

EDUCACIÓN EN INFORMÁTICA

Programación Robots Lego: Aprender Jugando en el DCC


Jérémy Barbay

Profesor Asistente, DCC, Universidad de Chile. Master y PhD en Computer Science, Orsay, France (2002); Bachelor of Science in Mathematics, Rouen, Francia (1997).
jbarbay@dcc.uchile.cl


Johan Fabry

Profesor Asistente, DCC, Universidad de Chile. PhD Computer Science, Vrije Universiteit Brussel, Bélgica (2005). Master of Science in Computer Science, Vrije Universiteit Brussel, Belgium, Ecole Des Mines de Nantes, Francia y Universidad de Chile, Chile (1999).
jfabry@dcc.uchile.cl


José Miguel Piquer

Profesor Asociado, DCC, Universidad de Chile. Doctor en Computación, École Polytechnique de Paris. Director Técnico de NIC Chile y Director de NIC Labs.
jpiquer@dcc.uchile.cl

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Acerca de los juegos y el aprendizaje

¿Han visto una gata traer un ratón vivo a su gatito para que juegue con él? A través de la persecución los cachorros se divierten y aprenden a cazar su comida y las habilidades necesarias para convertirse en adultos.

Si nos fijamos en el proceso vemos que el aprendizaje es divertido y que los humanos no tenemos el monopolio del arte de enseñar a nuestros hijos.

1.2 Aprender haciendo / entendimiento

Algunas habilidades se aprenden mejor “haciendo”, mientras que otras simplemente “por la comprensión”. El aprender “haciendo”

tiene la ventaja de dejar imágenes más vívidas en la memoria, pero puede ser demasiado costoso: se aprende mejor la geografía en los viajes, pero se puede aprender sobre muchos más lugares distintos al leer libros de geografía. “Lo esencial, sin embargo, es que el aprendizaje debe ser un placer para ser eficaz y debe seguir, como Edison lo propuso, ‘el instinto natural del ser humano’ [Wozniak]”.

2. IE2001 TALLER DE PROYECTO

El curso IE2001, Taller de Proyecto, se inició en 2008 con el nuevo Plan de Estudios de la carrera de Ingeniería de la Escuela de Ingeniería y Ciencias de la Universidad de Chile, para permitir a los estudiantes de segundo año ‘degustar’ la aplicación de un área de su elección.



Los módulos proponen diferentes temas relacionados con las disciplinas de varios departamentos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM), destinados a grupos de diversos tamaños con el objetivo común de que los alumnos aprendan habilidades demandadas por la Ingeniería mientras trabajan en un proyecto concreto.

En 2009 los temas de los módulos abarcaban un gran espectro; desde aquel que enseñaba a diseñar sitios en “Second Life” hasta uno que se creaba y evaluaba un biorreactor para una comunidad rural en Chile. En tanto, nuestro Departamento de Ciencias de la Computación (DCC) propuso un módulo, Mindstorms, donde los estudiantes aprendieran a programar robots Lego y, en consecuencia, a conectar el mundo virtual de la Computación con uno más concreto y físico.

2.1 Módulo Mindstorms

Este Módulo surgió como un experimento, después de un retiro estratégico realizado por los profesores del DCC, donde discutimos nuevas formas de enseñar a programar que resultaran más atractivas. Una de éstas, que se ha comenzado a usar en cursos de primer año en algunas universidades, es a través de la programación de robots. El Departamento de Ingeniería Eléctrica contaba con varios kits Mindstorms, programables en Java usando LeJOS (Lego Java Operating System), y decidimos probar si esto resultaba realmente factible y atractivo como un segundo curso, después que los alumnos ya habían aprobado el primer curso de

programación Java en primer año.

Fue así que Mindstorms comenzó como un módulo de Seminario de Diseño en 2007 y luego se transformó en Taller de Proyecto en el nuevo Plan de Estudios de Ingeniería en 2008 y 2009.

