

PLATAFORMA ROBÓTICA MODULAR DE CUATRO PATAS

SECTOR TECNOLÓGICO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a una plataforma vehicular. Más concretamente, a una plataforma robótica modular de cuatro patas.

ESTADO DE LA TÉCNICA

En la actualidad se busca que la mayoría de tareas que representen un riesgo o daño al ser humano sean realizadas por un dispositivo capaz de ejecutar las mismas tareas de manera eficiente, rápida y segura.

Esta tarea se ha visto limitada por la tecnología desarrollada en cada momento de la historia, inicialmente se reemplazaron las tareas que podían ser realizadas por un manipulador Industrial y poco a poco algunas tareas de transporte por vehículos con ruedas. Lo que nos lleva a hoy en día, tratar de sustituir al hombre en tareas ejecutadas en terrenos donde las ruedas no pueden acceder y operar con normalidad, y se tiene la necesidad de ir construyendo robots con patas que les permite desplazarse por terrenos más complejos y de difícil acceso.

La solución que se ha encontrado proviene de una Inspiración en la vida que nos rodea, los animales que al igual que nosotros poseen patas para desplazarse, en este caso se tienen varios animales que han acompañado al hombre en su desarrollo los cuales tienen cuatro patas, por ejemplo el caballo el cual fue uno de los principales métodos de transporte en muchas culturas o el perro, este último ha cumplido con múltiples trabajos a lo largo del desarrollo de la humanidad.

Entre los primeros desarrollos se tiene un dispositivo con 4 patas hecho en madera y acero en 1878 por Pafnutiy Lvovich Tchebyshev, matemático ruso, profesor de la Universidad de San Petersburgo, logró construir a base de un mecanismo de 4 barras un dispositivo capaz de caminar.

En los últimos años se ha presentado un aumento en el desarrollo de robots móviles para diversas aplicaciones, desde recorrer ambientes complejos, explorar el espacio, tareas de rescate, domicilios, entre muchos otros. Estos robots móviles pueden ser clasificados entre 3 grandes categorías, robots con ruedas, con orugas y con patas, cada una de las cuales tiene sus ventajas y desventajas en términos del espacio de trabajo, maniobrabilidad, controlabilidad, condiciones del terreno, eficiencia y estabilidad [1]. El hombre ha logrado superar los diversos terrenos de nuestro planeta, de igual manera, los robots con patas tienen el potencial de cumplir con esta misma tarea y en especial los cuadrúpedos presentan unas ventajas características tales como: movilidad, estabilidad y, comparativamente con respecto a los robots con 2 o con 5 patas, son fáciles de mantener, controlar y diseñar.

En el estado de la técnica se encontraron diferentes plataformas vehiculares cuadrúpedas, pero poseen características claramente distinguibles con relación a la plataforma robótica aquí divulgada. Algunos de estos desarrollos se listan a continuación.

La patente US10940582B2 divulga una estructura de piernas de un robot cuadrúpedo integrado por un cuerpo y cuatro módulos de piernas separados. En la estructura patentada cada pata está dividida en 3 submódulos diferentes entre sí, en búsqueda de un diseño robusto. Adicionalmente, el sistema de freno y la carcasa adicional que recubre los motores aumentan la masa que debe mover los motores y soportar las patas, razón por la cual se incluye un sistema de refrigeración.

El modelo de utilidad CN215436686U divulga una plataforma móvil inteligente de cuatro patas, la cual comprende una parte del cuerpo, una batería de almacenamiento y un mecanismo de pata biónico, cada uno integrado por tres motores. Al igual que la patente anterior, esta plataforma no es totalmente modular, cada pie tiene tres módulos distintos para transmitir el movimiento. En esta plataforma los 3 motores de cada pata están unidos al chasis para reducir la masa de las patas, pero esto genera la necesidad de usar una cadena para transmitir movimiento al último eslabón de la pata, generando necesidades adicionales de mantenimiento como engrasado de la cadena.

La solicitud de patente CN106976494A divulga un robot cuadrúpedo de topología primaria, que incluye un tronco y cuatro piernas, la parte inferior del tronco está conectada con cuatro piernas, y éstas poseen una sección de la pierna-cadera, pierna-muslo y pierna-jarrete. Este robot utiliza como actuadores cilindros hidráulicos, esto presenta diferencias en términos de controlabilidad y dispositivos necesarios para ejecutar un movimiento. Para un actuador neumático se requiere un dispositivo capaz de generar la presión necesaria para mover el peso del dispositivo, usualmente un compresor. La principal desventaja de usar cilindros neumáticos se dan en el control, actualmente el control de motores eléctricos es ampliamente utilizado, presentando la posibilidad de controlar posición, velocidades, y torques generados por estos motores.

