

Desarrollo de Ambientes de Aprendizaje Basado en el Uso de Dispositivos Robóticos, publicado nas Memorias do III Congresso Internacional Sudamericano de Ingeniería de Sistemas e Informática – CISAISI, Universidad Adventista de Bolivia, UAB, Cochabamba – Bolívia de 04 a 08/10/99.

Desarrollo de Ambientes de Aprendizaje Basado en el Uso de Dispositivos Robóticos

João Vilhete Viegas d'Abreu
Miguel Gustavo Lizárraga Espinosa

Universidade Estadual de Campinas - Unicamp
Núcleo de Informática Aplicada a la Educación - Nied
Edificio 5 de la Rectoría, segundo piso,
Teléfono: (0XX 19) 3788 7350 y 3788 8136 (extensión 25)
Facsimil: (0XX 19) 3788-8136 (extensión 30)

jvilhete@obelix.unicamp.br
lizarrag@decom.fee.unicamp.br

RESUMEN

El ambiente de aprendizaje basado en dispositivos robóticos consiste en desarrollar actividades de robótica pedagógica en situaciones donde pueden usarse los tipos más variados de robots con propósitos educativos. Para crear este tipo de ambiente son necesarios, por lo menos, dos iniciativas. La primera, con respecto al montaje del ambiente en sí, es decir, la disponibilidad de herramientas de hardware y de software para que sean utilizadas en la implementación, construcción, elaboración y colección de los diferentes tipos de dispositivos robóticos. La segunda, es con respecto a la forma de utilización del ambiente. O sea, referente al desarrollo de actividades pedagógicas de manera a propiciar el aprendizaje y permitir la construcción del conocimiento en áreas diferentes. Este trabajo aborda de manera breve la implementación y construcción de dispositivos robóticos, el desarrollo de actividades de robótica pedagógica que usan los materiales LEGO y menciona un poco de las experiencias que se están desarrollando en instituciones que actúan en el área de la robótica educativa las cuales utilizan LEGO y/u otros materiales para tal finalidad.

INTRODUCCIÓN

Pueden darse dos enfoques a la elaboración de ambientes de aprendizaje basados en el uso de dispositivos robóticos. El primer enfoque, el más tradicional, centrado puramente en el uso de robots con características técnico-industriales, donde la robótica se define como el grupo de conceptos básicos de mecánica, cinemática, automatización, hidráulica, informática e inteligencia artificial, involucrados en el funcionamiento de un robot (Usategui & Leon, 1986). En este caso, del punto de vista conceptual, el robot es un manipulador reprogramable y multifuncional proyectado para manipular materiales, herramientas, piezas, o dispositivos especializados por medio de varios movimientos programados para la ejecución de una variedad de tareas (Alves, 1988). En este caso, el propósito de la

construcción de un conocimiento más específico en el área de robótica industrial envuelve el análisis mecánico de articulaciones y eslabones, sistemas de control y sensores, visión de la máquina, proyecto de órganos terminales, garras etc. (Groover et alli, 1989).

El segundo enfoque, se puede llamar de pedagógico-educativo, donde la idea central es propiciar ambientes de aprendizaje basado en dispositivos robóticos que permitan la construcción del conocimiento en las diferentes áreas de la ciencia. En este enfoque, la robótica pedagógica puede definirse como el uso de la robótica industrial en un contexto donde las actividades de la construcción y control de dispositivos usando conjuntos de montajes u otros materiales, permite el manejo general de conceptos de ciencia en un ambiente de sala de clase en diferentes niveles de educación.

Nuestras actividades en el área de robótica pedagógica se cocentran en este segundo enfoque, donde el objetivo, es ofrecer condiciones al usuario/aprendiz, para que en el proceso de construcción y control de robots, que pueden ser máquinas o animales, los conceptos generales de ciencia sean aprendidos.

