

XV JENUI. Barcelona, 8-10 de julio de 2009

ISBN: 978-84-692-2758-9

<http://jenui2009.fib.upc.edu/>

## Bluebots: proyectos fin de carrera con robots controlados mediante Bluetooth

Lluís Ribas Xirgo

Dpto. Microelectrónica y Sistemas Electrónicos

Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

ETSE, Campus UAB, 08193 Bellaterra.

Lluís.Ribas@uab.cat

### Resumen

El desarrollo de aplicaciones con robots implica a la mayoría de áreas de conocimiento de la informática y es un elemento motivador para los alumnos de estos estudios. En este artículo se presenta la experiencia iniciada en el curso 05/06 de plantear un proyecto marco en el que realizar trabajos de fin de carrera relacionados con robots en las Ingenierías Técnicas en Informática de Gestión y de Sistemas. Se trabaja en grupo y cada alumno elige aquello que más le interesa dentro de las propuestas de cada curso. Aunque los profesores sólo deberían actuar como directores y, en todo caso, coordinadores de grupo, la experiencia acumulada en los cursos anteriores indica que es conveniente que actúen también como promotores de actividades para los alumnos.

### 1. Motivación

El proyecto de fin de carrera (PFC) de las Ingenierías Técnicas en Informática de Gestión (ITIG) y de Sistemas (ITIS) de la Escuela Univ. de Informática de la UAB tiene por objetivo [1] la realización de un trabajo individual que permita aplicar e integrar los conocimientos y competencias adquiridos en el resto de asignaturas de la titulación. La carga de trabajo de cada PFC es de 270 horas-alumno. En éstas se incluye tanto la realización del proyecto como la redacción de la memoria del trabajo que hay que entregar obligatoriamente. Los proyectos se defienden en sesión pública ante una comisión evaluadora a tal efecto.

Aproximadamente, en cada curso se proponen más de cien PFC, que se organizan en grupos bajo la tutela de uno o varios profesores que serán los que actúen de directores de los alumnos que tengan.

Así pues, los profesores tienen que determinar qué tipo de trabajos propondrán en los grupos que les corresponden. En este artículo se presenta la experiencia docente de centrar la temática de los PFC en la robótica porque estaba comprobado que el uso de robots es muy motivador [2, 3, 6, 8, 10] para el alumnado. Además, se trata de una temática que abarca los diversos conocimientos que los alumnos han visto a lo largo de sus estudios en distintas asignaturas. Por otra parte, con los robots se hace manifiesta la conexión de la informática con el mundo físico que les rodea y pueden actuar como una metáfora de las implicaciones de la profesión en la realidad.

Para abarcar más PFC que los directamente relacionados con la construcción, modificación y programación de robots, se planteó emplearlos como periféricos Bluetooth de ordenadores y, más aún, que pudieran trabajar colectivamente. Así pues, el tema del proyecto marco que se propuso fue, finalmente, el de sistemas multiagente físico en los que cada agente físico fuera un robot conectado con un ordenador vía Bluetooth o, lo que es lo mismo, un *Bluebot*.

El resto del artículo se organiza como sigue. A continuación, se explica más a fondo en qué consiste el proyecto marco que se ha propuesto para los grupos de PFC. En la siguiente sección se presenta la metodología docente empleada en el desarrollo de los PFC. Finalmente, en el último apartado se presentan las conclusiones de esta propuesta y de los resultados su implantación.

### 2. Proyecto marco: sistemas de Bluebots

En cada curso se propone la construcción de un sistema con Bluebots con el cometido de generar un mapa de una superficie desconocida [4, 5, 9]. Dicho sistema está compuesto de exploradores,

que capturan datos de la superficie, cartógrafos, que se ocupan de confeccionar los mapas, y relaciones públicas, que actúan de interfaz con el usuario.

Se trata de aprovechar la complejidad del problema para disponer de una variedad suficiente de “subproblemas” técnicos entre los que los alumnos puedan escoger alguno. No se pretende conseguir un sistema funcional al final del curso académico, puesto que sería una empresa demasiado ambiciosa, sino de contextualizar los PFC y que los trabajos correspondientes tengan un objetivo concreto dentro del sistema global que permitieran, en un futuro, su total construcción.

Para facilitar la integración de los distintos resultados de los trabajos de PFC en este proyecto marco, el sistema se construye con una arquitectura de agentes. En dicha organización hay agentes puramente *software* y otros de físicos que se relacionan entre ellos.

Hay que tener en cuenta que en las ingenierías técnicas no hay ninguna asignatura que trate esta temática. Por ello, hay que prestar especial atención a la explicación de la misma para que los alumnos adquieran los conocimientos básicos para poder desarrollar una cierta competencia práctica en este aspecto.

La arquitectura de este sistema (Fig. 1) se basa en el uso de un *middleware* como JMS para comunicar los distintos programas. Con ello se consigue, además, que los agentes puedan estar distribuidos en varios ordenadores.

De esta manera, cada alumno se ocupa del desarrollo de un agente (o parte de él) con la tecnología que estime más conveniente y tiene que preocuparse de acordar con sus compañeros el lenguaje con qué se comunicarán los distintos agentes.

