

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 493 393**

51 Int. Cl.:

G05D 1/02 (2006.01)

B25J 13/08 (2006.01)

G05D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2007** **E 07709337 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.06.2014** **EP 1989602**

54 Título: **Método para teleoperar un vehículo terrestre no tripulado con una cámara con desplazamiento horizontal y tal vehículo terrestre**

30 Prioridad:

17.02.2006 SE 0600352

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

11.09.2014

73 Titular/es:

**TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGINSTITUT
(100.0%)
164 90 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

ÖGREN, PETTER

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 493 393 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

Método para teleoperar un vehículo terrestre no tripulado con una cámara con desplazamiento horizontal y tal vehículo terrestre

5 La invención se refiere a un método para teleoperar un vehículo terrestre no tripulado con una cámara de desplazamiento horizontal, y tal vehículo terrestre.

10 Cada vez se utilizan más vehículos terrestres no tripulados (UGVs, Unmanned Ground Vehicles) tanto para aplicaciones militares como no militares. Tal vehículo tiene una cámara con desplazamiento horizontal montada sobre el mismo que transmite imágenes a un operador. Las imágenes se utilizan para reconocimiento y para ayudar al operador a orientarse y ser capaz de teleoperar el vehículo. El operador observa las imágenes a través de una pantalla y opera el vehículo utilizando una unidad de control. La unidad de control tiene una palanca de mando con la que el operador conduce el vehículo adelante/atrás e izquierda/derecha. Además, hay una palanca de mando adicional con la que el operador dirige la cámara hacia arriba/abajo/derecha/izquierda con relación al vehículo. El documento JP 2002 154383 muestra un sistema de este tipo con dos palancas de mando. El sistema tiene además la capacidad de alinear automáticamente la cámara con la dirección de desplazamiento del vehículo.

15 El documento US 2006/013469 muestra un robot holonómico que se desplaza en correspondencia con lo que se observa a través de su cámara. El documento US 5,648,897 muestra un sistema para controlar una unidad remota, especialmente un vehículo terrestre, y el documento US 2004/0101161 muestra un vehículo autónomo y un control de movimiento para el mismo. Ninguno de los documentos mencionados muestra un método de acuerdo con la presente invención.

20 Como se ha dicho anteriormente, un método común para teleoperar un vehículo no tripulado es el caso en que el operador controla, con una palanca de mando de la unidad de control, los movimientos del vehículo en el espacio y, con la otra palanca de mando, el movimiento de la cámara con relación al vehículo. El inconveniente de este método es que se necesita un operador experimentado para conducir tanto el vehículo como la cámara al mismo tiempo, especialmente en situaciones de gran estrés. Este inconveniente se debe al hecho de que el operador debe tener en cuenta la orientación de la cámara, la orientación del vehículo, y también la diferencia entre ambas cuando se opera el vehículo.

Esta invención elimina este inconveniente permitiendo que el operador opere la cámara y el vehículo de acuerdo con el método descrito en la reivindicación 1.

La invención se describirá a continuación con mayor detalle haciendo referencia a las siguientes figuras:

30 La Fig. 1 ilustra la operación de un vehículo terrestre de acuerdo con una técnica de la técnica anterior.

La Fig. 2 ilustra la operación de un vehículo terrestre de acuerdo con la invención.

La Fig. 3 ilustra un vehículo terrestre de acuerdo con la invención.

La Fig. 4 ilustra la operación de un vehículo terrestre a modo de ejemplo.

La Fig. 5 ilustra una secuencia de control con un vehículo terrestre no tripulado de acuerdo con la invención.

35 La invención se refiere a un método para teleoperar un vehículo terrestre no tripulado con una cámara de movimiento horizontal, por ejemplo un UGV (Vehículo Terrestre No Tripulado, Unmanned Ground Vehicle) de tipo oruga o un UGV con ruedas, y un vehículo terrestre que utiliza este método.

