

Bluebot: Una Propuesta Accesible de Robótica Móvil para Propósitos Didácticos

Jorge Dignani^{1, 3} Rodrigo René Cura¹ Ricardo Coppo²
Renato Mazzanti^{1, 3} Fernando Tidona¹ Francisco Paez¹
Claudio Delrieux⁴

¹ Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco - Sede Puerto Madryn

² Departamento de Ing. Eléctrica y Computadoras - Universidad Nacional del Sur

³ CENPAT - CONICET

⁴ (Autor para correspondencia) Departamento de Ing. Eléctrica y Computadoras - Universidad Nacional del Sur - claudio@acm.org - Parcialmente financiado por la SECyT-UNS

1. Objetivos del Proyecto

La robótica es un tema de importancia central para el desarrollo científico y tecnológico, y sus aplicaciones industriales son innumerables. Por otra parte, el uso de robots como medio didáctico es una alternativa significativa como motivación para materias introductorias y avanzadas en carreras de Informática e Ingeniería Electrónica, y sirve como eje de integración horizontal y vertical de contenidos curriculares.

La robótica móvil es uno de los campos de investigación que mayor auge está teniendo como investigación aplicada. Dentro de este campo consideramos específicamente a los robots móviles teleoperados, que son aquellos cuyos movimientos son comandados a distancia. Estos robots, de uso industrial y militar son usados para ejecutar tareas peligrosas o para acceder a lugares de difícil acceso para los seres humanos (desactivación de bombas, exploraciones submarinas, el interior de centrales nucleares, etc.) Son plataformas de alto costo, imposibles de ser consideradas para una aplicación didáctica.

Este proyecto consiste en el desarrollo de un robot didáctico **bluebot**, con tecnología sencilla y al alcance de las capacidades de una escuela, centro educativo o universidad de recursos limitados. El proyecto incluye la construcción de un robot (hardware) y del soporte informático (software) que permita su manejo por usuarios sin experiencia o formación específica. Mediante técnicas de enseñanza experimental el alumno inicial aprende nociones formales de algoritmo, secuencia y ejecución de autómatas. Para el alumno avanzado de ingeniería y de las carreras de informática el robot proporciona la posibilidad de experimentar en forma práctica con conceptos avanzados como las vistas en las materias de informática teórica y de control automático.

El robot se telecomanda desde una computadora personal y en un futuro se incorporará un sistema de sensado de posición y de velocidad basado en la captura de imágenes provenientes de una cámara digital de bajo costo (tipo webcam). El alumno proporciona instrucciones en

un lenguaje que inicialmente se ha diseñado de bajo nivel aunque se contempla el desarrollo de una gramática libre de contexto de alto nivel en desarrollos futuros.

Uno de los principales objetivos de este proyecto es formar desarrolladores con la capacidad y experiencia para poder definir nuevos sistemas, productos y mercados que utilicen esta tecnología. Existe en el país un gran potencial para desarrollos en robótica, tanto en el contexto industrial como en aplicaciones para la gestión del medio ambiente, por lo que se espera un alto grado de transferencia tecnológica como producto colateral de la formación que puede darse a través de estas experiencias teóricas y prácticas.

Un proyecto de estas características, dado el atractivo social que genera el uso de la tecnología y el muy bajo costo de la misma, es ideal para ser promocionado en colegios y otras instituciones educativas, para fomentar el interés en los estudios universitarios. Ello conseguirá atraer más y mejores alumnos a las carreras técnicas de la universidad patrocinadora, actuando sobre una de las posibles razones por la merma de inscripción registrado en los recientes años.

Por otra parte, el uso de esta tecnología como herramienta de estudio en las materias de las carreras de informática permitirá motivar a los alumnos de las mismas para participar en las asignaturas y así disminuir el índice de deserción, minimizar el tiempo de finalizado de la carrera, y extender las experiencias más allá de lo meramente formal.

El desarrollo es lo suficientemente genérico como para que puedan participar alumnos de diferentes carreras, y diferentes niveles dentro de las mismas, favoreciendo la aplicación de los contenidos de cada materia en la solución de problemas concretos. Esto permite abordar un tema de gran importancia para la formación profesional, como es la integración curricular horizontal y vertical de los contenidos de varias asignaturas, lo cual hace posible que los alumnos comprendan el alcance y utilidad de los diferentes bloques curriculares y mejoren conceptualmente su articulación.

2. Descripción del Hardware

El hardware del sistema completo está compuesto por un vehículo telecomandado, el cual se comunica por enlace radial con un módulo transmisor conectado a la PC. Todos los elementos del hardware, así como los requisitos de software, se caracterizan por ser productos estandar, de bajo costo, y confiabilidad probada.

El robot en sí mismo es un vehículo telecomandado constituido por una plataforma con dos ruedas de tracción delanteras de movimiento independiente, y una rueda trasera de eje giratorio, en una configuración similar a la empleada por un triciclo, pero con rueda giratoria trasera de eje libre. Cada rueda de tracción está fijada directamente al eje de un servomotor de aeromodelismo, el cual fue modificado de servo de posición a servo de velocidad por medio de cambios electrónicos y mecánicos (ver Fig. 1(a)).

