

Diseño del Controlador y Tele-operación del Brazo Robótico “Robotic Arm Edge” por Medio de un Dispositivo Android y PC

Maskay–Electrónica
Departamento de Eléctrica y Electrónica
Escuela Politécnica del Ejército
Casilla 17-15-231B, Sangolquí, Ecuador
E-mail: landsam@espe.edu.ec
ernesj18@hotmail.com

Resumen— El presente proyecto se enfoca en la descripción de la operación y control de manera remota del brazo robótico “ROBOTIC ARM EDGE”, utilizando la tecnología wireless como medio de comunicación inalámbrica entre el operario y el brazo robótico. Además de la utilización de herramientas que están actualmente al alcance de cualquier persona como es un dispositivo android, teniendo como opción la posibilidad de manipular el movimiento del brazo robótico de manera táctil en el dispositivo móvil por medio de un HMI diseñado con la aplicación TouchOSC, a la vez que también se puede usar los sensores de posición específicamente el acelerómetro del sistema para realizar similar efecto, como segundo terminal de operación se tiene el computador en el cual se diseño un HMI en una plataforma java, dichos dispositivos se comunicaran remotamente con el módulo MINICORE RCM5600W el cual es el controlador del brazo robótico y posee estándar wi-fi.

Palabras clave—Robótica; Wireless; RCM5600W;Java; TouchOSC.

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología está en una constante evolución, ya que el ser humano va creando nuevas y diferentes necesidades, es por eso que el departamento de Eléctrica y Electrónica, la carrera de Automatización y Control de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE está contribuyendo constante en la investigación, aplicación y desarrollo de nuevas herramientas y tecnologías, contribuyendo al progreso del país.

En el presente se expone una pequeña introducción a la robótica industrial y varios conceptos importantes empleados en este proyecto, con el fin de explicar ciertas ideas para tener una mejor comprensión de este tipo de máquinas y así analizar la importancia a nivel industrial, facilitando las actividades laborales y realizando tareas peligrosas a las que se puede exponer el ser humano, en el tema de producción los robots mejoran los niveles de producción, no solo en tiempo sino en calidad.

En la actualidad el ingeniero busca producir nuevas tecnologías que faciliten la supervisión y manipulación de forma remota de los diferentes procesos industriales, en los que pueden intervenir diferentes manipuladores robóticos y de esta forma tener el menor contacto posible con el manipulador, evitando así posibles accidentes y salvaguardar la integridad de los operarios, además de obtener

información de manera remota de la producción y del proceso los cuáles en la actualidad son muy utilizados en procesos industriales a nivel mundial

II. FUNDAMENTO TEÓRICO

A. Robótica industrial

La robótica industrial es el estudio, diseño y uso de los robots donde existen actividades mecánicas y repetibles los cuales puede ser automatizables en la producción industrial, el trabajo puede ser monótono y puede causar cansancio y agotamiento en los operarios, introduciendo posibles errores los cuales ponen en peligro la integridad del trabajador a la vez que reduce la productividad, por eso estos puestos pueden estar ocupados por robots aumentando la calidad, precisión y rapidez superando a los de la mano humana y a la vez se que mantienen constantes a lo largo de la jornada laboral.

Las principales aplicaciones de robots que se tienen actualmente son en manufactura y cuyo aumento esperado en productividad justifica la inversión.

A continuación se describe las principales aplicaciones de la robótica industrial.

Almacenamiento, carga y descarga de objetos._ Esto permite distribuir y clasificar objetos a gran velocidad de materias primas o productos terminados.

Operaciones industriales de mecanización._ Como son el ensamblaje, soldadura, pintura, corte, taladrado, remachado, fundición, montaje, corte de piezas, etc. las cuales están asociadas en la fabricación del producto final.

Control de calidad._ Utilizando diferentes mecanismos y herramientas para detectar posibles errores alcanzando un producto óptimo.

B. Brazo robótico “Robotic Arm Edge”

El brazo robótico “Robotic Arm Edge” posee una configuración antropomórfica, el cual es un mecanismo didáctico e interactivo usado para el aprendizaje e investigación de diferentes procesos industriales a escala, el cual puede ser controlado y manipulado por diferentes medios. En el presente proyecto se desarrolla un control de las articulaciones del robot a través de la tarjeta RCM 5600W y una manipulación de forma inalámbrica desde el

Pc y el dispositivo android.



