

ESTUDIO Y DESARROLLO DE INTERFACES AVANZADAS ORIENTADAS A SISTEMAS DE ROBÓTICA

Walter A. Gemin, Raúl R. Rivera, Juana G. Fernández, Miguel A. Revuelta,
Melisa G. Kuzman, Roberto M. Hidalgo.

Laboratorio de Instrumentación Virtual y Robótica Aplicada (LIVRA) /
Departamento de Electrónica / Facultad de Ingeniería / Universidad Nacional de
Mar del Plata

J.B. Justo 4302, Tel.2234816600
gfernand@fi.mdp.edu.ar

Resumen

El término Robot [1] [2] se aplica a una variedad de sistemas que van desde los más simples manipuladores industriales, a los robots móviles "inteligentes", equipados con múltiples sensores y actuadores, capaces de adaptarse a diferentes entornos y moverse en forma autónoma en ellos. Los desarrollos en este campo abarcan una amplia gama de especialidades, desde la mecánica a la electrónica e informática. Dentro de la especialidad electrónica y en común con la Instrumentación Virtual, involucra el conocimiento y aplicación de sensores, actuadores, software de procesamiento e interfaces gráficas para la supervisión y comando remoto.

Este Proyecto tiene como objetivo estudiar y desarrollar nuevas tecnologías en percepción en tiempo real, seguimiento y comando desde dispositivos móviles, interfaces basadas en BCI, navegación y control de tracción inteligente.

Como resultado, se esperan obtener interfaces y algoritmos de procesamiento

para plataformas portátiles basadas en Android y módulos Arduino

Palabras clave: Robótica, Cinemática, Lenguaje C, Android, Arduino.

Contexto

El Proyecto en el que está inserta la línea de investigación se denomina: Instrumentación virtual, estudio y desarrollo de interfaces avanzadas orientadas a sistemas de robótica.

La institución que acredita el Proyecto es la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UNMdP (Universidad Nacional de Mar del Plata).

El Proyecto está financiado principalmente por la UNMdP, con aportes de la Organización Techint mediante la iniciativa "Actualización en Docencia e Investigación en Instrumentación Virtual y Robótica", el Ministerio de Educación de la Nación a través del programa de articulación con las escuelas de enseñanza media: "Jugando con robots en el aula" y la SPU del Ministerio de Educación. Mediante el

programa "Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo "con el título: "UMDP-4 / Interface para silla de ruedas" [4].

Introducción

La Instrumentación Virtual y la Robótica son las áreas con mayor crecimiento en la ingeniería. Los desarrolladores son, entre otros, Ingenieros Electrónicos y en Computación, cuya actividad es el diseño de prototipos y equipos, integrando tecnologías de sensores y actuadores, algoritmos de cálculo y comunicación, sistemas autónomos inteligentes y el hardware integrado. Son tecnologías multidisciplinarias que hacen uso de recursos de otras ciencias afines, permitiendo obtener sistemas flexibles que se adaptan a las diferentes tareas de producción.

La Instrumentación Virtual esta enfocada al desarrollo de los instrumentos encargados de medir señales, registrar datos y efectuar las acciones de control, para lo cual se requiere de una etapa de actuación, que conforma la interface entre la computadora y el sistema a controlar, mediante drivers de potencia. El usuario final del sistema de instrumentación interactúa con la representación gráfica de los indicadores y botones de control virtuales en la pantalla de una PC.

Respecto de la Robótica, existen diferentes tipos robots y el mas usado en la industria es el manipulador [7] que se puede describir como sistema automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectorias variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Su unidad de control incluye un dispositivo de procesamiento y

sensores de percepción del entorno. Normalmente realiza una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material.

De esta forma cada robot se transforma en una célula flexible que disminuye el ciclo de trabajo de un producto, puede operar en forma autónoma o interconectarse con otros para automatizar procesos complejos.

