

Implementación de Interfaz de control basada en ROS2 en un Manipulador Robótico de Tipo Industrial

Di Franco Jerónimo
Laboratorio de Automatización y
Control (LAC). Departamento de
Control, FCEIA, UNR.
Rosario, Argentina
jero.jdf@gmail.com

Gaspoz Gastón
Laboratorio de Automatización y
Control (LAC). Departamento de
Control, FCEIA, UNR.
Rosario, Argentina
elgaspoz@gmail.com

Nacusse Matías
Laboratorio de Automatización y
Control (LAC). Departamento de
Control, FCEIA, UNR.
Rosario, Argentina
nacusse@fceia.unr.edu.ar

Crespo Martín
Laboratorio de Automatización y
Control (LAC). Departamento de
Control, FCEIA, UNR.
Rosario, Argentina
crespom@fceia.unr.edu.ar

Rolle Guillermo
Laboratorio de Automatización y
Control (LAC). Departamento de
Control, FCEIA, UNR-CONICET.
Rosario, Argentina
grolle@fceia.unr.edu.ar

Junco Sergio
Laboratorio de Automatización y
Control (LAC). Departamento de
Control, FCEIA, UNR.
Rosario, Argentina
sjunco@fceia.unr.edu.ar

Resumen—En este trabajo se presenta la implementación, utilizando el entorno de trabajo ROS2, de una interfaz de control para el manipulador robótico Scorbot ER-IX.

A partir de un modelo en SolidWorks se obtiene un modelo multicuerpo en el formato URDF que luego será utilizado en el software de visualización RViz2 y en el entorno de simulación Gazebo. Se genera, además, un paquete con ejecutables utilizando MoveIt2 para dotar a los controles de una planificación y generación dinámica de trayectorias del efector final del manipulador. Previo a la implementación sobre el manipulador físico real se desarrolla el software de comunicación entre ROS2 y los microcontroladores que comandan el movimiento de los motores de las juntas del brazo manipulador, validando su operatividad en el robot físico. Finalmente, se realizan ensayos experimentales que son comparados con los resultados de simulación en el entorno Gazebo que permiten validar el funcionamiento del brazo manipulador.

Palabras Clave —Manipulador Robótico, ROS2, Scorbot ER-IX.

I. INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Automatización y Control (LAC) trabaja en la re-ingeniería de un manipulador robótico (MR) de la familia *Scorbot* de Eshed Robotec, empresa ahora llamada *Intelinek Inc.* [1]. Este MR fue adquirido por la escuela de Ingeniería Mecánica (EIM) de la FCEIA a finales de los años '90 y, si bien se encuentra en funcionamiento, sus capacidades operativas han quedado desactualizadas con respecto a las prestaciones que ofrecen los MR actuales. Es por este motivo que una actualización tanto del hardware (HW) como del software (SW) de control permitiría una mejora en las prestaciones del MR. La situación descrita anteriormente se observa también en muchas pymes locales que cuentan con algún tipo de MR y su

actualización tanto de HW como de SW resulta difícil, muchas veces por falta de personal calificado para realizarlo, o por ser demasiado costoso.

En la parte inferior de la Fig. 1 se muestra el MR *Scorbot ER-IX* que presenta una estructura de tipo antropomórfica con cinco grados de libertad y un efector final de tipo pinza. En su configuración original, para poder ser operado, el MR debe estar conectado a un gabinete de control denominado *Controlador-B* y a una PC.

En [2] y [3], a partir de un relevamiento detallado del brazo manipulador, en función de sus componentes y de sus capacidades operativas, se realizó un rediseño de HW y SW de control de los motores de las articulaciones del MR, es decir, un re-diseño del gabinete de control *Controlador-B*.

Este trabajo¹ presenta una segunda etapa, continuación directa de la primera etapa desarrollada en [2] y [3], en el proceso de rediseño y actualización completa tanto del HW como del SW del MR *Scorbot ER-IX*. Esto permite ampliar las capacidades operativas mediante una arquitectura de control abierta que habilita la ejecución de distintos algoritmos de control no incluidos en el sistema propietario de este robot. En esta segunda etapa se presenta la implementación de una interfaz de control implementada en ROS2 [4] que permite la operación del MR a través del paquete MoveIt2.

II. DESCRIPCIÓN DEL BRAZO MANIPULADOR

El MR presenta cinco articulaciones de revolución que le confieren sus grados de libertad y un efector final de tipo pinza. Cada articulación es actuada por un Motor de Corriente Continua (MCC) de imán permanente. La transmisión mecánica entre el giro del motor y la rotación de cada articulación se realiza mediante un sistema de polea con correa

¹ Este trabajo es el resultado del proyecto final de Ingeniería Electrónica (FCEIA-UNR) de los dos primeros autores.

dentada y una caja reductora de tipo armónica. Cada uno de los MCC tiene acoplado a su eje un encoder incremental. Además, sobre el eje de salida de cada articulación se encuentran los *microswitches* que definen los finales de carrera y *Home-Switch* (HS) de cada articulación.

III. DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE UTILIZADO

En la Fig. 1 se muestra un diagrama de los componentes de HW utilizados y su esquema de conexión.