Fig. 1 "Robotic Arm Edge"

El brazo robótico cuenta con una pinza con capacidad de abrirse y cerrarse según la orden, tiene un movimiento de la muñeca de 120 grados, el codo de 100 grados, la rotación del hombro es de 90 grados, un movimiento desde la base de 165 grados, un alcance vertical de 35 centímetros, un alcance horizontal de 30 centímetros, una capacidad de elevación 100g, finalmente de 0 a 4.5 cm en movimiento de agarre.

Cuando uno de los motores dc encuentre excesiva resistencia al movimiento, la caja reductora hará un ruido que alertara para detener el movimiento del brazo en esa dirección. Un led blanco montado en la "mano" del brazo, iluminara lo que sea que la pinza está sosteniendo, activado este digitalmente. Sus dimensiones son de 22,8cm × 16cm × 38 cm y posee un peso de 1,5 libras. (ARM-EDGE, 2008)

C. Micro controlador MiniCore RCM5600W

El módulo Wi-Fi RCM5600 es un mini-microprocesador distribuido por Rabbit, con la capacidad de comunicación a través de una red inalámbrica Wi-Fi 802.11 g/b.

El microprocesador opera a 74MHz, tiene una memoria flash de 1 MB, memoria RAM de datos de 1 MB, 35 líneas I/O de propósito general, una entrada adicional de Reset y otra de Status , 6 puertos CMOS de alta velocidad configurables como asíncrona; 4 SPI y 2 como SDLC/HDL, un modulo Wi-fi 802.11 b/g trabajando a 2,4 GHz con seguridad WEP de 64 bits o 128 bits, posee un reloj en tiempo real, funcionalidades de watchdog, canales PWM, funciona con una alimentación de 3.15- 3.45 Vdc, en la transmisión y recepción de datos consume 625mA de datos y en reposo 85mA, el rango de temperatura en el que trabaja es de -30°C a 55 °C. (Rabbit)

La programación se lo realiza en lenguaje C, utilizando un compilador diseñado por Rabbit llamado Dinamic C.

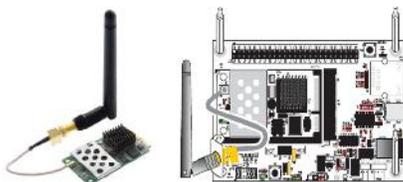


Fig. 2 Tarjeta RCM 5600W

D. Sensores del dispositivo android

Los sensores en dispositivos móviles se encuentran en una constante evolución por sus diferentes aplicaciones, permitiendo obtener una mayor información del entorno en el que se encuentra accediendo a variables como la posición, velocidad, orientación, fuerza, etc. en tiempo real, ayudando al desarrollo nuevas aplicaciones móviles que puedan mejorar y optimizar trabajos y recursos en varias aspectos de la vida, para nuestro caso dichos datos serán transmitidos inalámbricamente al modulo RCM600W el cual controla nuestro brazo robótico.

Las nuevas tecnologías de dispositivos móviles incorporan sensores como son el giroscopio y el acelerómetro. Un giroscopio permite cambiar la orientación del móvil haciendo girar su pantalla y el acelerómetro permite obtener la magnitud de la aceleración o vibraciones a la cual se somete el dispositivo, una particularidad del acelerómetro es que puede ser utilizado como sensor de inclinación.

El acelerómetro usado como sensor de inclinación tiene su mayor sensibilidad cuando sus ejes se encuentran perpendiculares a la aceleración de la gravedad

E. Esquema general de comunicaciones

La comunicación se la realiza de manera inalámbrica por medio de ondas electromagnéticas eliminando el uso de cables, los dispositivos inalámbricos a comunicar son los detallados en la figura 3. El módulo MiniCore RCM5600W es el encargado de recibir las ordenes del PC o del dispositivo móvil para controlar el robot según sea la configuración, enviando instrucciones binarias a un puente H, el cual es el encargado de la operación de cada uno de los motores de las articulaciones y el movimiento del brazo robótico.

