

LUKE: DISEÑO DEL PROTOTIPO*

Resumen

En este artículo se describe el desarrollo de un vehículo de navegación autónoma diseñado para participar en la competencia de nivel avanzado en el tercer concurso latinoamericano de robótica. La tarea principal del vehículo es escalar una pirámide llevando consigo una pelota de golf, que deberá depositar en un agujero que se encuentra en la cima. El vehículo posee dos motores, los cuales se encargan del manejo de las llantas, éstos están conectados a un sistema de engranajes independiente para cada lado que le permite girar sobre su propio eje. El vehículo posee sensores de infrarrojo, ultrasonido y de contacto para detectar los bordes en la ruta hacia la cima de la pirámide y el agujero donde debe ser depositada la pelota de golf. Los sensores entregan la información del medio a un microcontrolador el cual se encarga de tomar las decisiones necesarias para dar cumplimiento a la tarea para la que se diseñó el vehículo.

Palabras claves

Sensores de infrarrojo, sensores de ultrasonido, motores, sistemas de navegación autónoma, microcontroladores.

Abstract

This paper is the development of an independent navigation vehicle, which is designed to participate in advanced competition task centers around the climbing of a pyramid where a small ball needs to be carried from the base to the top of the pyramid and thrown through a hole. The vehicle has two motors, that are in charge of handle the wheels, these motors are connected to an independent engagement system in each side, That allows the vehicle turns on its own axis. It uses infrared, ultrasound and contact sensors that detect the edges of the track, the pyramid wall and the hole in where the ball must be deposited. The sensors translate the information to a microcontroller which makes decisions according to the different functions that the vehicle must succeed in agreement with the required issues.

Index terms

Infrared sensor, ultrasound sensor, motors, independent navigation system, microcontroller.

* Informe elaborado por el ingeniero Juan Manuel Calderón Chávez y sus estudiantes Diego Francisco Jaimes, Marco Antonio Jinete, Anderson Amaya, Jesús David Peláez, Alexa Viviana Obando, Daniel Felipe Fajardo, Diego Fernando Barrantes.

Introducción

En el siglo XXI, con el rápido avance de la Ingeniería, se han logrado crear sistemas que son cada vez de mayor utilidad en nuestro diario vivir. Un ejemplo ilustrativo se encuentra en la industria automotriz, donde hoy es posible encontrar sistemas de posicionamiento global (GPS) que determinan la ubicación exacta de vehículos.

La utilización de diferentes tipos de sensores permite detectar diversos objetos próximos al vehículo; que a su vez son complementados con sistemas inteligentes que interactúan con las señales derivadas de los sensores y toman decisiones para evitar colisiones y lograr que el vehículo siga su trayectoria normal.

A estos sistemas se les da el nombre de sistemas inteligentes, ya que cuentan con unidades de proceso que permiten llevar el registro de acciones relevantes del vehículo como velocidad, aceleración, monitoreo de componentes, sistema eléctrico y dirección, entre otros. Las unidades de proceso interpretan y manipulan los datos automáticamente, de modo tal que tienen el control sobre el vehículo, y cuentan con sistemas de navegación automática, logrando que el conductor se preocupe por su lugar de destino sin necesidad de que se le guíe, sólo indicando su trayectoria. Estos y muchos más avances tecnológicos aplicados al desempeño de los autos han hecho que conducir sea un arte, una nueva forma de vivir y no una preocupación.

Objetivo

Desarrollar un vehículo de navegación autónoma que sea capaz de subir a través de una réplica a escala de la pirámide de Teotihuacan (México) (figura 1) llevando consigo una pelota de golf de 43 mm de diámetro con el fin de ubicarla en un agujero que se encuentra en la cúspide de la pirámide.

Características

La pirámide simula una especie de camino que cuenta con 12 ascensos de diferentes grados y longitudes con

un ancho de 25 cm por donde debe desplazarse el robot, como puede verse en la figura 1. Las paredes de la misma son de color negro y el piso es de color blanco. El robot no debe sobrepasar el tamaño de un cubo de 20 cm de lado, lo cual permite tener un cierto nivel de autonomía en el desarrollo de este vehículo.