Cada motor puede ser comandado independientemente por medio del enlace radial, que codifica desde un *driver* por software la velocidad y dirección de cada uno de los servos. El control lo proporciona un microcontrolador de la familia PIC y un módulo receptor de datos en la banda UHF (Ultra High Frequency) que recibe los comandos transmitidos del sistema de computación personal. El enlace trabaja por modulación OOK y codificación Manchester de

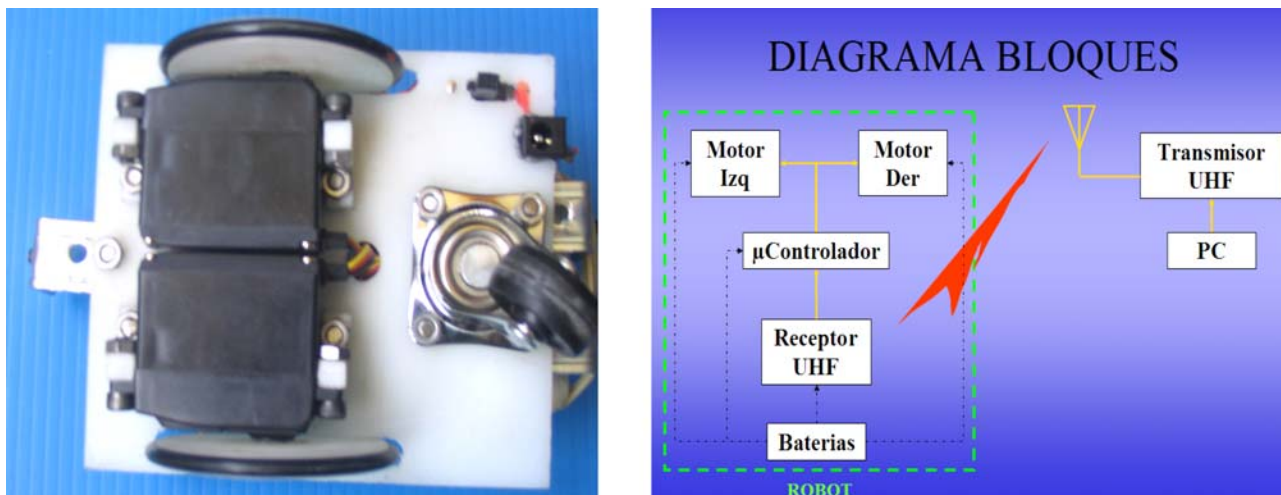


Figura 1: (a) Vista inferior del BlueBot mostrando los servomotores y la rueda trasera de eje giratorio libre, y (b) diagrama en bloques del sistema completo, incluyendo el enlace radial BlueBot-PC.

8 bits. El módulo transmisor se conecta a la PC a través de un puerto USB convencional. El diagrama en bloques del enlace robot-PC se muestra en la Fig. 1(b).

3. Descripción del Software

Para la implementación de un sistema de software de desarrollo para el control del robot se decidió emplear el patrón de diseño típicamente utilizado en los lenguajes de programación basados en un seudoprocesador o intérprete. El seudoprocesador es responsable de la emisión de los comandos específicos requeridos para el robot mientras que presenta un nivel de abstracción aceptable para simplificar su uso por parte del usuario final.

En esta etapa del proyecto el intérprete adopta una arquitectura de máquina de una sola dirección (es decir que todas las operaciones se realizan con la asistencia de un acumulador implícito) y presenta direccionamiento inmediato y directo. Además, como registros de uso interno y auxiliares, posee un puntero de stack, y varios registros que almacenan la posición y estado del robot.

El conjunto de instrucciones incluye operaciones simples de suma, resta, multiplicación y división, algunas operaciones de bifurcación y comandos específicos para el control del robot (rotar, avanzar, detenerse, etc., ver Tabla 1). También se incluyeron metacomandos requeridos para controlar el mecanismo de compilación y ejecución del intérprete.

FWD	Avanzar x unidades de distancia en la dirección actual
BCK	Retroceder x unidades
ROR	Rotar a la derecha x grados
ROL	Rotar a la izquierda x grados
SPD	Fijar la velocidad de avance 1..4

Tabla 1: Instrucciones específicas del robot.

