

Prototipo de Vehículo Omnidireccional con Luz Propia

Betanzos-Rivera Luis Enrique, Cíntora-García Mayra Azucena, Pantoja-Núñez Héctor Orlando, Ledesma-Cárdenas Juan José y Vargas-Soto José Emilio.

Universidad Autónoma de Querétaro.
Facultad de Informática – Facultad de Ingeniería

Resumen

Los vehículos omnidireccionales se enfocan en diversas tareas, las cuales pueden aplicar al área de entretenimiento, la inspección de conductos de difícil acceso, el sector militar o de seguridad entre otros, debido a su principal característica la cual es el movimiento en cualquier dirección.

En el presente artículo se describe el desarrollo de un vehículo omnidireccional esférico, el cual puede desplazarse por relieves de baja o medianamente accidentados, con una destreza superior en comparación con un vehículo de cuatro llantas, debido a su capacidad de giro y de rotación. El vehículo cuenta con la capacidad de iluminación propia para su ubicación y un aumento en la calidad de captación de video y control vía inalámbrica móvil.

Palabras clave: Vehículo omnidireccional, robot esférico, iluminación propia.

1. Introducción

En la actualidad los desarrollos tecnológicos aplicados a robots han sido enfocados a la minimización del error en sus características principales. Hablando de robots para movimiento sobre una superficie o ruta sólida, estos suelen utilizar ruedas, orugas o patas (hexápodos) para su desplazamiento. El robot omnidireccional tipo esfera, surge del análisis de los errores de movimiento de los robots antes mencionados. Los robots tipo esfera, son principalmente constituidos por una carcasa esférica, la cual aloja en su interior los actuadores y su sistema de control para su desplazamiento, esto conlleva poder girar sobre su eje, teniendo un giro instantáneo para cambio de dirección. [1]

Diversos diseños y sistemas mecánicos para la locomoción de robots esféricos existen desde hace más de un siglo, todos desarrollados para ser utilizados en múltiples aplicaciones. El primer robot esférico fue patentado por JL Tale en 1893 [2]. Su modelo estaba constituido por un eje central, que al ser manipulado manualmente con un resorte, reposicionaba la masa interna y propulsaba la esfera en una sola dirección.

En 1889, un vehículo esférico para transportar personas fue construido por W. Henry para aplicaciones de la marina. El vehículo mantenía el equilibrio por la masa del lastre y el peso del pasajero. La superficie más externa de la esfera sería la que rodaría para avanzar.

En 2012 un Sistema Robótico Móvil Esférico con Capacidad de Telemetría y Posicionamiento por Geolocalización es desarrollado por el estudiante venezolano Juan Miguel Cols Giorgianni, de la Universidad Nacional Experimental Politécnica de Venezuela.

En cuanto a robots esféricos, específicamente con fines de exploración, el equipo de investigación Cybernetics Research Group de la Universidad Politécnica de Madrid desarrolló un prototipo llamado ROSPHERE, dicho robot se desplaza por sí mismo, cambiando su centro de gravedad, para llevar a cabo misiones y manifestando ser inherentemente estable. ROSPHERE fue puesto a prueba en distintos entornos y se demostró que es un robot adecuado para reunir información y puede ser usado para monitorear técnicas de cultivo [3].

Con el paso del tiempo, el avance de la tecnología, y la aparición de nuevos problemas por resolver, los robots esféricos han cobrado mayor relevancia en las últimas décadas. Diversos artículos han sido publicados para exponer nuevas propuestas sobre las distintas implementaciones y diseños de robots esféricos cuyas características suponen grandes ventajas sobre los robots convencionales cuyo desplazamiento se da por medio de ruedas o piernas.

