

## Una nueva herramienta para el uso de humanoides en educación

Lic. Gonzalo Zabala<sup>†</sup>, Ricardo Morán<sup>‡</sup>, Sebastián Blanco<sup>§</sup>

*Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática  
Facultad de Tecnología Informática  
Universidad Abierta Interamericana*

*Av. Montes de Oca 745, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina  
(+54 11) 4301-5323; 4301-5240; 4301-5248*

*†gonzalo.zabala@vaneduc.edu.ar*

*‡ricardo.moran@uai.edu.ar*

*§sebastian.blanco@uai.edu.ar*

### Resumen

El objetivo del presente trabajo es mostrar la implementación de una nueva herramienta educativa dentro de Physical Etoys que posibilita el uso del kit de robótica Bioloid Premium. Se realizó un nuevo firmware y algunos objetos del kit fueron representados virtualmente con Physical Etoys para hacerlo más intuitivo. Además, se realizó un ejemplo simplificado de cinemática inversa con un humanoide para alumnos de escuela media.

**Palabras clave:** *physical etoys; robótica educativa; bioloid; cinemática inversa*

### Contexto

El presente proyecto será radicado en el Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI), dependiente de la Facultad de Tecnología Informática de la Universidad Abierta Interamericana. El mismo se encuentra inserto en la línea de investigación “Sociedad del conocimiento y Tecnologías aplicadas a la Educación”. El financiamiento está dado por la misma Universidad Abierta Interamericana.

### Introducción

Desde el surgimiento de los kits de robótica educativos, la presencia de materiales específicos para esta disciplina creció en las escuelas en forma sostenida. En Argentina, hay dos provincias (San Luis y La Rioja) y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires que ya implementaron el uso de este recurso en sus aulas. Para lograr el mismo objetivo, el resto de las provincias han comenzado con diversas experiencias piloto. Otra prueba de la presencia de la prueba de estos materiales es el surgimiento de competencias nacionales e internacionales como la Roboliga, las Olimpíadas Argentinas de Robótica, y la Robocup Junior, un evento internacional en donde los estudiantes de distintas partes del mundo se reúnen para compartir sus experiencias en robótica educativa y realizar distintos desafíos. En la Robocup Junior hay una categoría de baile denominada Dance [1], que congrega al mayor número de participantes en donde es común la programación de humanoides para realizar una coreografía.

En otras palabras, el uso de robots como una fuente de educación dentro de las aulas no es una novedad. Nosotros proponemos como algo innovador la

inclusión de humanoides en los kits utilizados en la escuela. ¿Qué características especiales nos ofrecen esta clase de robots para usarlos como material de enseñanza? Por un lado, el interés y la motivación que causan en los niños son mucho mayores que lo causado por cualquier otro tipo de material robótico. Por otro lado, el diseño y la programación del comportamiento de un humanoide implican reflexionar sobre cómo es el ser humano en diferentes aspectos. Siguiendo nuestro objetivo de introducir robótica en el sistema educativo, podemos utilizar este tipo de robots en otras disciplinas como ciencias naturales ya que nos permitiría estudiar el cuerpo de un ser humano y los sistemas que lo componen. Esto también ofrece un nuevo conjunto de desafíos relacionados a la aritmética, trigonometría y física como veremos posteriormente en un ejemplo.

Al mismo tiempo, el desarrollar cualquier comportamiento inteligente del robot como una respuesta ante los datos capturados por los sensores implica estudiar aspectos de comunicación, comportamiento colaborativo, entre otros asuntos.

Los investigadores empezaron a trabajar en el uso de robots, particularmente humanoides, para el tratamiento del autismo. El trabajo más importante dentro de este campo es el desarrollado desde 1998 dentro del marco del proyecto Aurora del grupo de investigación de sistemas adaptativos de la Universidad de Hertfordshire. [2] [3]

Muchos estudios nos permiten afirmar que su uso terapéutico en juegos interactivos de imitación contribuye con el desarrollo de habilidades sociales en niños autistas. En los últimos años han aparecido en el mercado humanoides muy versátiles y baratos que permiten su uso masivo en la escuela y/o en instituciones de salud. Lamentablemente, la

programación de estos dispositivos requiere conocer lenguajes complejos que dificultan su uso tanto para profesores como para sus alumnos.

Es por estas razones que decidimos expandir nuestra plataforma gráfica de programación de robots, Physical Etoys, para controlar al robot más popular y barato del mercado: el Bioloid, perteneciente a la compañía coreana Robotis.

## **Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación**

En base a nuestra experiencia en el uso de tecnología para la educación, y particularmente de robótica, se ha desarrollado una plataforma de programación de robots denominada Physical Etoys. La misma es una extensión de Etoys, un entorno multimedia de autor y sistema de programación visual realizado por el mismo equipo que creó Smalltalk. De esta manera, Physical Etoys hereda todo su potencial educativo [4]. Su propósito es permitir que los chicos programen kits de robótica en forma sencilla dentro de un entorno específicamente diseñado para ellos siguiendo las ideas constructoristas de Seymour Papert [5]. Dentro de este ambiente, los objetos físicos son representados en forma gráfica y los estudiantes pueden directamente interactuar con dichas entidades pudiendo ver las consecuencias de ello en el mundo real de forma instantánea. Physical Etoys es gratis, open source y funciona tanto en Windows como en Linux y Sugar. Además está traducido al español, inglés, francés y portugués, entre otros.

