



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 367 381**

21 Número de solicitud: 200930258

51 Int. Cl.:  
**B25J 17/02** (2006.01)  
**B25J 9/08** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación: **03.06.2009**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **03.11.2011**

43 Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**03.11.2011**

71 Solicitante/s: **Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)** (Titular al 70%)  
**c/ Serrano, 117**  
**28006 Madrid, ES**  
**RUCKER LYPSA, S.L.** (Titular al 15%) y  
**Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería - CIMNE** (Titular al 15%)

72 Inventor/es: **Mirats Tur, Josep M.;**  
**Oñate Ibáñez de Navarra, Eugenio y**  
**Gaza Coderch, Alfred**

74 Agente: **Pons Ariño, Ángel**

54 Título: **Robot tensegrítico.**

57 Resumen:

Robot tensegrítico.

El robot tensegrítico objeto de la invención permite el movimiento controlado y adaptar su tamaño a diversos espacios, gracias a su configuración basada en una estructura tensegrítica actuada mediante motores controlador por medios electrónicos y de control que determinan la longitud de los elementos controlables de la estructura.

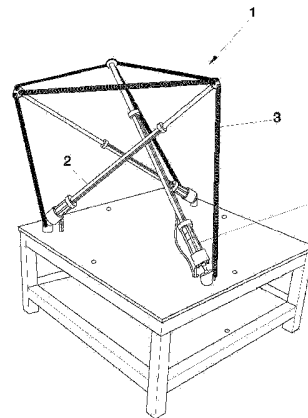


FIG. 1

ES 2 367 381 A1

**DESCRIPCIÓN**

Robot tensegrítico.

**5 Objeto de la invención**

La presente invención se refiere a un robot deformable gracias a su estructura tensegrítica.

El objeto de la invención consiste en un robot deformable que permite adaptar su tamaño a diversos espacios, gracias a su configuración basada en una estructura tensegrítica.

**Antecedentes de la invención**

Las estructuras tensegríticas, conocidas por su término en inglés “tensegrity-ies”, son una clase especial de estructuras flexibles cuyos elementos pueden simultáneamente realizar las funciones de fuerza estructural, actuación, sensado y control con realimentación. Son estructuras con un coeficiente resistencia/peso muy alto y fácilmente deformables en las que, teóricamente, poleas u otros actuadores pueden tensar/destensar algunos de los cables que las constituyen para cambiar sustancialmente su forma con un cambio pequeño en la energía potencial de la estructura.

La definición general de tensegridad es la de una estructura que mantiene un volumen estable en el espacio por medio de un conjunto discontinuo de elementos compresivos (barras) conectados a y por una red continua de elementos tensiles (cables, cuerdas o tendones, dependiendo de la escala de la aplicación). Las barras son rígidas y pueden resistir fuerzas compresivas, los cables no. La mayoría de configuraciones concebibles no guardan equilibrio y si se construyen se colapsan a otra forma distinta, sólo aquellas configuraciones estables, gracias a un intrincado balance tensión-compresión, reciben el nombre de estructuras tensegríticas.

A mediados de los años 70, Donald Ingber se planteó una hipótesis en la que se relacionaba las estructuras tensegrítica con el comportamiento mecánico de las células. Para comprobarlo, modeló una estructura compuesta por seis barras unidas con hilos elásticos. Al colocarla sobre una superficie rígida comprobó que tendía a adoptar una forma aplanada, mientras que sobre una superficie flexible se alzaba mostrando una conformación más redondeada. Este comportamiento se ajustaba al observado en células cuando se depositaban sobre el mismo tipo de superficies. Ingber concluyó que, desde un punto de vista mecánico, la célula podía considerarse un sistema de tensegridad. Los descubrimientos en biología confirmaron esta hipótesis cuando, a principios de la década de los 80, Keith R. Porter lograba desvelar una red tridimensional de filamentos en el interior de las células: el citoesqueleto, que tendrían el mismo papel que las barras y los cables en las estructuras tensegríticas: equilibrar los esfuerzos que darían forma y rigidez a la célula.

**Descripción de la invención**

El robot objeto de la invención está basado en la estructura tensegrítica tridimensional estable más simple, el “simplex”, formado por 3 barras y 9 cables, si bien el concepto de robot tensegrítico no depende de la estructura tensegrity en la que se base el robot.

Los nodos inferiores ( $n_1, n_2, n_3$ ) van fijados al suelo evitando así desplazamientos rígidos de la estructura.