Inicialmente trabajamos con ocho kits Lego Mindstorms. Y este año compramos diez kits de la nueva versión Mindstorms NXT y comenzamos a utilizar LeJOS NXJ, que es la más reciente versión del software. En los dos primeros años los estudiantes se organizaban en equipos de tres o cuatro y se reunían semanalmente durante tres horas en una sala del edificio de electro-tecnologías de la Facultad. Este año organizamos ocho grupos de cuatro estudiantes para que trabajaran en el laboratorio de nuestro Departamento en cualquier horario. Este hecho mejoró considerablemente el ambiente de trabajo.

En todos los casos los alumnos deben aprender, primero, a enfrentar las dificultades que presenta trabajar con robots: errores de hardware, software, mecánicos, etc. Después de superar exitosamente las dificultades de un primer proyecto común de fácil construcción y programación (un robot capaz de seguir una línea negra demarcada en el suelo), los estudiantes eligen un tema y comienzan a diseñar y construir el robot durante el semestre.

El objetivo del curso es tratar que los alumnos mezclen dos habilidades para desarrollar su proyecto: realizar el diseño y la construcción del robot (más relacionado con la mecánica y la física) y el diseño e implementación del programa que lo controla. Dado que es un curso que dictamos desde el DCC,

tratamos que el énfasis mayor del proyecto y su evaluación estén orientados hacia la programación. Pero obviamente son dos aspectos ineludibles al momento de evaluar el éxito del proyecto completo.

Los proyectos (que se describen en la página wiki del curso [<https://wiki.dcc.uchile.cl/TallerMindstorms>]) son muy diversos. Por ejemplo, en 2009 tuvimos un tanque explorador de caminos de piedras siguiendo el modelo de su primo en Marte; un traductor de Morse capaz de escribir los símbolos recibidos en una pizarra blanca, y muchos otros proyectos. El mejor proyecto de esta instancia del curso, elegido por el grupo docente, fue una innovadora técnica de control remoto (vía Bluetooth) de un auto, sobre la base de captores de ultrasonidos del kit de Lego.

Proyectos desarrollados en 2007:

1. **Robot mascota**, reaccionando al tacto y sonido.
2. **Tirador**: robot lanzador de bolas dirigidas a un objetivo encendido;
3. ***Tracker**: dos robots, uno se mueve al azar con una luz en la parte superior y el otro trata de tocarlo. Una vez que hacen contacto ambos se detienen.
4. **Policía y ladrón**: un robot se roba un “tesoro” y el otro trata de detenerlo.
5. **Que evita obstáculos**: robot que busca una manera de avanzar en un conjunto aleatorio de obstáculos.
6. ***El jugador de póquer**: Un robot “croupier” que distribuye las cartas en una partida que sigue las reglas del juego en función del número de jugadores.
7. **Robot Escritor**: robot con un bolígrafo que intenta escribir una frase moviéndose sobre una pizarra blanca.

(*) elegidos mejores proyectos.

2008:

1. ***Robot que sube escaleras:** construcción para subir escaleras de tamaño real.
2. **Luchador de sumo:** robot que trata de sacar un objeto desde un círculo.
3. **Jugadores de pelota:** dos robots se comunican a través de infrarrojos para coordinar un juego.
4. **Bailarines:** dos robots que coordinan sus movimientos a través de infrarrojos.
5. ***Solucionador de laberinto:** robot que navega en un laberinto estructurado.
6. **Lector de Morse:** robot que lee un código con la ruta para recorrer un laberinto y la utiliza para atravesarlo.
7. **Parking robot:** robot coche que intenta estacionarse automáticamente entre dos paredes.

(*) elegidos mejores proyectos.

2009:

1. **Tanque explorador,** de caminos peligrosos basado en el modelo de su primo en Marte.
2. ***Traductor Morse** capaz de escribir los símbolos recibidos en una pizarra.
3. **Programa de solución** cubo de Rubik.
4. **Robot** que instala un puente para cruzar abismos.
5. **Perro caminador.**
6. **Robot que recorre un laberinto.**
7. **Robot de exploración** que construye un mapa del lugar.
8. ***Innovadora técnica de control remoto** basada en los captores de ultrasonidos de los kits de Lego.

