



Iniciación del alumno al campo de la investigación en una asignatura multidisciplinar orientada a la robótica

Verónica Egido, Sergio Bemposta, Javier Fernández
Dpto. de Arquitectura de Computadores y Automática
Universidad Europea de Madrid
C/Tajo s/n, 28670 Villaviciosa de Odón (Madrid)
veronica.egido@uem.es, sergio.bemposta@uem.es, javier.fernandez@uem.es

Resumen

La asignatura de libre elección en la que se realizó la experiencia que se indica pretende ser un trampolín de iniciación para aquellos alumnos de la Universidad Europea de Madrid que tengan inquietud por descubrir el mundo de la robótica. Con una clase de alumnos procedentes de muchas titulaciones distintas, Licenciado en Odontología, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniero Industrial, Ingeniero Informático, Ingeniero en Telecomunicaciones, Técnicos en Obras Públicas y alumnos internacionales, el reto de hacer de la asignatura algo interesante para ellos implicaba saber adaptarse a distintos niveles tanto disciplinar (varias carreras) como académico (los alumnos eran tanto de los primeros cursos como de los últimos). Basándose en el uso del portafolio y el aprendizaje basado en problemas se fueron inculcando los conocimientos básicos necesarios para desarrollar lo que sería el final de la asignatura. Este objetivo final es el que hizo que los alumnos vieran de cerca la labor de un investigador y un grupo de trabajo multidisciplinar. El reto consistió en que debían hacer una solicitud “ficticia” de un proyecto PROFIT. Los PROFIT constituyen programas de ayuda y fomento a la investigación técnica convocados por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Las plantillas son accesibles desde Internet y de esta forma los alumnos pudieron realizar una memoria clara y precisa de sus proyectos. Además, como elemento final de evaluación se invitó a dos profesores expertos en robótica de otra universidad al día de la presentación en el que los alumnos entregaban la memoria y defendían sus trabajos. Tres profesores en total, dos de otra universidad y el profesor de la asignatura asistieron a su defensa y pusieron de manera independiente los trabajos en orden según sus preferencias, al ser 5 grupos la nota debía ponerse entre 10, 9, 8, 7 y 6. La media de la decisión de los tres profesores configuró la nota final.

1. Introducción

Muchos han sido los científicos que han considerado la robótica como un campo nuevo que puede ser la base para el estudio de conceptos tan conocidos como la dinámica del movimiento, conceptos matemáticos, fundamentos de programación e incluso conceptos que tienen más que ver con la psicología [1],[2],[3]. Por otra parte, la versatilidad para aplicarse a campos tan diversos como la industria, el entretenimiento, la medicina, la asistencia a personas incapacitadas, aeronáutica, militar, etc. hacen de ella una disciplina importante que debe ser tenida en cuenta por aquellos profesionales que quieran seguir evolucionando en sus carreras. Debido a la novedad que supone, la formación reglada en robótica se viene aplicando exclusivamente a ingenierías muy precisas y en la mayor parte de los casos de manera opcional. Sin embargo, dado que tal

y como se presenta el futuro las posibilidades de tener que manejar o tratar de una forma u otra con un robot se hace cada vez mayor, el conocimiento a baja, media o gran escala de los mismos se hace totalmente necesario.

Con esta motivación y aprovechando las posibilidades que ofrecen las asignaturas llamadas de libre elección se decidió crear una asignatura que tuviera un doble objetivo: inculcar a los alumnos interés por la robótica enseñándoles a través de ella conceptos más complejos de mecánica, dinámica y programación [4] y por otra parte, darles la oportunidad de experimentar en el campo de la investigación y de la innovación mediante un ejercicio de simulación de solicitud de financiación de un proyecto de investigación al Ministerio de Industria. El incluir este aspecto de la investigación viene por un detalle importante que se deduce del informe COTEC [5] sobre Tecnología e Innovación en España realizado por empresas punteras en el sector como (Deloitte, IBERDROLA, IBERIA, IBM, INTEL CORPORATION, IBERIA, REPSOL YPF, SANTADER CENTRAL HISPANO, TELEFONICA, UNION FENOSA...). En el, se hace referencia a la carencia en formación en desarrollo de proyectos de investigación e innovación de los estudiantes universitarios que implica que a posteriori su futuro profesional no vaya dirigido a estas áreas, marcando un vacío importante en el desarrollo de un país. También es de destacar que la Comisión Europea pretenda duplicar los fondos para investigación en el próximo presupuesto europeo (2007-2013), hasta alcanzar los 70.000 millones de euros. Buscando reducir el retraso científico y tecnológico que la UE presenta con respecto a EEUU o Japón, y que se considere una de las razones clave por las que Europa está perdiendo competitividad en el contexto de la economía globalizada [6]. Aunque es evidente que el nivel que se pidió no supone una formación en investigación, sí implica que el alumno pueda ver lo que se puede llegar a lograr trabajando en este campo.