40 Con un vehículo con ruedas, se puede utilizar adecuadamente un UGV con una "configuración de silla de ruedas". Por configuración de silla de ruedas se hace referencia a la configuración de ruedas que se utiliza en muchos UGVs y en casi todas las sillas de ruedas, como por ejemplo Nomadic Scout and Permobil C300CS. En esta configuración, se sustituyen las orugas por dos ruedas motrices con una dirección fija con relación al vehículo. Las ruedas motrices, que también pueden ser más de dos, son suplementadas con una o más ruedas de soporte con una función de pivote, de modo que pueden rotar libremente alrededor de su eje vertical y por tanto orientarse en diferentes direcciones con relación al vehículo. En una silla de ruedas clásica, las ruedas motrices son grandes y son accionadas manualmente y las ruedas de soporte son pequeñas y están ubicadas en la parte frontal. Un vehículo de tipo oruga y un vehículo con una configuración de silla de ruedas son muy similares desde el punto de vista del control. Ambos pueden girar en un punto y son controlados mediante la velocidad de las ruedas/orugas motrices o las fuerzas aplicadas a las mismas.

50 Los vehículos terrestres no tripulados de la técnica anterior son operados por un operador a través de un panel de control que controla el movimiento del vehículo con relación a un sistema de coordenadas fijado a la tierra y los movimientos de la cámara con relación a un vehículo de coordenadas fijado al vehículo, ver Fig. 1. Para el operador puede ser difícil y llevar tiempo tener en cuenta cómo está orientada la cámara, que constituye el campo de visión del operador, con relación al vehículo para conocer cómo se debe operar el vehículo con relación al campo de

visión.

La invención, sin embargo, propone un método y un vehículo que elimina este inconveniente. El operador controla la cámara, y por tanto su campo de visión, del modo habitual pero cuando el operador desea operar también el vehículo (adelante-atrás, derecha-izquierda), también se proporciona este control con relación a la cámara, ver Fig. 2.

Se muestra aquí un ejemplo simple relativo a cómo funciona la diferencia entre un UGV ordinario y un vehículo de acuerdo con la invención. El operador conduce el vehículo en línea recta, se detiene y gira la cámara hacia la derecha. En su panel de control, el operador ve ahora la misma imagen que “ve” la cámara. Con el modo anterior de operar el vehículo terrestre, el operador ahora tendría, para poder continuar el movimiento en la dirección de la cámara, que girar el vehículo hacia la derecha, compensar este movimiento haciendo girar la cámara hacia atrás en la dirección opuesta y sólo después de eso continuar conduciendo el vehículo en línea recta.

Con la invención, no es necesario seguir esta complicada forma de operar. Cuando el operador ha conducido el vehículo en línea recta, se ha detenido y ha hecho girar la cámara hacia la derecha, la posición de inicio es la misma. Cuando el operador desea continuar conduciendo el vehículo en la dirección de la cámara, el operador señala que el vehículo debe ser conducido en línea recta. La señal es transmitida al vehículo, que convierte la señal del operador y, entre otros, la posición de la cámara con relación al vehículo en una primera y una segunda señales de control a las dos unidades de accionamiento que hacen girar el vehículo hacia la derecha y conducir en línea recta. Al mismo tiempo, también se transmite una tercera señal de control a la cámara, que es girada en la dirección opuesta para mantener su orientación relativa a un sistema de coordenadas fijado a la tierra. Como resultado, la cámara se mueve a lo largo de una línea recta, recto hacia el objeto que está situado en el centro de la imagen de la cámara. En consecuencia, el operador puede en la mayoría de los casos ignorar la dinámica del vehículo y experimentar la sensación de controlar una cámara flotante.

Técnicamente, un UGV ordinario tiene cinco grados de libertad, 2 para la posición, 1 para la orientación del vehículo, y 2 para la orientación de la cámara. Una cámara flotante tiene cuatro grados de libertad, 2 para la posición y 2 para la orientación. El método de teleoperación de acuerdo con la invención ignora la orientación del vehículo. Al disponer la cámara enfrente o detrás del centro de rotación nominal del vehículo (ver más abajo) y utilizar, por ejemplo, linearización feed-back, es posible permitir al usuario controlar de manera precisa el movimiento y orientación de la cámara; estos comandos se convierten en tiempo real en señales de control para las dos unidades de accionamiento y la función de movimiento horizontal-vertical de la cámara que controla que el movimiento total de la cámara sea el deseado. Una diferencia importante es que en la interfaz simple de un UGV ordinario, para operar tanto el vehículo como la cámara, la operación es relativa a un sistema de coordenadas fijado al vehículo. La invención, sin embargo, es controlada con relación a un sistema de coordenadas fijado a la cámara. Esta diferencia se consigue por medio de un cambio de coordenadas en combinación con los algoritmos de operación que se describirán más abajo.