(*) elegidos mejores proyectos.

2.2 Futuro del Módulo

El módulo se ha ofrecido en tres ocasiones y está evolucionando cada vez más (ver recuadros). Las principales lecciones aprendidas han ido influenciando las versiones siguientes. Por ejemplo, descubrimos que un buen porcentaje de nuestros alumnos jamás jugó con Legos, por lo que les enseñamos a armar el primer robot. También vimos que tienden a dejar la programación para el final, lo que muchas veces los llevaba a batallar con el robot todo el semestre, programándolo muy mal en los últimos días (ahora les pedimos ir mostrando el código durante el semestre). Asimismo nos dimos cuenta que muchos proyectos no dejaban documentación que permitiera replicarlos, y al desarmar el robot al final de semestre perdíamos información valiosa.

En el próximo módulo planeamos proveerle a nuestros estudiantes herramientas para que graben en video sus proyectos y los publiquen en medios de comunicación públicos como YouTube; los animaremos además a reimplementar proyectos anteriores del curso con el fin de que puedan potenciarlos, de modo que estos pasen a ser el resultado de un verdadero trabajo en equipo entre varios grupos e iteraciones del curso. Esto, de manera similar a los proyectos de ingeniería del mundo real (podemos imaginar las catedrales de la vieja Europa desarrolladas a lo largo de varias generaciones de arquitectos, en particular la de La Sagrada Familia de Barcelona).

Características del curso actual

- Un sitio wiki (iniciado por los auxiliares y completado por los estudiantes) con documentación completa y ejemplos de proyectos en español, incluyendo instrucciones sobre cómo construir y programar varios proyectos de robots, y fotos y videos de los robots en acción.
- Manejamos la última versión de los kits de Mindstorms, NXT, donde el hardware es más fiable y fácil de programar, usando la plataforma LeJOS, kit abierto de programación de código fuente en Java.

- Los estudiantes tienen acceso permanente al laboratorio del DCC para que también trabajen en sus robots fuera de las horas de clases (a menudo se ven algunos grupos construyendo sus robots incluso durante un viernes en la noche).
- Potenciamos el enfoque en la documentación del proyecto (que debe permitir que otro grupo de estudiantes pueda reconstruir totalmente y reprogramar el robot) en contraste con el robot mismo (que debe ser “destruido” al final del semestre).

Características del curso futuro

- Haremos dos secciones para aumentar el impacto y el número de proyectos.
- Mejoraremos los medios para publicar los videos de los proyectos (por ejemplo, en YouTube);
- Elaboraremos un índice de los videos ya disponibles en todo el mundo;
- Mejoraremos la reutilización de proyectos pasados, la obtención de progresos y un mejor incentivo para ser claro en la documentación;
- Dispondremos de nuevas herramientas para los estudiantes, tales como Bluetooth de conexión entre un robot LEGO y un computador;
- Enseñaremos el valor de la ética y la necesidad de documentar cada referencia externa que inspiran el proyecto, en particular la prevención de acusaciones de plagio;
- Adicionalmente enseñaremos sobre el componente de la Ingeniería del módulo: si algo no está funcionando (sobre todo si es un componente externo), ¡arrégalo o sustitúyelo por otra cosa que sí funcione!

2.3 Opiniones de los Estudiantes

El curso es altamente valorado por los estudiantes y esperamos duplicar su oferta el próximo año. Los estudiantes también están pidiendo cursos similares



en los niveles superiores del programa de estudios universitarios. E incluso algunos piden ser auxiliares de la próxima entrega del curso, de modo de tener la oportunidad de trabajar más con los kits de Lego. Haber traído Mindstorms al laboratorio del DCC provocó una especie de “envidia” sana de los alumnos mayores de nuestro Departamento, que observan por las ventanas cómo los jóvenes de este curso se divierten armando y programando Legos.