En la investigación titulada “An Open Torque-Controlled Modular Robot Architecture for Legged Locomotion Research” [2] divulga un sistema robótico liviano de código abierto, con un módulo actuador de bajo coste y baja complejidad. Este dispositivo posee una tarjeta de comunicación wifi, la cual se comunica con un computador fuera del sistema robótico para su control. Esto abre la posibilidad de inconvenientes en la operación de la plataforma, al momento de pérdida de comunicación se carece de un dispositivo de control a bordo que permita tomar decisiones y controlar el robot en el momento de desconexión.

Como se logró evidenciar en el estado de la técnica, existen diferentes plataformas robóticas de cuatro patas. No obstante, estos desarrollos presentan diferentes falencias tales como, alto peso, elementos difíciles de manufacturar, ensamblar, realizar mantenimiento, controlar, y con un alto costo, e insuficientes actuadores y por ende insuficientes grados de libertad limitando los movimientos que pueden realizar las plataformas robóticas. Falencias que el presente modelo de utilidad aquí reivindicado pretende resolver.

FIGURAS Y DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Vista isométrica de la plataforma robótica.

Figura 2. Vista isométrica de la plancha inferior (101) y superior (102) del chasis (100) de la plataforma robótica.

Figura 3. Vista isométrica del módulo de alimentación eléctrica (200), del módulo de visión (300), del módulo de comunicación (400), y del módulo de control (500)

Figura 4. Vista de explosivo de un módulo de locomoción (600) y las partes que lo integran, tales como driver (601), un motor (602), un encoder (603), un módulo de transmisión (604) una carcasa (605) y protector del driver (606).

Figura 5. Vista isométrica de la pata (700), con sus tres módulos de locomoción (Cadera A (701), Cadera F (702), Rodilla (703)) y el eslabón final (704).

Figura 6. Primer paso para la iniciación de operaciones con la plataforma robótica

Figura 7. Segundo paso para la iniciación de operaciones con la plataforma robótica

Figura 8. Tercer paso para la iniciación de operaciones con la plataforma robótica

Figura 9. Cuarto paso para la iniciación de operaciones con la plataforma robótica

Figura 10. Quinto y último paso para la iniciación de operaciones con la plataforma robótica

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Descripción detallada de la invención

Una plataforma robótica modular de cuatro patas que comprende un chasis (100) de un material liviano y fácil manufactura, encargado de soportar y transportar los módulos que integran la plataforma; un módulo de alimentación eléctrica (200) que consta de una batería recargable y un regulador de tensión DC-DC, encargados de energizar los diferentes módulos de la plataforma; un módulo de visión (300) integrado por una cámara 3D estereoscópica que recibe la información visual del entorno de la plataforma y lo transmite al módulo del control (500); un módulo de comunicación (400) que comprende al menos dos tarjetas USB-CAN que conectan los módulo de locomoción (600) y el módulo de control (500); un módulo de control (500) que consta de un computador a bordo encargado de recibir, procesar y enviar las señales de control a los módulos de la plataforma; doce módulos de locomoción (600) encargados de generar y transmitir todos los movimientos de la plataforma; y cuatro patas (700) integradas cada una por tres módulos de locomoción (600) iguales entre sí pero que cumplen diferente función (Cadera A (701), Cadera F (702), Rodilla (703)), y un eslabón inferior (704) el cual realiza el contacto con el suelo de forma tal que se logra el desplazamiento de la plataforma.

El chasis (100) soporta los módulos que integran la plataforma robótica modular móvil. El chasis está fabricado con materiales livianos y es de fácil manufactura como lámina de

aluminio, resina fotocurable y PLA utilizando procesos como corte láser y manufactura aditiva. El diseño de este componente se realizó teniendo en cuenta técnicas de diseño generativo, esto con el fin de reducir el peso total del robot, como se puede ver en la Figura 1. Esta técnica permite remover material que no se encuentra sujeto a cargas o que no es de vital importancia para la interfaz de unión con otras piezas, dicha remoción permite a su vez la posibilidad de cableado, acceso para el ensamblado y mantenimiento. El chasis (100), como se puede ver en la Figura 2, está compuesto por dos planchas, inferior (101) y superior (102), las cuales se conectan entre sí en sus esquinas y por medio de módulos de locomoción (600) que se encuentran en la parte media de ambas planchas y son el inicio de las cuatro patas (700).