Este Proyecto tiene como objetivo estudiar y desarrollar nuevas tecnologías aplicadas a instrumentación virtual y robótica, en las siguientes temáticas:

Brazos robóticos: de gran utilidad en la industria y cuya constitución guarda similitud con la anatomía de las extremidades superiores del cuerpo humano. Para hacer referencia a los distintos elementos que lo componen se usan términos como codo, muñeca, mano etc. El brazo está formado por una serie de elementos estructurales sólidos unidos mediante articulaciones que permiten un movimiento relativo entre dos eslabones consecutivos. Cada articulación provee al robot de un grado de libertad lo que le permite realizar movimientos horizontales o verticales. Estos movimientos están generados por servomotores ubicados en cada una de las articulaciones. El trabajo del brazo robot normalmente se limita a pocos movimientos repetitivos de sus ejes. Éstos son casi siempre 3 para el brazo propiamente dicho y 3 para la mano o puño y su radio de acción queda determinado por un espacio tridimensional que cubre una semiesfera.

Conociendo la cinemática y la dinámica de un manipulador con elementos serie, es de interés saber cómo controlar los actuadores de sus articulaciones para cumplir una tarea deseada según una determinada trayectoria, libre de posibles

obstáculos. El problema de control de un manipulador se puede dividir en el problema de planificación y el control del movimiento. El movimiento del brazo de un robot se suele realizar en dos etapas. La primera de ellas es la del control del movimiento de aproximación del brazo a lo largo de una trayectoria planificada, desde una posición inicial hasta la vecindad de la posición de destino. La segunda es la de control del movimiento fino en el cual el efector final del brazo interacciona dinámicamente con el objeto para completar la tarea, utilizando información obtenida a través de la realimentación sensorial.

La utilización de sensores externos permite a un robot interactuar con su entorno de una manera flexible, en contraste con las operaciones preprogramadas en las cuales a un robot se le enseña para efectuar tareas repetitivas mediante un conjunto de funciones almacenadas en una memoria. Aunque esto último es la forma predominante de operación de los robots industriales actuales, la utilización de tecnología sensorial para dotar a las máquinas con un mayor grado de “inteligencia”, al tratar con su entorno, es tema de investigación y desarrollo activo en el campo de la robótica, dentro del cual trabajar en este Proyecto.

Sistemas autónomos: el continuo desarrollo de vehículos autónomos [8] [9] ha otorgado una mayor importancia a los sistemas de visión por computadora [10] [11] [12]. Muchos modelos de automóviles ya incluyen sensores y cámaras para la asistencia al conductor en el estacionamiento, prevención de accidentes y choques. En los sistemas robóticos autónomos son imprescindibles los métodos de detección y seguimiento de objetos, ya que estos se utilizan para

evitar accidentes, reconocer objetivos o efectuar tareas de monitoreo dinámicas. Paralelamente, ha surgido en los últimos años un creciente interés por la introducción de la robótica en la educación. Este fenómeno se debe en parte a la aparición de distintas plataformas robóticas de bajo costo que permiten acercarla a un tipo de público que antes no tenía acceso a ella. Ejemplo de estas plataformas puede ser Arduino, una placa electrónica de código abierto que permite implementar de forma sencilla el control de motores y sensores.

Este Proyecto une la robótica y la visión por computadora para crear sistemas autónomos más efectivos que puedan operar en determinados entornos realizando tareas predeterminadas.

Se plantea diseñar un sistema que una la flexibilidad de una plataforma robótica con la potencia de un dispositivo móvil. Esto implica trabajar con tecnologías diferentes en un mismo sistema: dispositivos móviles con Android y Arduino. Por lo tanto, el robot realiza la detección y el seguimiento de un objetivo mediante algoritmos de visión y debe ser capaz de alternar distintos comportamientos para desplazarse hacia su objetivo y evitar los obstáculos cuando sea necesario.

Tracción Inteligente: estudiar las técnicas de tracción y dirección inteligentes de un robot móvil con ruedas y desarrollar los algoritmos y generar las señales de control para los motores que permitan optimizar el comportamiento de la configuración propuesta.