Si definimos  $a$  como el lado de la base del triángulo, y tomamos como origen de coordenadas el nodo 1, la posición de los vectores de los nodos inferiores quedaría del modo siguiente:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{p}_1 &= (0, 0, 0)^T \\
 \mathbf{p}_2 &= (0, a, 0)^T \\
 \mathbf{p}_3 &= (-\sin(60 * \pi/180) * a, \cos(60 * \pi/180) * a, 0)^T
 \end{aligned}$$

Los nodos superiores van unidos a los nodos inferiores mediante barras de longitud variable, de hecho esto puede ser tomado matemáticamente como una vara extensible o amortiguador con un límite de elongación superior. La barra  $b_1$  une los nodos ( $n_2, n_4$ ), la barra  $b_2$  los nodos ( $n_3, n_5$ ) y la barra  $b_3$  los nodos ( $n_1, n_6$ ). En este caso se ha realizado una ordenación arbitraria de los nodos y las barras, esta ordenación puede ser realizada de cualquier forma que respete las conexiones entre los elementos. Por lo tanto la posición de los nodos superior puede expresarse como:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{p}_4 &= \mathbf{p}_2 + l_{b_1} \mathbf{b}_1 \\
 \mathbf{p}_5 &= \mathbf{p}_3 + l_{b_2} \mathbf{b}_2 \\
 \mathbf{p}_6 &= \mathbf{p}_1 + l_{b_3} \mathbf{b}_3
 \end{aligned}$$

Donde  $l_{b_i}$  indica la longitud real de la barra  $b_i$  y donde  $\mathbf{b}_i$  representa un vector unitario en al dirección de la  $i$ -ésima barra.

## ES 2 367 381 A1

Al actuar sobre las barras, y ya que en cada momento se modifica la longitud de algunas o la de todas ellas, la longitud de cualquier elemento tensil usado debe variar también. Para el robot objeto de la invención se utilizan muelles en lugar de cables, ya que estos primeros pueden ser adaptados de forma pasiva a la longitud requerida. A pesar de ello es igualmente válido el uso de cables actuados, es decir con los que se controle de forma activa su longitud en todo momento.

Cabe destacar que cuando los actuadores están bloqueados y no se aplican fuerzas externas, la estructura siempre permanece en un estado de mínima energía.

En el robot objeto de la invención, se consideran los muelles como elementos carentes de masa y con una elasticidad lineal con una rigidez  $k$  constante e igual para todos ellos una longitud restante  $l_{c0}$ , siendo este parámetro la medida en la que aún puede incrementar la longitud de la barra. Así mismo se considera que la rigidez de las barras es infinita con respecto de la de los muelles.

La posición de referencia para el robot es la primera correspondiente a una configuración adecuada de tensegridad, por ejemplo aquella en la cual los muelles están siempre en tensión. Esto implica que  $l_b = 67$  cm usando un valor de 67 cm para  $a$  y tomando  $l_{c0} = 38$  cm. Sin embargo se pueden generar entradas de control a partir de un valor  $l_b$  entorno a 55.92 cm, más exactamente para el rango  $l_b \in [55.92]$  cm. Cabe destacar que para el rango  $l_b \in [55.97]$  cm la estructura ya no es una estructura tensegrítica válida ya que los muelles dejan de estar en tensión. Una de las facetas destacables del robot objeto de la invención es su capacidad de poder ser desplegado desde una posición plana totalmente plegada hasta una estructura tensegrítica tridimensional completa, un simplex.

El robot objeto de la invención dispone de un total de  $15-6-3=3$  grados de libertad, ya que cada barra tiene 5 grados de libertad, hay 6 uniones y 3 restricciones; sin embargo sólo se utilizan tres de esos seis grados de libertad. Estos tres grados de libertad controlables, que equivalen al vector de salida, corresponden con las coordenadas  $\lambda = (x, y, z)^T$  del centro de masas del triángulo superior, controladas mediante los datos de entrada de control correspondientes  $u = (l_{b1}, l_{b2}, l_{b3})^T$ . El resto de los grados de libertad quedan restringidos gracias a la energía potencial de los muelles, la cual debe tener un valor mínimo para llevar y controlar la estructura en una posición estable. Teniendo un juego de fuerzas en los nodos y tomando la longitud de cada una de las barras como un valor fijo, sólo hay una posición estable posible para el robot que se corresponde con la configuración de autotensión; esta es la configuración en la cual la matriz de equilibrio del robot no está vacía. Asimismo, el robot se moverá hacia una configuración de equilibrio cuando se apliquen fuerzas externas sobre los nodos estructurales, ya que el robot está subactuado y se utilizan muelles en lugar de cables, aunque los actuadores estén bloqueados.

La estructura del robot objeto de la invención tiene una configuración básica que comprende tres barras controlables mediante los actuadores unidas por cuerdas pasivas en forma de muelles. Sin embargo, tal y como se ha comentado anteriormente, esta estructura es básica y el robot puede comprender más elementos y puede ser construido en base a cualquier estructura tensegrítica. Para realizar el control del movimiento y accionamiento de los dispositivos del robot se incorpora una unidad de control electrónico para los actuadores y un sistema de toma de datos, en este caso sensores de fuerza.

La parte principal de la estructura es la que corresponde al diseño de las barras, las barras controlables o actuadas. Éstas están construidas en dos tubos concéntricos, uno de 13 x 10.5 mm que se desliza dentro de otro tubo de 18 x 15 mm, ambos de aluminio dada su ligereza, permitiendo una en longitud que varía entre 55 cm y 92 cm. Como se ha comentado anteriormente la longitud de las barras se modifica haciendo uso de un mecanismo de tornillo que va fijado mediante una tuerca al extremo del tubo interno de la barra y al eje un motor rotatorio. Este motor es del tipo DC (Faulhaber serie 2342) lleva acoplado una unidad de engranajes realizados en metal (14:1) y un codificador digital (16 pulsos/rev), quedando colocado en la base de la barra permitiendo, a partir de la rotación del eje al que va acoplado el tubo interior, la variación en longitud de la barra. Por razones de seguridad, cada barra dispone de dos interruptores de parada.

