



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 244 301**

② Número de solicitud: 200302834

⑤ Int. Cl.:
G05D 1/02 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

② Fecha de presentación: **02.12.2003**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.12.2005**

Fecha de la concesión: **18.01.2008**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
26.11.2007

④ Fecha de anuncio de la concesión: **16.02.2008**

④ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.02.2008

⑦ Titular/es: **Universidad de la Laguna
Avda. Molinos de Agua, s/n
38207 La Laguna, Tenerife, ES**

⑦ Inventor/es: **Hernández Alonso, Sergio Elías;
Torres Jorge, Jesús Miguel;
Acosta Sánchez, Leopoldo;
Morales Díaz, Carlos Alberto y
Toledo Carrillo, Jonay Tomás**

⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Dispositivo de bajo coste para la localización de robots autónomos.**

⑤ Resumen:

Dispositivo de bajo coste para la localización de robots autónomos.

La presente invención se refiere a un dispositivo de bajo coste para medir la posición y orientación de robots móviles en interiores. El dispositivo se compone de un emisor localizado en una pared del entorno y un receptor en la parte superior del robot. El emisor es un puntero láser que actúa como un faro giratorio y el receptor es una combinación de fotocélulas que forman un cilindro. La posición del robot y su orientación se obtiene tomando los tiempos en los que la luz del láser impacta en cada una de las fotocélulas. El dispositivo consiste principalmente en tres bloques bien diferenciados: 1) Subsistema emisor que genera la luz láser que se mueve en el plano horizontal. 2) Un subsistema receptor. El cual consiste en un conjunto de sensores agrupados formando un cilindro para cubrir todas las posibles direcciones de impacto de la luz láser. El conjunto de sensores tiene que estar a la misma altura que el emisor para que la luz del láser incida en los sensores. Dentro del cilindro, formado por los sensores, se encuentra la electrónica que identifica las células en las que incide el láser así como el momento y duración de la incidencia del láser en cada célula. 3) Un ordenador portátil sobre el robot hace los cálculos finales y da los datos de localización y orientación.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de bajo coste para la localización de robots autónomos.

Campo de la técnica

Robótica.

Dispositivos de localización de robots.

Introducción

Un robot móvil necesita saber su posición y orientación (ángulo hacia donde se dirige) de cara a poder desplazarse de forma autónoma en espacios interiores, donde los dispositivos de posicionamiento basados en satélite no pueden funcionar al estar fuera de cobertura. Además el robot necesita saber su posición para establecer trayectorias, encontrar objetos y evitar obstáculos. Hay un gran número de dispositivos y métodos actualmente en el mercado para robots móviles en interiores. Varios grupos de investigadores de diferentes universidades llevan años publicando e investigando en este tema dado que no hay un dispositivo perfecto para todas las aplicaciones, ambientes de trabajo, resolución y coste.

Breve descripción de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo de bajo coste para medir la posición y orientación de robots móviles en interiores. El dispositivo se compone de un emisor localizado en una pared del entorno y un receptor en la parte superior del robot. El emisor es un puntero láser que actúa como un faro giratorio y el receptor es una combinación de fotocélulas que forman un cilindro. La posición del robot y su orientación se obtiene tomando los tiempos en los que la luz del láser impacta en cada una de las fotocélulas.

Estado de la técnica

A continuación se recogen una serie de documentos de patente que, por su título parece que podrían afectar a la novedad de la presente invención, pero que como se indica después de su descripción corresponden a conceptos diferentes:

- La patente US2002091466 "Mobile robot and course adjusting method thereof" utiliza una cámara que enfoca permanentemente una marca realizada en el suelo. La imagen capturada se utiliza para determinar la posición del robot con respecto a la marca. Evidentemente no tiene nada que ver con la presente invención.
- En la patente JP2002071313 "Target marker, method for measuring location of object for using the same, and robot system" el dispositivo descrito no es más que un mecanismo para marcar los objetivos de forma que sean fácilmente localizados por el robot. En la presente invención no se utilizan marcas para determinar la localización del robot.
- En la patente EP0806630 "Rotary laser system" de Topcon Corp se describe un mecanismo para tener un láser barriendo el área entre dos puntos. Dichos puntos quedan indicados utilizando reflectores. En la presente invención, el soporte del espejo sobre el que incide la luz del láser cuenta con detectores de fin de carrera con el fin de determinar cuando se debe cambiar

el sentido en el que gira el motor que lo mueve.

