

R4P: la robótica al alcance de todos

Luis Ignacio Díaz del Dedo,
Luis Alberto Pérez García

Escuela Superior Politécnica de la Universidad Europea de Madrid; Ganadores del II Concurso Universitario de Software Libre en la categoría "Mejor Proyecto Innovador"

<luisdiazdeldedo@gmail.com>, <luixal@gmail.com>

1. Introducción

En nuestros días asistimos a la huida de los robots de las fábricas y a su invasión en nuestros hogares, oficinas, calles y campos. La verdadera revolución de la robótica ha comenzado en los primeros años del siglo XXI. Unos nuevos robots que se presentan con una imagen y tamaño más amigable se dedican a limpiar nuestras casas, vigilar nuestras pertenencias, cortar el césped, recoger la cosecha, ayudar a los discapacitados y hacernos pasar buenos ratos en su compañía.

De este modo tan apasionado suelen comenzar los libros de robótica editados en los últimos años. La visión que presentan es muy interesante pero lamentablemente aun no es así. Queda mucho trabajo por realizar para llegar a esta situación y más aun cuando se trata de robots con patas. Los esfuerzos en innovación se llevan a cabo con robots generalmente dotados de ruedas dado que son más sencillos y baratos de construir y programar. Pero no se debe olvidar la importancia de los robots con patas y sus ventajas.

El proyecto R4P (cuyo nombre viene de "Robot de 4 Patas") se plantea diseñar un robot cuadrúpedo, construirlo y desarrollar el software que se encargará de controlarlo.

Básicamente, el proyecto R4P pretende desarrollar una plataforma robótica libre que permita a quien esté interesado construir su propio robot de cuatro patas sin más gastos que los materiales, y que se vea provisto de una serie de manuales, esquemas y código que le permitan desarrollar aplicaciones a un nivel mayor de abstracción. La educación en materias tecnológicas es el área principal a la que se pretende aplicar R4P debido a su bajo coste, sencillez de montaje, facilidad de uso y posibilidades que presenta.

2. Características de R4P

El diseño se ha basado en el desarrollo de una serie de ideas preexistentes, optándose por utilizar un enfoque innovador centrado en las patas que permite a R4P mantenerse estable sobre dos de sus extremidades dejando libres las otras dos para poder realizar otras tareas (ver **figura 1**).

La mecánica cuenta con tres grados de libertad por pata y disposición de insecto. R4P deberá reaccionar a cambios en el entorno que obtendrá a partir de dos sensores de

Resumen: R4P es un proyecto concebido para desarrollar una plataforma robótica profesional, libre y de bajo coste para su uso especialmente en educación secundaria, módulos profesionales, carreras universitarias y otras ramas educativas relacionadas.

Palabras clave: Arduino, arquitectura libre, robótica, R4P, software libre.

Autores

Luis Ignacio Díaz del Dedo es Ingeniero Superior Informático por la Universidad Europea de Madrid (UEM). Es además Licenciado en Administración y Dirección de Empresas por la UEM (2002/2008). Está cursando el Master Oficial en Gestión Integral de las Tecnologías de la Información en la UEM becado por La Caixa.

Luis Alberto Pérez García es Ingeniero Superior Informático por la Universidad Europea de Madrid (UEM), en la especialidad de Inteligencia Artificial. Es miembro del GLUEM (Grupo de Usuarios de Linux de la UEM) desde sus inicios, contribuyendo a impulsar el software libre en el ambiente universitario. Es un entusiasta defensor de la filosofía del Software Libre y del Conocimiento Libre y está integrado en la comunidad española de Ubuntu. Su blog personal se encuentra en <<http://bgnu.wordpress.com/>>.

Ambos obtuvieron en septiembre de 2008 la calificación de *Matrícula de Honor* en la presentación de su proyecto fin de carrera "*Diseño, Construcción y Desarrollo de la Mecánica, Electrónica y Software de Control del Robot Cuadrúpedo R4P v3i*".

inclinación, una brújula digital y un sensor de distancia. Se comunicará con un PC mediante un dispositivo Bluetooth a través de la interfaz de control que mostrará una representación tridimensional del robot en tiempo real, los datos de todos los sensores y permitirá así al usuario teleoperar el R4P (ver **figura 2**).

La construcción como se ha comentado debe ser sencilla para poder ser montado por niños o personas sin conocimientos de mecánica. El diseño de las piezas por tanto ha sido un punto crítico evitándose en la medida de lo posible tener que utilizar herramientas peligrosas como pudiera ser un taladro. El modelo final tan solo necesita un destornillador para ser montado lo que rebaja el rango de edad de uso y facilita la comprensión de la estructura del robot. Como dicta la sabiduría de Confucio "*Me lo contaron y lo olvidé, lo vi y lo aprendí, lo hice y lo entendí*". Al montarlo no solo se está construyendo el robot sino que se está realizando una tarea de comprensión de la mecánica por parte del usuario.

