

Enseñanza Introductoria de la Programación de Robots

M. Alicia Pérez, M. Lorena Talamé, Norberto Aramayo, Ana E. Gardel

Facultad de Ingeniería e IESIING / Universidad Católica de Salta

Campo Castaños s/n, 4400 Salta, (0387) 426 8539

aperez@ucasal.net, lorenatalame@gmail.com, saltaramayo@yahoo.com.ar, aeeg62@hotmail.com

Resumen

El interés por la robótica entre alumnos de la carrera de Ingeniería en Informática y la ausencia de temas directamente relacionados con la misma en el currículum, junto con la disponibilidad cada vez mayor de robots a costos accesibles, ha motivado la formación de un grupo de trabajo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta en la temática. El primer objetivo ha sido el diseño de un taller de introducción a la programación de robots. Dicho taller permite a los alumnos incursionar en la disciplina usando tanto un robot real como un simulador, e integrar algunas habilidades ya adquiridas a lo largo de la carrera, con la motivación añadida de ver resultados al aplicarlas al control del robot. El trabajo realizado abre también posibilidades para la investigación en robótica, en particular para los alumnos que quieran seguir investigando desde el ámbito de sus proyectos de grado.

Palabras clave: programación de robots, enseñanza de la robótica, iRobot Create

Contexto

La línea de trabajo descripta ha sido desarrollada por el grupo de interés en la robótica de la Facultad de Ingeniería y del Instituto de Estudios Interdisciplinarios de Ingeniería (IESIING) de la Universidad Católica de Salta. Recientemente esta línea de trabajo se ha complementado con la aprobación de un proyecto de extensión financiado por la universidad titulado “Diseño e implementación de un curso Taller de Robótica” (Resolución Rectoral 1473/14).

Introducción

En nuestra experiencia docente en la carrera de Ingeniería en Informática de la Universidad Católica de Salta hemos venido observando el interés de muchos alumnos con la robótica, algo atractivo pero prácticamente inaccesible en nuestro contexto. Es por eso que comenzamos a explorar la posibilidad de introducir el tema de manera extracurricular para los alumnos de ingeniería y hasta para alumnos de colegios secundarios como elemento motivador. Dado el perfil de nuestra carrera, el énfasis estaría en la programación de robots, en lo posible de robots reales pero también aprovechando

la disponibilidad de simuladores de los mismos.

No es casualidad este interés por la robótica. Esta disciplina, que ciertamente no es nueva, se va haciendo cada vez más cercana por la extensión de las aplicaciones robóticas al ámbito doméstico, del entretenimiento, y de otras tareas de la vida diaria. Según la *International Robotics Federation* [1], solo en 2012 se vendieron unos 3 millones de robots para uso personal y doméstico. La mayoría de ellos, 1,96 millones, se utilizan en tareas domésticas (limpieza del suelo, corte del pasto, etc.), con un incremento del 53% sobre 2011 y ventas de US\$697 millones. Los restantes son principalmente para entretenimiento (robots que son juguetes o para aficionados), educación e investigación. Las previsiones para el período 2013-2016 indicaban que se venderán unos 22 millones de unidades para uso personal, de los cuales 15 serán para tareas domésticas con un valor estimado de US\$5600 millones; unos 3,5 millones de robots para entretenimiento, unos 3 millones para educación e investigación, y unas 6400 unidades para asistencia a personas ancianas y discapacitadas, un mercado éste último que aumentará sustancialmente en los próximos 20 años.

Así cada vez está más cerca un futuro en que los robots y dispositivos relacionados formen parte de la vida diaria, gracias a tecnologías como la computación distribuida, el reconocimiento y síntesis de voz, el procesamiento de imágenes, y la conectividad inalámbrica de banda cada vez más ancha. Este futuro ciertamente motiva a muchos de nuestros alumnos, incluso aun cuando no está exento de preocupaciones éticas.

Una empresa, iRobot, iniciada por investigadores del MIT, ha fabricado y vendido desde su comienzo más de 10

millones de robots para uso doméstico, entre ellos su conocido modelo de robot aspiradora, Roomba [2]. Gracias a su éxito comercial, iRobot ha podido poner en el mercado un robot con la misma arquitectura que el Roomba para tareas de investigación y educación, el Create (Figura 1). Se trata de una variante del Roomba sin los accesorios de aspirar y cepillar. El precio del mismo de US\$250 es un costo por fin al alcance de las posibilidades de muchos interesados en la robótica, específicamente en la programación de robots. Una nueva versión de este robot ha salido al mercado en los últimos meses [3] a un costo de US\$200.



Figura 1 Robot Create de iRobot con cámara inalámbrica utilizado en el taller

Es importante destacar que la programación de los robots se está convirtiendo en el principal desafío, más que el hardware. Investigadores de prestigio como Red Whittaker y Sebastian Thrun han afirmado que a pesar de las dificultades para que el hardware funcione adecuadamente, las posibilidades desde el punto de vista del hardware ya casi están; ahora la dificultad y el mayor desafío está en el software que resuelva el problema [4].