En este contexto, lo que ha sido constatado y que ya se está poniendo en práctica en algunas universidades, principalmente, en las facultades de ingeniería y de computación, es un cambio del primero para el segundo enfoque, lo que permite la formación de profesionales con una visión de conocimiento más amplia. Un ejemplo de eso, es el curso de Ingeniería de Control y Automatización (Mecatrónica) de la Universidad Estatal de Campinas – Unicamp. Implantada a partir del año de 1998, pretende formar ingenieros con especialización en Control y Automatización capaces de actuar en la interfaz entre el sistema productivo y el sistema de gerencia de empresas. Se espera que estos ingenieros tengan una formación interdisciplinar con conocimiento en las áreas de mecánica, electrónica, instrumentación industrial, informática, control y administración de producción. Eso facilitará a este profesional, elaborar estudios y proyectos, así como participar en la dirección y fiscalización de actividades relacionadas con el control de procesos y automatización de sistemas industriales. El objetivo aquí es la formación de un profesional apto para atender al aumento de demanda impuesta por las alteraciones tecnológicas, sociales y económicas que estan ocurriendo en este fin de siglo XX, y que sin duda se concretizarán de forma más intensa y acentuada en el siglo XXI. Por estos motivos es que creemos que los ambientes de aprendizaje basados en el uso de dispositivos robóticos ejerce un papel importante en el proceso de la formación de este profesional.

IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE ALGUNOS DISPOSITIVOS ROBÓTICOS

Para la implementación de dispositivos controlados por computador con propósitos educativos, deben destacarse tres componentes importantes en su diseño. Primero, la construcción del dispositivo en sí, que en nuestro caso significa crear, de manera simple, algo posible de ser usado como interfaz con el computador. Segundo, la elaboración de un programa que controla el dispositivo. O sea, un programa que presente las características pedagógicas que permitan al estudiante describir de manera simple y rápida, el funcionamiento de un cierto objeto (robot). Tercero, la metodología del uso del dispositivo, el cual debe tener un determinado propósito. Esta metodología debe también facilitar,

diversificar y extender el uso del computador en el ambiente educativo, permitiendo así la utilización de conceptos científicos en las más variadas áreas del conocimiento (d'Abreu, 1995).

Estos tres componentes son partes intrínsecas de nuestro trabajo en lo que toca al desarrollo de las actividades de robótica pedagógica. A seguir describiremos resumidamente cada uno de estos componentes.

Construcción del Dispositivo Robótico

Consiste en la implementación de circuitos, interfaces electrónicas y partes mecánicas del robot, el cual después de construido debe ser capaz de obedecer órdenes emitidas por el usuario a través de tarjetas con códigos pré-establecidos, señales de radio o virtualmente a través de la Internet. La construcción de un dispositivo envuelve, algunas heurísticas, como por ejemplo, dividirlo en partes con el objetivo de primero entenderlo de forma general y luego con mas detalles, o la construcción de protótipos. Estas heurísticas hacen de la construcción una actividad de diseño. Uno de los dispositivos robóticos que construimos usando esta abordaje es la Tortuga Mecánica. La Tortuga Mecánica se constituye de dos motores de paso y un solenoide ensamblados sobre una estructura que tiene la forma de una pequeña tortuga. Ella reproduce de forma simultánea en el piso, los dibujos producidos en la pantalla del computador por la tortuga del language Logo.

Elaboración del Programa de Control del Dispositivo Robótico

La elaboración del programa puede ser hecho en dos niveles diferentes. Primero, sería lo que podemos llamar de elaboración simplificada. En este caso, a partir de un software ya existente, que posee comandos para comunicación con el dispositivo robótico, deben ser elaborados procedimientos específicos para la ejecución de determinada acción. Segundo, sería una elaboración mas profunda. En este caso, el nivel de complejidad de programación aumenta, por que a partir de un cierto software, debe crearse las señales de control del robot. Un ejemplo de este tipo de elaboración es el trabajo realizado por Claus Bjerre, Jes Hvaldal y Michael Nielsen. Otro ejemplo es la utilización del programa SLogoW para la implementación de comandos de control de los componentes eléctricos, en particular de componentes eléctricos LEGO (motores, sensores y lámparas). Esto significa la creación de nuevas funciones primitivas, guardando todas las características educativas del language Logo.

