los emisores no centrales adicionales pueden tener guías de ondas asimétricas para lograr una cobertura SONAR deseablemente amplia y precisa de un entorno pertinente de la aspiradora robotizada 100.

En diversas formas de realización de las presentes enseñanzas, al menos un receptor del sistema SONAR puede tener una guía de ondas asimétrica, lo que puede permitir que el receptor bloquee ruidos indeseables tal como una emisión directa desde un emisor cercano y dirija mejor el sonido hacia un sensor de recepción central.

En la forma de realización ilustrada de la FIG. 5, los emisores y receptores están ubicados en un paragolpes B de una aspiradora robotizada redonda, aunque las presentes enseñanzas contemplan usar el sistema SONAR en aspiradoras robotizadas que no tengan paragolpes y que no sean redondas y, por lo tanto, los emisores y receptores están ubicados en una parte delantera del alojamiento y, opcionalmente, al menos parcialmente a lo largo de los lados del alojamiento.

La FIG. 6 ilustra una aspiradora robotizada 200 que incluye otra forma de realización a modo de ejemplo de un sistema SONAR según las presentes enseñanzas. La aspiradora robotizada 200 presenta una parte delantera cuadrada en vez de la parte delantera redondeada ilustrada en la forma de realización de la FIG. 5. Como se muestra, la aspiradora robotizada 200 incluye un alojamiento que presenta una pluralidad de elementos SONAR (p.ej., emisores SONAR y receptores SONAR), ubicados a lo largo de una superficie delantera del mismo y al menos

parcialmente a lo largo de los lados del mismo. En la forma de realización ilustrada, los elementos SONAR incluyen un receptor 210 (no visible), un emisor 220 (sólo visible desde la parte trasera), un receptor 230, un emisor 240, un receptor 250 que está ubicado de manera central entre los elementos SONAR, un emisor 260, un receptor 270, un emisor 280 (sólo visible desde la parte trasera) y un receptor 290 (solo visible desde la parte trasera). Las presentes enseñanzas contemplan usar un número mayor o menor que los nueve elementos SONAR ilustrados, y una variedad de disposiciones de emisores y receptores.

En varias formas de realización de las presentes enseñanzas, cada emisor incluye un elemento de emisión tal como, por ejemplo, un emisor ultrasónico y una guía de ondas que incluye paredes arqueadas que se extienden desde el elemento de emisión hasta una superficie exterior de la aspiradora robotizada. Las paredes arqueadas dirigen la emisión ultrasónica hacia un área pertinente específica del entorno de la aspiradora robotizada. En varias formas de realización, cada receptor incluye un elemento receptor tal como, por ejemplo, un sensor de ultrasonidos y una guía de ondas que incluye paredes arqueadas que se extienden desde el elemento receptor hasta una superficie exterior de la aspiradora robotizada. Las paredes arqueadas dirigen ondas entrantes desde el entorno de la aspiradora robotizada hacia el elemento receptor. Más detalles acerca de los emisores y receptores se muestran y describen más adelante con respecto a las FIG. 7 a 9.

En la forma de realización ilustrada de la FIG. 6, ninguno de los emisores 220, 240, 260, 280 o de los receptores 210, 230, 250, 270, 290 son asimétricos. Sin embargo, las presentes enseñanzas contemplan la utilización de emisores asimétricos para dirigir el sonido de emisor de manera más adecuada, por ejemplo para iluminar objetivos difíciles y proporcionar una cobertura SONAR deseablemente amplia y precisa. Emisores y receptores asimétricos pueden ser deseables para obtener una cobertura suficiente cuando hay un espacio limitado para los emisores y receptores, y/o para disminuir/eliminar puntos ciegos de SONAR tales como, por ejemplo, cualquier punto ciego que pueda existir debido a las esquinas delanteras cuadradas del alojamiento de la aspiradora robotizada ilustrado en la FIG. 6. Las presentes enseñanzas contemplan utilizar el sistema SONAR en aspiradoras robotizadas que presentan diversas formas y tamaños de alojamiento, y utilizar el sistema SONAR en superficies laterales y/o traseras de aspiradoras robotizadas que requieren detección de objetos en los laterales y/o en la parte trasera (p.ej., si la aspiradora robotizada puede moverse hacia los lados y/o hacia atrás y, por tanto, debe evitar obstáculos situados a los lados y/o en su parte trasera). La forma de las guías de ondas para los emisores y receptores puede optimizarse según las presentes enseñanzas para proporcionar una detección adecuada de obstáculos (objetivos) en el entorno pertinente del vehículo remoto.

En diversas formas de realización de las presentes enseñanzas, algunos de los receptores también pueden ser asimétricos, lo que puede permitir que el receptor bloquee ruidos indeseables, tal como una emisión directa desde un emisor cercano, y dirija mejor el sonido hacia un sensor de recepción central. Los emisores 220, 240, 260, 280 y los receptores 210, 230, 250, 270, 290 están preferiblemente situados en el alojamiento de la aspiradora robotizada, que además aloja varios elementos conocidos de una aspiradora robotizada, tales como su controlador, motor(es), impulsor de aspiradora, cepillo(s), ruedas y recogedor de polvo/suciedad.

