

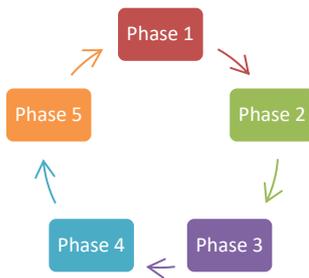
FIMAQ

Investigación y Docencia

ROBOT MANIPULADOR TELEOPERADO

Luis Miguel Escobar, Katherine Estefanía Aroca
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador
Departamento de Energía y Mecánica
{lmescobar, kearoca}@espe.edu.ec

Resumen Gráfico



Resumen

Mediante este proyecto las personas de la tercera edad tendrán la facilidad de mover un objeto al enviar señales mediante el módulo joystick al robot. El Manipulador teleoperado se desarrolla en tres etapas: estructura, adquisición de señales del módulo joystick mediante bluetooth y control de velocidad.

Palabras Clave: manipulador, joystick, control

1.0 Introducción

Un brazo manipulador o brazo robótico es el conjunto de elementos electromecánicos que propician el movimiento de un elemento terminal (gripper o herramienta). Una especificación general de un brazo robótico comprende: sus grados de libertad, su configuración y su cinemática directa e inversa. Estas especificaciones son dadas desde el diseño propio de cada robot y su aplicación [1].

Los Robots teleoperados son aquellos que son controlados por un ser humano a una distancia segura, por esta razón su campo de aplicación es muy amplio como industria farmacéutica en la manipulación de sustancias químicas peligrosas, en el campo aeroespacial utilizado para el control de robots exploradores.

Los robots además se encuentran presentes en el campo de servicio para por ejemplo solucionar los inconvenientes que presenta una persona adulta mayor como es el de no contar con la facilidad de movilizarse para tomar algún objeto, con lo cual por medio de la implementación de un robot manipulador ésta persona podrá llevar o traer un objeto fuera de su alcance.

El presente artículo está enfocado al control de robots exploradores, guiados por movimientos físicos del usuario, estos movimientos físicos son captados a través de un módulo joystick basado en el principio de la comunicación por bluetooth que es uno de los métodos más comunes e intuitivos utilizados para el control del robot teleoperado[2]. Las señales provenientes del módulo joystick serán acondicionadas, discretizadas y luego estas serán transmitidas a través de un comunicador Bluetooth, a su vez un comunicador de la misma característica se encargará de recibir la señal, la que será transmitida hacia un microcontrolador e interpretará los comandos recibidos por el mismo. El microcontrolador además de realizar la función que se le ha determinado, controlará el movimiento de los motores tanto de desplazamiento como de manipulación, leerá el valor de los sensores de velocidad y posición.

2.0 Diseño mecánico

El Robot Manipulador teledirigido está compuesto de segmentos o miembros interconectados por puntas o articulaciones, cada articulación está compuesta sobre un eje del cual giran dos segmentos, cuyos movimientos son generados por servomotores. Cada pieza fue diseñada en SolidWorks y al finalizar el modelado de las piezas, se realizó un ensamble virtual para hacer las correcciones y modificaciones que fueran necesarias.

2.1 Cinemática del Robot

Para la cinemática inversa del robot se tomó en cuenta la solución de la articulación 1 en la Figuras 1.