Metodología del Uso del Dispositivo Robótico

El desarrollo de la metodología del uso del dispositivo guarda cierta sutileza, en el sentido de que ella es la síntesis de la construcción y de la elaboración del programa de control. Es decir, la metodología es la materialización de los dos. Esta materialización sin embargo, no apenas depende de la implementación del hardware, software, o de la sofisticación del dispositivo. Es necesario desarrollar algo que no sea parte del dispositivo, pero sea fundamental para que su uso provoque algún cambio en el proceso de aprendizaje. Eso depende de un cambio de postura del profesor en el uso del dispositivo con el objetivo de construir el conocimiento. El enfoque de la metodología a ser desarrollada debe

centrarse en la implementación de un ambiente de aprendizaje rico en situaciones que permitan al estudiante construir su conocimiento a través del uso del computador y de los dispositivos robóticos. La metodología debe propiciar subsidios para una diversificación, diferenciación y expansión en la forma de adquisición y manejo de conceptos.

UN AMBIENTE DE ROBÓTICA PEDAGÓGICA: USANDO EL SISTEMA LEGO-LOGO y ROBIX

La integración de los conjuntos LEGO con el brazo mecánico Robix crea un ambiente de robótica pedagógica que ha sido usada para el montaje y simulación de la línea de producción de una fábrica que usa un sistema automatizado, donde la parte operativa es hecha usando montajes LEGO y la parte de control es hecha usando la programación Logo y el programa de control del Robix

El sistema LEGO, en la versión que posee componentes eléctricos y piezas mecánicas que facilitan el montaje de dispositivos articulados, permitió que estudiantes de graduación del curso de ingeniería mecánica de la Unicamp construyeran máquinas similares a las usadas en fábricas como: esteras rodantes, mesas rotativas, fresadoras, etc.

El sistema Robix, el cual es básicamente un brazo mecánico, junta las características de la robótica de nivel industrial a aquellas necesarias dentro de un propósito educativo. La automatización de los dispositivos construidos con LEGO fue hecha por medio de microcomputadores que usan el lenguaje Logo, en un ambiente llamado LEGO-Logo. En este caso, los programas elaborados - cuya descripción refleja la conducta del funcionamiento de los dispositivos - controlan los componentes eléctricos (motores, sensores y lámparas) LEGO. La automatización del Robix fue hecha usando programas específicos desarrollados en lenguaje C para el comando de los servo-motores que controlan los movimientos del Robix. Este tipo de uso de dispositivos se presenta como una forma diferenciada de trabajar en el ambiente de la robótica educativa.

Del punto de vista pedagógico-educativo, la gran ventaja que existe en la simulación de una línea de producción que usa estos materiales está en permitir a los estudiantes un ambiente de piso de fábrica dentro del laboratorio de una universidad.

Con relación al sistema automatizado de producción, la parte operativa de una fábrica es específica e inherente a ella. En casos de este tipo, tanto LEGO como el Robix permiten preparar células de producción con configuraciones diferentes "simulando" las diferentes líneas de producción. Aunque la parte operativa de una cierta fábrica sea específica, es posible diversificar la construcción y la disposición de sus diferentes células de producción usando componentes LEGO. Esto constituye una ventaja pedagógico-educativa, puesto que diferentes abordajes e hipótesis pueden presentarse y ser estudiadas a medida que las configuraciones son alteradas. Eso permite el desarrollo de estrategias para resolución de problemas. Además, con relación al sistema automatizado de producción, el uso tanto del LOGO como del lenguaje de programación del Robix, tiene la ventaja de que los conceptos aplicados son genéricos. Es decir, ellos se adaptan fácilmente a los conceptos usados en una industria. Desde el punto de vista pedagógico-educativo esto representa un punto positivo.

En el montaje de las células de la producción con LEGO, el ambiente permite el uso de piezas mecánicas y por consiguiente de los principios mecánicos necesarios para la construcción de algunas máquinas. En la automatización, el montaje permite la descripción, la elaboración y la estructuración de programas para el computador. En el control del funcionamiento de la línea de la producción como un todo, el ambiente permite que conceptos importantes de sistemas automatizados de producción puedan ser manejados.

La utilización del ambiente ha facilitado la integración del LEGO-Logo con el Robix, permitiendo que alumnos del curso de graduación de Automatización y Control (Mecatrónica) desarrollen actividades en un laboratorio de la universidad muy cerca de la realidad de una fábrica. De esa forma se está iniciando la construcción de un ambiente de instrucción y aprendizaje que nos permitirá concretamente, implementar la Ingeniería de Integración, donde se puede integrar diferentes tipos de dispositivos robóticos con propósitos educativos.