La FIG. 7 es una vista lateral parcial de un alojamiento de aspiradora robotizada H (para la forma de realización de la FIG. 5, el paragolpes B) que incluye una forma de realización a modo de ejemplo de un sistema SONAR según las presentes enseñanzas, tal como la forma de realización de la FIG. 5. Se muestra el emisor 110 y los receptores 120, 130. La asimetría del emisor 110 puede apreciarse en esta vista lateral parcial.

La FIG. 8 es una vista parcial en sección transversal tomada a lo largo de la línea D-D de la FIG. 7, que muestra dos elementos SONAR. El emisor 110 y el receptor 120 se muestran en sección transversal. La asimetría del emisor 110 puede apreciarse en esta vista en sección transversal. El emisor 110 incluye una pared trasera 400 que presenta una mayor curvatura que una pared delantera 410 del mismo. La pared trasera 400 y la pared delantera 410 se extienden hacia el interior del alojamiento H o parte de paragolpes B del alojamiento H hacia un elemento emisor 420. La profundidad a la que la pared trasera 400 y la pared delantera 410 se extienden hacia el interior del alojamiento H o parte de paragolpes B del alojamiento H, y la curvatura de la pared trasera 400 y de la pared delantera 410 pueden determinar la dirección y la forma de la señal SONAR emitida desde el elemento emisor 420. El receptor adyacente 120 incluye una pared trasera 430 que tiene sustancialmente la misma curvatura que una pared delantera 440 del mismo. La pared trasera 430 y la pared delantera 440 se extienden hacia el interior del alojamiento H o parte de paragolpes B del alojamiento H hacia un elemento receptor 450. La profundidad a la que la pared trasera 430 y la pared delantera 440 se extienden hacia el interior del alojamiento H o parte de paragolpes B del alojamiento H, y la curvatura de la pared trasera 430 y de la pared delantera 440 pueden determinar la dirección desde la que se recibirán las señales. El receptor 120 recibirá probablemente una señal SONAR directamente desde el emisor 110, y puede recibir además un eco desde un objeto en la trayectoria de la emisión SONAR desde el emisor 110.

La FIG. 9 es una vista parcial en sección transversal tomada a lo largo de la línea F-F de la FIG. 8, que muestra el emisor SONAR 110 en la sección transversal. La vista del emisor incluye la pared trasera 400 y el elemento emisor 420. También se muestra una pared superior 500 y una pared inferior opuesta 510 del emisor 110. Como se indicó anteriormente con respecto a las paredes 400 y 410, la profundidad y la curvatura de las paredes 500, 510 puede determinar la dirección y la forma de la señal SONAR emitida desde el elemento emisor 420. De hecho, la

profundidad y la forma de la pared inferior 510 puede determinar la cantidad de ruido causado por señales SONAR emitidas que hacen contacto y se reflejan desde el suelo sobre el que se está desplazando la aspiradora robotizada. Aunque en el presente documento se hace referencia a las paredes 400, 410, 500, 510 del emisor 110, las presentes enseñanzas contemplan que los emisores y receptores del presente documento comprendan superficies contiguas de curvatura continua de manera que se proporcione una superficie continua y el inicio y el final de paredes individuales pueda no producirse o ser evidente. En ciertas formas de realización, el resto de los emisores y receptores tienen una forma que es similar a o sustancialmente la misma que la forma del receptor 120. "Emisor", tal como se utiliza con respecto a las FIG. 7 a 9, incluye el elemento emisor y la guía de ondas asociada. "Receptor", tal como se utiliza con respecto a las FIG. 7 a 9, incluye el elemento sensor y la guía de ondas asociada.

Aspiradoras robotizadas encontradas en la técnica anterior que utilizan un SONAR con bocinas elipsoides pueden tener una considerable interferencia multitrayectoria desde una superficie sobre la cual se desplaza la aspiradora robotizada. Una aspiradora robotizada que presenta emisores y receptores SONAR como los descritos en el presente documento puede minimizar la interferencia multitrayectoria desde la superficie sobre la cual se desplaza la aspiradora robotizada. La minimización puede lograrse, al menos en parte, abocinando una o más guías de ondas del sistema SONAR para que tengan un mayor abocinamiento en sus paredes laterales (p.ej., la pared trasera y la pared delantera) que en su pared superior y su pared inferior. El mayor abocinamiento de las paredes laterales (p.ej., la pared trasera y la pared delantera) de las guías de ondas del sistema SONAR puede proporcionar a una mayor propagación de detección de objetos en el campo cercano y, por lo tanto, mejora la triangulación y superposición en el campo cercano.