Investigadores del Departamento de Ingeniería Mecánica, de la Universidad Nacional de Taiwan, publicaron en 2013 un artículo titulado "Design and implementation of a ball-driven omnidirectional spherical robot" donde se expone el modelo de un novedoso robot esférico, llamado OmniQiu's, con la capacidad de locomoción omnidireccional y puede ejecutar trayectorias controladas. Dentro de su estructura exterior esférica se instaló una rueda impulsada por dos rodillos en configuración ortogonal, por lo que el movimiento omnidireccional del robot puede ser llevado a cabo por mapeo de cinemática directa. [4]

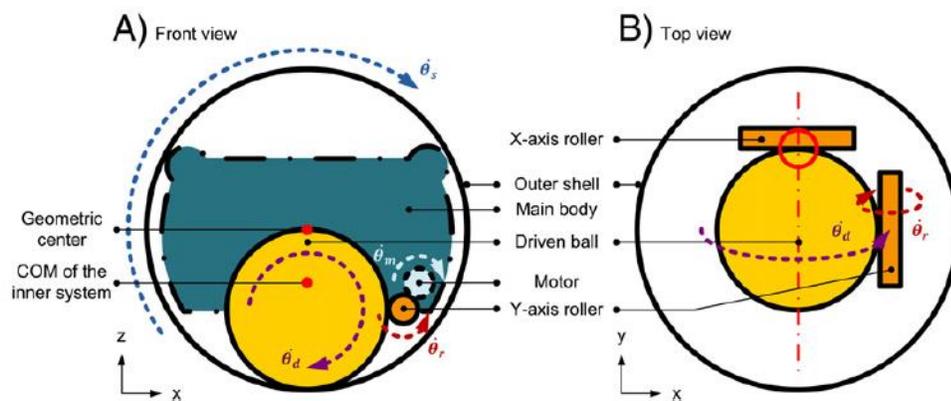


Figura 1. Visualización de OmniQiu's.

El diseño del robot fue desarrollado para cumplir con las tres principales especificaciones siguientes:

- 1) El robot emplea el método de control directo, el cual utiliza la potencia del motor para controlar al robot directamente través del sistema de transmisión.
- 2) El robot debe de ser capaz de desplazarse en cualquier dirección en cualquier instante.
- 3) Utiliza el mínimo número de actuadores para lograr el desplazamiento deseado. [4]

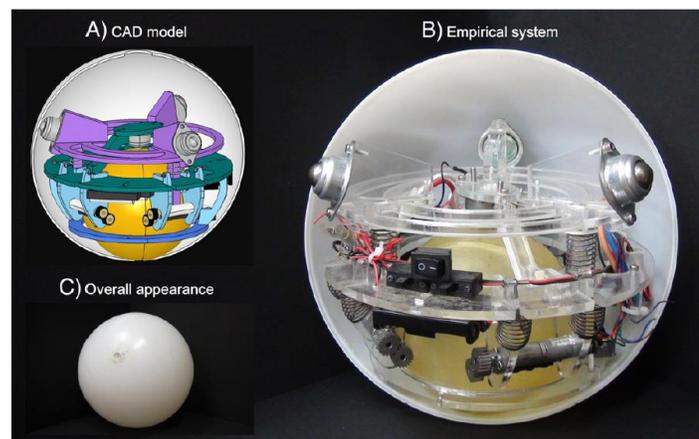


Figura 2. Modelo final de OmniQiu's.

En el 2014 dos estudiantes de la Universidad de Kagawa, Japón y del Instituto Tecnológico de Beijing, China desarrollaron un robot esférico anfibia, cuya estructura consiste en un hemisferio superior sellado, dos cuartos de una esfera y una placa circular de plástico. Tiene un contenedor de plástico para alojar micro-robot acuático de movimiento flexible y estructura compacta. El robot anfibia cuenta con cuatro patas para el desplazamiento. Cada una de esas cuatro unidades está compuesta por un propulsor acuático y dos servomotores los cuales pueden girar a 90 grados en las direcciones horizontal y vertical. El robot es capaz de desplazarse tanto en tierra como por debajo del agua. Cuenta con mecanismos de propulsión transformables, lo que le permite actuar en locomoción terrestre como un cuadrúpedo y en medios acuáticos con propulsión náutica. Los micro-robots pueden ser controlados para recolectar objetos que se encuentran debajo del agua o pueden monitorear un entorno acuático en espacios restringidos. [5]