Sin restricciones respecto a sus carreras o su curso académico se ofertó esta asignatura que tuvo una gran aceptación y que acabó teniendo un grupo muy heterogéneo formado por estudiantes de Odontología, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería Industrial, Ingeniería Informática, Ingeniería en Telecomunicaciones, Ingeniería técnica en Obras Públicas y alumnos de intercambio de otras universidades. Además de esta heterogeneidad disciplinar también hubo heterogeneidad en cuanto al nivel académico ya que se trataba de alumnos que eran de primero a últimos cursos. Es cierto no obstante, que juzgando las titulaciones tan solo una de ellas no se corresponde con una ingeniería pero también es destacable que sólo en dos de las que aparecen se oferten asignaturas de robótica actualmente en la universidad.

2. Estructuración de la asignatura.

La asignatura se estructuró en dos fases: una fase de aprendizaje y otra fase de experimentación e investigación. En la fase de aprendizaje se utilizó el portafolios y el aprendizaje basado en problemas para lograr que fuera dinámico y que en ningún momento se perdiera el control sobre el ritmo de aprendizaje del alumno. Se intentó que cada clase supusiera un objetivo en conocimientos a alcanzar y que fuera el alumno quien decidiera si deseaba quedarse en los conocimientos básicos, o bien, si su interés iba más allá que pudiera avanzar un poco más.

Eliminando la presión de un temario más cerrado que exige una asignatura de una carrera en la que se forman a profesionales específicos, el abanico de posibilidades en la docencia se abre y permite mayores licencias y con ello mayores posibilidades de innovación.

La segunda fase de experimentación e investigación, se intercaló en ocasiones con la fase de aprendizaje aunque se hizo más patente en el final de la asignatura donde los alumnos en grupo realizaron su propio trabajo.

2.1 Aprendizaje de conocimientos.

El portafolios como herramienta de aprendizaje permitía al alumno tener cada día los conocimientos adquiridos de forma escrita y de este modo le obligaba a preparar una documentación que después necesitaría para la fase de preparación de su proyecto. Los portafolios se estructuraban en preguntas que en algunos casos debían ser contestadas a priori por el alumno infiriendo la respuesta de lo explicado por el profesor (sin que el profesor explicara ese problema concreto si no otro parecido) y en otros casos simplemente debían escribir aquello que el profesor comentaba (de esta forma, se mantenía al alumno atento aun cuando sabía que no iba a ser examinado a posteriori de esos conocimientos). Esta herramienta fue básica para el procedimiento de evaluación que se explica en el punto 3.

2.2 Experimentación.

La parte experimental de la asignatura implicó distintos tipos de trabajos: trabajos de búsqueda a través de Internet y competición, trabajos de experimentación con un robot industrial, trabajos de experimentación con una herramienta sencilla de programación de un robot móvil y finalmente trabajo de desarrollo de una propuesta de proyecto de investigación.

- **Los trabajos de búsqueda** (en este caso mediante Internet) implicaban conseguir información sobre el estado del arte actual de la robótica y otros aspectos. Considerando que conseguir información es un aspecto importante de cualquier investigación y aunque la búsqueda por Internet sea sólo una de las muchas posibilidades existentes se les ponían objetivos que implicaran recopilar información lo más amplia posible y distribuida en el tiempo para después analizar la calidad de la información recogida y su capacidad de abstracción de los datos importantes de acuerdo a distintos objetivos marcados por los temas que se iban tratando: clasificación de robots, tipos de sensores, tipos de actuadores...
- **Los trabajos de experimentación con un robot industrial SCORBOT** les hicieron ver la realidad de las limitaciones de un robot y la complejidad de su programación. Resolviendo problemas sencillos de manipulación de un robot industrial descubrieron las limitaciones mecánicas, eléctricas y dinámicas a la hora de diseñar posibles robots en su proyecto.