- La patente JP6059725 "Location and azimuth measuring device of traveling object" de Sekesui Chem Co. Ltd., describe un sistema de localización basado en tres sensores luminosos situados en los vértices de un triángulo sobre el dispositivo autónomo. En un punto de referencia se sitúa un láser que barre el horizonte a velocidad constante. La medida de los instantes de tiempo por los que el láser pasa por cada uno de los sensores permite determinar la localización y azimut del dispositivo. Para que dichas medidas tengan una referencia la baliza láser emite una señal de radiofrecuencia cada vez que se inicia un barrido. El dispositivo objeto de la presente invención utiliza un sistema receptor formado por un cilindro con un número determinado de sensores luminosos, lo que reduce la necesidad de tres mástiles con sensores luminosos omnidireccionales. Además en esta invención no se requiere una señal de sincronización entre emisor y receptor, aunque si está disponible, puede hacer uso de ella.
- En la patente NL9101077 "Localization method and apparatus" de Stichting Fund Ond Material, el dispositivo está pensado para determinar la posición de incidencia de un láser en una capa fotosensible. No tiene nada que ver con la invención que está pensada para determinar la localización de un robot móvil.
- La patente US5682313 "Method for localization of beacons for an autonomous device" de Electrolux AB, mide los tiempos de vuelo de señales de infrarrojo para determinar la distancia del dispositivo autónomo a las balizas. Se trata por tanto de un sistema de trilateración, mientras que en la presente invención se miden tiempos de barrido de una baliza láser sobre un cilindro de sensores en lo alto del dispositivo autónomo. En ningún momento se utilizan los principios de trilateración y triangulación.
- En la patente US6392744 "Range measurement system" de Analog Technologies Corp, el dispositivo utiliza dos generadores de señales ópticas para proyectar una figura geométrica bidimensional en el objeto a ser medido. El sistema captura una imagen de la figura proyectada para determinar la distancia exacta al objeto. Para ello compara la imagen capturada con la configuración conocida de los dos generadores de señales ópticas. La utilidad de la presente invención es completamente diferente puesto que no se trata de limitarse a medir la distancia a la que se encuentra un objeto, para que el sistema autónomo conozca su posición dentro de un recinto. El sistema descrito no detecta los barridos de

los láseres, ni realiza ninguna medida de tiempo de dicho barrido.

Descripción detallada de la invención

El dispositivo consiste principalmente en tres bloques bien diferenciados:

1. Un sistema emisor que genera la luz láser que se mueve en el plano horizontal.
2. Un sistema receptor. El cual consiste en un conjunto de sensores agrupados formando un cilindro para cubrir todas las posibles direcciones de impacto de la luz láser. El conjunto de sensores tiene que estar a la misma altura que el emisor para que la luz del láser incida en los sensores. Dentro del cilindro, formado por los sensores, se encuentra la electrónica que identifica las células en las que incide el láser así como el momento y duración de la incidencia del láser en cada célula.
3. Un ordenador portátil sobre el robot hace los cálculos finales y da los datos de localización y orientación.

1. Sistema emisor

El sistema emisor es un puntero láser que apunta en la dirección del eje de un motor de continua. El motor gira a velocidad constante y se mueve solidario con un espejo que forma un ángulo de 45° con el eje del motor, de tal forma que al girar el espejo hace que el haz se dirija en todas las direcciones de un mismo plano horizontal.

2. Sistema receptor

Este sistema está dividido a su vez en dos bloques básicos:

a) Bloque sensor

Compuesto por el conjunto de las células fotovoltaicas colocadas en forma de cilindro. El número de células a colocar y el diámetro del cilindro que estas forman puede ser escogido para que el dispositivo cumpla con unas determinadas especificaciones. En su barrido el láser incidirá sobre aquellas células que estén orientadas hacia él. El número de células que registran la luz del láser dependerá de la distancia entre emisor y receptor. El tiempo de exposición de las células al láser disminuye con la distancia emisor-receptor.

b) Electrónica de adquisición

Las salidas analógicas procedentes de las fotocélulas son comparadas con un valor de referencia para determinar que células están activas por el láser y cuales no. Dichos estados son muestreados con una frecuencia lo suficientemente alta como para asegurar que no se va a perder incidencias cortas del láser sobre las células, cuando éstas están lejos del emisor. La precisión con la que se mide el tiempo de incidencia en las células determina la precisión de la medida.