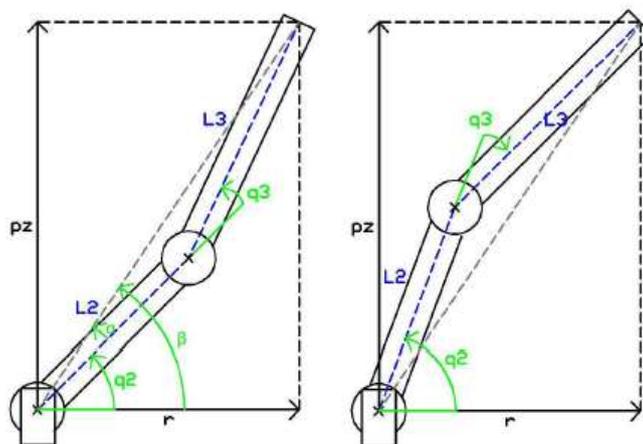


Figura 1.a) Diagrama articulación 1 arriba, b) Diagrama articulación 1 abajo

Las ecuaciones obtenidas, a partir de las figuras 1 a) y b) son las siguientes, las cuales son necesarias para calcular los ángulos en cada articulación dado una posición (x,y,z) del elemento terminal del robot [3].

El cálculo de q_2 se hace a partir de la diferencia entre β y α :

$$q_2 = \beta - \alpha \quad (1)$$

Siendo:

$$\beta = \arctg\left(\frac{p_z}{r}\right) = \arctg\left(\frac{p_z}{\pm\sqrt{p_x^2 + p_y^2}}\right) \quad (2)$$

$$\alpha = \arctg\left(\frac{l_3 \sin(q_3)}{l_2 + l_3 \cos(q_3)}\right) \quad (3)$$

Finalmente:

$$q_2 = \arctg\left(\frac{p_z}{\pm\sqrt{p_x^2 + p_y^2}}\right) - \arctg\left(\frac{l_3 \sin(q_3)}{l_2 + l_3 \cos(q_3)}\right) \quad (4)$$

Los dos posibles valores según la elección del signo dan lugar a dos valores diferentes de q_2 correspondientes a las configuraciones articulación 1 arriba y abajo.

Las expresiones que resuelven el problema cinemático inverso de los dos grados de libertad del robot son:

$$q_2 = \arctg\left(\frac{p_z}{\pm\sqrt{p_x^2 + p_y^2}}\right) - \arctg\left(\frac{l_3 \sin(q_3)}{l_2 + l_3 \cos(q_3)}\right) \quad (5)$$

$$q_3 = \arctg\left(\frac{\pm\sqrt{1 - \cos^2(q_3)}}{\cos(q_3)}\right) \quad (6)$$

2.2 Estructura del Robot

La estructura del robot teleoperado se compone por dos ruedas, existe una tercera rueda loca en la parte delantera. Además, cuenta con un pequeño brazo en cuyo extremo se encuentra una pinza la cual sujetará diversos objetos pequeños. El soporte (Figura 3.a) consta de dos superficies, en la superficie inferior se colocarán los motores y un portapilas. En la superficie superior se ubicará tanto el brazo como el circuito de control para el proyecto [4]. Los movimientos son proporcionados por dos servomotores los cuales estarán

ubicados en la articulación 1 y en la articulación 2 (Figura 2.b); y 2 motores DC estándar para las ruedas.

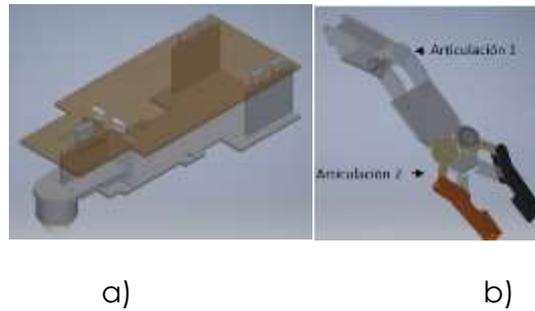


Figura 2. a) Diagrama Soporte principal del robot teledirigido, b) Conjunto brazo pinza

Los motores principales son escogidos de acuerdo a los disponibles en el mercado estos incluyen una caja de engranes los cuales transmiten en movimiento a las llantas [5]. La pinza se diseñó para sujetar piezas de máximo 48 mm de ancho. En la figura 3 se muestra la disposición final de los elementos para la fabricación y adquisición de los componentes del proyecto.