El software es la parte fundamental del proyecto y la que debe proveer al usuario de posibilidades para realizar tareas con R4P. Se han considerado dos partes separadas pues se requieren diferentes elementos físicos con especificaciones totalmente distin-

tas e individuales. Por un lado se encuentra el software del robot que le dota de capacidad de movimientos, medidas obtenidas del medio externo realizadas por sus sensores, la reacción a estas y el envío y recepción de datos. Y por otro lado la interfaz de control del robot por parte del usuario. La primera necesita una placa con un pequeño microcontrolador y la segunda necesita un computador capaz de mostrar datos por pantalla y recibir entradas de interfaces de control como podrían ser un teclado, ratón o joystick.

3. Resultados obtenidos

A día de hoy, R4P es una completa plataforma robótica cuadrúpeda y sus resultados han comenzado a difundirse en foros científicos, como es el caso de la ponencia realizada en el congreso "*International Conference on Intelligent Systems and Agents*" que se celebró en Amsterdam del 22 al 24 de julio de 2008.

Los resultados del proyecto se han difundido también en foros de Software Libre y otros de carácter general, debido a su impacto en la sociedad. Como resultado de esta difusión, el proyecto R4P ganó el primer premio en la categoría de Innovación en el 2º Concurso Universitario de Software Libre de carácter nacional, el primer premio en la categoría Robotics del concurso Arduino Contest 2008 de carácter internacional, fue



Figura 1. Imagen del armazón interno de R4P.

presentado en la primera Campus Party Colombia del 23 al 29 de julio por invitación expresa de Kike Nimo, Director de Contenido Internacional de la Campus Party, obtuvo el reconocimiento por parte de la Universidad Europea de Madrid al recibir la mención especial al mejor proyecto fin de carrera de la promoción, se presentó en la Campus Party de Valencia el día 2 de agosto y en el OSWC (*Open Software World Conference*) en Málaga en octubre de 2008, y por último se presentará en Imaginática, que se celebrará en Sevilla del 2 al 6 de marzo de 2009. Para comprobar su utilidad en un aula se realizó una prueba piloto con niños de alta capacidad con edades comprendidas entre los 9 y 14 años en un curso de robótica con lego. Esta fue un éxito y los jóvenes consiguieron en tan solo unas horas realizar algunas tareas complejas utilizando el software de control del robot y modificando su código para tratar de hacer bailar al robot sin que perdiera estabilidad.

4. Factores innovadores del proyecto

De cara al usuario, el proyecto R4P pretendía diseñar y construir un robot cuadrúpedo que le permitiera a partir de un proceso predefinido de diseño y construcción, focalizar sus esfuerzos en el desarrollo de tareas más complejas.

Actualmente no existen robots cuadrúpedos, ni en general robots con patas que hayan sido liberados tanto en el hardware como en el software. La robótica aún se resiste a introducirse en este cambio debido quizá al miedo que suscita liberar una idea sencilla que no puede ser patentada y que podría ser copiada por organizaciones que tienen un gran capital para desarrollar "más y mejor" que el autor original.

El diseño de un robot con patas que presente alguna característica innovadora, requiere por lo general un esfuerzo mayor que el de un robot con ruedas. Lo primero es conocer al detalle todos los robots que se han construido anteriormente y cuales han sido sus características, sus puntos fuertes y lo que se podría mejorar. En este campo se han realizado una gran cantidad de estudios sobre locomoción utilizando configuraciones ya existentes para las patas, como pueden ser la distribución de insecto y caballo, implementando algoritmos eficientes en robots como SILO4 del CESIC o BigDog de Boston Dynamics, pero se ha avanzado muy poco en lo referente a las patas o a la realización de tareas más complejas que el desplazamiento en sí.

La innovación y el bajo coste a menudo son incompatibles. En España se sigue dando esta situación debido sobre todo a la escasez de medios.

Con el robot R4P se pretendía liberar un robot completo para su posterior desarrollo por una comunidad orientándolo tanto a un posible científico, como a un profesor de áreas tecnológicas que quiera instruir a sus alumnos en robótica con patas, o incluso a cualquier interesado en el tema que quiera aprender.

La componente innovadora que presenta R4P como robot se encuentra en las patas. El diseño de la parte más externa de la extremidad le permite realizar apoyos múltiples y por tanto puede sostenerse de manera estable sobre dos patas dejando las otras dos libres para realizar una tarea. Recordemos que un robot de cuatro patas con apoyos puntuales solo puede levantar una pata a la vez sin perder la estabilidad. En la última versión incluso la pieza intermedia de la

pata permite realizar otro apoyo y de esta manera solo un motor sujeta el peso del robot. Este pequeño paso en la robótica cuadrúpeda permite un nuevo enfoque en el desarrollo de tareas.