El robot objeto de la invención comprende dos tipos distintos de articulaciones, las articulaciones inferiores son del tipo esférico mientras que las articulaciones superiores están formadas por tres muelles. Las articulaciones inferiores esféricas permiten total libertad de movimiento a las barras en cualquier dirección de rotación.

Todo el robot se controla mediante un hardware de control que está conformado por dos sistemas distintos, por una parte la unidad de control de movimiento y por otra parte la unidad de adquisición de datos. El sistema de control de datos la unidad de determinación de fuerza en los seis muelles mediante sensores acoplados.

La unidad de control está formada por un controlador Faulhaber MCDC2805 que dispone una conexión serie RS232 estándar con un ratio de transferencia de 19200 baud. Dado que el ordenador central al que debe ir conectada la unidad sólo dispone de un puerto serie y el robot comprende tres motores, se hace necesario dar respuesta a dos problemas:

- Por una parte las colisiones de datos, cada controlador manda paquetes de información de respuesta de forma asíncrona para transmitir la información de fin de movimiento. Así pues las transiciones se colocan en una configuración de acceso múltiple.

- Por otra parte, el ancho de banda disponible para los puertos serie estándar es de 115200 bps. Esto implica, para el caso particular del robot, que cada controlador puede usar hasta un máximo de 38400 bps. Sin embargo, esta tasa de transferencia puede no ser suficiente si en un futuro se necesitase transmitir más información, como por ejemplo par motor, corriente, etc... o si simplemente se añadiesen más actuadores.

Ambos problemas se resuelven mediante la implementación de un interruptor serie-Ethernet que utiliza un dispositivo FPGA (Field Programmable Gate Array), que permite un ancho de banda de hasta 100 Mbps. Cada dispositivo que entra en el interruptor FPGA tiene su dirección de red propia, así se evitan situaciones de acceso simultáneo múltiple. Como es lógico, el circuito comprende un interfaz entre el ordenador y el dispositivo FPGA que permite convertir niveles TTL a RS232, y viceversa.

En lo referente a la unidad de adquisición de datos, ésta comprende una serie de sensores que permiten obtener datos de medida de fuerza en cada muelle, dichos datos aportan una visión amplia para el entendimiento del comportamiento y la respuesta de la estructura. Los sensores de determinación de fuerza que forman parte de la unidad de adquisición de datos comprenden células de carga (Futek, LSB200), acondicionadores de señal (TI SCC-SG24), el ADC (Analog Devices AD7939CB) y otro FPGA (Xilinx Virtex4 ML405) el cual filtra, calcula y manda los valores de fuerza medidos y filtrados por el acondicionador de señal al ordenador a través del puerto Ethernet al ordenador una vez han sido convertidos a datos digitales por el convertidor A/D.

### Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista tridimensional del robot.

Figura 2.- Muestra un detalle de la articulación esférica.

Figura 3.- Muestra un esquema de los medios de captación de datos.

Figura 4.- Muestra un esquema de los medios de control de movimiento.

Figura 5.- Muestra una vista de la articulación elástica.

Figura 6.- Muestra una sección de la barra actuadora.

### Realización preferente de la invención

A la vista de las figuras se describe a continuación un primer modo de realización preferente del robot objeto de esta invención en el cual la estructura tensegrítica del robot (1) cambia de altura al mover las tres barras actuadoras (2) a la misma velocidad.

En este primer ejemplo de realización la longitud inicial para las tres barras actuadoras (2) es de 670 mm, y la longitud final es de 920 mm y las velocidades son 1 mm/s. Tal y como se observa en la figura 1 la estructura del robot está conformada por tres barras actuadoras (2), seis muelles (3) que se unen en nodos, las uniones, nodos, de la parte inferior corresponden a articulaciones esféricas (7) articuladas sobre unos anclajes fijos (16) ubicados en el suelo o una plataforma fija, mientras que las uniones de la parte superior de la estructura están conformados por articulaciones elásticas (8) constituidas por la unión de tres muelles (3) ubicados en el extremo libre del tubo interior (5) de cada una de las barras actuadoras (2). El movimiento viene dado por la extensión de las barras actuadoras (2) generada por el deslizamiento solidario del tubo interior (5) dentro del tubo exterior (6), permitiendo la variación de longitud de las barras actuadoras (2), el movimiento de deslizamiento se inicia con la activación de los motores (4) que hacen funcionar el mecanismo de tornillo que empuja el tubo interior (5) de la barra actuadoras (2) haciendo que se deslice y sobresalga del tubo exterior (6) provocando el aumento de longitud de la barra actuadora (2) o reduciéndola al realizar el movimiento contrario en el mecanismo de tornillo. Esto corresponde a la trayectoria casi puramente vertical de la estructura desde una altura de 44 cm a 70 cm. En la figura 3 se observa las fuerzas recogidas por las células de carga (13) en todos, los seis, muelles (3). Se ubican tres células de carga (13) en la parte superior de la estructura y otras tres células de carga (13) en la parte inferior.