La Fig. 3 ilustra un vehículo (10) de acuerdo con la invención. El vehículo (10) comprende una unidad (5) de control que puede recibir señales para la teleoperación por un operador (8), una primera unidad (1) de accionamiento que comprende un motor y orugas (6) o ruedas, una segunda unidad (2) de accionamiento que también comprende un motor y orugas (7) o ruedas, una cámara (4) de desplazamiento horizontal y un sensor (3) de navegación que detecta la orientación del vehículo, por ejemplo una IMU (Unidad de Medida de Inercia, Inertial Measurement Unit). La unidad (5) de control recibe una señal (20) para la teleoperación por parte del operador (8) a través de un panel (9) de control. La señal (20) es procesada en la unidad (5) de control y una primera señal (21) de control es transmitida a la primera unidad (1) de accionamiento, una segunda señal (22) de control es transmitida a la segunda unidad (2) de accionamiento, y una tercera señal (24) de control es transmitida a la cámara (4). Las señales de control hacia las unidades de accionamiento contienen información acerca de la velocidad (v_1 , v_2) o fuerza (F_1 , F_2) que se va a aplicar por parte de las unidades (1, 2) de accionamiento. La señal (24) de control a la cámara contiene información acerca de la velocidad angular (k) que va a aplicarse a la cámara.

El vehículo tiene un centro de rotación nominal (z), que es el punto o eje vertical alrededor del cual rota el vehículo si las orugas/ruedas motrices tienen la misma velocidad pero sentidos opuestos. Sin embargo, el centro de rotación momentáneo puede variar, especialmente en terreno irregular. Esto se compensa mediante la estimación del centro de rotación y el ajuste de la operación, preferiblemente gracias a que el vehículo tiene un sensor (3) de navegación que detecta los movimientos del vehículo y puede transmitir señales de corrección a la unidad (5) de control para la compensación. Por ejemplo, si una oruga/rueda motriz está apoyada sobre barro y la otra sobre hierba, la fricción será diferente e inicialmente el vehículo no se moverá del modo que requiere el operador, pero la unidad de control debe compensar las diferencias en fricción por medio de nuevas señales de control a las unidades de accionamiento y la cámara.

La cámara (4) se coloca enfrente o detrás de una línea que se extiende a través del centro de rotación nominal (z) que es perpendicular a las orugas/ruedas motrices, adecuadamente más de 1/3 de la distancia hacia adelante hacia el borde delantero y, respectivamente, hacia atrás hacia el borde trasero.

Con el método de acuerdo con la invención, no se puede controlar la dinámica cero, es decir, no se puede controlar

el ángulo entre el vehículo y la cámara. Una unidad de movimiento horizontal-vertical normal tiene restricciones angulares, por ejemplo ± 130 grados. En las posiciones de extremo, es por tanto necesario aplicar desviaciones con relación al comportamiento de control puramente centrado en la cámara, o alternativamente utilizar un montaje de cámara sin restricciones angulares.

- 5 El método de teleoperar un vehículo (10) terrestre no tripulado de acuerdo con la invención comprende un vehículo (10) que comprende una primera unidad (1) de accionamiento, una segunda unidad (2) de accionamiento, y una cámara (4) de movimiento horizontal. La cámara está dispuesta enfrente o detrás de una línea que se extiende a través del centro de rotación nominal (z) del vehículo. El operador controla la translación y rotación de la cámara, y por tanto su campo de visión, con relación a un sistema de coordenadas fijado a la cámara, y el movimiento del
- 10 vehículo se calcula para que se lleve a cabo un movimiento de la cámara con relación a un sistema de coordenadas fijado a la cámara (4).

- 15 A continuación se muestran dos realizaciones de cómo se puede llevar a cabo un método de teleoperación de acuerdo con la invención. En las realizaciones, el vehículo se representa a modo de ejemplo como un vehículo de tipo oruga. Sin embargo, también es posible utilizar la invención en combinación con vehículos de ruedas, preferiblemente vehículos con la configuración de silla de ruedas descrita anteriormente. Si el vehículo es un vehículo de tipo coche, no es posible ocultar completamente la dinámica del vehículo, lo que da como resultado, por ejemplo, que la cámara a veces sigue al vehículo "adelantado" antes de que la cámara esté en la posición correcta. Excepto por esto, el método también es adecuado para vehículos de tipo coche.