Las células fotovoltaicas tienen dos posibles estados: 1. cuando el láser incide sobre ella, 2. cuando el láser no incide sobre la célula. Cuando el estado de una célula cambia, quiere decir que hay un cambio en la incidencia del láser. En ese instante se recoge el cambio de estado y el tiempo y la célula en la que se produce. Posteriormente estos datos son enviados a un ordenador para los cálculos finales.

Debido a la alta frecuencia a la que se debe realizar el muestreo para garantizar poder detectar todas

las incidencias significativas es necesario introducir algunos "buffers" o almacenadores de memoria intermedios. Esto introduce cierta latencia, en la obtención de datos de localización, que no resulta significativa. En la electrónica se ha añadido una unidad de proceso encargada de proporcionar al ordenador unos datos más elaborados, reduciendo la cantidad de información que es necesario transmitir y eliminando información redundante.

Las interfaces de comunicación disponibles entre la electrónica de adquisición y el ordenador pueden ser las habituales: USB, RS232, Firewire, ECP, EPP, etc.

3. Cálculos en el ordenador

Los datos que utiliza el ordenador para obtener la posición y orientación del robot son: los tiempos absolutos en los que se producen los impactos del láser en cada célula, así como los números de las células impactadas.

Las medidas de la posición se basan en el módulo y argumento de un dispositivo polar donde el emisor láser es el origen de coordenadas. Para el cálculo de la distancia radial se tiene en cuenta que la velocidad de barrido del láser es conocida y constante. Por tanto, se obtiene la distancia radial midiendo el tiempo que transcurre desde que el láser entra y sale del conjunto de sensores.

En este punto existen dos dispositivos alternativos:

a) Primera alternativa

En la primera alternativa no hay sincronismo entre emisor y receptor, por lo que ambos sistemas tienen relojes independientes. En dicha versión el láser rota en las dos direcciones, a favor y en contra de las agujas del reloj. El movimiento por tanto es parecido al de un limpiaparabrisas de un coche. De este movimiento alternante se saca el ángulo azimutal de las coordenadas polares. Si por ejemplo el robot está cercano al final del recorrido del láser en su parte derecha, el conjunto de sensores verá que después de un movimiento del láser de izquierda a derecha, hay un rápido pase de derecha izquierda, t_1 . El barrido de derecha a izquierda, antes del siguiente de izquierda a derecha, tomará más tiempo, t_2 . De igual forma, si el robot está cerca del final en la parte izquierda, el barrido de derecha a izquierda y el barrido de izquierda a derecha (t_2) estarán cercanos en tiempo y los opuestos (t_1) estarán más alejados. La cuantificación de esta propiedad indica el ángulo azimutal en el que se encuentra el robot.

Es importante notar que se distingue t_1 de t_2 según la secuencia de celdas impactadas.

b) Segunda alternativa

En la segunda alternativa existe sincronismo entre emisor y receptor. El emisor emite un pulso de radio frecuencia cada vez que el láser pasa por el ángulo 0. En dicho caso el láser rota en un único sentido, con lo que es más fácil mantener constante la velocidad del motor, pero añadimos la complejidad de la sincronización. El pulso de sincronismo reposiciona el contador de tiempo, de tal forma que cuando el láser impacta en el conjunto de sensores, se registra un tiempo proporcional al ángulo azimutal.

Esta segunda alternativa presenta dos importantes ventajas.

1. El láser puede girar continuamente en la misma dirección, lo cual facilita subir la

velocidad de barrido y, por tanto, el número de medidas por segundo.

2. Varios láseres se pueden situar en la habitación en diferentes puntos para poder tener localización multirobot. De igual forma diferentes emisores pueden situarse en diferentes habitaciones para poder seguir el recorrido del robot en diferentes estancias. En este caso habría que multiplexar en tiempo el barrido de los láseres. De esta forma un robot se localizaría desde que un láser impacte en él. La señal de sincronismo informaría de cual emisor de los existentes es el captado.