Como se puede ver en la Figura 3, la plancha inferior (101) soporta los módulos que componen la plataforma robótica, específicamente: alimentación eléctrica (200), visión (300), comunicación (400), control (500) y finalmente 8 de los 12 módulos de locomoción (600), estos módulos corresponden a la Cadera A (701) y Cadera F (702) que integran cada una de las cuatro patas (700), donde el primer módulo de cada pata Cadera A (701) se fija a la plancha inferior y el segundo módulo Cadera F (702) es libre de rotar gracias a la actuación del primero. Para cumplir con la función de soporte para estos 8 módulos de locomoción existen los Soportes/separadores de sistemas de locomoción. Estos soportes cumplen con la función de crear un espacio entre el primer módulo de locomoción de cada pata y la plancha inferior, esta distancia es necesaria para la rotación del segundo módulo de locomoción perteneciente a cada pata.

La plancha superior (102) protege de impactos externos a los módulos y diversos componentes que se encuentran dentro del chasis. Al ser la parte superior del chasis, este elemento tiene la función de soportar futuros módulos adicionales en la parte superior del robot o cargas que deban ser transportadas por la plataforma robótica.

El módulo de alimentación eléctrica (200) se ubica sobre la plancha inferior (101), y está integrado por un conjunto de baterías recargables (201) y un regulador de tensión DC-DC (202).

Las baterías recargables (201) se encuentra en la parte frontal del chasis detrás del módulo de visión (300), su función principal es de proveer la energía consumida por el robot, específicamente se cuenta con dos baterías que se encuentran conectadas en serie y de la conexión resultante, en paralelo, se conecta el regulador de tensión DC-DC (202) por medio de dos cables, adicionalmente se conectan en paralelo los motores de los módulos de locomoción por medio de dos cables con un conector XT30. A las baterías se conecta una tarjeta que mide el voltaje de la batería y emite un sonido en caso de llegar a un nivel de descarga bajo.

El regulador de tensión (202) se ubica en el medio de la plancha inferior (101) y hacia un costado del robot. Este dispositivo suministra y regula la energía suficiente para el correcto funcionamiento del módulo de control (500).

El módulo de visión (300) está integrado por una cámara 3D estereoscópica de bajo peso y tamaño la cual permite capturar información del lugar donde se encuentra la plataforma robótica. El módulo de visión se ubica en la parte frontal de la plataforma, en medio de las dos patas delanteras, y se conecta al módulo de control (500) por medio de un cable USB, este cable permite energizar la cámara y transmitir los datos.

El módulo de comunicación (400) está integrado por al menos dos tarjetas usb-can, las cuales van conectadas por un lado al módulo de control (500), cada una a su respectivo puerto USB, y por el otro lado a los 12 drivers (601) de los módulos de locomoción (600). Este módulo cumple la función de ser el puente de envío y recepción de datos entre los drivers (601) de los motores (602) y el módulo de control (500) a través del protocolo de comunicación CANBUS.

El módulo de control (500) se compone de un computador a bordo el cual se encuentra ubicado en la parte posterior de la plataforma, en medio de las dos patas traseras. Al módulo de control se conectan el módulo de comunicación (400) por cable USB, el módulo de visión (300) por cable USB, el módulo de alimentación eléctrica (200) por el puerto de alimentación del computador. El módulo de control (500) se encarga de procesar las imágenes obtenidas por el módulo de visión (300) y controlar los motores (602) por medio del módulo de comunicación (400). Por medio de la tarjeta de comunicación WIFI, del computador abordo, permite la teleoperación de la plataforma. La principal función de este módulo es realizar el procesamiento de los algoritmos de locomoción con los cuales se realizan los cálculos de los movimientos requeridos por los módulos de locomoción (600).

Los Módulos de locomoción (600), cumplen con la función de generar y transmitir todos los movimientos posibles por el robot. Estos módulos están compuestos por un driver (601), un motor (602), un encoder (603), un módulo de transmisión (604) y una carcasa (605), tal y como se puede observar en la Figura 4. Cada uno de los módulos de locomoción (600) está conectado al módulo de comunicación (400), esto para lograr una comunicación de doble vía, desde el driver (601) salen los datos del movimiento y desde el módulo de comunicación (400) al driver se reciben las posiciones, velocidades y torque deseados.