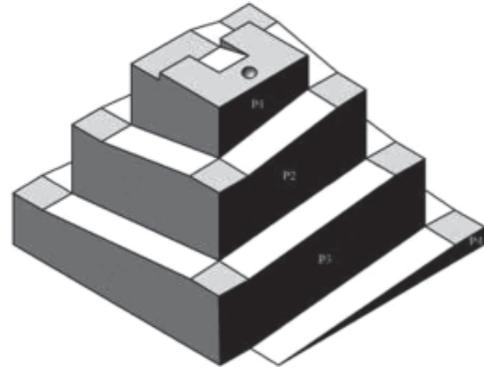


Figura 1. Réplica a escala de la pirámide de Teotihuacan

Propuesta

Para dar cumplimiento al objetivo se diseñó un vehículo de cuatro llantas con sistema de tracción independiente a los lados, chasis rectangular, sensores, procesadores que interpretan las señales de los sensores y toman decisiones, además de un módulo cuyo objetivo es depositar la pelota de golf en el agujero.

Su chasis es construido principalmente en materiales plásticos y aluminio, elementos escogidos por ser livianos y resistentes.

Sistemas de tracción, motores y llantas

El vehículo tiene cuatro llantas que poseen tracción independiente para cada lado del mismo. El objetivo de separarlas es tener un sistema de tracción que le permita al vehículo dar giros de 360° sobre su propio eje, movimiento de vital importancia en este proyecto puesto que es necesario tomar curvas en espacios bastante reducidos.

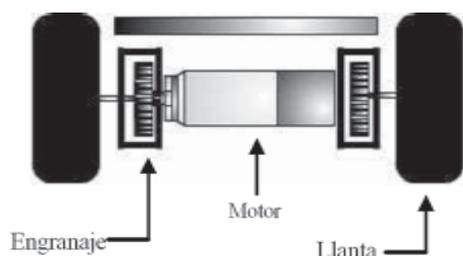


Figura 2. Vista frontal del sistema de tracción

Cada sistema de tracción está asociado a un motor cuya alimentación eléctrica es de 9V, encargado de proporcionar el movimiento controlado del vehículo.

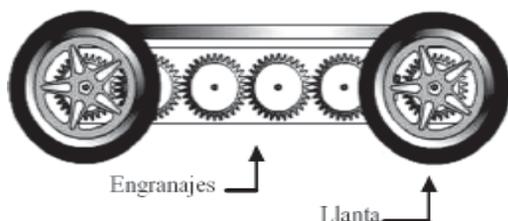


Figura 3. Vista lateral del sistema de tracción

El manejo de cada sistema de tracción requiere de un circuito de tipo puente H para motores DC, el control

del mismo se lleva a cabo mediante dos (2) bits asignados en la unidad de proceso, lo que da origen al cambio de giro del vehículo. Al manejar dos motores se tiene, en definitiva, la utilización de cuatro (4) bits de control proporcionados por la unidad de proceso.

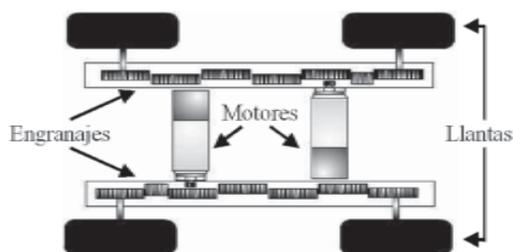


Figura 4. Vista superior del sistema de tracción

Las llantas presentan un diámetro aproximado de 6 cm y cuentan con un recubrimiento de caucho, lo que ge-

nera una mayor adherencia a la superficie evitando que el vehículo patine o se deslice.

Sensores

Los sensores utilizados en el desarrollo de este vehículo se encuentran separados en dos grupos: ultrasónicos e infrarrojos.