Con respecto a la filtración de las emisiones SONAR directas recibidas por los sensores SONAR (en contraposición a las emisiones reflejadas por los objetivos), formas de realización de las presentes enseñanzas contemplan que se produzcan filtraciones utilizando un umbral que incorpora tanto tiempo como intensidad, donde el valor y la duración del umbral se basan en resultados experimentales para un determinado diseño de aspiradora robotizada. Como se indicó anteriormente, el nivel de señal de transmisión directa entre el emisor y el receptor disminuye en cierto modo de manera regular con el cuadrado de la distancia entre ellos. Durante la duración de tiempo predeterminada, sólo un nivel de intensidad de señal SONAR recibido por encima del umbral se considera indicativo de un obstáculo. Así, las emisiones recibidas por una trayectoria directa son filtradas por un umbral de duración limitada. Al optimizar o modificar la forma de la guía de ondas, las presentes enseñanzas pueden mejorar la fiabilidad del sistema SONAR para una configuración particular de vehículo remoto.

Las presentes enseñanzas contemplan usar un número impar de emisores y un número par de receptores compartidos. En lo que respecta a una aspiradora robotizada que utiliza un sistema SONAR, tal como la forma de realización mostrada en la FIG. 5, puede utilizarse un esquema de emisión/recepción de sistema SONAR como el siguiente: (1) el emisor 110 emite disparos y los receptores 120 y 130 escuchan; (2) después, el emisor 140 emite disparos y los receptores 130 y 150 escuchan (o los emisores 120, 130, 150, 160 escuchan); (3) después, el emisor 170 emite disparos y los receptores 150,160 escuchan. Este patrón a modo de ejemplo puede repetirse mediante el sistema SONAR para detectar obstáculos en un entorno pertinente de la aspiradora robotizada.

Además de detectar obstáculos con el fin de evitar obstáculos, un sistema SONAR según las presentes enseñanzas puede utilizarse, por ejemplo, para proporcionar datos de sensor en relación con el comportamiento de seguimiento de una pared. En lo que respecta al seguimiento de una pared, el emisor 110 puede emitir y los receptores 120 y 130 pueden recibir, de forma repetitiva. El diferencial entre la señal recibida por el receptor 120 y la señal recibida por el receptor 130 puede utilizarse para determinar si la aspiradora robotizada está siguiendo la pared con una separación constante, y también para controlar la dirección de la aspiradora robotizada para mantener una separación constante con la pared. Para realizar la detección (y evitación) de obstáculos durante el seguimiento de una pared, el emisor 140 también pueden emitir disparos y los receptores 130 y 150 pueden escuchar (o los emisores 120, 130, 150, 160 pueden escuchar). Para mejorar la detección (y evitación) de obstáculos durante el seguimiento de una pared, el emisor 170 puede además emitir disparos y los receptores 150 y 160 pueden escuchar.

Varias formas de realización de las presentes enseñanzas contemplan inclinar hacia arriba uno de los emisores y/o receptores del sistema SONAR, o al menos una pared superior de una guía de ondas de los mismos, para detectar peligros que pueden producir bloqueos (p.ej., objetos que cuelgan a baja altura), y/o inclinar hacia abajo uno de los emisores y/o receptores del sistema SONAR, o al menos una pared inferior de una guía de ondas de los mismos, para ayudar a determinar el tipo de suelo, como se ha descrito anteriormente. Las presentes enseñanzas contemplan una forma de realización a modo de ejemplo en la que un receptor o, al menos, una pared superior de un receptor (p.ej., el receptor 150 de la FIG. 5) están ligeramente inclinados hacia arriba, y otro receptor o, al menos, una pared inferior del otro receptor (p.ej., el receptor 160 de la FIG. 5) están ligeramente inclinados hacia abajo. Esta disposición de receptores facilitaría tanto la detección de peligros que pueden producir bloqueos como la detección del tipo de suelo. Conocer el tipo de suelo puede ser útil, por ejemplo, para evitar que un vehículo remoto, tal como un limpiador de suelos robotizado, se dirija hacia una zona enmoquetada. Puesto que los limpiadores de suelos robotizados deben evitar zonas enmoquetadas y desniveles, que absorben señales SONAR emitidas, las presentes enseñanzas contemplan la utilización de un sistema SONAR según las presentes enseñanzas tanto como un sensor de alfombras como un sensor de desniveles para mejorar la navegación de un limpiador de suelos robotizado.

En lo que respecta a formas de realización de las presentes enseñanzas que presentan un emisor y/o receptor SONAR dirigidos hacia arriba, las presentes enseñanzas contemplan usar la información acerca de un objeto elevado para determinar que la aspiradora robotizada está debajo de una mesa o un sofá y que, por lo tanto, puede encontrarse con las patas de una silla y/o más residuos en ciertas áreas. De hecho, el reconocimiento de una mesa o un sofá puede desencadenar un comportamiento adecuado (p.ej., un comportamiento de limpieza) de la aspiradora robotizada específico para el tipo de mueble reconocido.