El Driver (601) es un circuito electrónico capaz de recibir energía eléctrica y señales de control, de manera que puede dar movimiento al motor de la manera deseada a través de los 3 cables del motor. Esta tarjeta interconecta el módulo de comunicación (400) con el motor (602) del módulo de locomoción (600) y así modificar la alimentación eléctrica del motor y de esta manera logra seguir los comandos necesarios para el movimiento. El driver (601) se ubica en la parte posterior del motor, al exterior de la carcasa.

El motor (602), es un motor brushless DC, el cual transforma la energía eléctrica suministrada por el Driver (601) en movimiento rotacional, el cual es transferido al mecanismo de transmisión (604). Cada uno de los motores se encuentra dentro de la carcasa (605), y se acopla a la polea de entrada al módulo de transmisión (604) y al Driver (601).

El encoder (603) está ubicado en cada uno de los 12 drivers (601), este sensor detecta el movimiento rotacional del eje de cada motor (602), esta detección es gracias a un imán instalado en el eje de este último. El encoder detecta el cambio de polaridad del imán y el driver (601) envía al módulo de comunicación (400) los valores medidos y calculados, este sensor trabaja bajo el principio del efecto hall.

El Mecanismo de Transmisión (604) lo integran dos etapas de reducción en serie, cada una consta de una correa y 2 poleas. El eje de entrada del mecanismo de transmisión se conecta con el motor (602) brushless, el eje de salida de la segunda etapa de reducción cuenta con

un refuerzo de aluminio y para así transmitir el movimiento rotacional. Los ejes de entrada y salida del mecanismo de transmisión (604) están fabricados a través de impresión 3d usando resina fotocurable y los ejes de salida van reforzados internamente con un perfil cuadrado de aluminio de forma tal que al transmitir el torque al siguiente componente no se genere una deformación o rotura en el eje de transmisión. La polea de salida de la primera etapa de reducción y la polea de entrada de la segunda son dos piezas separadas, las cuales son encajadas una a la otra, logrando así transmitir el movimiento entre etapas de reducción.

La carcasa (605) sirve de soporte y protección para los componentes del módulo de locomoción (600), está compuesta por varias piezas de lámina de aluminio, en su mayoría con dobleces que permiten aumentar su rigidez y piezas en impresión 3D que permiten albergar los rodamientos que a su vez soportan los ejes de las etapas de reducción del mecanismo de transmisión (604). En su interior se encuentran el motor (602), el mecanismo de transmisión (604) y en su exterior soporta al driver (606).

El protector de driver (606) está en la parte posterior del driver (601), este se encarga de proteger de posibles golpes a los componentes electrónicos de la tarjeta y adicionalmente de un posible contacto con alguna superficie metálica que pudiera ocasionar un cortocircuito.

La plataforma posee cuatro patas (700) cada una integrada por tres módulos de locomoción (600) iguales entre sí, lo cual da la característica de modularidad a este desarrollo, y un eslabón inferior (704), como se puede ver en la Figura 5. Aunque los módulos de locomoción son iguales entre sí, cumplen funciones diferentes, razón por la cual se nombran de acuerdo a su función dentro de la pata como Cadera A (701), Cadera F (702), Rodilla (703).

El primer módulo de locomoción (600), es nombrado Cadera A (701), es el encargado del movimiento de similar a la abducción de la cadera humana, se encuentra unido a plancha inferior (101) del chasis, este módulo consiste en el primer grado de libertad de la pata y transfiere movimiento rotacional al segundo módulo de locomoción, Cadera F (702), a través del eje cuadrado de aluminio y un acople en lámina de aluminio el cual se atornilla a la carcasa (605) de la Cadera F (702).

La Cadera F (702), el segundo módulo de locomoción (600), es el responsable del movimiento de similar a la flexión de la cadera humana, está acoplado a la Cadera A (701) y soportado por la plancha inferior de manera que permite su rotación, el eje de salida de este módulo se encuentra unido al último módulo de locomoción (600) Rodilla (703), por medio de una lámina de aluminio doblada y un acople en impresión 3D que están sujetos al eje de aluminio de salida de la Cadera F (702), este conjunto está atornillado a la carcasa del la Rodilla (703).