En general los robots móviles distribuyen sus sistemas de tracción y dirección sobre los ejes de sus ruedas de acuerdo a las exigencias de velocidad, maniobrabilidad y características del terreno. La precisión

y rapidez con que el robot móvil debe alcanzar su destino, implica tener un sistema de tracción y dirección confiables, que asegure su maniobrabilidad. Esta confiabilidad y maniobrabilidad, determinan las características del sistema de tracción y dirección, no sólo en lo que respecta a la técnica, sino también al número de ruedas necesarias y al tipo y disposición de éstas para lograr una estructura mecánica estable. Existen tres sistemas básicos a partir de los cuales se pueden obtener este comportamiento: Tracción y dirección en ejes independientes, en un mismo eje y sobre todos los ejes.

El sistema de tracción y dirección no sólo está relacionado con la disposición de ruedas adoptada, sino que también depende de los algoritmos de control local de los motores y la mecánica asociada a estos. A medida que se requiere, más confiabilidad (alta maniobrabilidad, máxima tracción en sus ruedas motorizadas y adherencia de todas sus ruedas, etc.) la mecánica, electrónica e informática asociadas son más complejas.

Es importante puntualizar que el control de la tracción es un aspecto crítico en los robots móviles que se desplazan sobre superficies con un bajo coeficiente de fricción estática, o que deben moverse sobre suelos poco compactos (arena, lodo, nieve), donde un deslizamiento excesivo puede provocar incluso que las se hundan en el terreno y queden atrapadas en el mismo. Lo expuesto hasta aquí justifica la importancia del estudio y ensayos de las características del sistema de tracción en un robot móvil.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Las líneas de investigación abarcadas son:
Estudio de la cinemática directa e inversa de un robot, basado en el algoritmo de Denavit- Hartenberg.

Estudio del microcontrolador PIC y módulos Arduino, mediante los entornos de desarrollo en lenguaje C, PIC CCS y Processing.

Desarrollo y simulación en Matlab, de algoritmos de cálculo de movimiento y posicionamiento.

Adaptación de los algoritmos a los microcontroladores PIC y módulos Arduino.

Desarrollo de software e interfaces de comunicación serie de los microcontroladores PIC y módulo Arduino.

Desarrollo de aplicaciones para PC y dispositivos portátiles como notebook, tablets o celulares, para el comando y pruebas de funcionamiento de sistemas robot.

Estudio de las técnicas que se emplean en la visión por computadora: procesamiento de imágenes, detección de características, reconocimiento de objetos y análisis de movimientos.

Desarrollo librerías para detección y seguimiento de objetos desde una señal de video.

Pruebas de las tecnologías desarrolladas en módulos de robots experimentales.

Resultados y Objetivos

Resultados:

Como resultados de recientes trabajos de extensión, relacionados con los temas del Proyecto pueden mencionarse:

Desarrollo y optimización de algoritmos de cálculo de movimientos, basados en microcontroladores de bajo costo, con interfase de comunicación y salida PWM.

Desarrollo de sistemas de potencia con entrada PWM y salida a motores de continua.

Pruebas y optimización del sistema orientado al uso de material de bajo impacto ambiental y elevada autonomía [3].

Desarrollo de interfaces para control por Joysticks potenciometricos, inalámbricos y virtuales [4].

Desarrollo de sistema de control de movimiento basado en Arduino y comandado mediante joystick virtual en Android, para el control remoto inalámbrico, por medio de Bluetooth, de una silla de ruedas eléctrica [5] [6].

La producción en investigación relacionada con el Proyecto se resume en: 6 publicaciones internacionales, 5 presentaciones a congresos nacionales y 10 internacionales, 3 premios y 1 patente.

Los integrantes del Proyecto tienen a su cargo el dictado de asignaturas muy relacionadas con la temática propuesta:

- Tratamiento Digital de Señales.
- Sistemas Digitales
- Instrumentación Electrónica.
- Instrumentación Virtual.
- Robótica Aplicada.
- Laboratorio I – Ing. en Materiales
- Programación Estructurada
- Programación Orientada a Objetos

Además debe mencionarse el dictado de diversos cursos de extensión en temáticas que abarcan: Sensores, Adquisición Digital de Señales, Instrumental Electrónico, Microcontroladores, Lenguaje de Programación C y Compiladores Cruzados, Capacitación en redes LAN y WAN, Programación en Matlab y en Android.