- **Los trabajos de experimentación con una herramienta sencilla de programación.** Viendo las limitaciones mecánicas, los alumnos realizaron una práctica en simulación de la programación de un pequeño robot móvil con características diferentes al robot industrial para que pudieran apreciar que incluso robots sencillos implican un trabajo de programación con ciertas dificultades.
- **Trabajo de desarrollo de propuesta del proyecto de investigación.** Una vez que el alumno conoció a grandes rasgos lo que había en desarrollo y comercialmente en este momento y experimentó con distintas herramientas llegó el momento de formar los grupos que solicitarían financiación para una idea que desarrollarían en equipo y deberían defender. Los detalles de este trabajo aparecen en el punto 4.

3. Evaluación de la asignatura.

La forma de evaluación implicaba evaluar dos partes distintas tal y como estaba dividida la asignatura. Se evaluó por una parte la fase de aprendizaje y por otra la de experimentación.

La fase de aprendizaje se evaluó de forma que el alumno sabía durante la duración del curso la nota que iba obteniendo. Las clases fueron orientadas de manera que cada día constituía un punto a alcanzar y en algunos casos, en días concretos se podían tener puntos extras que permitían subir la nota que se llevaba hasta el momento. Debido al carácter de la asignatura no se podían dar clases magistrales extensas puesto que se trataba de que fuera el alumno el que marcara el ritmo. El ejemplo de la forma de evaluación aparece en la tabla 1.

	C	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
		04/10/2006	10/10/2006	11/10/2006	17/10/2006	18/10/2006	24/10/2006	25/10/2006							
1															
2															
3	NOMBRE Y APELLIDOS														
4															
5	Alumno1	0.25	0.75	0.2	0.8	0	1	0	1		1		0.8	0.2	1
6	Alumno2	0.25	0.75	0.2	0.8	0	0.9	0	0.85		1		0.25		
7	Alumno3	0.25	0.75	0	0	0	0.7	0			1		0.6		1
8	Alumno4	0.25	0.75	0.1	0.8	0	1	0.1	1	0.2	0.75	0.05	1		1
9	Alumno5	0.25	0.75	0.2	0.8	0	0.8	0.1	1		0.9		1		1
10	Alumno6	0.25	0.75	0.2	0.8	0	0.6	0.1	1		1		1		1
11	Alumno7	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1	1		0.25		
12	Alumno8	0.25	0.75	0.2	0.8	0	1	0	1		1	0.5	0.25	0.2	0.75
13	Alumno9	0.25	0.75	0.2	0.8	0	0.6	0.2	1		0.3		0.25		
14	Alumno10	0.25	0.75	0.2	0.8	0.2	0.4	0.2	1		0.9				1
15	Alumno11	0.25	0.75	0.2	0.8	0	0.8	0	0.5		0.5		0.25		
16	Alumno12	0	0	0	0	0	0	0							
17	Alumno13	0.25	0.75	0	0	0	0	0			0.85	0.1	1		1
18	Alumno14	0	0.1	0.2	0.8	0	1	0	1		1		0.25		
19	Alumno15	0.25	0.75	0.2	0.8	0	0	0	1		0.65				
20	Alumno16	0.25	0.75	0	0	0	0.9	0	0.85		0.65		0.25		
21	Alumno17	0	0	0	0	0	0	0							
22	Alumno18	0.25	0.75	0	0	0	0.7	0					0.6		1
23	Alumno19	0	0	0	0	0	0	0							
24	Alumno20	0.25	0.75	0.2	0.8	0	1	0.2			0.4		0.85		1
25	Alumno21	0.25	0.75	0.2	0.8	0	1	0	1		1		0.5	0.3	0.5
26	Alumno22	0.25	0.75	0	0	0	0	0							
27	Alumno23	0.25	0.75	0.2	0	0.25	0	0.2	1		0.85		0.85		1
28															
29															
30															
31															
32															

Tabla 1. Tabla de evaluación fase aprendizaje

Cada día está dividido en una parte de nota por asistencia que nunca superaba el 0.25 y el resto dado que las clases iban orientadas a objetivos que aparecían en el portafolio a la evaluación de esos portafolios. En la mayoría de los casos el portafolio era corregido por los propios compañeros mientras el profesor daba la solución. Las actividades realizadas con el robot y las de programación se evaluaban de igual forma.