La interacción LEGO-Robix permitió la implementación del ambiente de simulación de una línea de producción de una fábrica que usa un sistema automatizado de producción, como lo describiremos a seguir:

Línea de producción compuesta por tres puestos:

El primer puesto (Figura 1), es una estera rodante alimentadora de piezas, construida con un sensor de luz, motores, lámparas y otros elementos mecánicos. El segundo puesto (Figura 2), es un brazo mecánico Robix que retira piezas. El tercero puesto (Figura 3), es una mesa rotatoria donde las piezas depositadas por el Robix son “trabajadas”.

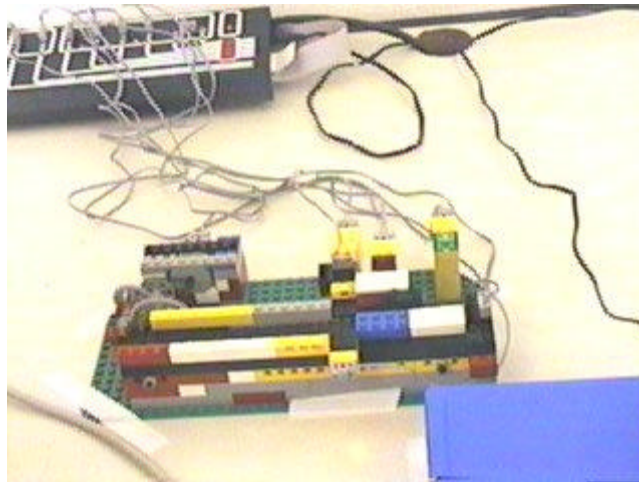


Figura 1 - Estera rodante alimentadora de piezas.

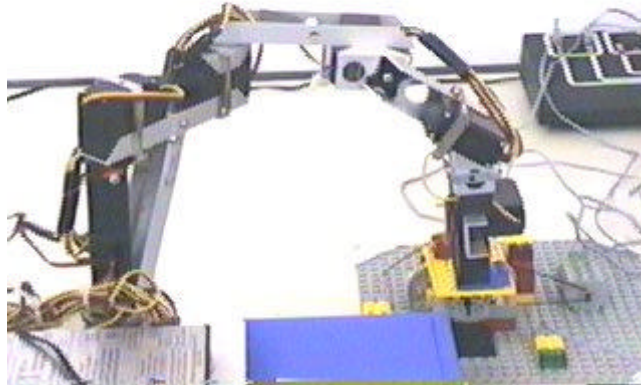


Figura 2 - Brazo mecánico, el Robix.

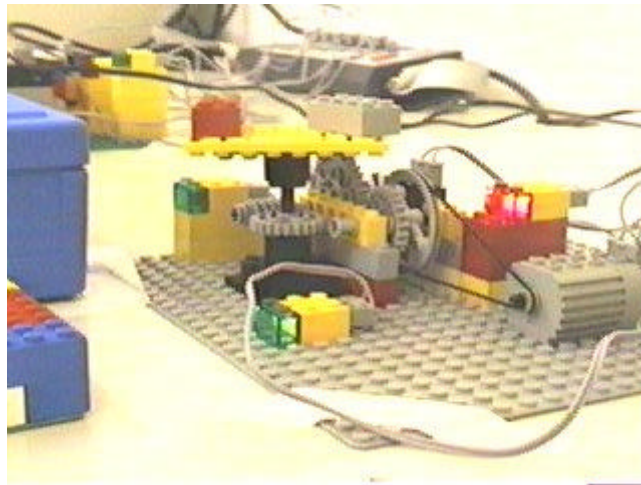


Figura 3 - Mesa giratória para trabalho de peças

Cuando la línea de producción entra en operación, después que el Robix retira una pieza de la estera para la mesa, automáticamente la estera se mueve colocando una nueva pieza en la posición para que sea retirada. Mientras la primera pieza que fue colocada sobre la mesa está siendo trabajada, la segunda es colocada en la mesa. Al final del trabajo sobre la primera pieza, la mesa hace un giro de 180 grados y es retirada por el Robix colocandola en una caja. El proceso de colocar y retirar piezas es hecho automáticamente por el Robix. Tal operación es realizada secuencialmente de forma que sobre la mesa siempre existen dos piezas, una trabajada y otra en trabajo. Además, la línea de producción puede ser programada para procesar lotes diferentes de piezas. Por ejemplo, para procesar cinco lotes de dos piezas, después de haber retirado diez piezas, la décima primera pieza será rechazada por la estera.