- 20 Una realización de la invención implica la teleoperación del vehículo de acuerdo con el método siguiente. El método se describe con referencia a la Fig. 4. En esta realización, se controla la velocidad de las unidades de accionamiento, orugas o ruedas.

Ejemplo 1

- 25 Un ejemplo de un método de teleoperación de un vehículo (10) terrestre no tripulado que comprende una primera unidad (1) de accionamiento, una segunda unidad (2) de accionamiento, una cámara (4) de movimiento horizontal, dispuesta enfrente o detrás de una línea que se extiende a través del centro de rotación nominal (z) del vehículo, una unidad (5) de control que recibe una señal (20) de un operador (8) y transmite una primera y una segunda señal (21, 22) de control a las unidades (1, 2) de accionamiento respectivas y una tercera señal (24) de control a la cámara (4).

- 30 La señal (20) del operador (8) contiene información acerca de la velocidad (s_1, s_2) y la velocidad angular (s_w) de la cámara (4) que quiere llevar a cabo el operador. La señal (20) que contiene, entre otras, la información (s_1, s_2, s_w) es recibida por el vehículo y transmitida a la unidad (5) de control. La unidad (5) de control calcula la velocidad que deben tener la primera y la segunda unidad (1, 2) de accionamiento y también la velocidad angular de la cámara con relación al vehículo para llevar a cabo el movimiento deseado por el operador. La unidad de control transmite entonces, en tiempo real, señales (21, 22) de control que contienen información acerca de la velocidad (v_1, v_2) de la primera y la segunda unidad (1, 2) de accionamiento e información acerca de la velocidad angular (k) de la cámara
- 35 (4) con relación al vehículo.

El cálculo de las velocidades es llevado a cabo por la unidad de control según se establece más abajo. El modelo utilizado para describir el vehículo y la posición y orientación de la cámara es:

$$\begin{pmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \\ \dot{\theta} \\ \dot{\phi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{v_1 + v_2}{2} \cos \theta \\ \frac{v_1 + v_2}{2} \sin \theta \\ \frac{v_1 - v_2}{b} \\ \frac{k}{k} \end{pmatrix}$$

- 40 donde z_1, z_2 es el punto alrededor del cual rota el vehículo si las orugas se mueven a la misma velocidad en direcciones diferentes, es decir el centro de rotación nominal z del vehículo, θ es la orientación del vehículo con relación a un sistema de coordenadas fijado a la tierra, v_1, v_2 y la velocidad de las respectivas orugas/ruedas motrices, b es la distancia entre orugas/ruedas motrices, ϕ el ángulo de la cámara con relación al vehículo y k la velocidad angular de la cámara con relación al vehículo.

- 45 El método de operación común implica ahora controlar las orugas/ruedas motrices utilizando una palanca de mando y la velocidad angular de la cámara con relación al vehículo utilizando otra palanca de mando. Como la invención desea proporcionar un método de operación que sea más fácil para el operador, se desarrollará el modelo.

Sea x_1, x_2 la posición de la cámara, una distancia L enfrente de z . Entonces:

$$\begin{aligned} x_1 &= z_1 + L \cos \theta \\ x_2 &= z_2 + L \sin \theta \end{aligned}$$

El desarrollo de esta posición a lo largo del tiempo puede formularse como sigue:

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1/2 & 1/2 \\ L/b & -L/b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}$$

5 donde u es la velocidad deseada de la cámara en un sistema de coordenadas fijado a la tierra. Se debe remarcar que ambas matrices son siempre invertibles si $L/b \neq 0$.

Si el operador desea ahora una velocidad dada de la cámara s_1 , s_2 y una velocidad angular s_w dada de la cámara, todas relativas a un sistema de coordenadas fijado a la cámara, las velocidades v_1 , v_2 y k pueden calcularse como sigue:

$$\begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/2 & 1/2 \\ L/b & -L/b \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix}$$

$$k = s_w - \dot{\theta} = s_w - \frac{v_1 - v_2}{b}$$

10 ya que

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta + \phi) & -\sin(\theta + \phi) \\ \sin(\theta + \phi) & \cos(\theta + \phi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix}$$

Lo calculado (v_1 , v_2 , k) se transmite ahora a las respectivas unidades de accionamiento y a la cámara.