El segundo proceso de evaluación fue el de las propuestas de investigación. Se dividió a los alumnos en tres grupos de tres alumnos y dos grupos de cuatro alumnos. Se pretendió que cada grupo fuera lo más heterogéneo posible para que trabajaran en un equipo multidisciplinar y una vez realizadas las memorias de propuesta de los proyectos tuvieron que exponerlas a tres profesores, el profesor de la asignatura y dos profesores expertos en robótica de la universidad Carlos III. Estos profesores tuvieron que evaluar los trabajos ordenándolos de mayor a menor puntuación y la nota final fue la media de esas puntuaciones. Se trataba de asimilarlo a un proceso real de revisión de proyectos en los que se escoge de mayor a menor relevancia. No obstante, se permitió la licencia a los evaluadores de calificar a dos de los proyectos con la misma nota si consideraban que la calidad era similar y que no merecían una nota inferior. Esas calificaciones quedaron como se aprecia en la tabla2.

	Evaluador 1	Evaluador 2	Evaluador 3	Nota final
GRUPO1	6	7	7	6.5
GRUPO2	10	10	10	10
GRUPO3	8	9	9	9.25
GRUPO4	9	10	10	9.75
GRUPO5	7	8	8	8.75

Tabla2. Evaluación de los proyectos de investigación.

Como se puede apreciar los trabajos fueron muy bien valorados por los evaluadores y las notas obtenidas fueron muy elevadas. Más datos sobre dichos proyectos se indican en el apartado siguiente.

4. Propuestas de investigación realizadas, exposición y resultados finales de esas propuestas.

Considerando el hecho de que la formación del alumnado en técnicas de investigación y procedimientos de solicitud de proyectos es nula durante todo el transcurso de sus carreras (salvo aquellas que tienen proyecto fin de carrera que en algunos casos no está orientado a la investigación sino al desarrollo), resultó muy reconfortante observar que los trabajos realizados por los alumnos tuvieron un nivel alto para dicha base.

Los grupos realizados se dividieron en las siguientes especialidades y consideraron los proyectos que aparecen en la tabla 3.

GRUPO 1 Ingeniería informática 3º Ingeniería informática 3º Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos 1º	Proyecto propuesto “Robot guía para museos”
---	---

GRUPO 2 Licenciado en Odontología 1° Ingeniería en Telecomunicaciones 4° Ingeniería Industrial (Intercambio) 3°	Proyecto propuesto “Diseño de carrito de supermercado para personas de movilidad reducida”
GRUPO 3 Ingeniería Industrial 3° Ingeniería Industrial 1° Licenciado en Odontología 1°	Proyecto propuesto “Dinamic style robot cart” Carrito automatizado para ayuda a personas de edad avanzada.
GRUPO 4 Ingeniería Informática 1° Ingeniería Informática 1° Ingeniería Industrial 1° Ingeniería Industrial (Intercambio) 3°	Proyecto propuesto “Skycraper Cleaner” Robot para limpieza de cristales en rascacielos.
GRUPO 5 Ingeniería Informática 1° Ingeniería Técnica en Obras Públicas 1° Ingeniería Técnica en Obras Públicas 1° Licenciado en Odontología 1°	Proyecto propuesto “Eye Ball” robot de entretenimiento y vigilancia para niños en forma de pelota.

Tabla3. Lista de grupos y proyectos propuestos.

Todos los trabajos fueron acompañados de la memoria correspondiente en formato PROFIT (Proyectos de ayuda a la investigación ofrecidos por el Ministerio de Industria) de tal forma que aparecían los siguientes puntos (la plantilla del Ministerio de Industria tal y como aparece en [7] incluye más aspectos como curriculum de los investigadores y otros aspectos técnicos que se eliminaron para que tuviera una complejidad menor, pero los puntos más importantes se mantuvieron):

Memoria descriptiva del proyecto

Introducción

Objetivo del proyecto

Descripción del proyecto.

Novedad tecnológica del proyecto

Memoria económica del proyecto

Presupuesto económico.

Impacto previsto del proyecto.