Este tipo de actividad aborda algunos aspectos del funcionamiento de una célula de producción.

En el control del funcionamiento de la línea de la producción, los conceptos teóricos importantes de sistemas automatizados de producción presentados en la clase por el professor son utilizados por los estudiantes en el laboratorio. En este tipo de actividad, donde se integra diferentes dispositivos para crear la célula de la producción, los estudiantes aprenden y utilizan los conceptos importantes de Ingeniería de Integración y de Sistemas Automatizados de Producción - SAP. Estas actividades presentan algunas características interdisciplinarias que facilitan la integración de la ingeniería mecánica con la electrónica, el control por computador, el diseño y la manufatura de productos. Esto ciertamente contribuye para la formación de los profesionales habilitados en proyectar y producir productos inteligentes basados en microprocesadores y sistemas de control. El ingeniero formado en esta área tendrá esencialmente como campo de trabajo la industria de manufatura de procesos, segmento donde se encuentran las metalúrgicas y las fábricas de auto-piezas, por ejemplo. Por consiguiente, es importante en la formación de este profesional, que aprenda a elaborar estudios y proyectos así como participar en la dirección, organización, producción y fiscalización de actividades relacionadas con el control de procesos y la automatización de sistemas productivos. Es decir, que sea capaz de armonizar las soluciones y materiales que integran las áreas: mecánica, eléctrica, electrónica, computación, automatización, diseño de productos, gerenciamiento de producción, etc.

Experiencias que estan en desarrollo en instituciones que actúan en el área de la robótica

Con respecto al uso de la robótica, se verifica que existen pocas experiencias similares a la nuestra desarrollándose en universidades. Además, existen varias compañías que comercializan productos en el área de la robótica que presentan propuestas del uso de estos productos tanto para fines educativos y también como afición. A seguir, presentamos la experiencia de cuatro universidades en el uso de LEGO con propósitos educativos.

Proyecto del departamento de Ciencia de la Computación de la Universidad de Aarhus
<http://www.daimi.au.dk>.

Es una tesis de maestria, escrito por (Bjerre et alli, 1999). Su trabajo trata del desarrollo de un perro-robot usando como componentes principales el LEGO Mindstorms. El perro-robot es capaz de interactuar inteligentemente con el ambiente como un perro real. Él tiene la capacidad de entender órdenes habladas, determinar la fuente del sonido y contestar inteligentemente a ordenes dependiendo de su humor. En este trabajo, se crearon conductas básicas para el perro-robot que usa evolución de cadenas de redes neuronales en un ambiente simulado.

La universidad de Lancaster en Inglaterra

<http://info.comp.lancs.ac.uk/com120/introduction.htm>

El COM120 es una disciplina del curso de ciencia de la computación de la Universidad de Lancaster. Esta disciplina está dividida en 2 módulos: Internet y Diseño de Aplicativos, enfatizando la programación. En estos módulos se utilizan 3 recursos diferentes: ROBOLAB (Kit de programación para LEGO), QBasic y Visual Basic. El LEGO y el ROBOLAB se usan para enseñar las nociones básicas de programación. Las actividades se desarrollan en sesiones con clases prácticas en laboratorio. Cada sesión tiene algunas tareas que deben ser ejecutadas y los estudiantes trabajan en grupos de 5 personas. Son 30

estudiantes divididos en 6 grupos de 5, cada grupo posee un robot. Las tareas varían desde hacer el robot caminar para adelante durante algunos segundos, hasta la construcción de una línea de ensamble donde se ponen componentes en un recipiente y, cuando este se llene, los componentes deben ser colocados en otro lugar.