La arquitectura del controlador está constituida por dos niveles jerárquicos diferentes conectados en cascada. Un control de alto nivel, implementado en PC utilizando ROS2, se encarga del seguimiento de trayectorias, generando los torques de referencia para los motores, mientras que el control de bajo nivel, implementado en las placas de TEXAS LaunchPad XL - F28379D (LP) [5], se ocupa de controlar los torques o las posiciones de las articulaciones enviando señales PWM hacia cada uno de los convertidores electrónicos de potencia (CEP). Se utilizaron dos placas de desarrollo LP para comandar, mediante señales PWM, a los CEP que accionan a los MCC. Una placa controla a los MCC ubicados en los ejes 1, 2 y 3, mientras que la otra placa a los MCC ubicados en los ejes 4, 5 y 6. El control de los MCC se realiza a través de controladores de tipo PI, pudiéndose seleccionar la opción de control de posición angular o control de corriente. Por otra parte, la comunicación con la PC, que tendrá implementada la interfaz de control de nivel jerárquico superior, se realiza utilizando protocolo UART-USB.

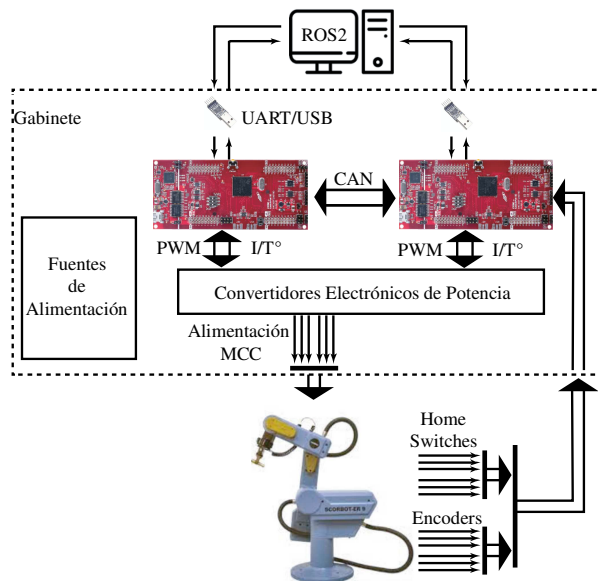


Fig. 1. Estructura de conexión entre el MR, gabinete de control y PC.

IV. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DESARROLLADO

En cuanto al desarrollo e implementación del SW de bajo nivel, implementado en las LP, se realizó una actualización del código previamente desarrollado en [2] y [3] para permitir compatibilidad con versiones actualizadas de librerías. Además, se reajustaron controladores PI logrando una mejora

en la sensibilidad del controlador. Se realizó una verificación del espacio de trabajo del MR comparándolo con el manual de operación original, modificándolas levemente para garantizar una operación segura. Se implementaron rutinas de inicialización o homing del MR. Por último, se desarrollaron funciones que permiten la comunicación UART/Serie entre el control de alto y el de bajo nivel.

En cuanto al desarrollo e implementación del controlador de alto nivel, a partir de un modelo *Scorbot ER-IX* en SolidWorks se obtuvo un modelo multicuerpo en el formato URDF. Además, se desarrollaron paquetes en ROS2 que permiten:

- la visualización del modelo anterior en el SW RViz2 [6] para verificar el comportamiento del mismo frente a la actuación en las juntas.
- la interacción del SW MoveIt2 [7], que facilita la generación y planeamiento de trayectorias, con el simulador Gazebo [8] permitiendo realizar simulaciones sobre el modelo.
- la interacción del SW MoveIt2, con el MR utilizando la comunicación UART/Serie.

V. VALIDACIÓN EXPERIMENTAL Y CONCLUSIONES

Para la validación experimental del controlador desarrollado se realizaron numerosos experimentos que comparan la ejecución del controlador en el robot real, utilizando Moveit2, con el modelo del MR corriendo en Gazebo. El link <https://youtu.be/dgp4lmHvS3Q> dirige a un video que contiene material experimental a este trabajo. Además, se realizaron comparaciones cuantitativas, mediciones de error en los ángulos de las articulaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la UNR, Argentina por financiar los proyectos de investigación PID-UNR 80020190300098UR y PPCT-UNR 80020220600083UR.

REFERENCIAS

- [1] Intelitek incorporated. <https://intelitek.com/>
- [2] Piombo, F. "Diseño e Implementación de Hardware y Software de Control a Bajo Nivel de un Manipulador Robótico de Tipo Industrial", Proyecto Final de Ingeniería Electrónica. FCEIA. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina, 2021.
- [3] Piombo F.; Nacusse M.; Crespo M.; Ezpeleta J, Alba D.; Arnejo E.; Junco S.; "Diseño e Implementación de Hardware y Software de Control a Bajo Nivel de un Manipulador Robótico de Tipo Industrial". XI Jornadas Argentinas de Robótica 2022, Bariloche, Argentina. Marzo 2022.
- [4] S. Macenski, T. Foote, B. Gerkey, C. Lalancette, W. Woodall, "Robot Operating System 2: Design, architecture, and uses in the wild," Science Robotics vol. 7, May 2022.
- [5] Texas Instruments Incorporated. <https://www.ti.com/>
- [6] <https://github.com/ros2/rviz>
- [7] <https://moveit.picknik.ai/main/index.html>
- [8] <https://classic.gazebosim.org/>
- [9] Di Franco, J.; Gaspoz G.. "Modelado y Control de Brazo Manipulador SCORBOT ER-IX", Proyecto Final de Ingeniería Electrónica. Facultad de Ciencias Exactas Ingeniería y Agrimensura. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Argentina, 2024.