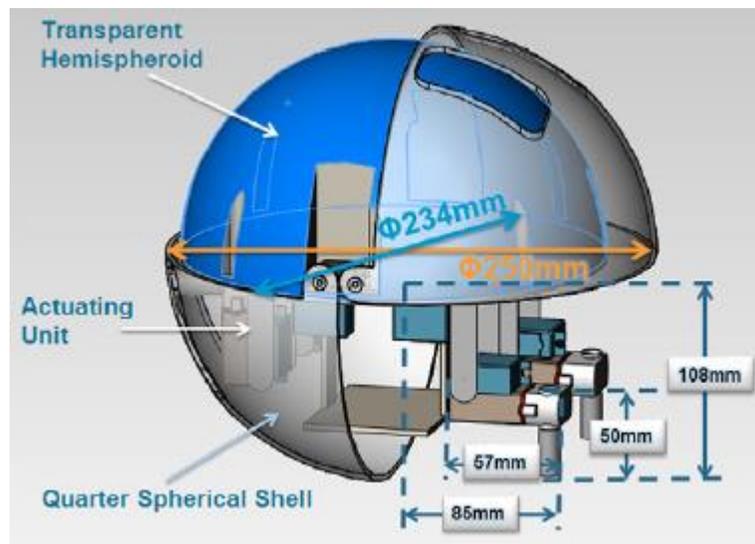


Figura 3. Diseño de robot anfibia.

2. Desarrollo del proyecto

Para la realización de este proyecto se llevaron a cabo diversas pruebas, con dos tarjetas diferentes de aplicaciones mecatrónicas y sistemas embebidos, en primer lugar la tarjeta NoMADA Pro+, que utiliza el microcontrolador Atmega328p y después la tarjeta Fez Panda III que trabaja con el microcontrolador G80. Al comparar los resultados de rendimiento de ambas tarjetas, se decidió que la mejor opción para el proyecto es la tarjeta Fez Panda III, debido a que la velocidad de procesamiento es mayor y contiene más puertos para control PWM, lo cual maximizaría la funcionalidad del robot. En la figura 1 se muestra la tarjeta de desarrollo NoMADA Pro+.



Figura 4. Tarjeta NoMADA Pro+, Solace Labs

La Fez Panda III es una tarjeta de desarrollo de bajo costo controlada por un chip G80, que trabaja con la plataforma .NET Micro Framework. La integración que existe entre el hardware y el software de la tarjeta proporciona características de alto nivel, las cuales son, procesamiento de gráficos de alta velocidad, comunicación TCP/IP, y trabajar con API's de .NET. En la figura 2 se muestra la tarjeta de desarrollo usada en el proyecto.