La Rodilla (703), es el último módulo de locomoción (600) en la pata (700) tiene instalado en su eje de salida el pie (706), por medio de un acople realizado en manufactura aditiva, con resina fotocurable.

El Eslabón inferior (704) está compuesto por la tibia y el pie, la tibia se conecta al eje de salida de la rodilla (703), por medio de un acople en impresión 3D de resina fotocurable, y por otro lado se acopla al pie a través de una pieza en impresión 3D en PLA. Este componente es un perfil cuadrado de aluminio que le permite soportar la carga del robot. El pie cumple la función

de soporte del peso de la plataforma y adicionalmente la interacción entre el robot y el terreno en el qué se encuentra.

Ventajas de la invención

Modularidad, los doce módulos de locomoción (600) que integran la plataforma son todos iguales entre sí, tres de ellos integran cada una de las cuatro patas. Esta similitud entre los módulos disminuye la variabilidad de las piezas que integran la plataforma, facilitando procesos de reparación, reemplazo de piezas, mantenimiento. Debido a que las patas son similares entre sí la distribución de masas de la plataforma se evidencia de manera simétrica, lo qué resulta en una ubicación central del centro de masa de la plataforma, lo cual ayuda a igualar la .

Bajo peso, la plataforma es fabricada con materiales de baja densidad como aluminio, resina y polímeros sintéticos, permitiendo obtener una plataforma liviana de fácil manipulación. Donde una de sus realizaciones preferidas no supera los 6 kg de peso y un volumen mínimo de 0.6 x 0.49 X 0.08m.

Ahorro de energía, al ser liviana la plataforma, los motores no están sometidos a altas cargas disminuyendo el consumo de energía o su recalentamiento, eliminando la necesidad de usar elementos adicionales de refrigeración.

Fácil fabricación, para la manufactura de la plataforma se emplean procesos de prototipado rápido como impresión 3D o procesos de mecanizado como corte por láser de alta velocidad. El empleo de estos tipos de procesos de manufactura disminuye tiempos y costos de fabricación y reparación.

Fiabilidad en la comunicación, al tener el computador a bordo en la plataforma robótica se asegura una comunicación fiable para poder controlar el robot en casos donde se pierda la comunicación por WIFI.

Resistencia esfuerzos cortantes, los ejes de salida de los módulos de locomoción (600) se fabricaron por impresión 3D usando resina o polímeros sintéticos, agregando un refuerzo de aluminio de sección transversal cuadrada al interior de cada eje impreso, mejorando la resistencia a esfuerzos cortantes y facilitando el uso de rodamientos con un eje cuadrado.

Movilidad del robot, cada pata posee tres grados de libertad, por lo tanto cada pata puede realizar tres movimientos independientes, permitiéndole a la plataforma realizar movimientos complejos.

Ejemplo de aplicación práctica

Paso a paso para la iniciación de operaciones con la plataforma robótica:

1. Colocar la plataforma sobre una superficie plana en posición de reposo, de manera que las patas(700) se encuentren totalmente recogidas sin exceder las dimensiones del chasis (100), como se muestra en la Figura 6.
2. Instalar las baterías del módulo de alimentación eléctrica (200) y la cámara del módulo de visión (300) por la parte frontal de la plataforma, como se muestra en la Figura 7.
3. Encender el computador abordo, como se muestra en la Figura 8.
4. Conectar de forma remota con el computador a bordo por protocolo ssh, el computador abordo tiene una dirección IP fija que permite la comunicación entre el dispositivo y un computador externo, ver Figura 9.
5. Enviar el comando de activación desde el computador remoto, este comando pasa la plataforma de la posición de reposo a la posición de activo como se muestra en la Figura10.

REFERENCIAS

- [1] Biswal, P., & Mohanty, P. K. (2021). Development of quadruped walking robots: A review. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(2), 2017–2031. doi:10.1016/j.asej.2020.11.005
- [2] Grimminger, F., Flayols, T., Fiene, J., Badri-Sprowitz, A., Righetti, L., Meduri, A., ... Widmaier, F. (2020). An Open Torque-Controlled Modular Robot Architecture for Legged Locomotion Research. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 1–1. doi:10.1109/lra.2020.2976639
- [3] Wang, X., Yang, Z. (2017). Leg power system structure of electrically driven four-legged robot. China
- [4] Qingyun, Y., et al. (2021). Intelligent bionic four-foot motion platform. China
- [5] Yibin, L., et al. (2017). A kind of quadruped robot mechanism of primary topology. China