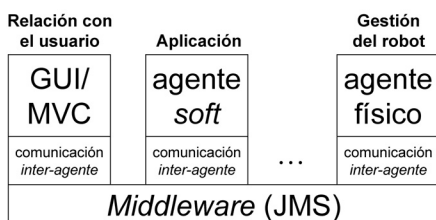


Figura 1. Arquitectura del sistema multiagente

Los agentes físicos tienen una arquitectura de capas. Las inferiores se sitúan en un robot educativo (Boeobot de Parallax) con conexión Bluetooth y las superiores en un ordenador con el mismo tipo de conexión y que se ocupa de implementar el software del agente correspondiente.

La idea final del sistema completo (Fig. 2) es que pueda aplicarse a la generación de mapas de superficies desconocidas. Para ello, los agentes exploradores habrán de recorrer la superficie en la que se encuentran de manera que vayan descubriendo los obstáculos que encuentren y transmitan esta información a un cartógrafo. Este último, se ocupará de combinar la información recogida de todos los exploradores del sistema para confeccionar un mapa de la zona explorada.

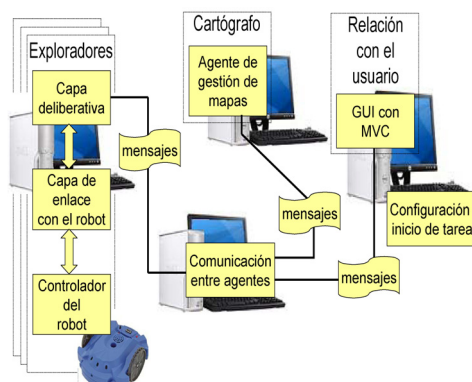


Figura 2. Esquema del sistema final

El agente de relaciones públicas es el encargado de presentar tanto el estado del sistema como el mapa que se está construyendo al usuario. Podrá haber varios usuarios con distintos niveles de acceso al sistema. Los que tengan un acceso más privilegiado podrán iniciar o detener las tareas de reconocimiento y generación del mapa. Evidentemente, todos habrán de poder tener acceso al mapa que se esté construyendo.

Como se puede ver, en esta propuesta se esconden muchos posibles PFC que van desde el trabajo con el robot (cambios en el *firmware*, incorporación de nuevos sensores, mejora de la precisión, etcétera) hasta la relación con el

usuario (diseño de la interfaz, gestión sistemas multiusuario, etc.) pasando por muchos otros trabajos relacionados con la exploración o la cartografía.

Además sirve de introducción a los nuevos modelos organizativos de *software* (agentes) y a componentes con muchos requisitos no funcionales derivados de su relación con el medio (agentes físicos y robots), los PFC que surgen de esta propuesta fomentan el trabajo en equipo y las capacidades de comunicación y liderazgo.

### 3. Metodología docente

El hecho de que el objetivo final del proyecto marco sea muy ambicioso hace que despierte mucho interés en los alumnos. Pero también supone una responsabilidad mayor para el profesorado.

Para que los alumnos desarrollen al máximo la práctica del desarrollo de proyectos, se propone una metodología organizada en una serie de reuniones presenciales (unas 15 a lo largo de todo un curso, de un máximo de dos horas de duración).

Hay que fijar un orden de puntos a tratar en cada reunión, entre los que tiene que haber la presentación de resultados por los alumnos, desde informes de tareas concretas hasta capítulos de la memoria de su PFC. Así, en las planificaciones correspondientes a cada PFC, las reuniones se convierten en hitos a cumplir.

La novedad de esta propuesta reside en que, mayoritariamente, los hitos se corresponden con capítulos o parte de capítulos de las memorias de los proyectos.

Por ejemplo, en la segunda o tercera reunión ya se les exige un primer borrador del primer capítulo y parte del segundo. El primer capítulo contiene una presentación del contexto del PFC, su motivación, la definición del problema a resolver, los objetivos a cumplir y las tareas y su planificación, entre otras cosas. El segundo se reserva para la revisión del estado del arte. De hecho, para una correcta definición de las tareas (y también para evaluar el coste del PFC) es necesario estudiar la tecnología de la que se dispone. Así pues, la elaboración del primer capítulo implica, aunque sea parcialmente, la del segundo.

La escritura de capítulos o secciones de los mismos de forma progresiva al mismo ritmo que el trabajo en el PFC sirve para que los alumnos puedan hacer una lectura reflexiva de aquello que escriben y, con ello, enmendar posibles errores de ejecución que hayan descubierto al escribir esa parte del trabajo. Además, permite que puedan mejorar progresivamente la competencia en la redacción de textos, que cada vez es peor.

Por otra parte, el profesor tiene elementos de evaluación continuada de los alumnos que, a raíz de estas evaluaciones, pueden mejorar de forma significativa la calidad de su trabajo y de la memoria correspondiente.

La ventaja de esta forma de proceder es doble. Por una parte, el alumno incrementa la seguridad en su trabajo y se hace más autónomo. Por otra, se eliminan las prisas finales para acabar el proyecto y, especialmente, el documento de su memoria.