Sensores de ultrasonido: son utilizados para medir la distancia a la que se encuentra el vehículo de la pared para lograr mantener un margen de espacio adecuado que ayude en la navegación del sistema y evite que el mismo se acerque demasiado al borde de la ruta y caiga por ella. Además colabora en la identificación de la existencia de pared con el fin de poder distinguir entre las rutas de avance de la pirámide que se encuentran a los lados, y las secciones de curva que están constituidas por las esquinas de la misma.

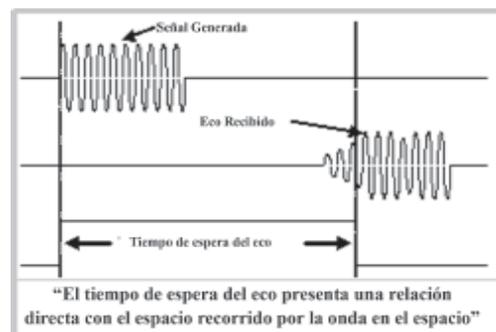


Figura 5. Funcionamiento de los sensores de ultrasonido

El funcionamiento de dicho sistema es mostrado en la figura 5, consistente en un circuito de generación de onda seno con frecuencia de 40 KHz. Durante un tiempo aproximado de 300msg, una vez se ha iniciado la generación de estos pulsos el sistema de control arranca un contador que sólo se detendrá cuando el sensor detecte el arribo del eco de la onda generada, con el fin obtener una noción de la distancia a la que se encuentra el obstáculo más cercano, en este caso la pared de la pirámide.

Dado caso de no recibir el eco dentro de un margen de tiempo estimado, se asume que el vehículo está en

una de las esquinas y deberá entrar en el proceso de giro, tal como se muestra en la figura 6.

También existe otro sensor de esta clase ubicado en el costado derecho del auto, encargado de indicar que el vehículo se encuentra en la última sección de dicha prueba puesto que es en la única parte de la pirámide donde existe pared de ese lado.

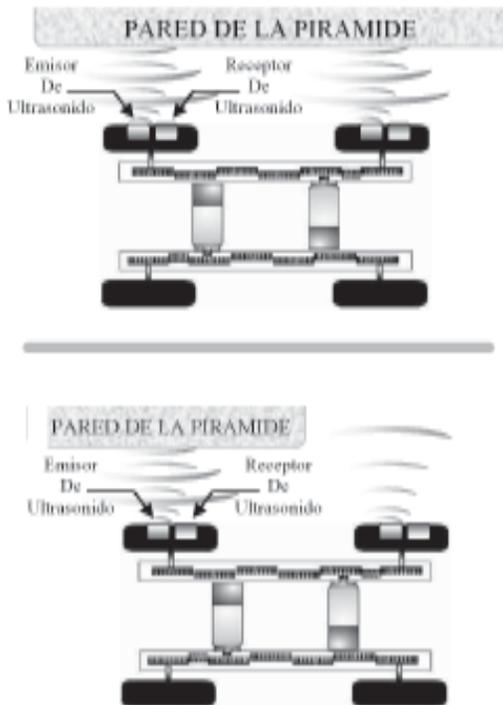


Figura 6. Funcionamiento de los sensores de ultrasonido.

Los sensores infrarrojos son utilizados tanto como sistema de soporte (Figura 7) como de manejo de la pelota (Figura 8). Los del sistema de soporte son los encargados de verificar que el vehículo no se salga de la ruta en caso que los sensores de ultrasonido fallen o la información suministrada por éstos sea inconsistente.