Líneas de Trabajo

La existencia del Create, por su precio y calidad, nos motivó a formar un equipo y poner en práctica el deseo de ayudar a nuestros alumnos a incursionar en el mundo de la robótica. Tras investigar sobre el estado de la enseñanza de la robótica, habiendo realizado un análisis del contexto, y de las fortalezas y debilidades de nuestro equipo, y tras conseguir una unidad de este robot, avanzamos en la posibilidad de dictar talleres de introducción a la robótica para nuestros alumnos, dejando la posibilidad abierta para conseguir en el futuro un número mayor de robots, en particular del tipo Lego Mindstorms, con mayor versatilidad desde su arquitectura física y variedad de sensores y actuadores. El Create viene listo para usar con una variedad de sensores, lo cual nos ha permitido centrarnos en la programación más que en el hardware. No obstante como plataforma el robot permite muchas posibilidades de extensión desde el hardware y la electrónica.

Parte de nuestra exploración fue la búsqueda de alternativas para desarrollar software para robots, y específicamente para el Create y el Mindstorms. En base a ella decidimos inclinarnos por el Microsoft Robotics Development Studio (MRDS). Los aspectos en que basamos la decisión fueron la disponibilidad de un simulador de robots en diversos contextos; la posibilidad de controlar diversos robots usando la misma interfaz junto con la existencia de librerías para los dos robots mencionados, que nos permitieron comenzar a usar el Create de inmediato; la posibilidad de programar tanto con un lenguaje visual como con un lenguaje más tradicional, C#, conocido por nuestros alumnos; y por último la disponibilidad del entorno en forma gratuita para cualquier usuario.

La introducción a la robótica, además de ofrecer a nuestros alumnos un acercamiento a la temática, les permite aplicar conceptos y técnicas de programación que han ido adquiriendo durante la carrera, y ampliar sus conocimientos en otras que tal vez solo hayan visto desde la teoría. En particular, uno de los problemas más complejos de la programación en robótica es gestionar en simultáneo todos los datos provenientes de una diversidad de sensores, y emitir los comandos apropiados a los actuadores. En un enfoque de programación convencional un programa con un solo hilo iría sucesivamente leyendo datos de los sensores, después los procesaría y finalmente decidiría el comportamiento del robot, para volver a comenzar el ciclo. Este enfoque tiene obvias limitaciones para la capacidad de respuesta ante imprevistos. Así el alumno se enfrenta con el problema de gestionar la concurrencia, un desafío que se extiende más allá de la robótica a aplicaciones que precisen orquestar de manera eficiente código que se ejecute, por ejemplo, en diferentes servidores o procesadores al mismo tiempo.

En resumen, hemos investigado desarrollos relacionados y alternativas hardware y software y finalmente desarrollado el taller de introducción a la robótica, y más concretamente a la programación de robots con la intención de ayudar a los alumnos a acercarse al gran potencial, presente y futuro, de la robótica, combinando técnicas ya aprendidas por ellos a lo largo de su carrera y exponiéndolos a elementos teóricos y prácticos novedosos en esta interesante y excitante tecnología emergente en nuestro medio.

Enfoque del taller

El taller que hemos diseñado tiene dos componentes: teórico y práctico, con un énfasis mayor en el segundo. El mismo surge como investigación de cátedra en el área de la inteligencia artificial (IA) y esto marca la orientación de la parte teórica hacia la IA y los robots inteligentes. El material introductorio de las clases teóricas está basado en el de [5] en cuanto a los elementos básicos de un robot, y en [6] acerca de los diversos paradigmas de programación robótica (jerárquico, reactivo, e híbrido) y el proceso de diseño para construir robots inteligentes. Aunque no son obras muy recientes, son adecuadas para el nivel introductorio del taller. Para el trabajo de programación del Create con MRDS la referencia que más hemos utilizado es [7].

El núcleo del taller son los trabajos prácticos que los alumnos deben realizar. En cada sesión se propone una actividad de programación facilitando a los alumnos un tutorial que indica los pasos a seguir; previo a ello se desarrolla un tema teórico vinculado con el práctico. Así los alumnos pueden aplicar el conocimiento de manera concreta. En la elección de temas para los prácticos hemos adaptado parte de los propuestos en [8].

Los temas cubiertos en el taller, además de una introducción al Create y al entorno de programación, son teleoperación, deambular y cubrir un recinto, localizar objetos usando una cámara y reaccionar ante ellos (en un ejemplo del paradigma reactivo), y seguir una línea usando sensores infrarrojos.