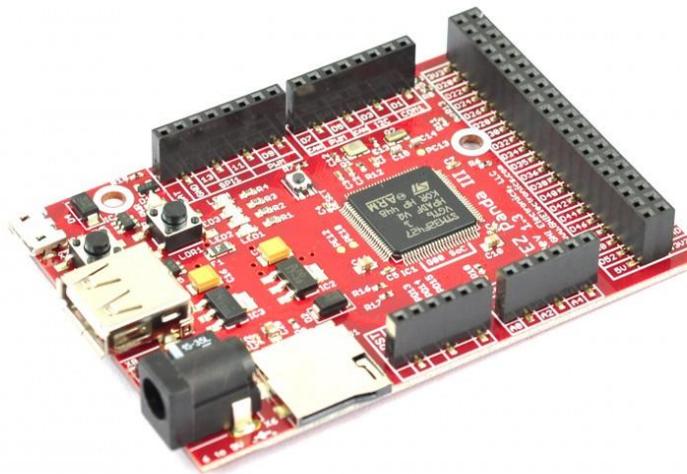


Figura 5. Tarjeta Fez Panda III

2.1 Control de motores

Para el control de motores se realizaron pruebas con diferentes tipos de PWM, las cuales nos ayudaron a encontrar la velocidad de cada motor, para estabilizarlos con el resto de los motores y controlar de una manera eficiente el robot en el cual se trabaja. Mediante estas pruebas con la tarjeta Fez Panda III corroboramos la eficiencia que se tiene en esta comunicación en cuanto a la pérdida de datos, la cual es muy baja y podemos seguir trabajando para mejorarla aún más. En la figura 3 se puede observar la conexión en protoboard de nuestros motores los cuales por bluetooth están siendo accionados. En la figura 4 se muestra uno de los motores usados en este proyecto, que trabaja a 30 RPM por minuto para obtener una torque más eficiente.

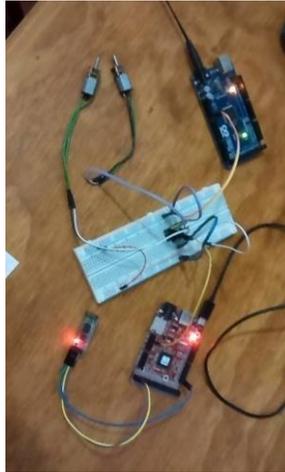


Figura 6. Control de motores con Fez panda III



Figura 7. Micro Motorreductor.

2.2 Comunicación inalámbrica.

La comunicación usuario-robot utiliza tecnología bluetooth, esto para desarrollar un control el cual permita dirigir al robot de forma inalámbrica, tratando como primera etapa este tipo de control.

Se utilizaron módulos de bluetooth Hc-05 los cuales permiten tener una comunicación full dúplex, convenientemente útil para verificar que los datos enviados sean los correctos. En la figura 5 se observa el módulo de comunicación utilizado para este proyecto. Para probar la recepción de datos en nuestro robot se utilizó la aplicación Blueterm la cual nos permite enviar datos y recibir con la finalidad de verificar visualmente que los datos sean correctos.

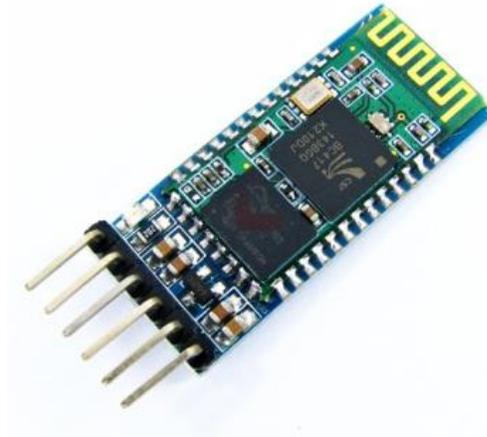


Figura 8. Modulo Bluetooth HC-05

En la figura 6 se muestra la aplicación desarrollada para el control inalámbrico de el vehículo, esta fue programada para teléfonos móviles con sistema operativo Android, la cual se conecta por medio de bluetooth y manda los valores para ordenar su movimiento,



Figura 9. App de control para vehículo.

En la figura 7 podemos observar la conexión de nuestra tarjeta Fez panda III con el modulo bluetooth el cual se encarga de recibir los datos para comenzar con el proceso de control del robot,



Figura 10, conexión de módulo Bluetooth.

2.2 Diseño esfera 3D.

Para realizar nuestro diseño 3D de nuestra esfera, se utilizó el programa rhinocéros el cual nos permite modelar en 3D, para poder crear el diseño esférico, primero se realizó un dibujo en el cual se obtuvieron medidas para después generar en rhinocéros una esfera con esas medidas y proceder a dividirla en ocho partes iguales, una de estas partes se agregó una pestaña con la cual ensamblara con otra pieza para ir formando la esfera final, solo se trabajaron dos piezas y se duplicaron hasta tener 4 piezas de la misma forma, al igual la segunda pieza se realiza lo mismo y de esta forma obtenemos la esfera completa que ensamble. En la figura 8 se observa el modelo 3D de la esfera el cual ya contiene todas las piezas listo para imprimir.