Todo el proceso de elongación de las barras actuadoras (2) que genera el movimiento de la estructura, y por tanto del robot, se controla mediante un ordenador (12) conectado a un dispositivo implementado sobre una FPGA (11); la estructura se conecta a través los motores (4) mediante controladores digitales (9) a un interfaz (10) que enlaza los controladores al FPGA (4), y de ahí al ordenador (12); desde aquí se controlan los motores (4) y se determina la elongación de las barras actuadoras (2) y el movimiento que genera dicha variación de longitud de las barras actuadoras (2). El control de las células de carga (13) se realiza mediante la incorporación al ordenador (12) de las señales procedentes de un convertidor AD (15), señales que han sido previamente tratadas mediante un acondicionador de señal (14) que realiza las tareas de adecuación de las señales recogidas por las células de carga (13) para poder ser transferidas.

## ES 2 367 381 A1

En una segunda realización de la invención la estructura del robot (1) describe una trayectoria más compleja. Al igual que en el ejemplo anterior las longitudes iniciales y finales de las barras actuadoras (2) es de 44 cm y 70 cm respectivamente, sólo que ahora la velocidad no es la misma para todas las barras; de forma que cada una de las barras actuadoras (2) tiene una velocidad de 2, 4, y mm/s respectivamente. Mientras que la configuración final es la misma, la trayectoria a recorrer en este segundo ejemplo corresponde a una trayectoria que forma una especie de escalera de tres peldaños, la plataforma superior tiende a moverse hacia una de las barras actuadoras (2) que es la que tiene mayor velocidad. En este segundo ejemplo al igual que en el ejemplo anterior la estructura varía en altura entre 44 cm y 70 cm, pero en esta ocasión moviéndose de forma simultánea en el plano XY de la plataforma superior.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Robot (1) tensegrítico **caracterizado** porque comprende:

- 5 - al menos tres barras actuadoras (2) de longitud variable que tienen un extremo inferior y un extremo superior,
- 10 - unos muelles (3) pasivos dispuestos tres a tres, donde tres muelles (3) unen entre sí los extremos superiores de las barras actuadoras (2) formando un triángulo, mientras que los otros tres muelles (3) unen de forma alternada un extremo superior de cada una de las barras actuadoras (2) al extremo inferior de otra barra actuadora (2) o a un anclaje fijo (16) ubicado en el suelo o una estructura fija,
- 15 - medios de control de movimiento encargados de controlar el movimiento del robot (1), y
- medios de captación de datos encargados de captar datos de las fuerzas actuando sobre la estructura del robot (1),

donde cada una de las barras actuadoras (2) adicionalmente comprende:

- 20 - un tubo interior (5) que se desliza por el interior de un tubo exterior (6) empujado por un mecanismo de empuje provocando la variación de longitud de las barras actuadoras (2),
- 25 - un motor (4) encargado de generar movimiento de rotación que permite el funcionamiento del mecanismo de empuje,
- articulaciones elásticas (8) en el extremo libre del tubo interior (5) y/o en el extremo libre del tubo exterior (6) consistentes en una unión de tres de los muelles (3) sobre una base ubicada en dicho extremos libres.

30 2. Robot (1) según reivindicación 1 **caracterizado** porque adicionalmente comprende articulaciones esféricas (7) de rótula fija entre una esfera ubicada en el extremo inferior del tubo exterior (6) y uno de los anclajes fijos (16).

3. Robot (1) según reivindicación 1 donde los muelles (3) son cables activos de longitud variable mediante los medios de control de movimiento.

35 4. Robot (1) según reivindicación 1 donde el mecanismo de empuje es un mecanismo de tornillo.

5. Robot (1) según reivindicación 1 donde la longitud de las barras actuadoras (2) varía de 55 a 92 cm.

40 6. Robot (1) según reivindicación 1 donde cada una de las barras actuadoras (2) comprende al menos dos interruptores de parada que evitan que el tubo interior (5) abandone el interior del tubo exterior (6).

45 7. Robot según reivindicación 1 donde los medios de control de movimiento comprenden un ordenador (12) al que va conectado un FPGA (11), que permite la transmisión de datos y comandos a través de un interfaz (10) enlazado a unos controladores digitales (9) conectados a los motores (4).

50 8. Robot según reivindicación 1 donde los medios de captación de datos comprenden células de carga (13) ubicadas en los muelles (3) y conectadas a un acondicionador de señal (14) enlazado a un convertidor A/D (15) conectado al FPGA (11) y a través de este último al ordenador (12).