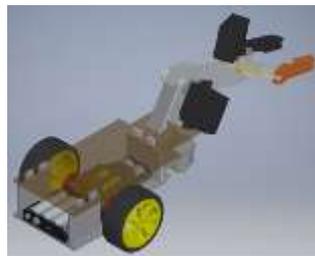


Figura 3. Conjunto robot tele-dirigido

3.0 DISEÑO ELECTRÓNICO

3.1 Adquisición de señales de sensores

Para realizar la retro alimentación y con ello lograr cerrar el lazo de un sistema de control se debe tener presente las señales de los sensores que medirán el valor real de la velocidad y el desplazamiento del robot manipulador tele dirigido [5].

Se utiliza dos sensores de herradura (uno por rueda) conectados a un micro controlador que contara los pulsos por segundo generados por el disco perforado de la rueda, el micro controlador que capta dicha señal, transmite dichos datos al control principal del sistema en la figura 4 se muestra el diagrama esquemático del sensor de velocidad angular [6].

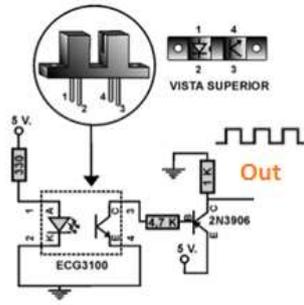


Figura 4. Conjunto de conexión de sensor de herradura

La señal mostrada en la figura 4 no es estrictamente cuadrada como se la observa esta esta presentada en la vida real como una curva semejante a la onda esto puede ocasionar problemas al momento de que el micro controlador intente leer esta señal, en vista de solucionar este problema se ha colocara un disparador Trigger Schmit, para nuestro caso se ha utilizado el integrado CD4093, las señales de salida son completamente cuadradas [7].

La señal de onda cuadra es enviada a un micro controlador PIC 16F628A, este es quien contara en número de pulsos ocurridos en un segundo seguido de esto realiza un cálculo y determina las revoluciones por minuto a las que está girando el motor y por último estos datos son transferidos a nuestro micro controlador central. Para determinar las distancias de desplazamiento se implementó un sensor ultrasónico conectado al controlador principal.

El sensor ultrasónico HC-SR04 requiere de una alimentación de 5V y un pulso que active al emisor del pulso ultrasónico TRIGER para que devuelve un pulso cuando el receptor detecta el pulso que ha rebotado hacia el receptor ECHO, entonces tomamos la medida del tiempo trascurrido desde la activación del transmisor hasta la activación del receptor y valiéndonos de la ecuación del movimiento uniforme rectilíneo se determina la distancia del objeto más próximo [8].

$$e(t) = \frac{v(t)}{t} \quad (7)$$

se obtiene lecturas más exactas cuando la señal del sensor choca directamente en el centro en un rango de 50° aproximadamente, esto es un aspecto importante a tener en consideración al momento de determinar en qué lugar del chasis debe ir nuestro sensor.

3.2 Control de motores

Los motores son los que permitirán desplazar a nuestro robot por lo que se requiere un control preciso sobre los mismos se utilizó el circuito integrado L293D, que es un puente H con capacidad de soportar 1A por canal como valor pico de corriente, este dispositivo puede controlar el sentido de los motores, requiere de dos señales digitales PWM a la entrada, si se alternan su estado lógico es que podemos controlar el sentido del robot [9].

La salida es exactamente igual a la entrada por lo que también en este ámbito se obtendrá un PWM, dependiendo de la relación de trabajo de esta señal podremos ir modificando la velocidad de los motores sin que se vea afectado el torque de cada motor, la velocidad depende únicamente de la cantidad de voltaje que se le entregue al motor.

En el circuito de la figura 6, los diodos LED están colocados de manera que sirvan como indicadores de las señales entrantes que entrega el microcontrolador hacia el integrado, y sus respectivas salidas conectadas directamente a los motores del robot.