Figura 11. Diseño 3D esfera.

2.2 Impresión de esfera 3D.

Se realizó la impresión 3D de nuestra esfera para utilizarla como la estructura del vehículo a desarrollar, el material utilizado fue PLA, el cual es resistente a impactos, lo cual beneficia la resistencia de dicho vehículo, las dimensiones son de 19 cm de diámetro, el material es translucido, para que pueda iluminarse desde su interior, el material cuenta con la tracción suficiente para poder desplazarse.

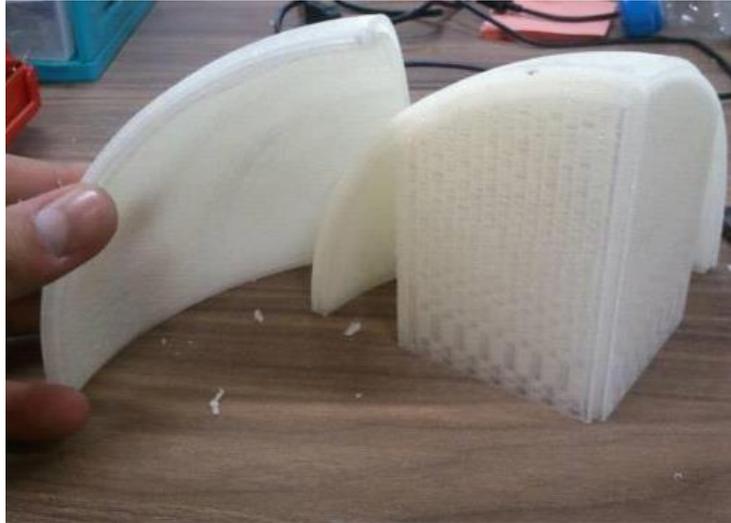


Figura 12. Piezas de PLA para esfera.

3. Resultados

En esta sección se muestran algunos resultados obtenidos en el desarrollo del proyecto, tanto del sistema esférico como de los componentes electrónicos, la programación realizada, las pruebas que nos ayudan a validar el funcionamiento de nuestro prototipo, las partes en las cuales nuestro prototipo funciona como se esperaba y en cuales se tendrá que trabajar para mejorar.

Para comprobar el buen funcionamiento de nuestro prototipo, se realizan pruebas de velocidad en los motores, la pérdida de datos en la comunicación inalámbrica que se realizó y prueba de conducción.

3.1 Pruebas.

3.1.1 prueba de velocidad en los motores

En la Tabla 1 se hicieron pruebas con los motores delanteros usados para nuestro robot esférico, los cuales muestran la desviación que se obtiene al seguir una línea recta con diferentes valores en pwm de los motores, con el fin de obtener la velocidad máxima a usar y que este avance lo más directo posible a donde se le ordene, la tabla 2 es la misma prueba realizada con los motores traseros, para verificar el buen funcionamiento del robot final.

Tabla 1. Desviación de distancia de motores delanteros.

Prueba	Distancia	Motor 1	Motor 2	Desviación
1	1 M	250 pwm	250 pwm	20.6 cm
2	1 M	250 pwm	255 pwm	24.1 cm
3	1 M	250 pwm	245 pwm	9.3 cm
4	1 M	255 pwm	240 pwm	2 cm
4	1 M	255 pwm	239 pwm	0.2 cm

Tabla 2. Desviación de distancia de motores traseros.