15 Si, por ejemplo, el operador desea conducir en línea recta hacia el objeto que ve en el centro de la imagen de la cámara, presiona una palanca de mando hacia adelante; la señal ($s_1=1$, $s_2=0$, $s_w=0$) se transmite ahora a la unidad de control que calcula los (v_1 , v_2 , k) que provocan que el vehículo y la cámara se muevan conjuntamente de modo que la cámara se acerque al objeto en el centro de la imagen a lo largo de una línea recta, todo el tiempo dirigida hacia el mismo objeto, independientemente de la orientación del vehículo con relación a la cámara.

Ejemplo 2

20 Una segunda realización de la invención implica operar el vehículo como se describe a continuación. La realización se describirá con relación a la Fig. 4. En esta realización, la fuerza es controlada por las unidades de accionamiento.

25 El método de teleoperar un vehículo (10) terrestre no tripulado que comprende una primera unidad (1) de accionamiento, una segunda unidad (2) de accionamiento, una cámara (4) de movimiento horizontal, dispuesto frente o detrás de una línea que se extiende a través del centro nominal de rotación (z) del vehículo, una unidad (5) de control que recibe una señal (20) de un operador (8) y transmite una primera y una segunda señal (21, 22) de control a las respectivas unidades (1, 2) de accionamiento y una tercera señal (24) de control a la cámara (4).

30 La señal (20) del operador (8) contiene información acerca de la aceleración (s_1 , s_2) y la velocidad angular (s_w) de la cámara (4) que operador desea llevar a cabo. La señal (20) que contiene, entre otros, la información (s_1 , s_2 , s_w) es recibida por el vehículo y transmitida a la unidad (5) de control. La unidad (5) de control calcula la fuerza (F_1 , F_2) que las respectivas unidades de accionamiento deben generar sobre el terreno para llevar a cabo el movimiento deseado por el operador. La unidad de control transmite entonces, en tiempo real, señales (21, 22) de control que contienen información acerca de la fuerza (F_1 , F_2) para las respectivas primera y segunda unidades (1, 2) de accionamiento e información acerca de la velocidad angular k de la cámara (4) con relación al vehículo.

35 El cálculo de la fuerza y la velocidad angular por la unidad de control se lleva a cabo como se describirá a continuación. El modelo para describir la posición y orientación del vehículo y la cámara es un desarrollo del Ejemplo 1. Se puede formular entonces un modelo de vehículo de segundo orden, por ejemplo como:

$$\begin{pmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \\ \dot{\theta} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} v \cos \theta \\ v \sin \theta \\ \omega \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \dot{v} \\ \dot{\omega} \\ \dot{\phi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} F/m \\ \tau/J \\ k \end{pmatrix}$$

donde z_1 , z_2 y θ son según se ha establecido arriba, v es la velocidad del vehículo, w es la velocidad angular, F es la fuerza generada por las orugas/ruedas sobre el terreno, m es la masa del vehículo, τ es el par generado por las orugas, J es el momento de inercia, ϕ y k son los mismos que en el Ejemplo 1.

- 5 Si la cámara está situada a una distancia L de z y el operador desea una aceleración dada de la posición s_1 , s_2 de la cámara y una velocidad angular s_w dada de la cámara, todas relativas a un sistema de coordenadas fijado a la cámara, la fuerza F y el momento de inercia τ y k se obtienen a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\begin{pmatrix} F/m \\ \tau L/J \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L\omega^2 \\ -v\omega \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix} \quad \left| \right. \quad k = s_w - \dot{\theta} = s_w - \omega$$

- 10 Entonces la unidad de control calcula la fuerza que va a ser generada por las respectivas unidades de accionamiento. Estas fuerzas se obtienen a partir de la fuerza total y el momento de inercia de acuerdo con la ecuación:

$$\begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/2 & 1/b \\ 1/2 & -1/b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F \\ \tau \end{pmatrix}$$

donde F_1 es la fuerza ejercida sobre las orugas/ruedas motrices de la primera unidad de accionamiento y F_2 es la fuerza ejercida sobre las orugas/ruedas motrices de la segunda unidad de accionamiento.