En lo que respecta a aspiradoras robotizadas que pueden retroceder (es decir, desplazarse en sentido inverso), un sistema SONAR según las presentes enseñanzas puede utilizarse en la parte trasera de la aspiradora robotizada para proporcionar información para evitar obstáculos y detectar desniveles.

Según ciertas formas de realización de las presentes enseñanzas, un sistema SONAR según las presentes enseñanzas puede compartir espacio en una parte delantera de la aspiradora robotizada con una cámara. Los datos procedentes de la cámara pueden utilizarse, por ejemplo, para determinar distancias o para ofrecer videovigilancia. Los datos procedentes de la cámara pueden integrarse con los datos de un sistema SONAR de las presentes enseñanzas, por ejemplo para mejorar los datos utilizados para la detección de obstáculos y la navegación.

Una aspiradora robotizada equipada con un sistema SONAR según las presentes enseñanzas, que limpia siguiendo un patrón de "trenza" en lugar de una cobertura aleatoria, puede utilizar el sistema SONAR para evitar un obstáculo y volver a su patrón de trenza guardando información acerca de dónde está la aspiradora robotizada con respecto al obstáculo cuando el obstáculo pasa a lo largo de los emisores del sistema SONAR, permitiendo que la aspiradora robotizada gire alrededor de un obstáculo y recupere su posición dentro de su patrón de trenza.

Determinadas formas de realización de las presentes enseñanzas ponderan los disparos de los emisores en función de dónde "cree" el sistema, que comprende un controlador, que hay un obstáculo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema SONAR para su uso con un vehículo remoto (100, 200), comprendiendo el sistema SONAR:

al menos un emisor SONAR (110, 140, 170, 220, 240, 260, 280, 420) que presenta una guía de ondas adaptada para guiar un sonido emitido desde el emisor hacia un entorno del vehículo remoto; y
al menos dos receptores SONAR (120, 130, 150, 160, 210, 230, 250, 270, 290, 450), donde cada receptor SONAR presenta una guía de ondas adaptada para recibir sonido reflejado desde un entorno del vehículo remoto,
donde cada guía de ondas del emisor y los receptores comprenden paredes laterales (410, 430, 440), una pared superior (500) y una pared inferior (510),
caracterizado por que una o más guías de ondas del sistema SONAR están abocinadas y presentan un mayor abocinamiento en sus paredes laterales que en su pared superior y su pared inferior.

2. El sistema SONAR según la reivindicación 1, en el que las paredes laterales son una pared trasera (400, 430) y una pared delantera (410, 440), y en el que la curvatura de la pared trasera de la guía de ondas de emisor no es la misma que la curvatura de la pared delantera de la guía de ondas de emisor.

3. El sistema SONAR según la reivindicación 2, en el que la pared trasera tiene una curvatura mayor que la pared delantera.

4. El sistema SONAR según la reivindicación 1 o 2, en el que la curvatura de la pared superior de la guía de ondas de emisor no es la misma que la curvatura de la pared inferior de la guía de ondas de emisor.

5. El sistema SONAR según la reivindicación 1, en el que al menos una de las guías de ondas es asimétrica en torno a su eje vertical.

6. El sistema SONAR según la reivindicación 1, en el que al menos una de las guías de ondas es asimétrica en torno a su eje horizontal.

7. El sistema SONAR según la reivindicación 1, que comprende además transductores PZT de tipo abierto.

8. El sistema SONAR según la reivindicación 1, que comprende además transductores PZT de tipo cerrado.

9. El sistema SONAR según la reivindicación 1, que comprende además transductores PZT de flexión de espejo.

10. El sistema SONAR según la reivindicación 1, que comprende además disposiciones de películas piezoeléctricas dispuestas sobre una cara de un paragolpes (B) del vehículo remoto.

11. El sistema SONAR según la reivindicación 1, en el que la guía de ondas de emisor presenta una boca, y el sistema SONAR comprende además desviadores colocados en el centro de una salida de la boca de la guía de ondas de emisor para aumentar la cobertura de emisión horizontal.

12. El sistema SONAR según la reivindicación 1, en el que el sistema SONAR comprende:

al menos dos de dichos emisores SONAR.

13. El sistema SONAR según la reivindicación 12, en que los emisores están situados en bordes exteriores del vehículo remoto.

14. El sistema SONAR según la reivindicación 12, en el que los emisores no están situados de manera central en el vehículo remoto.