Dentro de todos los kits de robótica soportados por Physical Etoys, podemos encontrar a dos grandes referentes ampliamente usados por la comunidad

educativa: el LEGO Mindstorms NXT y la placa Arduino [6]. Desde su versión 2.0, soporta también el kit de robótica argentino llamado Duinobot, utilizado en muchas escuelas argentinas. Adicionalmente, Physical Etoys está desarrollado en forma modular de forma tal que permite al usuario agregar diversos dispositivos electrónicos como el Kinect de Microsoft, el Wiimote de Nintendo, la Sphero de Orbotix, entre otros.

Physical Etoys presenta una interfaz de usuario gráfica en la cual los objetos reales usados en cada kit (incluyendo motores, sensores, controladoras y cables) son representados por objetos virtuales. El usuario puede crear guiones de programación con sólo arrastrar bloques. Esos guiones se ejecutan virtualmente al mismo tiempo facilitándole al usuario la programación concurrente.

## Resultados y Objetivos

Como resultado inicial del proyecto se desarrolló un módulo que extiende Physical Etoys y que permite a sus usuarios controlar el kit Bioloid Premium. Asimismo, se describe un ejemplo de cinemática inversa diseñada como aplicación de la herramienta en un contexto de enseñanza de matemática en escuela media.

### Descripción de la herramienta

El módulo desarrollado está compuesto por dos objetos: el motor y la controladora CM-510. Los mismos representan gráficamente los objetos reales fundamentales del kit Bioloid.

El objetivo de esta representación visual es hacer que el usuario se focalice específicamente en el problema a resolver identificando los actores que intervienen

en el mismo, modelando sus propiedades y su comportamiento.



Fig. 1 Representación visual de los elementos de los kits

Por razones de eficiencia y mayor control, el firmware original provisto por el kit Bioloid debió ser reemplazado por un nuevo firmware implementado por el grupo de investigación. Este nuevo firmware está basado en el protocolo de comunicaciones usado en Physical Etoys para comunicarse con la placa Arduino, que en cierta manera fue inspirado en el protocolo Firmata [7].

El formato de mensajes del protocolo es muy simple y fácil de analizar. Esto hace que sea fácil de implementar y eficiente en la mayoría de los casos. En este protocolo cada mensaje contiene un byte que denota el tipo, seguido de una serie de argumentos. Cada tipo de mensaje espera un número fijo de argumentos, por lo cual todos los mensajes tienen un tamaño fijo de antemano. Por lo tanto, cuando se recibe un mensaje, con solo leer el primer byte es suficiente para saber cuántos argumentos habrá que esperar a continuación.

### Ejemplo de cinemática inversa

#### Descripción

Como ejemplo referente a esta herramienta educativa, desarrollamos una

aplicación que se nutre de la estructura provista por el kit Bioloid y la información del esqueleto humano que provee el dispositivo Kinect de Microsoft.

Con la información que brinda el Kinect, la aplicación realiza los cálculos para transformar la posición de cada nodo del esqueleto en ángulos apropiados para cada motor del Bioloid. Esto trae como resultado a un robot que puede imitar posiciones de un ser humano con una latencia despreciable.

El diseño modular de Physical Etoys permite instalar el módulo Kinect en forma separada. El mismo puede ser encontrado en la página de Physical Etoys1.

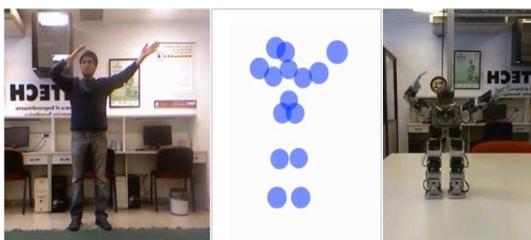


Fig. 2 Posición del sujeto, el esqueleto producido por Kinect, y la posición final del robot.

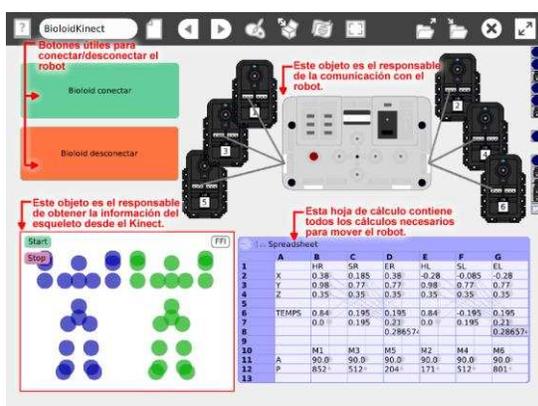


Fig. 3La aplicación y sus secciones

El problema presentado en este ejemplo puede ser clasificado como un

problema de flujo de datos que puede ser expresado naturalmente en una hoja de cálculo.