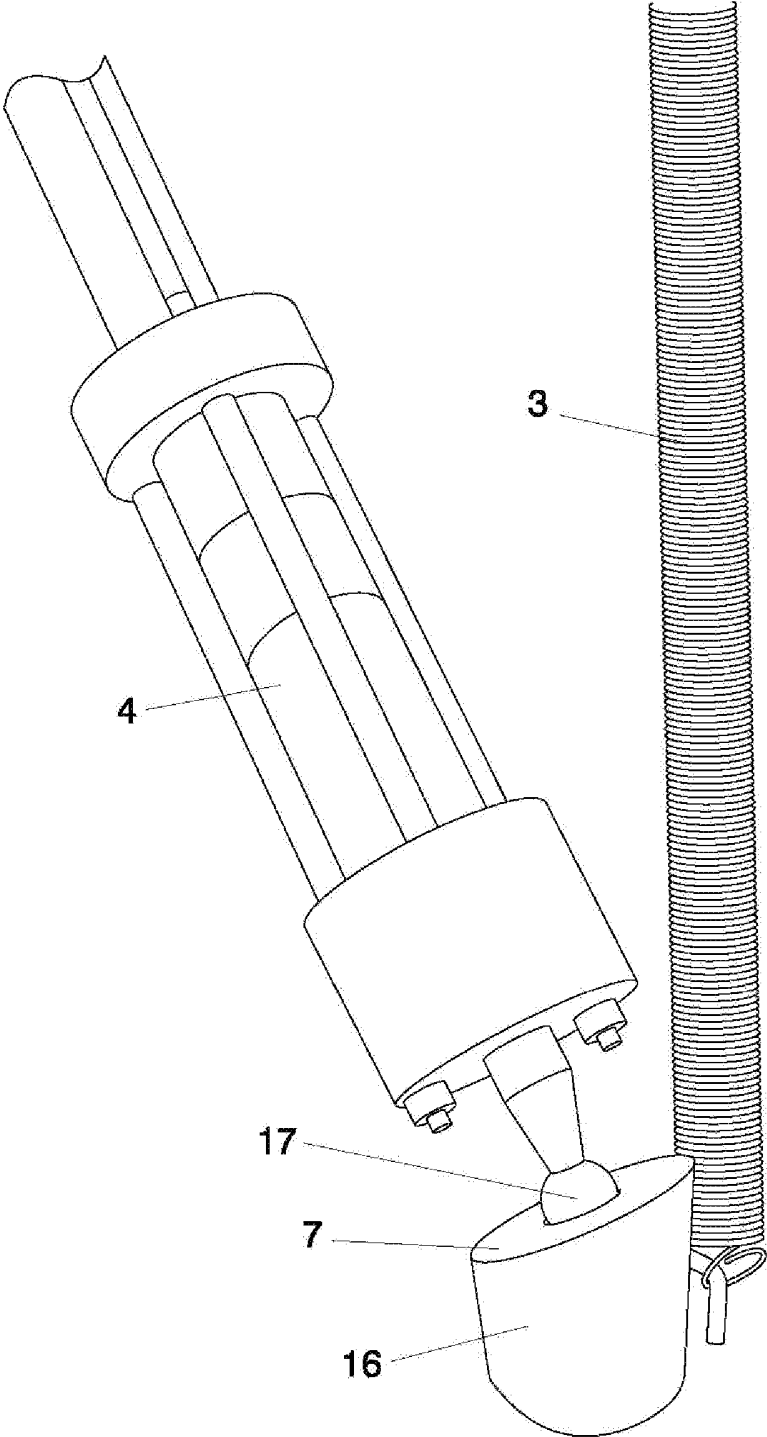
55

60

65

65