En los próximos años trataremos que los estudiantes continúen trabajando con los kits de Lego también durante el segundo semestre, cuando nadie los ocupa. Por ejemplo, podrán trabajar en algún proyecto de investigación en colaboración con un profesor.

3. CONCLUSIÓN

3.1 Una nueva era para el aprendizaje

Algunos temas, como la energía nuclear y la cirugía, probablemente habrá que aprenderlos por muchos años más en un entorno virtual y teórico, ya que sería demasiado costoso o peligroso dejar que los estudiantes experimenten con el material real sin antes tener una completa comprensión de los aspectos teóricos detrás de la práctica. Sin embargo, la tecnología ha reducido el costo del aprendizaje de muchos otros temas en condiciones casi reales, tales como la geografía y los idiomas: la comunicación ha disminuido tanto sus costos que los estudiantes actuales pueden oír y ver personas y países extranjeros,

aun cuando viajar allí no sea factible, por seguridad, tiempo o razones ecológicas.

Pero la verdadera revolución de nuestra era será la enseñanza de las tecnologías de la información, donde los estudiantes pueden tener la plena experiencia práctica de los temas que aprenden, a un precio cada vez más viable:

- El acceso a computadores se limitaba a una elite de científicos en los años ‘60. Ahora están disponibles para la mayoría de la gente en los países desarrollados y en vías de desarrollo. La enseñanza de la programación informática ha sido tradicionalmente limitada a un entorno simulado cerrado (sin aplicaciones reales). Pero ahora se ofrecen algunos cursos para programar aplicaciones reales para el teléfono celular del estudiante [iPhoneClassProjects], o incluso para construir un computador con sus componentes electrónicos y

software, incluido un editor de texto y un video juego [NANDtoTetris].

- La experimentación con robots se limitaba a los científicos y la capa superior de los ingenieros de la NASA. Ahora ha sido puesta a disposición del público en general a través de diversas actividades (el lenguaje “Logo” de la tortuga, el “Bigtrack” de tanques programables, y el mismo Mindstorms de Lego).
- El costo de la impresión 3D ha disminuido al punto que los estudiantes del MIT la utilizan en sus cursos para pequeños prototipos y diseños de Ingeniería general. Y el “Fab Labs” se instala en los países en vías de desarrollo para ayudar a la enseñanza de esta área a los estudiantes locales [FabLabs].

Como el acceso a la tecnología de alto nivel se está democratizando más rápido y de forma más profunda que nunca, ya no hay excusa para seguir haciendo cursos tradicionales donde los estudiantes aprenden habilidades en una limitada forma teórica antes de salir al mundo del trabajo. Al contrario. Los estudiantes requieren “aprender a aprender” a través de su propia experiencia y razonamiento, ya que necesitarán seguir aprendiendo por mucho tiempo después de salir de la Universidad, en un mundo donde el cambio tecnológico ha superado el ritmo de las generaciones humanas. “Taller de Proyecto” es sólo el comienzo de una nueva generación de cursos y escuelas.^{BITS}

REFERENCIAS:

- 1) [iPhoneClassProjects] Where Phones in Class Are OK [<http://www.insidehighered.com/news/2009/08/20/iphone>]
- 2) [NANDtoTetris] From NAND to Tetris Building a Modern Computer from First Principles By Noam Nisan and Shimon Schocken [<http://www1.idc.ac.il/tecs/>] [<http://mines.humanoriented.com/proposals/nand-to-tetris/>] [<http://video.google.ca/videoplay?docid=7654043762021156507&ei=FyQkSob8OI-lrwKzkaCQAg&q=techtalks>]
- 3) [Wozniak] small story about Edison and Tesla [<http://www.supermemo.com/articles/genius.htm#Edison>]
- 4) [FabLabs] Neil Gershenfeld on Fab Labs [http://www.ted.com/talks/lang/eng/neil_gershenfeld_on_fab_labs.html] [<http://fab.cba.mit.edu/>]