3. Orientación

En ambos casos la orientación se toma como el ángulo entre la línea que une el emisor y el centro del receptor, y la normal a la célula que mira hacia el frente del robot. En una primera aproximación se puede medir este ángulo observando la célula que tiene mayor exposición al láser y estableciendo que la normal de dicha célula es igual a la orientación. En ese caso la resolución en la medida de alfa vendrá dada por el número de células del conjunto de sensores. Una resolución más fina se consigue usando la fórmula del centro de masas con los tiempos de exposición de cada célula al láser.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para medir la posición y orientación de robos móviles en interiores **caracterizado** porque la posición del robot y su orientación se obtiene tomando los tiempos en los que la luz del láser impacta en cada una de las fotocélulas para lo que el dispositivo contiene los siguientes tres bloques de componentes:

1. Un sistema emisor que genera la luz láser que se mueve en el plano horizontal.
2. Un sistema receptor. El cual consiste en un conjunto de sensores agrupados formando un cilindro para cubrir todas las posibles direcciones de impacto de la luz láser. El conjunto de sensores tiene que estar a la misma altura que el emisor para que la luz del láser incida en los sensores. Dentro del cilindro, formado por los sensores, se encuentra la electrónica que identifica las células en las que incide el láser así como el momento y duración de la incidencia del láser en cada célula.
3. Un ordenador portátil sobre el robot hace los cálculos finales y da los datos de localización y orientación

y porque el sistema emisor es un puntero láser que apunta en la dirección del eje de un motor de continua, que gira a velocidad constante y se mueve solidario con un espejo que forma un ángulo de 45° con el eje del motor, de tal forma que al girar el espejo hace que el haz se dirija en todas las direcciones de un mismo plano horizontal.

2. Dispositivo para medir la posición y orientación de robos móviles en interiores según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el sistema receptor está dividido a su vez en dos bloques básicos:

- a) *Bloque sensor*. Compuesto por el conjunto de las células fotovoltaicas colocadas en forma de cilindro, donde el número de células a colocar y el diámetro del cilindro que estas forman se escogen de forma que el dispositivo cumpla con unas determinadas especificaciones: que en su barrido el láser incida sobre aquellas células que estén orientadas hacia él y que el número de células que registran la luz del láser sea proporcional a la distancia entre emisor y receptor.
- b) *Electrónica de adquisición*. Donde las salidas analógicas procedentes de las fotocélulas son comparadas con un valor de referencia para determinar que células están activas por el láser y cuales no.

3. Dispositivo para medir la posición y orientación de robos móviles en interiores según la reivindicación 1 **caracterizado** porque los datos que utiliza el ordenador portátil situado en el robot para obtener la posición y orientación del robot son: los tiempos absolutos en los que se producen los impactos del láser en cada célula, así como los números de las células impactadas, de forma que las medidas de la posición se basan en el módulo y argumento de un dispositivo polar donde el emisor láser es el origen de coordenadas; por tanto, se obtiene la distancia radial midiendo el tiempo que transcurre desde que el láser entra y sale del conjunto de sensores.



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 244 301

② Nº de solicitud: 200302834

③ Fecha de presentación de la solicitud: 02.12.2003

④ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: G05D 1/02

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y A	US 5022763 A (GV SA) 11.06.1991, todo el documento.	1,3,4 2
Y	US 5446356 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 29.08.1995, columna 3, línea 16 - columna 4, línea 8; figura 1.	1,3,4
A	JP 58134315 A (YAGI ANTENNA) 10.08.1983, resumen; figura. Extraída de la Base de Datos PAJ en EPODOC.	1-4
A	US 4797557 A (ELECTROLUX AB) 10.01.1989, columna 1, línea 60 - columna 2, línea 22; reivindicaciones; figuras 1,2.	1-3
A	JP 58176711 A (KUBOTA LTD) 17.10.1983, resumen; figura. Extraída de la Base de Datos PAJ en EPODOC.	1
A	JP 6059725 A (SEKISUI CHEMICAL CO LTD) 04.03.1994, resumen; figura. Extraída de la Base de Datos PAJ en EPODOC.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

02.11.2005

Examinador

P. Pérez Fernández

Página

1/1