Aunque el modelo de programación de Physical Etoys es esencialmente imperativo, incluye un objeto que representa a una hoja de cálculo desarrollado por Takashi Yamamiya [8]. El mismo es especialmente útil para expresar programas en un estilo funcional.

### Implementación

El problema de mover un brazo robótico a una ubicación específica pertenece a la categoría “Cinemática Inversa”. En nuestro caso, no necesitamos proveer un alto grado de precisión; sólo se necesita hacer que el movimiento luzca lo más parecido posible al movimiento de un ser humano.

Entonces, para este ejemplo, hemos elegido una solución trigonométrica basada en la ley del Coseno porque involucra matemática enseñada en la escuela media y su implementación es relativamente simple [9].

Por el momento sólo implementamos el movimiento de ambos brazos. Controlar las piernas de un humanoide requiere solucionar un conjunto de problemas adicionales (como por ejemplo un sistema dinámico de equilibrio) que se encuentran fuera del alcance del presente trabajo.

Cada brazo tiene 3 grados de libertad. Describiremos los cálculos necesarios para solucionar el movimiento del brazo derecho, sabiendo que el brazo izquierdo puede ser solucionado de una manera análoga. Aplicar la ley del Coseno a cada triángulo nos permite calcular el ángulo aplicado para cada motor.

<sup>1</sup><http://tecnodacta.com.ar/gira/projects/physical-etoys/>

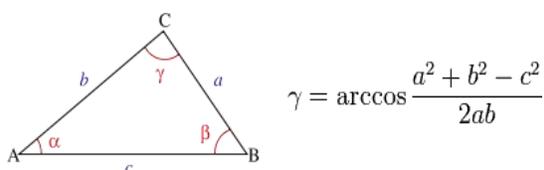


Fig. 4 Ley del coseno



Fig. 5 Los ángulos que se deben calcular para mover cada motor.

Una vez que tenemos el ángulo para cada articulación, necesitamos calcular el valor final (entre 0 y 1023) que se enviará al servo. Esto puede ser solucionado con una función lineal simple para cada motor. La misma fue calculada empíricamente.

Todas las fórmulas fueron codificadas dentro de la hoja de cálculo de Physical Etoys. Las celdas de entrada están enlazadas a los atributos "x", "y" y "z" de las articulaciones correspondientes del objeto esqueleto del Kinect. De este modo su valor se actualiza automáticamente cada vez que la cámara del Kinect envía nueva información. Las celdas de salida contienen las fórmulas descriptas anteriormente y están enlazadas al atributo posición destino del motor correspondiente del Bioloid. De esta manera, la posición del motor se actualiza automáticamente con cada latido.

## Formación de Recursos Humanos

El equipo de trabajo está conformado por un investigador adjunto del Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática (CAETI) quien ejerce el rol de director

del proyecto y tres ayudantes alumnos de la Facultad de Tecnología Informática de la Universidad Abierta Interamericana.

## Conclusión

La robótica ofrece contenido transversal de una forma más accesible para complementar a las materias de los programas educativos. Nosotros creemos que es importante inspirar a los alumnos con una herramienta útil en una edad temprana para prepararlos para un mundo que inevitablemente tiende a robotizarse.

## Referencias

- [1] A. Eguchi, «How to turn competitions into International collaboration through educational robotics—a case of RoboCupJunior Dance tournament», in Society for Information Technology & Teacher Education International Conference, 2010, vol. 2010, pp. 4002–4005.
- [2] K. Dautenhahn y A. Billard, «Games children with autism can play with Robota, a humanoid robotic doll», Universal access and assistive technology, pp. 179–190, 2002.
- [3] Robins, K. Dautenhahn, R. T. Boekhorst, y A. Billard, «Robotic assistants in therapy and education of children with autism: can a small humanoid robot help encourage social interaction skills?», Univ Access Inf Soc, vol. 4, n.º 2, pp. 105-120, dic. 2005.
- [4] A. Kay, «Children Learning by Doing: Squeak Etoys on the OLPC XO», Viewpoints Research Institute, Research Note RN-2007-006-a, 2007.
- [5] S. Papert, Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. Basic Books, Inc., 1980.B.
- [6] G. Zabala, R. Morán, y S. Blanco, «Arduino Etoys: a programming platform for Arduino on Physical Etoys», in 1st International Conference on Robotics in Education (RIE 2010), Bratislava, Eslovaquia, 2010.
- [7] H. Steiner "Firmata: Towards making microcontrollers act like extensions of the computer", In Proc. NIME '09, pp. 52--53.
- [8] Takashi Yamamiya, "Skeleton — Easy Simulation System," c5, pp.50-53, Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing (C5'04), 2004.
- [9] R. Müller-Cajar, R. Mukundan, 'Triangulation: A New Algorithm for Inverse Kinematics', Proceedings of Image and Vision Computing New Zealand 2007, pp. 181–186, Hamilton, New Zealand, December 2007.