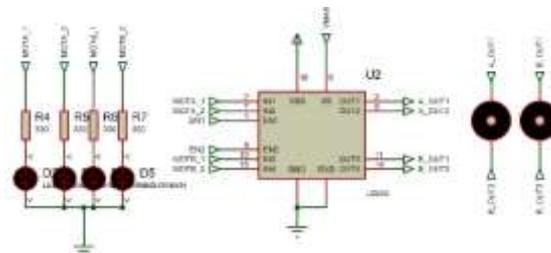


Figura 6. Diagrama conexión de LD293D

3.3 Control de servomotores

El Servo motor requiere una señal de control PWM para ubicarse dentro de su rango de operación, como lo establecen la mayoría de fabricante el periodo de la señal debe ser de 25ms, la variación del tiempo en alto de la señal hará que también se mueva el mecanismo del servo motor logrando desplazar el eje para el caso particular de los servos del presente proyecto este rango de tiempo en alto 0,8 ms representa a 0° y 2,1 ms equivalente a 180°.

En el brazo manipulador tiene dos servomotores, uno dirigido a controlar el mecanismo de la articulación 1 y el segundo para manipular la articulación 2,

se utilizó servomotores estándar de 3kg/cm el cual es lo suficientemente para esta aplicación.

3.4 Comunicación Bluetooth

Para controlar a distancia nuestro robot manipulador a distancia se implementa una comunicación inalámbrica mediante un módulo bluetooth, un módulo bluetooth nos permite realizar una comunicación punto a punto entre dos o más dispositivos para nuestro caso se ha implementado con dos de los mismos un HC-06 y un HC-05 uno funcionando como esclavo y el otro como maestro respectivamente.

Su funcionamiento es muy sencillo primero, antes de nada, el módulo maestro debe ser configurado con la dirección MAC del dispositivo esclavo, una vez energizado el módulo maestro empezará a buscar si el dispositivo esclavo está disponible de ser así se enlazará automáticamente estableciendo comunicación los datos a recibir o que se desee transmitir desde el micro controlador se lo realiza mediante el protocolo de comunicación Serial [10].

La figura 7, muestra la conexión realizado entre el módulo y nuestro micro controlador como se observa requiere de una alimentación de 3.3V además de una señal de KEY esta señal es muy importante ya que dependiendo de su estado lógico habilita al módulo ya sea para comunicación para el módulo configuración, además vemos los típicos pines RX y TX que son los que se utilizan para la comunicación serial.

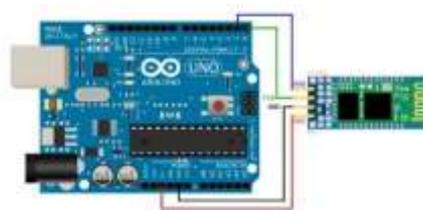


Figura 7. Señales requeridas por el servomotor

3.4 Envío de señal a través de un módulo joystick.

Ahora, gracias a la potencia de los microcontroladores y de los circuitos integrados, un módulo joystick pueden servir para crear cualquier tipo de sistemas de control.

Los movimientos direccionales son simplemente dos potenciómetros uno por eje, es compatible con la interfaz de Arduino su peso es de 12 gramos y sus dimensiones son 4x2.6x3.2. El módulo joystick se puede utilizar perfectamente con Arduino, como se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Conexión del módulo joystick con Arduino

Otra de las formas por las cuales se realiza la transferencia de señal es únicamente por una Tablet o celular que consta con una aplicación que pueda comunicarse con el módulo bluetooth para enviarla al control principal que administra las señales.