Los proyectos destacados por su mayor calidad fueron tanto el carro de supermercado adaptado para personas con movilidad reducida que poseía un manipulador industrial parecido al que tuvieron que programar que permitía acceder a zonas altas o de difícil acceso y que además tenía un sistema de lectura de código de barras autónomo para facilitar el seguimiento, así como un mapa para la navegación por el centro comercial y el robot de limpieza de cristales que llegaron a diseñar y simular parcialmente. Dos proyectos destacados por su originalidad fueron el juguete en forma de balón que tenía movimientos autónomos que permitían alejarse del niño o acercarse, grabar sonidos y

permitir su vigilancia y el carro que de manera autónoma sigue a su usuario y está dotado de un sistema de seguridad antirrobo. Finalmente, el proyecto que no resultó tan original fue el robot de guía de museos por ser esta una idea que ya había sido realizada y que no ofrecía ventajas sobre lo ya existente.

Las defensas de los proyectos se realizaron en sesión pública con dos profesores expertos en robótica de la universidad Carlos III y el profesor de la asignatura. Tenían 15 minutos para convencer a los miembros del tribunal de que su proyecto era el que merecía esa financiación mediante una presentación en la que todos los miembros del grupo tenían que aportar algo.

En esta fase se hizo muy evidente su inexperiencia en la exposición de temas en público y fue una de las cosas más criticadas por el tribunal, sin embargo, sorprendió de una forma grata las ideas aportadas y el nivel de muchas de sus propuestas.

5. Conclusiones y futuros desarrollos.

Una de las grandes conclusiones que se deduce después de haber realizado este curso es que los alumnos incluso en niveles académicos iniciales y con una base no muy amplia son capaces de desarrollar un trabajo original sobre un tema que no dominan pero que les interesa. Los cursos como este en el que alumnos de distintas titulaciones y cursos pueden trabajar juntos les aportan mayores puntos de vista enriqueciéndoles y abriéndoles nuevas perspectivas. Lejos de ser un impedimento se demostró por los resultados que cuanto más heterogéneo fue el grupo mejores fueron sus resultados. Es igualmente destacable que muchos de los alumnos tras el curso quisieron profundizar más sobre el tema tanto de la robótica como de la posibilidad de trabajar en un campo como la investigación en el que las ideas pueden verse convertidas en realidad, también es cierto no obstante que les fue posible identificar claramente la complejidad que este trabajo supone y lo necesaria que es una buena formación para que sus proyectos tuvieran la entidad suficiente para ser considerados por un tribunal.

Se puede concluir que los objetivos de fomento del interés tanto por la robótica como por la investigación fueron conseguidos en mayor o menor medida manifestando muchos de los alumnos la posibilidad de continuar con sus proyectos sobre el tema o incluso de trabajar en equipos de investigación de la universidad que pudieran salir referentes a ello.

En lo referente a futuros desarrollos se tienen en mente de cara al curso académico que viene los siguientes aspectos:

- La incorporación de un mayor número de prácticas en las que se utilizarán robots diferentes además del robot industrial SCORBOT. Para ello se han pedido robots móviles sencillos Scribbler y robots LEGO que constituyen robots móviles perfectos para la enseñanza de la robótica a alto o bajo nivel.

- Incorporación de moodle como herramienta de seguimiento del rendimiento del estudiante, permitiendo que muchas actividades puedan ser realizadas on-line y de esta forma agilizar más la asignatura.
- Añadir otras actividades de presentación de trabajos anterior a su trabajo final para que esa última presentación tenga una mayor calidad.

Para finalizar destacar que este año se realizará durante el verano un curso orientado a chicos de 11 a 13 años considerados como chicos de alta capacidad intelectual en el que se aplicará parte de la materia impartida en el curso de libre elección y se podrá tener un estudio muy interesante sobre la diferencia existente en la docencia en los dos casos.

Referencias Bibliográficas.

- [1] O. Miglino, H. H. Lund, M. Cardaci. "Robotics as an Educational Tool". Journal of Interactive Learning Research. 10 (1), pp. 25-47. 1998.
- [2] F. G. Martin, "Circuits to Control: Learning Engineering by Designing LEGO Robots", 1994, Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology
- [3] F. G. Martin, "Ideal and Real Systems: Study of Notions of Control in Undergraduates Who Design Robots", MIT, Technical Report, 1994
- [4] J.M. Angulo, I. Angulo. "Robots para la enseñanza de la informática" Revista Informática en ingeniería (2005).
- [5] Informe COTEC: Tecnología e Innovación en España, 2006.
- [6] Kenzo Requena. Mundo Empresarial Europeo (Número: 75) 2005
- [7] Dirección Internet página del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. <http://www.mityc.es/ProfitINDUSTRIA/Contenido/Solicitudes/>