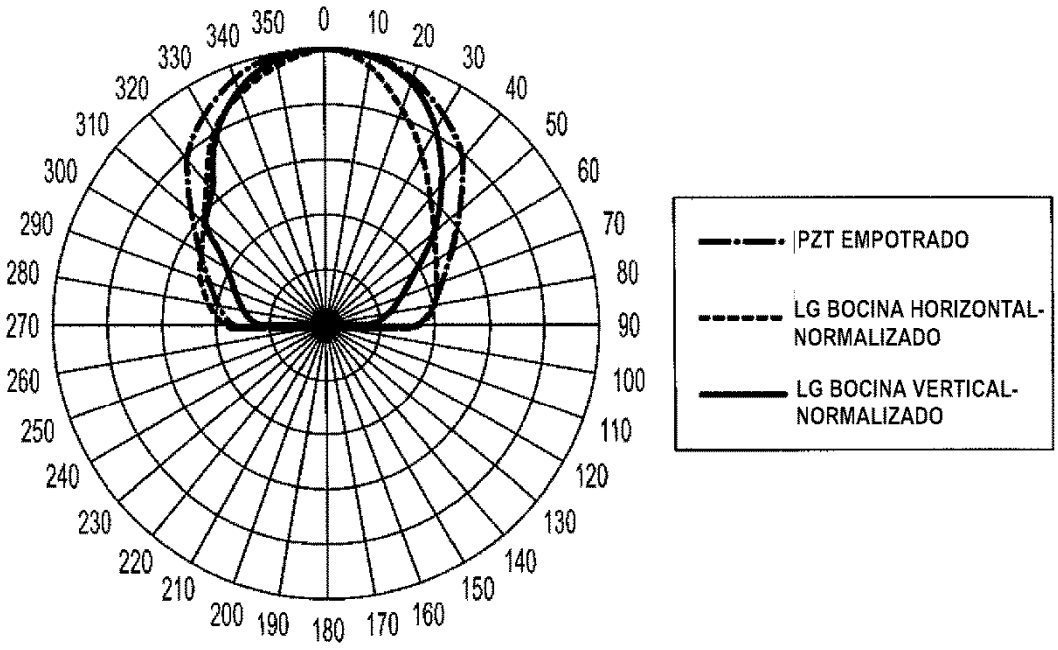
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
150
160
170
180
190
200
210
220
230
240
250
260
270
280
290
300
310
320
330
340
350
PZT EMPOTRADO
LG BOCINA HORIZONTAL-NORMALIZADO
LG BOCINA VERTICAL-NORMALIZADO

FIG. 1

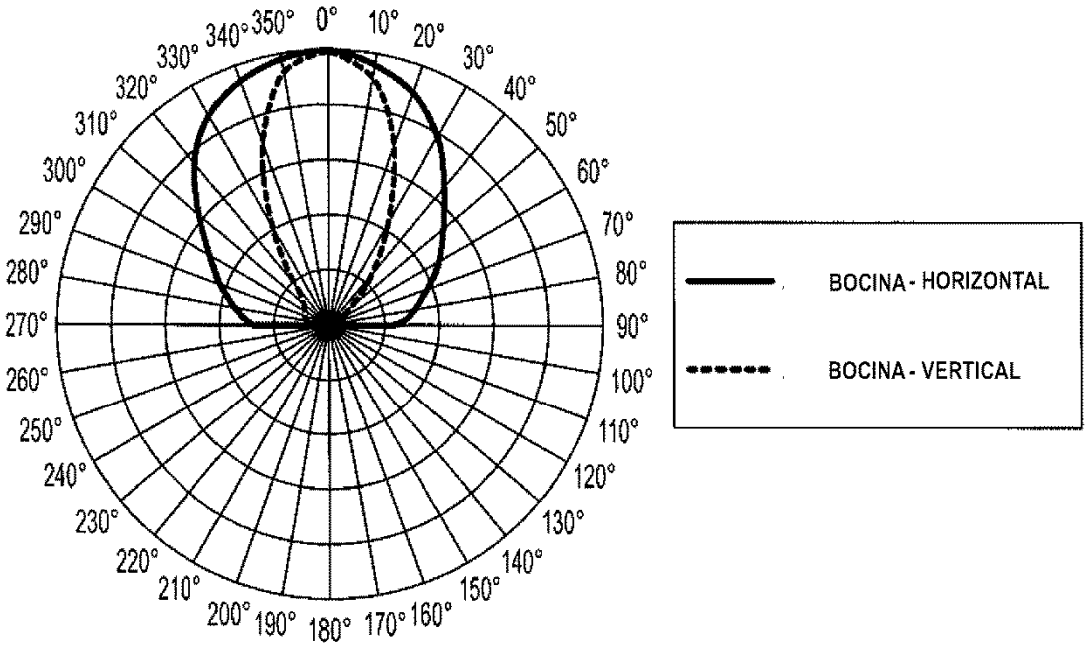
0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°
140°
150°
160°
170°
180°
190°
200°
210°
220°
230°
240°
250°
260°
270°
280°
290°
300°
310°
320°
330°
340°
350°
BOCINA - HORIZONTAL
BOCINA - VERTICAL