En la Fig. 2(a) se muestra un programa ejemplo para que el robot realice un movimiento en forma de cuadrado a partir de una posición inicial. En la Fig. 2(b) se muestra la estructura

```

BEGIN

SPD  1  ; Velocidad motores = 1

; Instrucciones simples
; para realizar un cuadrado

FWD  4  ; Avanzar 4
ROR  90 ; Giro derecha 90 grados
FWD  4  ; Avanzar 4
ROR  90 ; Giro derecha 90 grados
FWD  4  ; Avanzar 4
ROR  90 ; Giro
FWD  4  ; Avanzar 4
ROR  90 ; Girar

STOP   ; Detener el movimiento
END    ; Fin del programa

```

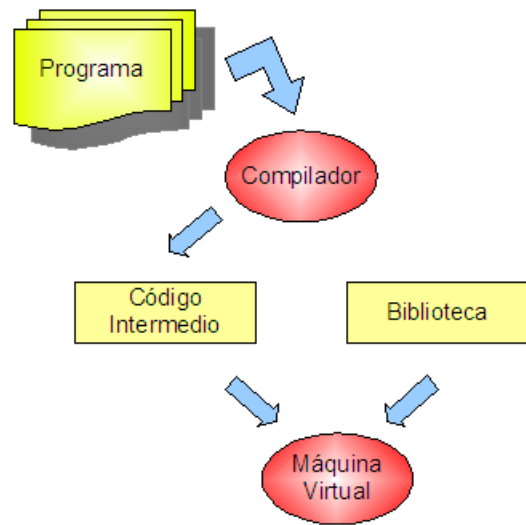


Figura 2: (a) Programa ejemplo, y (b) Compilador y máquina virtual.

del compilador sobre una máquina virtual, que oculta los detalles menores requeridos por el hardware en cada operación. Cada instrucción implica una serie de comandos de activación y desactivación de los servos por determinado tiempo y a determinada velocidad, detalles que son irrelevantes para representar los movimientos con el nivel de abstracción adecuado.

4. Trabajo Futuro

Entre los trabajos que están actualmente en curso o serán iniciados a futuro podemos considerar los siguientes:

- Desarrollo de una segunda capa de software.** El objetivo de esta capa es poder dotar de abstracción y flexibilidad a la programación del robot. Uno de los elementos clave para ello es poder integrar dinámicamente (en tiempo de ejecución) varios comandos de la primera capa en una única instrucción, así como la asignación de diferentes parámetros a una misma secuencia. Para ello será necesario diseñar un ambiente de programación con la capacidad de definir nuevas instrucciones por composición, y comandar su eventual ejecución.
- Integración de una cámara web dentro del sistema de control.** Para esta meta serán utilizadas las técnicas usuales del procesamiento digital de imágenes. En principio, para facilitar la segmentación del robot y los obstáculos dentro del área de trabajo, se planea utilizar diferentes colores para cada objeto. Esto permitirá determinar la posición, orientación y velocidad del robot, así como la ubicación relativa de los obstáculos dentro del área.

- **Desarrollo de una tercera capa de software.** Esta meta propone realimentar la posición del robot y los obstáculos con las instrucciones de la segunda capa de software, permitiendo el desarrollo de un nuevo nivel de abstracción. Este nivel permitirá la formulación de instrucciones que hacen uso específico de los parámetros de posición, orientación y velocidad.
- **Desarrollar ejemplos de aplicación inteligentes.** Este tipo de problemática se estudia en la inteligencia artificial. Específicamente el problema de coordinar secuencias de tareas para lograr el cumplimiento de un objetivo se conoce como planning, y su aplicación a la robótica y a la solución de problemas cinemáticos está bien documentada.
- **Ensamblar varios robots.** Esta etapa solo requiere implementar copias del prototipo para realizar experiencias que posibiliten el análisis de las técnicas de construcción de programas distribuidos como así también de aplicaciones colaborativas en tiempo real.

5. Bibliografía

Fu, González and Lee (1999). Robotics. Mc Graw Hill.

John C. Craig (2002). Introduction to robotics. Addison-Wesley.

John Barrow, Linda Miller, Katherine Malan, and Helene Gelderblom (2005).

Introducing Delphi Programming: Theory through Practice.

Leland L. Beck (1996). System Software: An Introduction to Systems Programming (3rd Edition).

Rafael González and Richard Woods (2002). Digital Image Processing (2nd. ed.). Addison-Wesley

John Russ (1999). The Image Processing Handbook (3rd. Ed.). CRC Press & IEEE Press, Boca Ratón, FL.

Len Bass, Paul Clements, and Rick Kazman (2003). Software Architecture in Practice (2nd Edition) (The SEI Series in Software Engineering).

Stuart Russell and Peter Norvig (1999). Artificial Intelligence, a modern approach (2nd. ed.). Prentice-Hall.

Ivan Bratko (2002). Prolog Programming for Artificial Intelligence.

Phillip C-Y Sheu and Q. Xue (1991). Intelligent Robotic Planning Systems (Series in Robotics and Automated Systems, Vol 3).

Boehm, B.W. (1988). A spiral model for software development and enhancement, IEEE Computer, 21(5), 61-72.

Pfleeger, S.L. (2002). Ingeniería de software, teoría y práctica, Pearson Education S.A.

Martinsanz, G.P, García, J.M (2002). Visión por computador, imágenes digitales y aplicaciones, Editorial Alfaomega, Ra-Ma.

Wainer, G.A. (1997). Sistemas de Tiempo Real, Conceptos y Aplicaciones, Nueva Librería.

Schalkoff, R.J. (1989). Digital Image Processing and Computer Vision, John Wiley & Sons.