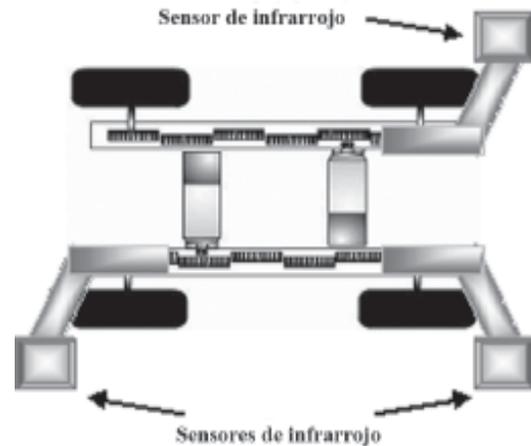


Figura 7. Ubicación de los sensores de infrarrojo en el sistema de soporte.

Gracias a ellos el microcontrolador es capaz de reactivar un sistema emergente y llevar el vehículo hasta la cúspide de la pirámide. Así mismo, se encargan de verificar la estabilidad del sistema al momento de tomar la curva en las esquinas de la pirámide. Como los encargados de manejar la pelota, en este caso se ocupan de detectar el hoyo en el que debe ser depositada la pelota y verificar que sea depositada en caso de que ya haya sido detectado.

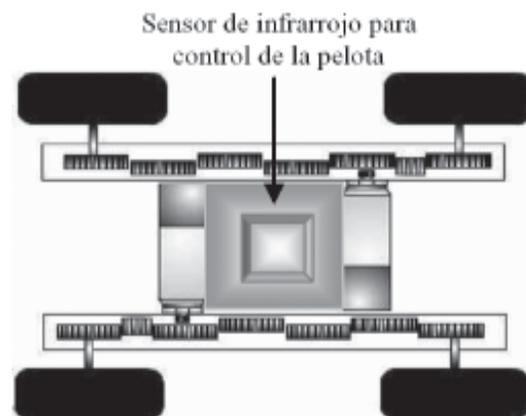


Figura 8. Ubicación de los sensores de infrarrojo en el sistema de control de la pelota.

Estos sensores se encuentran ubicados tal como se muestran en la Figura 8. Son puestos en marcha cuando la unidad de proceso ha estudiado la información recibida que indica que el vehículo se encuentra en la etapa final de la prueba.

Módulo de la pelota de golf

A continuación se expone como irá dispuesta la sección que se encargará de llevar la pelota de golf. En el momento que los sensores ubi- quen el agujero en la cima de la pirámide un mecanismo se encargará de soltar la pelota y monitorear si ya se encuentra en el interior del agujero.

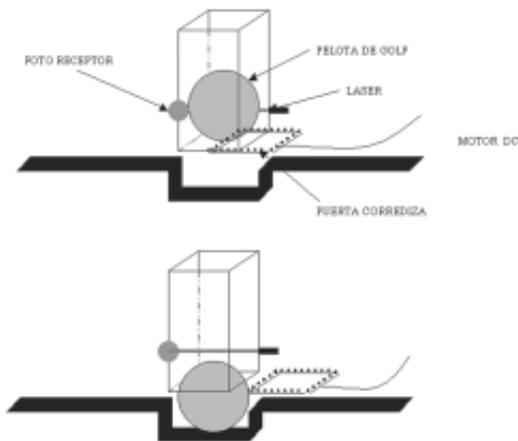


Figura 9. Módulo de la pelota de Golf

Dicho sistema contará con una pequeña puerta corrediza que será activada cuando el prototipo se encuentre sobre el agujero por medio de un motor DC, simultáneamente un sensor compuesto por un láser y un fotorreceptor verificarán si la pelota se encuentra en el interior del agujero.

Unidad central de proceso

Todo el control del vehículo se realiza en una red de microcontroladores de la familia MC68HC908 de Motorola. El microcontrolador maestro de la red es un MC68HC908QY4, y existen dos microcontroladores es-

clavos con dirección única de acceso, que son de referencia MC68HC908QT4, el primero de estos dos se encargará de recibir y procesar la información de los sensores de ultrasonido mientras el segundo se encargará de recibir y procesar la información de los sensores infrarrojos de soporte y de los sensores infrarrojos que manejan del módulo de la pelota de golf.