- 15 Finalmente, una secuencia de control con un vehículo (10) terrestre no tripulado de acuerdo con la invención es ilustrada en la Fig. 5, que muestra el vehículo y la cámara (4) en cinco diferentes momentos del tiempo. Además de estas cinco imágenes instantáneas, la figura muestra el cambio del centro de rotación nominal (z) del vehículo como una línea sólida y el cambio de posición de la cámara (4) como una línea discontinua.

- 20 Cuando comienza la secuencia, el vehículo está en la posición (8, 2) orientado hacia el este-noreste y la cámara está orientada hacia el norte (hacia arriba). El operador ordena ahora un movimiento (traslación) recto hacia la izquierda con relación a un sistema de coordenadas fijado a la cámara. Para conseguir este movimiento de cámara, se fuerza al vehículo primero hacia atrás y lentamente a torcer hacia la izquierda, seguidamente se detiene y luego conduce hacia adelante, todo el tiempo a la vez que rota hacia la izquierda. Es evidente que el movimiento del vehículo da como resultado el que la cámara (4) se mueva a lo largo de una línea recta, como desea el operador.
- 25 Como el operador no ha ordenado ninguna rotación de la cámara, la cámara ha estado todo el tiempo orientada hacia el norte. Para conseguir esto, el motor que rota la cámara es compensado todo el tiempo por la rotación del vehículo.

- 30 Más cerca de (6, 2) el operador detiene el vehículo y ordena un movimiento hacia adelante con relación a la cámara. De nuevo, la curva sólida (el centro de rotación nominal del vehículo) describe una forma más complicada que la curva discontinua (la posición de la cámara), y de nuevo el motor que mueve la cámara debe compensar la rotación del vehículo. El proceso continuo ilustra que el operador primero ordena un movimiento hacia la derecha, luego ligeramente hacia adelante, y finalmente hacia la izquierda de nuevo, todos relativos a un sistema de coordenadas fijado a la cámara. Se debería remarcar que de este modo el operador no tiene que preocuparse acerca de la dirección según la cual está orientado el vehículo (10), sino sólo la dirección según la cual está orientada la cámara (4), y esto es exactamente lo que el operador ve en la imagen de la cámara.
- 35

La invención proporciona al operador una interfaz que recuerda una abstracción del movimiento e impresiones visuales de un humano. Como resultado, el vehículo puede ser accionado de una manera más segura y rápida, se acortan los tiempos de entrenamiento y se producen menos errores, sobre todo con estrés.

- 40 La invención también se refiere a un vehículo terrestre no tripulado que comprende una unidad (5) de control que utiliza uno de los métodos de operación descritos anteriormente

REIVINDICACIONES

1. Un método de teleoperar un vehículo (10) terrestre no tripulado que comprende una primera unidad (1) de accionamiento y una segunda unidad (2) de accionamiento, comprendiendo cada una un motor y orugas (6, 7) o ruedas, estando dichas orugas o ruedas simétricamente situadas a cada lado de la línea central a lo largo de la dirección de desplazamiento hacia adelante del vehículo, y una cámara (4) de movimiento horizontal, dispuesta frente o detrás del centro de rotación nominal (z) del vehículo, controlando un operador (8) de dicho método la rotación de la cámara desacoplada de la rotación del vehículo y controlando el movimiento del vehículo en cada instante de tiempo basándose en la orientación de la cámara, lo que significa que se alcanza lo que se ve en el centro de la imagen de la cámara mediante un comando de desplazamiento hacia adelante, y que el vehículo comprende una unidad (5) de control que, basándose en una señal (20) de comando para el movimiento del vehículo, calcula una primera y una segunda señal (21, 22) de control a las respectivas unidades (1, 2) de accionamiento que moverá el vehículo del modo deseado y una tercera señal (24) de control a la cámara que contrarresta el movimiento del vehículo de modo que la rotación de la cámara no se ve afectada por el movimiento del vehículo, estando caracterizado el método por que, como una primera alternativa

- dicha señal (20) de comando comprende información sobre la velocidad (s_1 , s_2) y la velocidad angular (s_w) de la cámara (4) con relación a un sistema de coordenadas fijado a la cámara;