FIG. 2

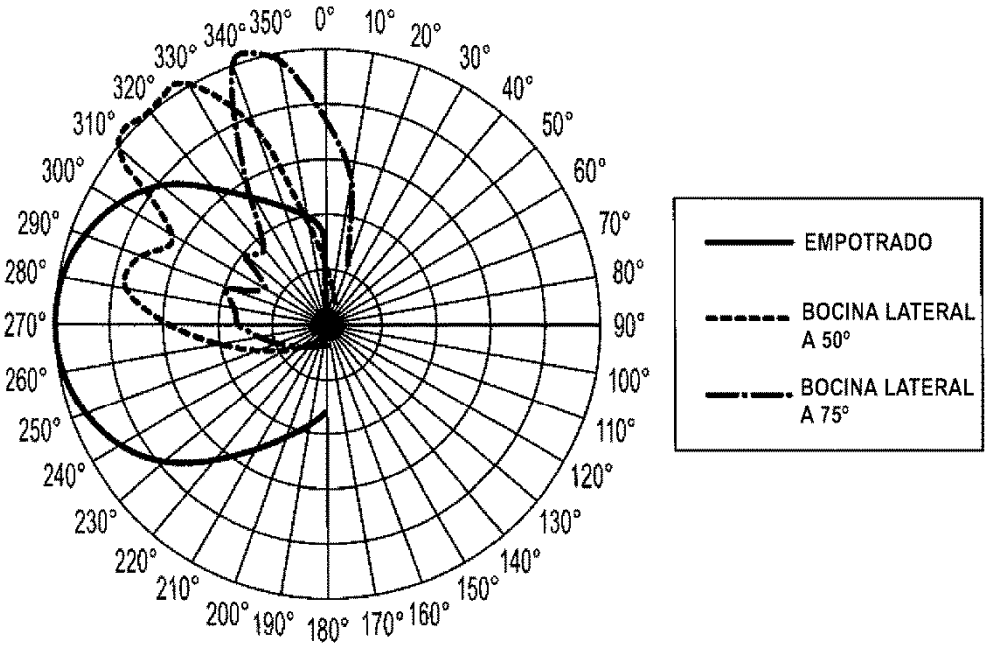
0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°
140°
150°
160°
170°
180°
190°
200°
210°
220°
230°
240°
250°
260°
270°
280°
290°
300°
310°
320°
330°
340°
350°
EMPOTRADO
BOCINA LATERAL A 50°
BOCINA LATERAL A 75°

FIG. 3

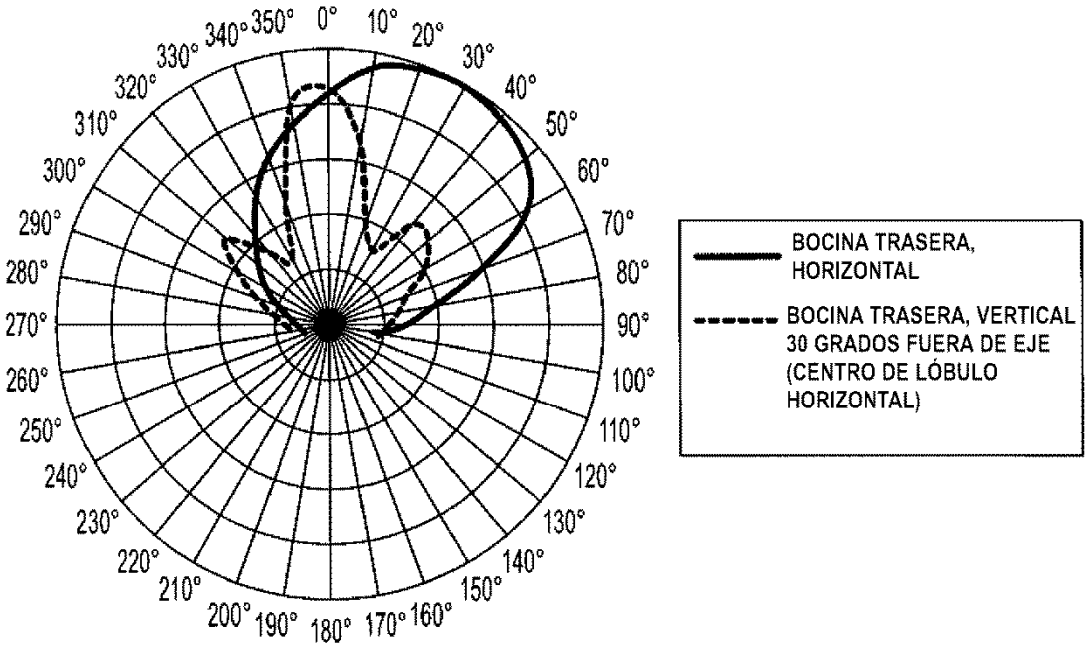
0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°
100°
110°
120°
130°
140°
150°
160°
170°
180°
190°
200°
210°
220°
230°
240°
250°
260°
270°
280°
290°
300°
310°
320°
330°
340°
350°
BOCINA TRASERA, HORIZONTAL
BOCINA TRASERA, VERTICAL 30 GRADOS FUERA DE EJE (CENTRO DE LÓBULO HORIZONTAL)