La mayor parte de los prácticos están diseñados para utilizar tanto el simulador como el robot real. MRDS permite esto con pequeños cambios en los programas creados por los alumnos, en particular con el intercambio de archivos *manifest*. Así se puede aprovechar mejor el recurso

escaso que es el único robot Create disponible y los alumnos pueden continuar las prácticas en otro horario y lugar. En general se sugiere a los alumnos que trabajen en parejas, tanto por la disponibilidad del robot como por la ayuda que se pueden brindar en el aprendizaje, ya que algunas de las tareas son difíciles de implementar y de hacer funcionar en VPL, especialmente para principiantes; esto hace que el trabajo sea en ocasiones muy satisfactorio y en otras bastante frustrante.

Aunque nuestros alumnos tienen experiencia en programar en diversos lenguajes de .NET, incluyendo C#, la curva de aprendizaje del manejo de la concurrencia y la orientación a servicios en C# mediante CCR (*Concurrency and Coordination Runtime*) y DSS (*Decentralized Software Services*) es demasiado pronunciada para un taller de las características que nos proponemos. Por ello en el taller se utiliza el lenguaje visual de MRDS VPL aunque al final se propone a los alumnos el desafío de programar servicios en C# y se les proporcionan algunos materiales a modo de tutorial.

El hardware disponible para los prácticos incluye además del robot Create con su batería recargable, una cámara web inalámbrica, y un módulo BAM para conectar el robot mediante Bluetooth a las computadoras en que trabajan los alumnos (éstas deben disponer de conexión Bluetooth o utilizar el *dongle* USB y software del que dispone el taller). También se dispone de una pared virtual diseñada específicamente para el robot Create. Los algoritmos para detectar objetos usando la cámara han sido implementados por el equipo usando AForge.NET, un *framework* en C# de acceso libre para el desarrollo de aplicaciones, entre otras, de procesamiento de imágenes (www.aforgenet.com).

Resultados y Objetivos

Los resultados logrados por la línea de trabajo desarrollada se caracterizan en tres ejes. El primero es el desarrollo del taller descrito, que ya ha sido dictado en forma piloto a alumnos de la carrera satisfactoriamente y con buena aceptación según las encuestas realizadas y el interés de otros alumnos que escucharon comentarios al respecto. En este ámbito el objetivo es continuar el dictado y adaptarlo para poder ofrecerlo a alumnos del nivel medio. Este es el objetivo del proyecto de extensión mencionado en la Sección “Contexto”.

El segundo eje es contar con el sustrato que permita al grupo impulsor del proyecto y a otros interesados continuar construyendo conocimiento y posiblemente abriendo opciones de investigación. El grupo está trabajando en la adición de sensores y actuadores al robot existente y la creación del software necesario para controlarlos para aumentar las posibilidades de trabajo con el mismo. En particular se está investigando el uso de un sensor infrarrojo cuya orientación es controlada por un servo para detectar obstáculos durante la navegación y así mapear el entorno y de los obstáculos.

Por último, el interés generado por la iniciativa ha motivado la realización de proyectos de grado de la carrera de Ingeniería en Informática en las siguientes áreas: robots de telepresencia [9], navegación ante obstáculos, construcción de mapas adaptativos, y localización de objetos.

Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está conformado por docentes de la carrera de Ingeniería en Informática y miembros del Instituto de Estudios Interdisciplinarios en

Ingeniería de la Universidad Católica de Salta, y una alumna que acaba de culminar su proyecto de grado en dicha carrera. El equipo está liderado por una doctora en informática con experiencia de investigación en inteligencia artificial. En el año 2014 se aprobó un proyecto de grado y se comenzaron otros cuatro en el ámbito del proyecto en las temáticas mencionadas. En la experiencia piloto participaron ocho alumnos de la carrera y se espera ofrecer el taller una vez por cuatrimestre.

Referencias

- [1] International Robotics Federation, «World Robotics - Service Robots 2013. Executive Summary,» Disponible en http://www.worldrobotics.org/uploads/tx_zeifr/Executive_Summary_WR_2013_01.pdf, 2013.
- [2] iRobot, «Our History,» 2014. [En línea]. Available: http://www.irobot.com/us/Company/About/Our_History.aspx. [Último acceso: 11 07 2014].
- [3] iRobot, «iRobot Create 2 Programmable Robot,» 2014. [En línea]. Available: www.irobot.com/About-iRobot/STEM/Create-2.aspx.
- [4] S. Thrun, «The great robot race,» *NOVA - PBS*, p. Disponible en http://www.pbs.org/wgbh/nova/transcripts/3308_darpa.html, 28 Marzo 2006.
- [5] D. Houston, Learning Roomba, MSc Thesis, Drexel University, 2008.
- [6] R. Murphy, Introduction to AI robotics, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 2000.
- [7] K. Johns y T. Taylor, Professional Microsoft Robotics Developer Studio, Wiley, 2008.
- [8] K. Workman y S. Elzer, «Creating An Upper-Level Undergraduate Robotics Elective in Computer Science,» de *Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Pennsylvania Computer and Information Science Educators (PACISE)*, Kutztown, PA, 2008.
- [9] S. Dickert y D. Maldow, «Robotic Telepresence State of the Industry,» *Telepresence Options*, n° Summer, 2013.