De cara a la gestión del proyecto se han seguido algunas líneas innovadoras propiciadas por el Primer Premio a la Innovación en el 2º Concurso Universitario de Software Libre (CUSL), uno de los premios más prestigiosos en lo referente al software en el panorama universitario español.

Como dijo Salomón "*Nihil novum sub sole*" es decir "*Nada nuevo bajo el Sol*" con esto pretendía remarcar que el ser humano no es capaz de crear algo a partir de la nada, para innovar el ser humano debe mezclar conceptos o ideas preexistentes. Por eso, en el desarrollo del proyecto, se han fusionado una serie de conceptos como la robótica, el software y hardware libre, los canales de difusión tradicionales y los nuevos canales existentes en Internet. No es habitual utilizar técnicas de marketing para un proyecto fin de carrera y mucho menos para el desarrollo de un robot. Sin embargo la difusión de un producto o proyecto sigue siendo un factor fundamental que determinará el triunfo o el fracaso del mismo. Como dicen los grandes gurús del marketing "Puedes tener el mejor producto, pero si nadie lo sabe no venderás ni uno" o "No importa lo que vendas sino cómo lo vendas".

Para la difusión del proyecto R4P utilizamos canales como un blog en WordPress, un poco de Google Bombing, las archiconocidas técnicas SEO (*Search Engine Optimization*) y por supuesto YouTube. Además de los medios tradicionales como tarjetas de visita, presentaciones públicas en DorkBot, institutos, concursos...

Con todo esto se puede llegar lejos pero debemos admitir que el verdadero tirón lo supuso ganar el II CUSL. Dan fe de ello las mil visitas que en solo un día hicieron temblar al servidor al salir la noticia en Barrapunto y otros medios importantes. Los enlaces externos se multiplicaron y el blog ha tenido una media de 50 visitantes al día únicos con más de 3 minutos permaneciendo en la web. Esto supone una gran captación de audiencia, dado que no es habitual pasar más de un minuto en una web a no ser que te interese el contenido. Queda claro por tanto que ganar una convocatoria del CUSL supone una gran proyección para el proyecto y para sus autores, tanto a nivel personal como profesional. Tras el concurso hemos coincidido en un par de ocasiones con sus organizadores, y sólo nos queda decir que ganar es lo menos importante, pues conocerlos personalmente ha sido un auténtico placer.

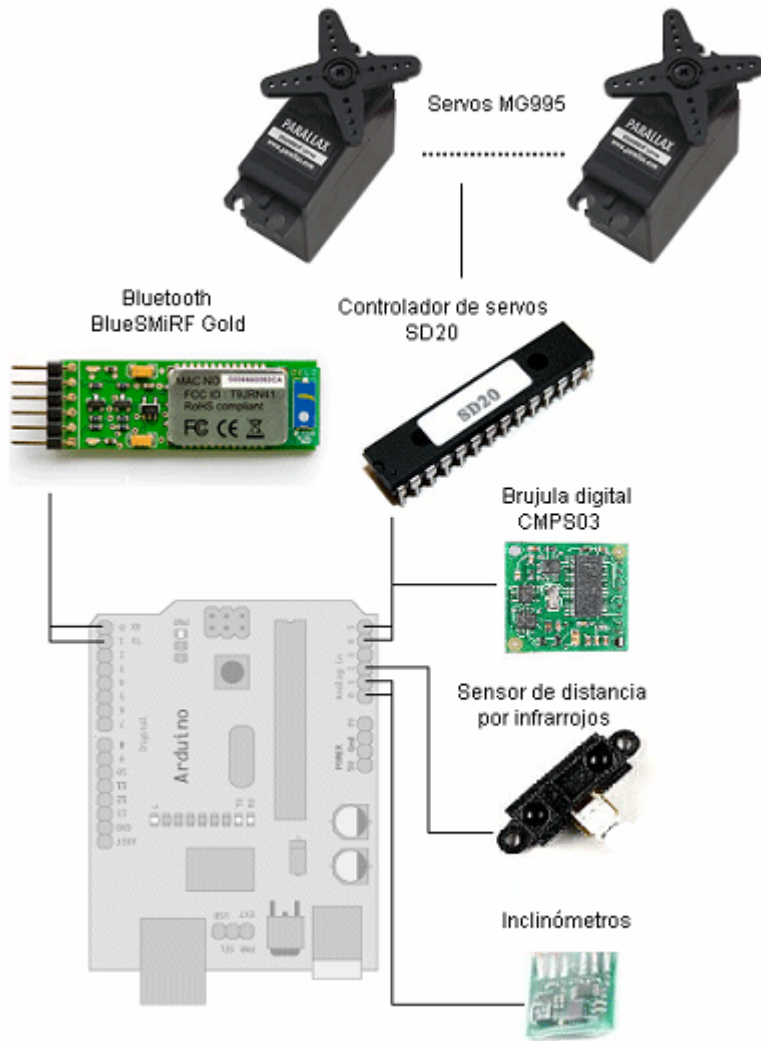


Figura 2. Arquitectura de R4P.