La red posee un router Wi-Fi como punto central de conexión entre el dispositivo móvil, la tarjeta RCM5600W y la PC, así de esta manera proporciona conectividad entre los tres dispositivos.

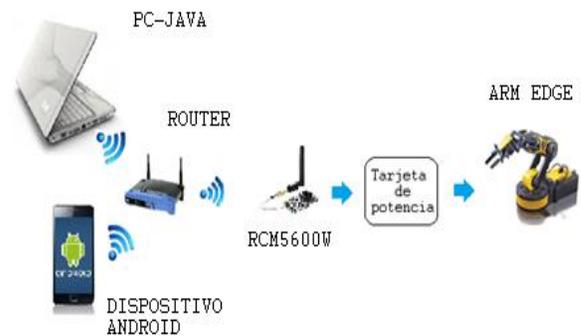


Fig. 3 Esquema de conexión

F. Programación Java

Java es un lenguaje de programación multiplataforma orientada a objetos, los cuales pueden encapsular diferentes funciones o métodos, e implementar aplicaciones cada vez más complejos y basados en red.

Un paquete ayudan a agrupar funciones y clases, en el presente proyecto los paquetes principales a importar son:

- `java.net.*` Permite realizar conexiones e intercambios de información a través de la red.
- `java.awt.*` Contiene clases para usadas crear interfaces gráficas de usuario.
- `javax.swing.*` Crea interfaces gráficas, a diferencia de AWT esta es independiente de la plataforma, en el presente proyecto se usa para insertar gráficos y hacer interactivo el sistema.

Los botones para la activación de cada articulación son Jtoggle Buttons, botones de dos estados ya que siempre se encuentran en 1 lógico o 0 lógico, alternados con un solo clic.

Para obtener el efecto de pulsación, modificamos la imagen de fondo del botón mediante la función "setIcon", el cual usa un objeto creado por la función "ImageIcon", esta última carga una imagen desde una dirección específica.

Para seleccionar que dispositivo va a trabajar sea PC o dispositivo android se usa Radio Button, asociado a un Button Group en cual ayuda a que el usuario no tenga la posibilidad de seleccionar los dos Radio Button y trabajen al mismo tiempo.

En la opción de créditos posee una pequeña pantalla el cual contiene datos generales del proyecto.

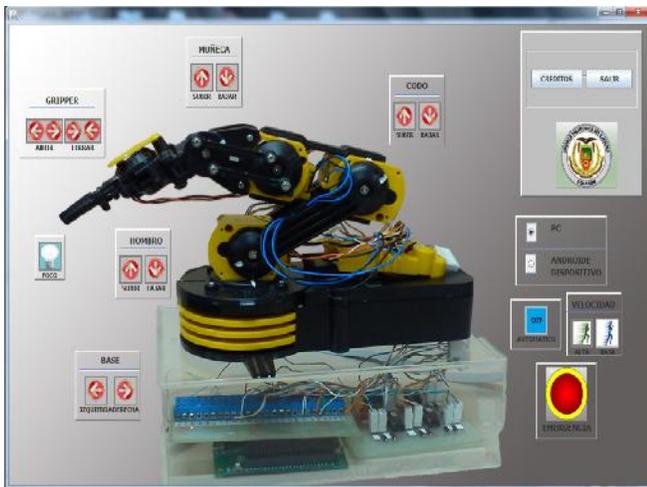


Fig. 4 HMI Principal (PC-Java)



Fig. 5 HMI Credits (PC-Java)

La comunicación se lo realiza mediante el protocolo UDP, el cual es un protocolo a nivel transporte no es orientado a la conexión, esto quiere decir que no se garantiza la integridad y llegada de los datos al destino, siendo un protocolo más rápido y ligero que TCP.

Java provee dos clases especiales ubicadas en el paquete `java.net` para el uso de UDP.

- `DatagramSocket`.- utilizada para la comunicación, es un array de bytes donde se almacena la información que llega.
- `DatagramPacket`.- contiene los datos y direcciones de red.

A continuación se detalla los pasos para el establecimiento de la comunicación.