FIG. 4

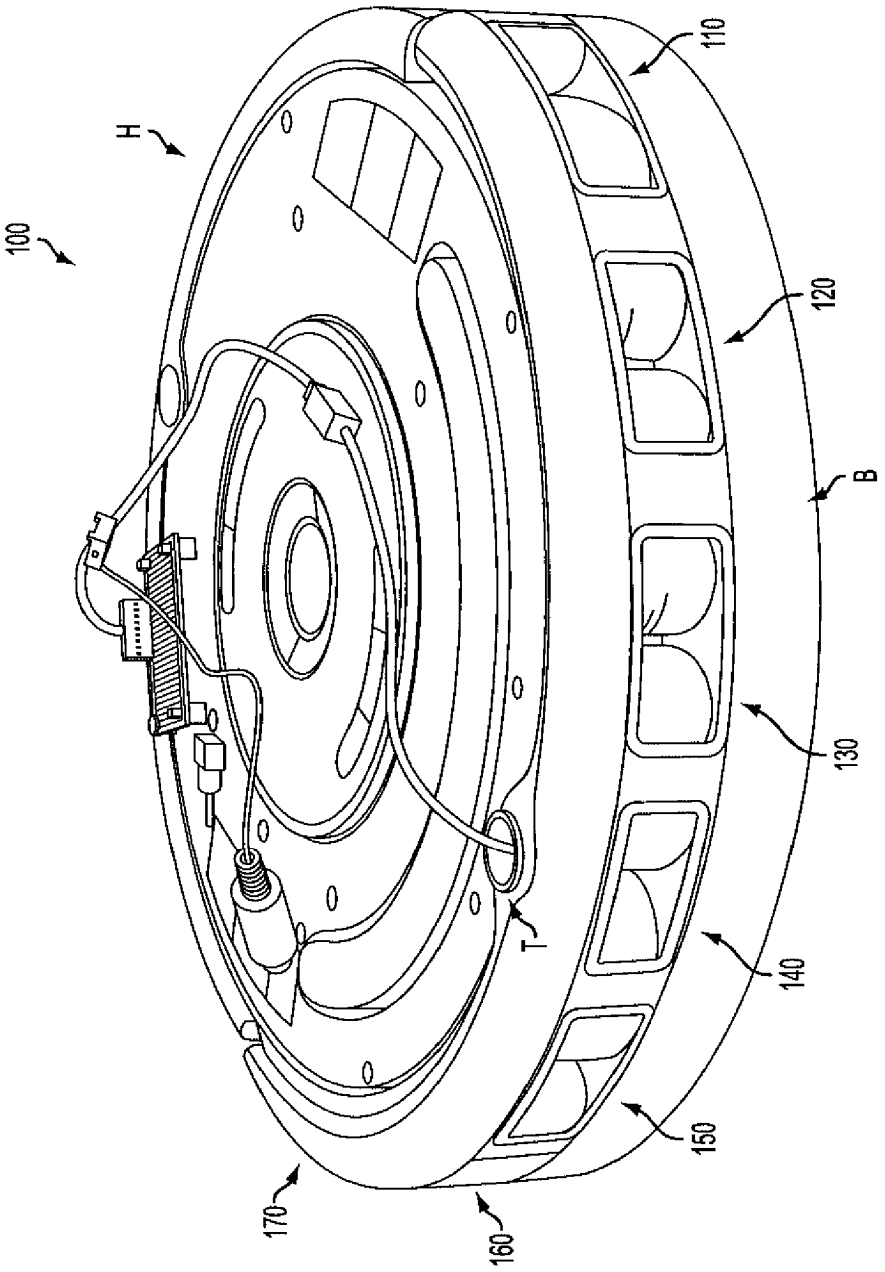

FIG. 5

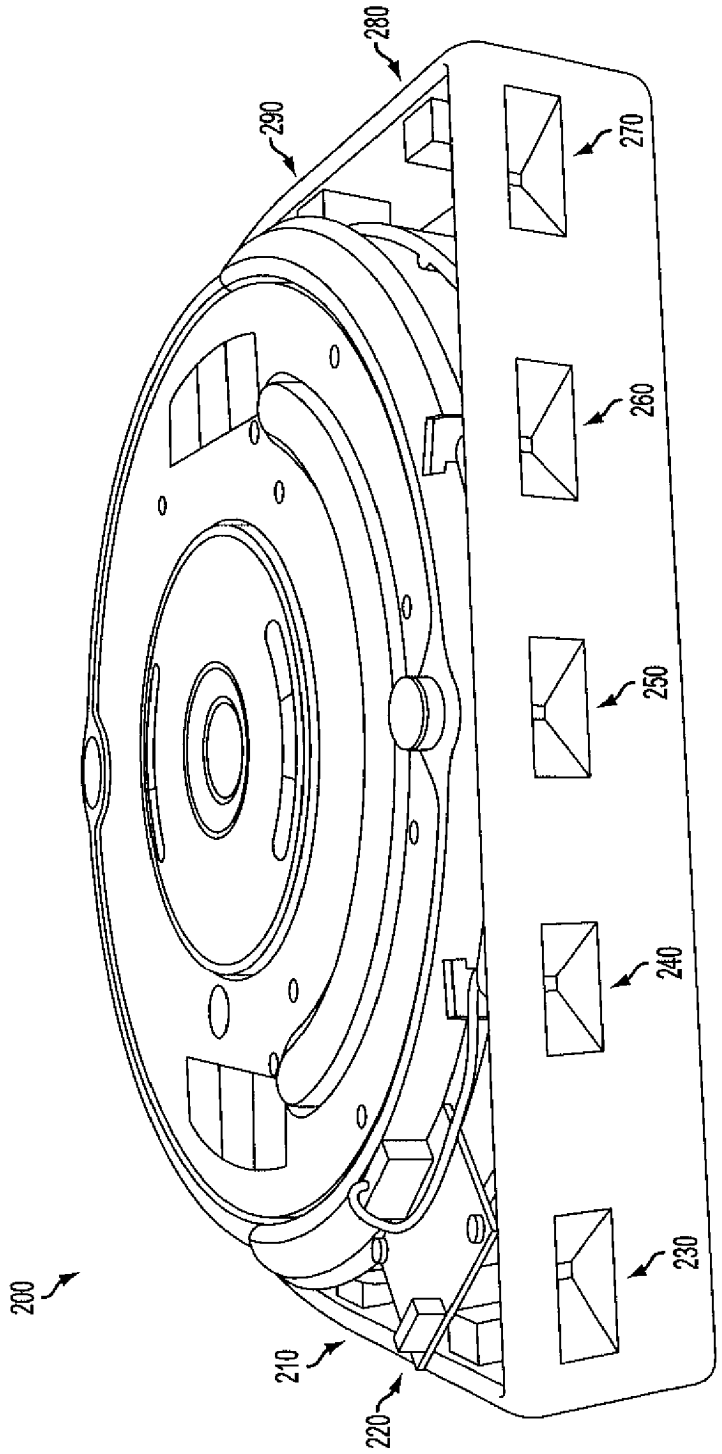

FIG. 6