Esta metodología encaja bien en los previsibles cambios que los PFC puedan experimentar en los nuevos planes de estudio: el profesor se convierte en un tutor que guía a sus estudiantes en el aprendizaje.

De forma más detallada, la función de los profesores, en este planteamiento, consiste en:

- Realizar una tarea docente para dotar a los alumnos de conocimientos específicos que les permita entender el proyecto marco.
- Definir los distintos PFC a realizar de acuerdo con las preferencias y los currículos de los alumnos del grupo.
- Diseñar una planificación global que sirva de referencia para las planificaciones particulares de cada alumno.
- Convocar reuniones de seguimiento periódicas en las que se actuará de moderador.
- Facilitar la colaboración entre los alumnos para fomentar su capacidad de trabajo en equipo.
- Promover la iniciativa de los alumnos para que elaboren soluciones alternativas que luego tengan que defender ante sus compañeros.
- Dirigir el trabajo de los alumnos especialmente para limitar su complejidad. En este tipo de proyectos los alumnos

pueden ampliar los objetivos de sus proyectos intentando cubrir una parte mayor del proyecto marco y, por desgracia, no conseguir ninguno. (Aunque esto no debería suceder si la definición del PFC es completa, en la práctica es complicado asegurar que aquello que pretendía el profesor es aquello que ha entendido el alumno.)

- Evaluar de forma continuada el trabajo y la correspondiente memoria.

#### 4. Resultados y conclusiones

Se ha presentado una experiencia docente relacionada con la elección de un proyecto marco, denominado Bluebots, en el ámbito de los sistemas de agentes físicos para un grupo de PFC en ITIG/ITIS, con el objetivo principal de proponer trabajos interesantes para el alumnado que aporten, además, conocimientos adicionales a los adquiridos en su carrera.

Se ha propuesto también una metodología para la docencia en PFC que permite realizar una evaluación continua de los estudiantes y mejorar su aprendizaje. Cabe indicar, no obstante, la dificultad de aplicarla tanto por los compromisos laborales de muchos alumnos como por que les cuesta desarrollar un trabajo continuado. En el sentido positivo, aquéllos que sí lo hacen, obtienen resultados enormemente satisfactorios.

A lo largo de estos cursos, se ha constatado que los alumnos mejoran su capacidad de trabajar en equipo, de asumir responsabilidades, de comunicación y, en algunos casos, de liderazgo. Normalmente, se identifican mucho con su proyecto (muchos de ellos han contribuido en charlas y demostraciones del proyecto marco realizadas en la Escuela) y valoran su participación favorablemente.

Desde el curso 05/06 hasta el curso 07/08, se han presentado 11 trabajos y ha habido 4 abandonos por motivos laborales, por lo que este año (08/09) se insiste aún más en el trabajo continuado dentro de la metodología docente que se ha descrito. Afortunadamente, todos los estudiantes destacan que la experiencia les ha resultado positiva y que han aprendido mucho.

#### Agradecimientos

El autor agradece al profesor Germán Ramos Torrecillas su participación en la puesta en marcha del trabajo que se ha presentado.

#### Referencias

- [1] *Normativa de proyectos de fin de carrera*. Junta de l'Escola Universitària d'Informàtica. UAB. 18-10-2005.
- [2] Akbulut, L. "Inspiring Students to Pursue Computing Degrees," *Communications of the ACM*. Vol. 50, No. 10, Oct. 2007.
- [3] J.M. Angulo, I. Angulo. "Robots para la enseñanza de la Informática", *Informática en Ingeniería*, vol. LXXX-7, Octubre 2005.
- [4] M.A. Batalin, G.S. Sukhatme. *Multi-robot Dynamic Coverage of a Planar Bounded Environment*. Robotic Embedded Syst. Lab., Univ. Southern California, 2002.
- [5] T.A. Dahlberg, A. Nasipuri, C. Taylor. "Explorebots: a mobile network experimentation testbed." In *ACM SIGCOMM Wkshp. on Experimental Approaches to Wireless Network Design and Analysis*, Philadelphia, Penn., USA, Aug. 2005. ACM Press, New York, NY, 76-81.
- [6] D.W. Hogg, F. Martin, M. Resnick. *Braitenberg Creatures*. MIT Media Laboratory, June 5, 1991.
- [7] S.P. Imberman. "An intelligent agent approach for teaching neural networks using LEGO handy board robots." *J. Educ. Resour. Comput.* 4, 3, Sep. 2004.
- [8] S.P. Linder, B.E. Nestruck, S. Mulders, C.L. Lavelle. "Facilitating active learning with inexpensive mobile robots," *Proc. 6<sup>th</sup> Annual CCSC Northeastern Conf. on the Journal of Computing in Small Colleges*, Middle-bury, Ver., USA. 2001. 21-33.
- [9] B. Smart, F. Heckel. "Collaborative Multi-Robot Mapping," *Advanced Mobile Robotics Course*, Washington Univ. Sant Louis, 2006.
- [10] W. Wang, Y. Zhuang, W. Yun. "Innovative control education using a low cost intelligent robot platform." *Robotica* 21, 3. Jun. 2003.