1. El programa cliente crea una instancia de tipo `DatagramSocket`. Ejemplo.
`"DatagramSocket socketCliente=new DatagramSocket()"`
2. El programa cliente crea una instancia de tipo `DatagramPacket`, proporcionándole los datos, tamaño en bytes de los datos a enviar, además de la dirección y el puerto destino. Ejemplo.
`"DatagramPacket Envio=new DatagramPacket (datos,datos.length,DireccionIP,puerto)"`
3. Java envía el datagrama usando la función `send`; utilizando el socket y el paquete de datos creados. Ejemplo.
`"socketCliente.send(envio) "`
4. En el programa servidor creado en el RCM5600W crea una instancia especificando la IP y puerto asociado mediante función `"udp_open"`.
5. El programa servidor en el RCM5600W invoca un método, que lea contantemente el socket en espera de un dato en el buffer.
6. Utilizando `"udp_recv"` en el RCM5600W guarda los datos del buffer en una variable.

El programa en el RCM5600W compara los datos recibidos desde el cliente y activa sus salidas digitales según corresponda, accionando los actuadores del brazo robótico.

G. Programación TouchOSC

Para el diseño de la interfaz en el dispositivo móvil android se lo realizo a través del IDE gráfico del TOUCH OSC EDITOR, el cual es proporcionado de forma gratuita por el desarrollador del software hexler.net, cabe recalcar que este software fue creado inicialmente para aplicaciones de control de sonido, como se observa en el presente trabajo se lo puede utilizar para diferentes aplicaciones en android que requieran el envío de datos bajo UDP.

El editor del HMI para el dispositivo móvil android está compuesto de tres partes fundamentales, el primero es la barra de herramientas con el cual se puede crear nuevas ventanas y guardarlas, el segundo es el panel de propiedades e información de los objetos que se van a insertar en el diseño del HMI y por último la ventana de edición y vista previa del diseño desarrollado.



Fig. 6 Configuración Propiedades HMI Android

- A.- Nombre de la variable String del botón a enviar.
- B.- Nombre de la variable String de la ventana a enviar.



Fig. 7 Ventana 1 HMI Andrid



Fig. 7 Configuración Propiedades HMI Android



Fig. 8 Configuración Propiedades HMI Android

H. Dynamic C.

Dinamic C es un entorno de desarrollo que utiliza Rabbit para implementar sus productos, soporta multitarea, y posee una gran variedad de bibliotecas las cuales permiten resolver aplicaciones típicas.

Funciones incorporadas en Dynamic C

- Funciones estándar de C
- Interface serial 232
- Interface I2C, GPS, SPI
- RTC (Real Time Clock)

Protocolos complementarios de comunicación.

- Acceso por socket a nivel UDP y TCP
- Cliente DHCP, POP3, SMTP
- Servidor HTTP
- Cliente/Servidor TFTP y FTP

Antes de iniciar la programación se debe configurar los parámetros de comunicación, compilación, depuración del programa, además de definir las características que va a tener la tarjeta RCM5600 en la red. En el entorno de navegación de Dinamic C, ir a Options y Project Options.

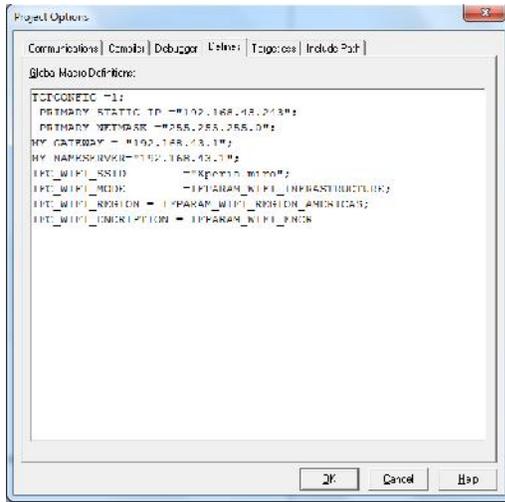


Fig. 9 Configuración parámetros de red

Principales funciones utilizadas en Dinamic C

- `sock_init()`: Inicializa la configuración TCP, ARP, UDP o DNS según corresponda.
- `memset()`: Se utiliza para inicializar un bloque de memoria.
- `Udp_open()`: Esta función se utiliza para abrir la conexión UDP.
- `udp_recv()`: Recibe un datagrama UDP en un socket UDP.
- `BitWrPortI()`: Esta función permite realizar la escritura de las salidas digitales.
- `BitRdPortI()`: Esta instrucción permite la lectura del puerto.
- `pwm_set()`: Crea un canal PWM para un ciclo de trabajo especificado el cual varía entre 0 y 1024.
- `tcp_tick ()`: Método utilizado para determinar el estado de la conexión del socket.