**FIG. 2**



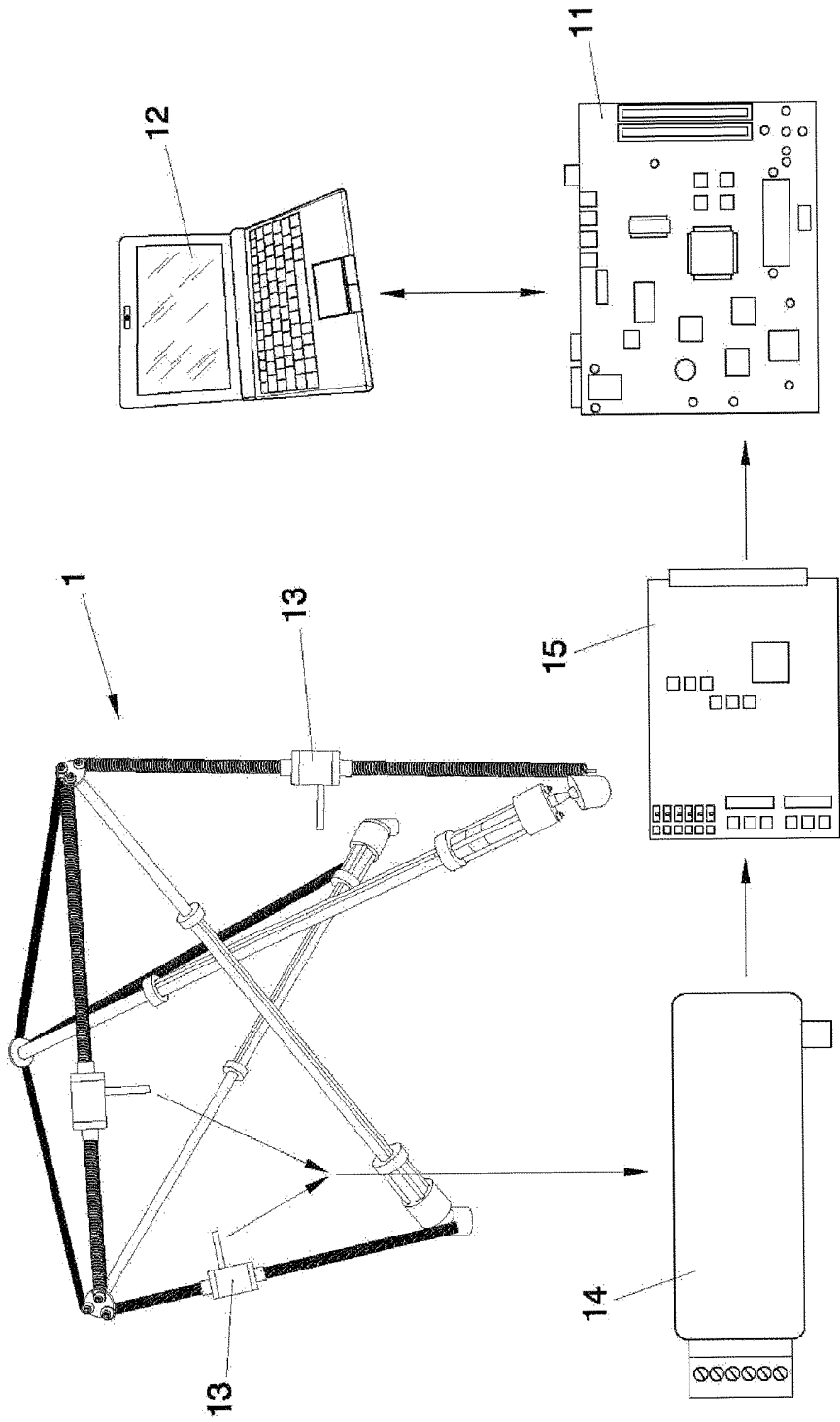


FIG. 3