- la velocidad de la primera y la segunda unidad (2) de control es calculada por la unidad (5) de control como sigue:

$$\begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/2 & 1/2 \\ L/b & -L/b \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix}$$

donde b es la distancia entre las unidades de accionamiento, L es la distancia desde el centro de rotación nominal z de la cámara (4) y ϕ el ángulo de la cámara con relación al vehículo;

- la velocidad angular de la cámara con relación al vehículo es calculada por la unidad (5) de control como sigue:

$$k = s_w - \dot{\theta} = s_w - \frac{v_1 - v_2}{b}$$

donde θ es la orientación del vehículo con relación a un sistema de coordenadas fijado a la tierra;

- la primera y la segunda señal (21, 22) de control contienen información acerca de la velocidad (v_1 , v_2) de las respectivas unidades (1, 2) de accionamiento; la tercera señal (24) de control contiene información acerca de la velocidad angular (k) de la cámara (4) con relación al vehículo, o, como una segunda alternativa

- dicha señal (20) de comando comprende información acerca de la aceleración (s_1 , s_2) y la velocidad angular (s_w) de la cámara (4) con relación a un sistema de coordenadas fijado a la cámara;

- la fuerza y el par de la primera y la segunda unidad (1, 2) de accionamiento se calculan como sigue:

$$\begin{pmatrix} F/m \\ \tau/L/J \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L\omega^2 \\ -v\omega \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \cos \phi & -\sin \phi \\ \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s_1 \\ s_2 \end{pmatrix}$$

donde v es la velocidad del vehículo, w es la velocidad angular del vehículo, F es la fuerza generada por las unidades (1, 2) de accionamiento sobre el terreno, m es la masa del vehículo, τ es el par generado por las unidades (1, 2) de accionamiento, J es el momento de inercia, ϕ el ángulo de la cámara con relación al vehículo;

- la fuerza de la primera y la segunda unidad de accionamiento es calculada por la unidad de control como sigue:

$$\begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/2 & 1/b \\ 1/2 & -1/b \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F \\ \tau \end{pmatrix}$$

donde F_1 es la fuerza ejercida sobre las orugas/ruedas motrices de la primera unidad de accionamiento y F_2 es la fuerza ejercida sobre las orugas/ruedas motrices de la segunda unidad de accionamiento;

- la velocidad angular de la cámara con relación al vehículo se calcula como sigue:

$$k = s - \dot{\theta} = s_w - \omega$$

donde θ es la orientación del vehículo con relación a un sistema de coordenadas fijado a la tierra;

- la primera y la segunda señal (21, 22) de control contiene información acerca de la fuerza (F_1 , F_2) de las respectivas unidades (1, 2) de accionamiento;

- la tercera señal (24) de control contiene información acerca de la velocidad angular (k) de la cámara (4) con relación al vehículo.

- 5 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, donde el vehículo (10) comprende un sensor (3) de navegación que mide el movimiento del vehículo y lo compara con las señales (20) de control del operador y transmite señales de corrección a la unidad (5) de control para compensar las diferencias.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde una relación L/b es mayor de $1/3$, donde b es la distancia entre las orugas (6, 7) o ruedas, L es la distancia desde el centro de rotación nominal (z) a la cámara (4).
- 10 4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde la unidad de control realiza los cálculos en tiempo real y las señales de control son transmitidas a las unidades (1, 2) de accionamiento y la cámara (4) en tiempo real.
5. Un vehículo terrestre no tripulado que comprende una primera unidad (1) de accionamiento, una segunda unidad (2) de accionamiento, y una cámara (4) de movimiento horizontal, caracterizado por que el vehículo
- 15 comprende una unidad (5) de control que utiliza un método de acuerdo con la reivindicación 1.
6. Un vehículo terrestre no tripulado de acuerdo con la reivindicación 5, donde el vehículo (10) comprende un sensor (3) de navegación que mide el movimiento del vehículo y lo compara con las señales (20) de control del operador y transmite señales de corrección a la unidad (5) de control para compensar por las diferencias.
- 20 7. Un vehículo terrestre no tripulado de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, donde una relación L/b es mayor de $1/3$, donde b es la distancia entre las orugas (6, 7) o ruedas, L es la distancia desde el centro nominal de rotación (z) a la cámara (4).