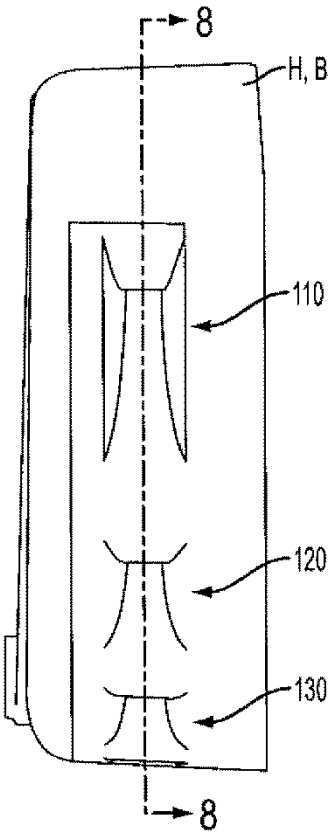

FIG. 7

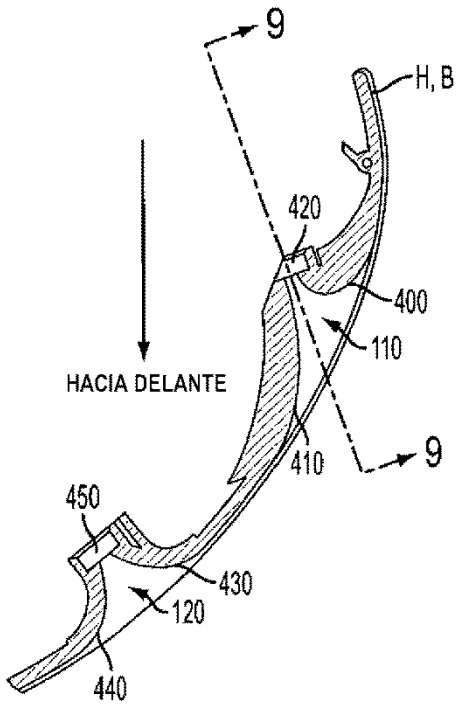

FIG. 8

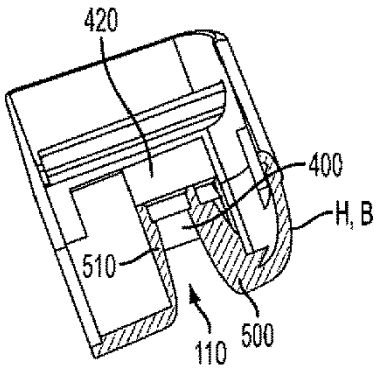

FIG. 9