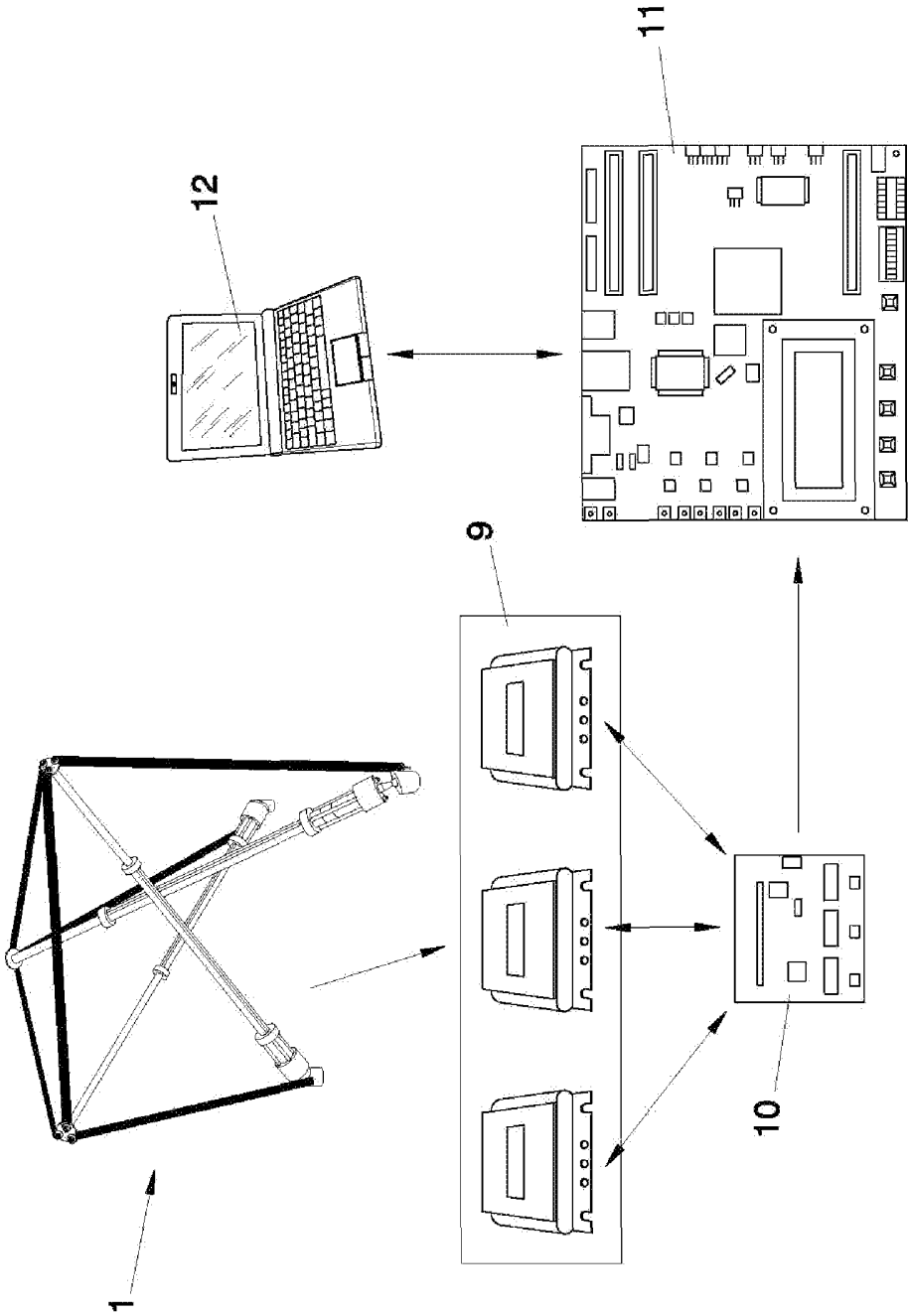
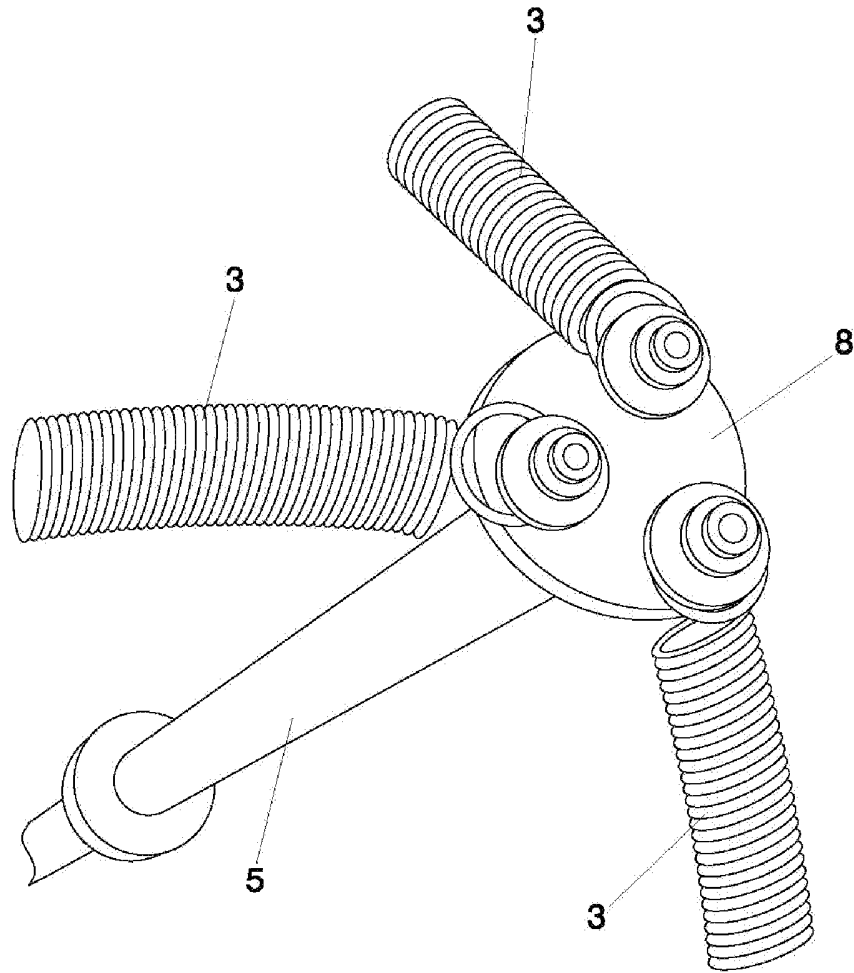