Fig. 3

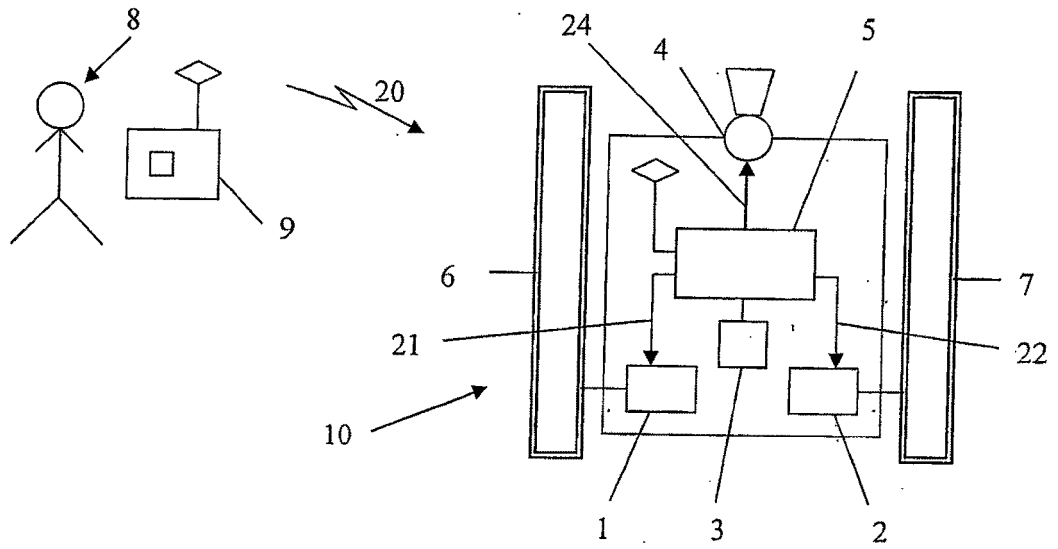


Fig. 4

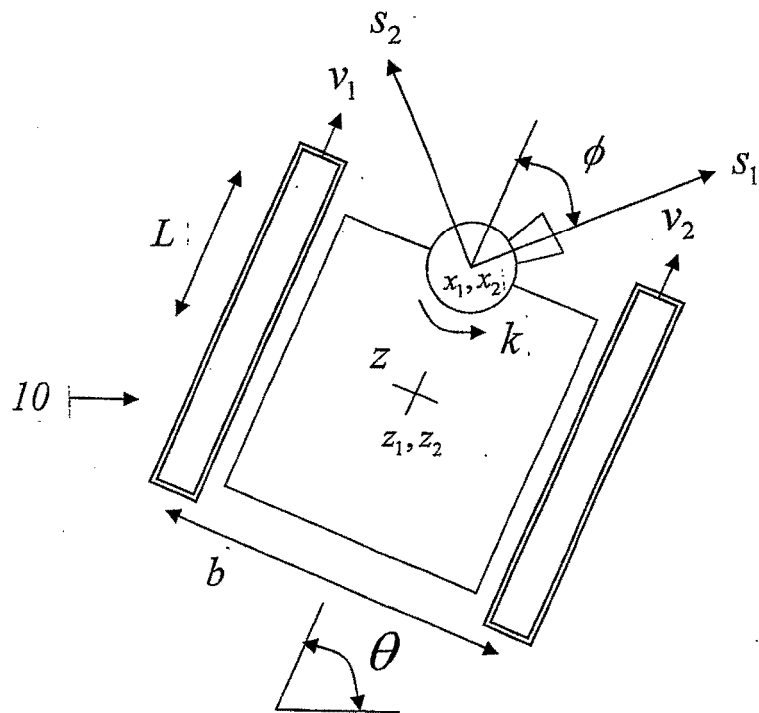


Fig. 1

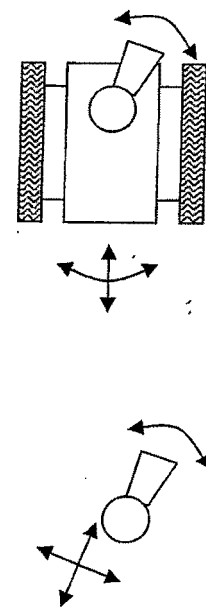


Fig. 2

Fig. 5