El programa del microcontrolador maestro consiste en acceder mediante un bit de dirección los microcontroladores que proveen la información de los sensores y en base a ésta determinar los movimientos que deben ser ejecutados por los motores del vehículo. Para la navegación, sobre el recorrido de la pirámide se tiene prioridad en el microcontrolador que maneja los sensores de ultrasonido, éste le informa al QY4 que debe girar para dar una curva, que debe acercarse o separarse de la pared de la pirámide según un nivel de referencia determinado como estable para el recorrido del robot en pruebas preliminares. Como sistema de soporte para el recorrido existe el segundo microcontrolador, en dado caso que los sensores de ultrasonido fallen. Éste dará la información necesaria al microcontrolador maestro para llegar a la cima.

Una vez el robot se encuentre en la cima de la pirámide, el microcontrolador QY4 le da prioridad al microcontrolador que procesa la información proveniente de los sensores del módulo de la pelota de golf. Cuando se le indique que ha llegado al punto exacto donde debe depositar la bola, el vehículo detiene los motores de movimiento y acciona el motor que abrirá la puerta corrediza. Se quedará monitoreando el sensor óptico del conducto para verificar que la bola se depositó satisfactoriamente, de lo contrario enviará señales a los motores, para realizar movimientos leves con el propósito de finalizar la prueba correctamente.

El programa para el primer microcontrolador esclavo se encarga de barrer mediante un multiplexor los diferentes sensores de ultrasonido, así: al recibir la información del sensor éste la procesa determinando la distancia a la cual se encuentra el robot de la pared. Cuando se accesa por el maestro, el QT4 envía dos bits de infor-

mación, estos bits hacen referencia a cuatro posibles situaciones que son:

Bits	Información
00	Mantener el recorrido
01	Corrección izquierda
10	Corrección derecha
11	Dar curva a la izquierda

El programa para el segundo microcontrolador esclavo está diseñado para que cuando sea accesado, lea un bit adicional del microcontrolador maestro que lo único que indica es qué tipo de sensores van a ser leídos. Existen dos tipos de sensores infrarrojos, que son los de soporte y los del módulo de la pelota de golf. Cuando el maestro pide la información de los primeros, éste devuelve la respuesta en tres bits:

Bits	Información
000	Mantener el recorrido
001	Corrección izquierda
010	Corrección derecha
011	Dar curva a la izquierda

Cuando se pide la información sobre los sensores de infrarrojos del módulo de la bola de golf el esclavo retorna las siguientes opciones:

Bits	Información
111	Se ha detectado el hoyo completamente
100	Se debe corregir a la derecha
001	Se debe corregir a la izquierda
101	Se debe corregir hacia delante
010	Se debe corregir hacia atrás
000	La bola se mantiene en el conducto

Las opciones anteriormente mencionadas, a excepción de la primera, hacen alusión a correcciones mínimas con el fin de encontrar el hoyo de la forma más precisa posible.

Conclusiones

Al concluir el diseño de un vehículo de navegación autónoma, con capacidad de desarrollar algunas tareas bastante específicas, es claro llegar a algunas conclusiones tales como:

La inserción de sistemas de ultrasonido e infrarrojo que colaboren en la ubicación de objetos externos o el final de pista serían de gran ayuda en los automóviles actuales para evitar colisiones y accidentes catastróficos.

Además, esta clase de sistemas facilita a algunos conductores tareas diarias tan simples como el parqueo o, en casos más serios, el disparo de sistemas de "air bag".

Estos proyectos representan un gran paso en el avance de la tecnología hacia el diseño de vehículos de consumo mundial que posean características de autonomía en pro de la comodidad y el buen vivir de los usuarios.

Bibliografía

- Ramón Payas Areny. *"Sensores y acondicionadores de señal"*, Alfaomega Marcombo.
- Thomas Floyd. *"Dispositivos electrónicos"*, Limusa, 2004.
- Katsuhiko Ogata. *"Ingeniería de control moderna"*, Prentice Hall, 2004.