Prueba	Distancia	Motor 1	Motor 2	Desviación
1	1 M	250 pwm	250 pwm	18 cm
2	1 M	250 pwm	255 pwm	15.2 cm
3	1 M	245 pwm	255 pwm	3.5 cm
4	1 M	242 pwm	255 pwm	0.9 cm
5	1 M	241 pwm	255 pwm	0.1 cm

3.1.2 Prueba de pérdida de datos en comunicación inalámbrica.

En la Tabla 3 se hicieron pruebas con el envío de datos vía bluetooth en nuestro código para reducir cualquier error posible con la transición de las órdenes para direccionar nuestro robot.

Tabla 3. Envío de datos mediante nuestro control bluetooth

Prueba	Datos enviados	Datos recibidos	Error porcentual
1	100	100	0.0%
2	1,000	1,000	0.0%
3	5,000	4,998	0.04%
4	7,000	6,997	0.042%
5	10,000	9,995	0.05%

3.2 Resultados

Los resultados obtenidos hasta el momento son diseño y construcción del sistema de control de un robot móvil, el diseño y la manufactura de la estructura esférica, y la comunicación implementada vía Bluetooth. El resultado de integrar los diversos componentes del robot nos da una buena experiencia sobre la ingeniería de éste tipo de máquinas.

4. Conclusiones

Los robots esféricos ya existentes suelen ser de complejo control y funcionamiento, pero con este proyecto buscamos desarrollar un robot cuya implementación del control de movimiento sea sencilla. Con los avances de la construcción del prototipo en curso, descubrimos el potencial que tiene dicho robot para la exploración en lugares de dimensiones pequeñas o de difícil acceso y las ventajas de desplazamiento que tiene sobre un robot omnidireccional de cuatro llantas o robots hexápodos en terrenos con relieve irregular, principalmente para desplazamientos curvilíneos. Se pretende implementar una cámara la cual grabará en tiempo real el lugar por el cual el prototipo se trasladará, esto con la finalidad de utilizarse en la exploración de zonas arqueológicas de difícil acceso para las personas.

La comunicación por bluetooth con el dispositivo es una parte del proyecto que aún merece mayor desarrollo, a fin de eliminar cualquier posibilidad de error en la transferencia de datos. Así mismo, de la experiencia adquirida se considera de interés utilizar una tecnología de comunicación con mayor alcance.

La funcionalidad del vehículo fue confiable en su traslado en diferentes tipos de terrenos, lo cual nos favorece, para que en un futuro se puedan desarrollar aplicaciones específicas, como por ejemplo entretenimiento, o arqueología robótica no destructiva.

Referencias

- [1] Cabrera Carrillo, J., Garcia Vacas, F., Giner Abad, P., Jaimez Tarifa, M., Ortiz Fernandez, A., Castillo Aguilar, J., Nadal Martinez, F. and Simon Mata, A. (n.d.). ROBOT ESFÉRICO. ES2351457.
- [2] Ylikorpi, T. Suomela, J. (2007). *Ball-Shaped Robots*. Octubre 4, 2016, de Itech Education and publishing. Sitio web: http://cdn.intechopen.com/pdfs/478/InTech-Ball_shaped_robots.pdf.
- [3] J. D. Hernández, J. Barrientos, J. del Cerro, A. Barrientos, D. Sanz. "Moisture measurement in crops using spherical robots". *Industrial Robot: An International Journal*, vol. 40, pp. 59–66, 2013.
- [4] Wei-Hsi Chen, Ching-Pei Chen, Jia-Shiuan Tsai, Jackie Yang, Pei-Chun Lin, Design and implementation of a ball-driven omnidirectional spherical robot, *Mechanism and Machine Theory*, Volume 68, October 2013, Pages 35-48, ISSN 0094-114X,
- [5] Maoxun Li, Shuxiang Guo, Hideyuki Hirata, Hidenori Ishihara, Design and performance evaluation of an amphibious spherical robot, *Robotics and Autonomous Systems*, Volume 64, February 2015, Pages 21-34
- [6] Almeida, I, & Ochoa, J. (2013). "Diseño y construcción de un robot explorador de terreno "(Tesis de pregrado). Universidad politécnica salesiana sede Guayaquil, Ecuador.