4.0 CONCLUSION

- Debido a que en el diseño no se siguieron parámetros preestablecidos fue fácil modelarlo en software ya que de esta forma tenemos una mejor muestra del producto final a obtener, en este caso, de la disposición y forma del carro y del brazo.
- Previa a la fabricación de las partes de la estructura es necesario verificar en el propio Inventor que las piezas hagan juego entre sí para no tener problemas de choque en el funcionamiento del mismo.
- Ya que la estructura no estará sujeta a esfuerzos excesivos no fue necesario realizar un análisis estructural del mismo. Y para facilidad de construcción se escogió como material de fabricación acrílico transparente por su bajo costo y su resistencia
- Las diferentes señales que se envían a una misma placa se denomina módulo maestro ya que es la encargada de administrar dichas señales.
- La adquisición de la señal bien se la pudo haber hecho a través de una DAQ (Adquisición de Datos) pero hubo varios inconvenientes como son costos y poco conocimiento acerca de la correcta utilización y aun que no es relevante también, pero si influyo el costo.

- Los movimientos o salidas de señal restante de las obtuvo a través de pulsadores y a la vez enviada al módulo bluetooth para completar el ciclo en el módulo maestro y ejecutar dicho comando de movimiento.
- Con el módulo joystick y Arduino nos facilitó el desarrollo de este proyecto ya que con ello conseguimos realizar el control bidireccional de nuestro robot tele-operado.

Referencias

- [1] González Víctor R, Centro de Formación del Profesorado e Innovación Educativa Valladolid II, "Curso 2007: Fundamentos de Robótica", Valladolid, España. Disponible en: http://cfievalladolid2.net/tecno/ctrl_rob/robotica/sistema/morfologia.htm
- [2] Mendoza Sánchez Eduardo Augusto, "Control de un Robot Manipulador", Tesis Profesional, Marzo 2004, Universidad de las Américas, Puebla. Disponible en: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendoza_s_ea/capitulo2.pdf
- [3] Carlos Marfín, Planeta electronico, "Modulo Joystick", Malaga. Disponible en: <http://www.planetaelectronico.com/modulo-joystick-p-16155.html>
- [4] Tzvi Raz, Graphics robot Simulator for Teaching Introductory robotics, IEEE Transactions on Education, Vol 32 No. 2, Mayo 1989.
- [5] Sandoval R. Rafael, "Apuntes de Fundamentos de Robótica", Curso 2007. Instituto Tecnológico de Chihuahua.
- [6] L. Stephen Wolfe, Roy Wysack, "Design parts with SolidWorks", 2 edition Junio 1997, ISBN-100934869227.
- [7] Soria, T. S. "Sistemas automáticos industriales de eventos discretos".2003 México: Alfaomega Grupo Editor
- [8] Jiménez Ruiz, "Sistema de reconocimiento y localización de objetos cuasi-esféricos por telemetría láser. Aplicación a la detección automática de frutos para robot Agrirobot." España: Universidad Complutense de Madrid, 2005. ProQuest ebrary. Web. 9 July 2015.
- [9] Fraile Mora, Jesús, and Fraile Ardanuy, Jesús. "Problemas de máquinas eléctricas". España: McGraw-Hill España, 2005.
- [10] Reyes, C. F., Cid, M. J., & Vargas, S. E. "Mecatrónica: control y automatización." México: Alfaomega Grupo Editor.
- [11] Arévalo, P. J. E., Prieto, P. J. C., & Reina, D. W. M. (2009). Tarjeta Multipropósito Bluetooth. Colombia: Universidad Manuela Beltrán.



Katherine E. Aroca Egresada en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la Carrera de Ingeniería Mecatrónica en el año 2017. Primer lugar en el "Concurso Robot Games Zero Latitud 2014" de la Asociación Ecuatoriana de Robótica y Automatización el 24 de mayo del 2014, y "Concurso UMEBOT 9" categoría "Batalla de Robot 120 libras" organizado en la Escuela Politécnica Nacional en diciembre del 2014.



Luis M. Escobar Egresado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga en la Carrera de Ingeniería Mecatrónica en el año 2017. Posee conocimientos en las áreas de Diseño mecánico, Robótica industrial, Automatización, Control de Procesos y Visión Artificial.