Objetivos:

Fomentar la generación de conocimientos y recursos humanos dentro de un ámbito de investigación, para difundir y promover el desarrollo y producción nacional de sistemas de Instrumentación Virtual y Robótica.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está constituido por 7 investigadores categorizados en el programa de incentivos y 3 investigadores en formación. Todos ellos se desempeñan como docentes del Dpto. de Ingeniería Electrónica y Computación y desarrollan sus actividades de investigación en el LIVRA (Laboratorio de Instrumentación Virtual y Robótica Aplicada).

Becarios Alumnos:

Los alumnos pertenecientes a la carrera Ingeniería Electrónica, que participan en este Proyecto, se distinguen en las categorías de avanzados: 3 alumnos de quinto año y de iniciación: 3 alumnos de tercer año, dentro del programa "Universidad, Diseño y Desarrollo Productivo "con el título: "*UMDP-4 / Interface para silla de ruedas*", aprobado y otorgado, por la SPU del Ministerio de Educación.

Otros 4 alumnos avanzados desarrollaron los siguientes temas:

Desarrollo de un software de configuración para redes inalámbricas bajo protocolo ZigBee orientadas a aplicaciones industriales.

Sistema robótico de control y monitoreo remoto, de aplicación en la industria del Oil&gas.

Sistema de visión robótica para dispositivos móviles implementado en Android.

Estudio y experimentación de las técnicas de tracción y dirección inteligentes de robots móviles.

Tesis de grado

Durante los últimos tres años, en el marco de los temas involucrados en este Proyecto, se han ejecutado 20 Tesis de Grado pertenecientes a la carrera Ingeniería Electrónica. La mayoría de estas tesis se realizaron en respuesta a demandas concretas del medio. Un listado completo puede obtenerse a través de la página web del Departamento de Ingeniería Electrónica [13].

Cursos de postgrado

Dictado del curso de postgrado: “Procesamiento Digital de Señales” que actualmente forma parte del plan de cursos del Doctorado en Ingeniería mención Electrónica y se dicta en forma regular cada 2 años desde 1997.

Cursos de especialización

Introducción y Aplicación del Software de Procesamiento Matlab
Tipo de actividad: Curso de Especialización, Personal del INIDEP.

Referencias

1. CRAIG, John J. Robótica, Pearson Education 3era Ed. 2006.
2. BARRIENTOS, Antonio. Fundamentos de Robótica, McGraw-Hill/ Interamericana, 2007.
3. GEMIN W. A., RIVERA R. R., FERNÁNDEZ J. G., HIDALGO R. M., REVUELTA M. A., URIZ A. J. “Desarrollo de un sistema de control y potencia de bajo costo para sillas de ruedas motorizadas”. JAIIO 42 – AST 2013.
4. <http://diseñoydesarrollo.siu.edu.ar/int erfaseparasilladeruedas.html>
5. GEMIN W. A., RIVERA R. R., FERNÁNDEZ J. G., HIDALGO R. M., REVUELTA M. A., URIZ A. J. “Control de Sillas de Ruedas Eléctricas Mediante Joystick y Celular”. INNOVAR 2013.
6. <http://www.youtube.com/watch?v=ltlj7qz9ksw>
7. KOIVO A. J. Fundamentals for Control of Robotic Manipulators. Wiley, 1989.
8. ASTUA C., BARBER R., CRESPO J. y JARDON J. “Object Detection Techniques Applied on Mobile Robot Semantic Navigation”. SENSORS. www.mdpi.com/journal/sensors.2014.
9. BUCHLI J. Mobile robotics, moving intelligence. Ed. VERLAG 2006.
10. SOLARI F., CHESSA M., SABATINI S. Machine Vision - Applications and Systems. Ed. INTECH 2012.
11. KYPRAIOS I. Advances in Object Recognition Systems. Ed. INTECH 2012.
12. OBINATA G., DUTTA A. Vision systems applications. Ed. I-TECH 2007.
13. www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/Tesis_Grado.htm