1. Implementación y resultado de pruebas

Para la elección del driver para el control de los motores que posee el brazo robótico se tomo en cuenta la máxima corriente que consume los motores al momento de realizar el movimiento de la articulación la cual es de 410 mA por ello se hizo la elección del integrado L293D que tiene un soporte de corriente máxima hasta de 600 mA por canal.



Para el diseño del circuito de control de los motores del brazo robótico se utilizo el software llamado Proteus tanto

para su simulación como diseño dentro de la placa teniendo como resultado el siguiente circuito:

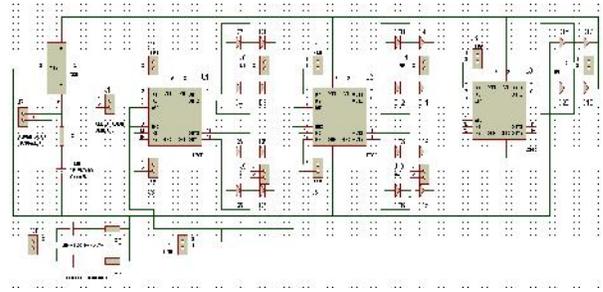


Fig. 10 Esquema electrónico tarjeta de potencia

Para el diseño del circuito de control no se utilizaron dispositivos electromecánicos debido a que con el paso del tiempo sufren desgaste en su parte mecánica y posteriormente problemas en el circuito diseñado, este es otro motivo por el cual se opto el uso del integrado L293D tanto para el control de velocidad como de sentido de giro de los motores.

J. Análisis de datos recibidos por la tarjeta RCM5600

Mediante la consola de Dinamic C podemos visualizar y analizar UDP enviadas hacia la tarjeta RCM 5600W.

Al enviar datos desde la PC hacia la tarjeta RCM5600W, se despacha una palabra de control con los siguientes datos compuesta de la siguiente manera:

Tabla 1. Palabra de control PC

| Palabra de control | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|--------------|------------|
| Caracter 1 | Caracter 2 | Caracter 3 | Caracter 4 | Caracter 5 | Caracter 6 | Caracter 7 |
| Primer movimiento articulation | Segundo movimiento articulation | Selector Fc o Dispositivo Android | Velocidad Alta | Velocidad Baja | Foco Gripper | Automático |

Para los datos enviados desde el dispositivo android se toman de la siguiente manera:

Tabla 2. Dispositivo Android

| Caracteres UDP[1]- UDP[12] | Caracteres UDP[13] |
|--|--|
| Cabecera: recibe el nombre de la ventana 2, seguido del botón seleccionado | Dato: dependiendo del botón presionado llegan valores del 1-9 en código ASCII, el último botón es el caracter "a". |

K. Análisis de datos recibidos por la tarjeta RCM5600

- Evitar posibles interferencias generadas por equipos electrónicos.
- Obstáculos que puedan disminuir la calidad de la señal.
- Distancia máxima entre los diferentes dispositivos.

- Utilizar un mismo canal de transmisión en todos los equipos y verificar conectividad.
- Tener presente los posibles retardos que se pueda originarse en la red.
- Tomar en cuenta la velocidad de las articulaciones del brazo robótico, para diferentes aplicaciones que se la pueda dar.
- Considerar el espacio de trabajo del robot, para evitar accidentes y posibles daños al mecanismo al forzar las articulaciones.
- Tomar en cuenta el espacio de trabajo del robot para evitar accidentes tanto para el operario como para el instrumento en sí.
- Verificar constantemente que la alimentación eléctrica del robot se encuentre en rangos de operación aceptables.

L. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Al ser un microprocesador de propósito general, con la capacidad de conexiones tanto físicas como remotas, poseer un alta velocidad de operación, una gran capacidad de memoria RAM y flash y una programación basada en lenguaje C, puede ser enfocado a aplicaciones de control industrial y aplicaciones desarrolladas en red.
- Mediante los resultados conseguidos, se afirma que el sistema electrónico controla óptimamente los motores de las articulaciones obteniendo los resultados esperados.
- Con respecto al movimiento del brazo de las articulaciones se afirma, que la inercia que presentan las articulaciones al movimiento influyen directamente en la fuerza que proporciona por el motor el cual es controlado por el PWM.
- Se incluyo sensores en las articulaciones del hombro y el codo con el fin de conseguir que el brazo robótico llegue a posiciones críticas evitando daños.
- Se comprobó que el microcontrolador RCM5600W, tiene procesamiento y una gran escalabilidad en una red ya que puede tener varios clientes a la vez.
- La comunicación UDP es eficiente en este tipo de aplicaciones por el motivo que se hace en tiempo real siendo más rápida a comparación que TCP.
- Mediante la tarjeta RCM5600W permite implementar sistemas con comunicación inalámbrica pudiendo hacer un control y monitoreo de dispositivos en lugares remotos.

Recomendaciones

- Se recomienda que se diseñe e implemente un sistema basado en las conclusiones, recomendaciones y trabajos a futuro con el fin de

implementar en un sistema real y poder corregir posibles errores.

- Se recomienda verificar las corrientes de los motores que se estén utilizando en el manipulador para de esta forma dimensionar de una mejor manera los elementos que se van a utilizar para el control del manipulador.
- En el caso de la tarjeta RCM5600W se recomienda verificar su hoja técnica de información para su uso adecuado y evitar daños en el mismo.
- Al momento de realizar el diseño de un circuito se recomienda tratar de utilizar dispositivos netamente electrónicos ya que como se expuso en el presente trabajo, al tratar de hacer uso de dispositivos electromecánicos en el futuro puede presentar fallas en sus partes mecánicas.

Trabajos a futuro

- Realizar un control de posición, utilizando e implementando una instrumentación adecuada.
- Realizar el control mediante un guante electrónico, emulando el movimiento de las articulaciones del brazo humano.
- Poder grabar posiciones en el espacio del brazo robótico.
- Experimentar con procesos robóticos industriales reales la aplicación android, y el control inalámbrico del brazo robótico.
- Crear una aplicación en la cual se realice control de calidad de diferentes procesos.
- Ampliar la red e interactuar con más terminales de control.
- Analizar en la actual realidad Ecuatoriana la factibilidad del control de procesos robóticos industriales inalámbricos.
- Realizar un control Web utilizando la tarjeta RCM5600W.

M. Referencias bibliográficas

- [1] ARM-EDGE, R. (2008). Assembly and Instruction Manual.
- [2] BitLibrary. (2008). BitLibrary. Retrieved Abril 14, 2013, from <http://www.bitlib.net/show.php?id=24505822>.
- [3] Fernández, R. (2007). Sistema de adquisición de posicionamiento geográfico. Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica de Cataluña.
- [4] FindTheBest. (2013, Octubre 24). FindTheBest.com. Retrieved from http://development-software.findthebest.com/saved_compare/Xcode-vs-NetBeans-vs-Eclipse.
- [5] Jürgens, B. (2008). agenciaidea.es. Retrieved from http://www.agenciaidea.es/c/document_library/get_file?uuid=9e84835b-e749-4b6c-a01d-f60d3399fae9&groupId=10157.

- [6] zonesecurity. (2011, Abril 03). zonesecurity2011.blogspot.com. Retrieved from <http://zonesecurity2011.blogspot.com/2011/04/diferencias-entre-los-puertos.html>
- [7] Sony. (2013, Octubre 22). Retrieved from http://www-support-downloads.sonymobile.com/st23/userguide_ES_ST23i_1267-5240.2_Android4.0.pdf
- [8] Rabbit. (n.d.). MiniCore RCM5600W OEM User Manual. Retrieved from <ftp1.digi.com>.
- [9] Magni, J. Á. (2009). MEMS ACELERÓMETROS. Universidad de Cantabria.
- [10] kioskea. (n.d.). kioskea.net. Retrieved from <http://es.kioskea.net/contents/wifi/wifiintro.php3>