FIG. 4



**FIG. 5**

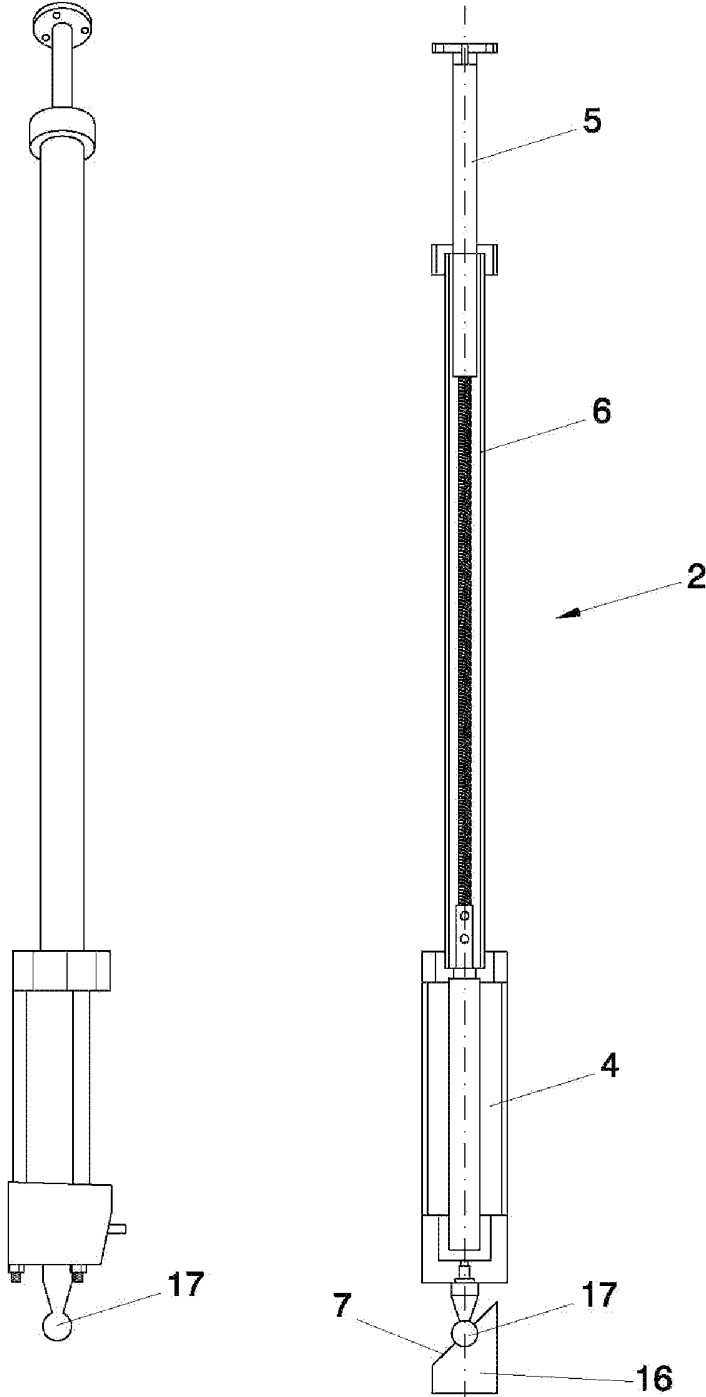


FIG. 6



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① N.º solicitud: 200930258

② Fecha de presentación de la solicitud: 03.06.2009

③ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl. : **B25J17/02** (2006.01)  
**B25J9/08** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2004149065 A1 (MORAN) 05.08.2004, párrafos [0087]-[0101]; figuras 1-5.	1,3,7
A	US 5114300 A (SHAHINPOOR et al.) 19.05.1992, columna 3, línea 11 – columna 4, línea 34; figuras 1,3,7.	1,3,4
A	WO 02097211 A2 (UNIV TEXAS) 05.12.2002, resumen; página 6, línea 9 – página 7, línea 5; figuras 3,5.	1,3
A	US 3354591 A (FULLER) 28.11.1967	
T	"Locomotion of a Tensegrity Robot via Dynamically Coupled Modules", RIEFFEL, J. et al. Recuperado de Internet: <URL: <a href="http://creativemachines.cornell.edu/papers/MC07_Rieffel.pdf">http://creativemachines.cornell.edu/papers/MC07_Rieffel.pdf</a> >	

#### 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  
14.10.2011

Examinador  
F. García Sanz

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B25J

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 14.10.2011

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-8	<b>SÍ</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-8	<b>SÍ</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2004149065 A1 (MORAN)	05.08.2004
D02	"Locomotion of a Tensegrity Robot via Dynamically Coupled Modules", RIEFFEL, J. et al. Recuperado de Internet: <URL: <a href="http://creativemachines.cornell.edu/papers/MC07_Rieffel.pdf">http://creativemachines.cornell.edu/papers/MC07_Rieffel.pdf</a> >	

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El documento D01, que se considera el más cercano del estado de la técnica, da a conocer (las referencias entre paréntesis se aplican a este documento) un mecanismo controlado por ordenador, similar a un robot tensegrítico, que comprende:

- # tres barras actuadoras (85) de longitud variable que tienen un extremo inferior y un extremo superior,
  - # unos cables (84), también de longitud variable, dispuestos dos a dos, activos en base al movimiento de un conjunto de poleas (94, 96, 98) respectivo,
  - # unos medios de control de movimiento encargados de controlar el movimiento del mecanismo, comprendiendo dichos medios un ordenador (78) al que está conectado un dispositivo de accionamiento de tipo joy stick (80), que permite un control manual en tiempo real por parte de un operario humano.
- donde cada una de las barras actuadoras (85) comprende adicionalmente:
- # un tubo, compuesto por varios tramos de tubo de diferente diámetro, impulsado por un mecanismo de accionamiento, que provoca la variación de su longitud,
  - # un servomotor (72) respectivo en cada vértice del triángulo en el que se encuentran dichos conjuntos de poleas correspondientes,
  - # articulaciones en el extremo libre del tubo que consisten en la unión de dos de los cables en una junta pivotante (56) en dichos extremos libres.

Por lo tanto, el documento D01, aunque tiene varias características técnicas comunes con la solicitud de patente en estudio y se aplica en el mismo campo técnico, no se puede considerar particularmente relevante porque carece, entre otros, de:

- # unos muelles dispuestos tres a tres, en el que tres muelles unen entre sí los extremos superiores de las barras actuadoras, formando un triángulo, mientras que los otros tres muelles unen de forma alterna un extremo superior de cada una de las barras actuadoras al extremo inferior de otra barra actuadora o a un anclaje fijo ubicado en el suelo o una estructura fija,
- # unos medios específicos de captación de datos encargados de captar datos de las fuerzas que actúan sobre el mecanismo.

Aunque el documento D02 tampoco es un documento particularmente relevante, se cita como T porque, aunque está publicado en Internet con una fecha posterior a la fecha de presentación de la solicitud en estudio, permite la comprensión de los principios que constituyen la base de la invención.

Por lo explicado anteriormente, ninguno de los documentos citados, o cualquier combinación de los mismos, se puede considerar de particular relevancia para el objeto de la invención, en la medida que se puede interpretar. Por otra parte, no resulta obvio que un experto medio en la materia pueda concebir dicho objeto a partir de dichos documentos. Por ello, la presente solicitud cumple los requisitos de novedad y actividad inventiva según las exigencias de los Artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.