Para el desarrollo del software hemos utilizado elementos de la Ingeniería del Software sirviéndonos de la metodología RUP (*Rational Unified Process*) para la interfaz y un sencillo modelo en espiral para el código del robot. Hicimos una separación marcada entre estas dos partes software del proyecto, por un lado la interfaz programada en alto nivel y por otro el controlador del robot.

La interfaz de control está desarrollada sobre Java buscando una alta portabilidad y modularidad. Dado que la ejecución de la aplicación se realiza sobre una máquina virtual, esto implica que cualquier sistema operativo que disponga de una máquina virtual compatible puede ejecutarla. Se pretendía alcanzar un alto grado de sencillez, y es por eso que se trata de una interfaz gráfica intuitiva para iniciar a los usuarios de una manera simple, cómoda y para todos los públicos.

El sistema de control del robot utiliza una placa Arduino que cuenta con un lenguaje de programación propio llamado Processing. Sobra decir que se trata de hardware y software libre. El IDE (*Integrated Development*

Environment) permite compilar y descargar el código en la placa utilizando un puerto USB. Con esto se permite a un usuario con un bajo nivel de conocimientos de electrónica e incluso de programación acercarse más al control del robot.

Para enfatizar este aspecto se desarrollaron una serie de funciones básicas a partir de las cuales se pueden programar secuencias de movimientos complejas. Como por ejemplo `legUp(int leg)` que nos permite levantar una pata un número de grados definidos por una constante o `legUp(int leg, int degrees)` que nos permite levantar una pata los grados, pasados por parámetro. También se incluyen funciones para levantar o bajar el cuerpo, traslaciones del cuerpo para desviar el centro de masas, girar las patas, transiciones de estados y algoritmos de control de estabilidad.

Actualmente software libre es sinónimo de comunidad. Es curioso cómo la gente se involucra en un proyecto libre y colabora haciéndolo suyo, aportando mejoras que ni siquiera se habían planteado los propios

desarrolladores. Muy pocas áreas científicas son tan dinámicas, flexibles y activas como este movimiento, esta cultura. Durante nuestro desarrollo hemos recibido infinidad de propuestas, recomendaciones, preguntas, críticas útiles y aportaciones software y hardware que en la mayoría de los casos forman ahora parte de R4P. Pero esto sólo es el principio. Nuestra aportación es tan solo el comienzo de algo que ya no sólo desarrollamos dos personas, sino que nuestro equipo no tiene límite de personal, ni fronteras.

5. Agradecimientos

El proyecto R4P fue concebido por dos personas inexpertas, con mentes inquietas y ganas de hacer algo "guapo". Pero no sería ni un 10% de lo que es de no ser por toda la gente que ha colaborado de manera informal sin aportar software o hardware, sólo ideas, ánimos, recomendaciones y ayudas. Destacamos entre estas personas a profesores de la Universidad Europea de Madrid (UEM) que nos han dado apoyo crucial, como el director del proyecto Nouridine Aliane, nuestro mentor en el arte de la robótica que durante estos años de carrera nos ha sabido transmitir, sin necesidad de darnos clase, todo lo que necesitábamos para completar el proyecto.

Así como Jose Carlos Cortizo Pérez al que nunca podremos agradecer todo el apoyo, motivación, oportunidades, recomendaciones, ayuda, correcciones y mejoras que solo un gran profesional y una gran persona puede aportar. Cada una de las palabras anteriores se escriben con mucha facilidad pero tratan de describir una dedicación y un esfuerzo que pocas personas están dispuestas a realizar de manera voluntaria y desinteresada como Jose Carlos Cortizo hizo por nosotros.

No podemos olvidar tampoco a personas como Pedro Lara, Jose Enrique Fernandez y Sergio Bemposta (UEM), Kike Nimo (E3 Futura) y Alejandro Alonso (Quark Robotics). Por su implicación y aportaciones forman parte de R4P.

¿Y tú? ¡Anímate, construye, aporta y comparte!

Referencias

Web del proyecto: <<http://www.r4p.es>>.

Memoria del proyecto: <http://www.r4p.es/planos/ memoria%20Proyecto%20R4P.pdf? bcsi_scan_3307532D483905A8=0& bcsi_scan_filename=Memoria%20Proyecto%20R4P.pdf>.

Componentes de un R4P: <<http://www.r4p.es/wordpress/?paged=6>>.

Relación de videos sobre su funcionamiento: <<http://www.bricogeeek.com/index/cat/12/nid/1123/>>.

Web de Arduino: <<http://www.arduino.cc>>.