Laboratorio de Estudios Cognitivos de la Universidad Federal de Río Grande del Sur (LEC-UFRGS)

<http://www.psico.ufrgs.br/lec/repositorio/robot/>

Las actividades del LEC en el área de robótica educativa enfocan la posibilidad de crear ambientes de aprendizaje donde se puede reflexionar en el propio aprendizaje. En este sentido, uno de los objetivos del ambiente Logo, por ejemplo, es el de favorecer situaciones donde se toma conciencia de los propios procesos cognitivos. Uno de los trabajos desarrollados en el LEC sobre robótica educativa enfatiza la posibilidad de pensar en el propio aprendizaje (Petry, 1996). Además, el trabajo del LEC aborda otras áreas de conocimiento como: Artes, Cibernética y Tecnología de Control, Diseño, Física, Matemática, Motricidad, Problemas Sistémicos y Vida Artificial.

El sistema LEGO para la Adquisición de Datos y Generación de Protótipos

<http://ldaps.ivv.nasa.gov>

Es un proyecto de la universidad de Tufts que tiene por objetivo introducir el estudio de la ingeniería a niños de jardín de infancia hasta alumnos que esten cursando el segundo año de la universidad. Ellos desarrollaron una serie de softwares que permiten la comunicación con el sistema LEGO Dacta que usan el programa LabVIEW desarrollado por la National Instruments. LabVIEW es un lenguaje de programación gráfica que puede ser usada por estudiantes de jardín de infancia hasta la universidad. Una de las ideas del proyecto es cambiar la forma de enseñanza de ciencias en la escuela primaria. Para esto, ellos están integrando las ciencias con otras disciplinas y cursos, buscando introducir los conceptos técnicos de ingeniería a partir del jardín de infancia. En este proyecto, el profesor desarrolla con los estudiantes actividades que envuelven: como las máquinas trabajan, la corrección de defectos en montajes LEGO, estudio de la historia de la ingeniería, relación de engranajes y matemática, sistemas de ingeniería, etc.

CONCLUSIÓN

Ambientes de aprendizaje basados en el uso de dispositivos robóticos han permitido de forma simple, económica, rápida y segura, disponibilizar los recursos tecnológicos para el aprendizaje, no sólo de robótica, pero de ciencias de manera general. Eso ha propiciado crear situaciones de aprendizaje donde los estudiantes pueden, evaluar resultados, probar ideas y probar hipótesis de una forma económica rápida y segura.

El uso de los dispositivos robóticos ha hecho posible crear una interacción hombre-máquina diferente, a medida en que el ambiente de programación se hace más rico y más desafiante. Desarrollar actividades de robótica demanda un trabajo más amplio, involucrando el diseño del proyecto, construcción y elaboración de los programas que controlan el robot. Eso amplía la gama de desafíos que el estudiante tiene que vencer. Cuando las actividades son desarrolladas en grupo, el ambiente de robótica provee un buen relacionamiento y

cooperación entre los compañeros, lo que propicia éxitos en el aprendizaje (Lomônaco, 1997). Otro aspecto importante que há sido considerado, es la problemática de la interdisciplinaridad inherente a la actividad de construir y controlar robots a través del computador.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. B. M., *Controle de Robô*, Câmara brasileira do livro, São Paulo, 1988.

BJERRE C. & HVOLDAL J. et alli, *Adaptive Pet Robots*, Master thesis, University of Aarhus, Department of Computer Science, <http://www.daimi.au.dk>, 1999.

D'ABREU, V. V. J., *Design de Dispositivos*,: Uma Abordagem Interdisciplinar. *Anais do VII Congresso Internacional LOGO / I Congresso de informática Educativa do Mercosul*. Porto Alegre, UFRGS, 1995.

GOORVER M. P. & WEISS el M. et alli, *Robótica Tecnologia e Programação*. McGraw-colina, São Paulo, 1988.

LOMÔNACO B. P. *Aprender: Verbo transitivo. A Parceria Professor-Aluno em sala de aula*, São Paulo, 1997.

MARTINS, A. *O que é Robótica ?*. Brasiliense, São Paulo, 1993.

PETRY, P. P. *Os Procesos Cognitivos de Professores nun Ambiente Construtivista de Robótica Educacional*. Dissertação de Mestrado, UFRGS, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Rio Grande do Sul, 1996.

USATEGUI & LEON, *Guia Fácil de Robótica*, Paraninfo, 1986,