

# Control Inercial de Robot con Dispositivos Móviles

Néstor Balich <sup>#1</sup>, Alejandro Cena <sup>\*2</sup>, Alejandro Fransoy <sup>#3</sup>

<sup>#</sup> CAETI - LRF, Universidad Abierta Interamericana  
Av. Montes de Oca 745 - C.A.B.A. - República Argentina

<sup>1</sup> nestor.balich@uai.edu.ar

<sup>2</sup> alejandro.cena@uai.edu.ar

<sup>3</sup> alejandromarcelo.fransoy@alumnos.uai.edu.ar

**Abstract**— The proposal of this job is to investigate about information exchange techniques between mobile devices and robots through wireless environments. Programming techniques and architectural skills have been used to build a mobile software application capable of supporting unidirectional communication through a Wireless Personal Area Network (WPAN) from a cell phone to a multipurpose Robot.

**Resumen**— El trabajo se llevó a cabo con el objeto de profundizar en la investigación y el desarrollo para el envío de datos e información desde dispositivos móviles hacia robots en un contexto inalámbrico. Se han empleado técnicas de programación y arquitectura para movilidad culminando en la implementación de una aplicación móvil capaz de soportar la transmisión unidireccional de mandatos bajo Redes Inalámbricas de Área Personal, sobre un robot multipropósito construido para tal fin (WPAN).

**PALABRAS CLAVE:** Bluetooth, INS, Robot, Windows Phone, Mikrobasic, Inercial, Acelerómetro.

## I. INTRODUCCIÓN

Este documento describe las motivaciones, los fundamentos utilizados para el desarrollo y despliegue de un circuito cerrado de intercomunicación inalámbrica, y las conclusiones finales del trabajo de investigación realizado. El manejo de robots por medios inalámbricos está siendo una tendencia, en donde las implementaciones van desde maniobrabilidad de robots en áreas pequeñas mediante redes de comunicación de corto alcance visuales IR (infrarrojo), radiofrecuencia WiFi y Bluetooth, sonoras y hasta el comando de UAV por medio de ondas satelitales e internet.

## II. LINEAS DE INVESTIGACION Y DE BASE

### A. Características Generales

Motivados por el deseo de trasladar a un ambiente inalámbrico la maniobrabilidad del parque de robots, se han invertido esfuerzos primeramente, en el análisis y diseño de una arquitectura móvil que permita cumplimentar aspectos de flexibilidad y conexión entre teléfonos inteligentes y androides.

La arquitectura presenta las siguientes capas: la referida a la gestión de la conexión P2P entre el dispositivo móvil (maestro) y el robot (esclavo), la capa de interfaz visual para la interacción con el operador, y una referida al procesamiento de datos.

La lectura de los datos de entrada al sistema, léase mandatos al robot, estará principalmente discriminada frente

a dos posibles comportamientos del usuario: se tiene por un lado la entrada de mandatos por medio de controles visuales convencionales, como son botones, cuadros de texto.

Estos son traducidos en eventos capturados por la aplicación, la cual procesa y remite la información correspondiente al dispositivo ya vinculado con anterioridad.

El segundo método para capturar los mandatos tiene que ver con la lectura de información provista por componentes hardware llamados sensores, integrados en un teléfono inteligente, los cuales permiten obtener por ejemplo, movimientos realizados por el usuario, y actuar en consecuencia. Es lo que se conoce como Sistemas de Navegación Inercial (INS por sus siglas en inglés).

Otro aspecto a considerar y de no menor relevancia, es la que remite al establecimiento de la conexión peer to peer entre dos dispositivos Bluetooth, y la consecuente transferencia de datos.

La conexión se logra utilizando librerías de software provistas por el fabricante, las cuales contienen todas las clases software necesarias para poder explotar la totalidad de las características implicadas en la conectividad inalámbrica, interactuando con el hardware de los equipos de forma nativa.

El software del robot se ha diseñado e implementado con la finalidad de poder recibir caracteres ASCII que traducirá en movimientos impulsados por una batería incorporada.

### B. Conceptos

Los sistemas de navegación inercial integrados en los teléfonos inteligentes son en realidad microsensores dentro de un MEMS (Sistemas Microelectromagnéticos). Estos sistemas permiten en un escala nanométrica constituir elementos avanzados, dotando al dispositivo de funcionalidades complejas como son la geolocalización, tracking de movimientos, etc. Entre los sensores más comunes que encontramos en los teléfonos se encuentran el acelerómetro y el giroscopio. Un acelerómetro se encarga de medir la aceleración lineal, si a esta aceleración se la integra una vez se obtiene la velocidad. Por su parte, un giroscopio se encarga de medir la velocidad de giro. Esto es, la cantidad de grados desplazados en un tiempo especificado. Si a esta velocidad la integramos una vez, tendremos como resultado una distancia.

En su conjunto, integrando dos veces, primero la velocidad proporcionada por el acelerómetro y luego ésta última, tendremos hallada la posición.

## C. Software de Base

### C.1 Microsoft Visual Studio 2013

La solución mobile se ha implementado bajo .NET Framework 4.5, con código XAML/C#. La interfaz de usuario se ha logrado por medio de la herramienta de diseño Expression Blend. Para la construcción se utilizó el SDK Windows Phone 8 proporcionada por Microsoft, la cual proporciona las librerías necesarias para la interacción nativa de los componentes integrados en los dispositivos móviles. Paralelamente, el laboratorio se encuentra desarrollando una versión de la aplicación sobre el sistema operativo Android, bajo el lenguaje Python, no obstante, este trabajo se focaliza sobre el desarrollo de Windows Phone.

### C.2 Mikrobasic

Se desarrolló el firmware para nuestro robot AMIGO V2 consistente en un protocolo simple de tracción diferencial. Este nos permite recibir comandos por protocolo 232 que al ser decodificados controlan velocidad, dirección de los motores, control de la interface de realimentación sonora y visual del robot y ejecutar órdenes autónomas.

TABLA I  
CARACTERES DE CONTROL

Send CharASCII	Interface PC Python	Button Mobile	Action
1	K_DOWN	1	Adelante
2	K_UP	2	Atrás
3	K_RIGHT	3	Girar Derecha
4	K_LEFT	4	Girar Izquierda
q	K_f	5	led rojo
w	K_r	6	led azul
e	K_e	7	Enable Robot
t	K_t	8	Sirena
s	K_s	9	Stop
v	K_v	10	Incrementar Velocidad
c	K_c	11	Decrementar Velocidad

## D. Hardware de Base

### D.1 Mobile

El teléfono inteligente utilizado para este trabajo de investigación es un Nokia Lumia 620 (Fig. 1), con Windows Phone 8.0 como sistema operativo, integrando un módulo de Bluetooth.



Fig. 1. Nokia Lumia 620.

### D.2 Robot

Se utilizó un robot AMIGO V2 desarrollado para experimentación con tracción diferencial y una placa de control PRIMARIO V2.1 basada en microcontrolador PIC16F873. La misma posee una interface RS232 que nos permitió conectarla de manera transparente a un modulo bluetooth Hc07 Uart Ttl que nos permitió utilizar el protocolo de control programado en mikrobasic descrito en la sección anterior y alternar entre control por cable serie y bluetooth (Fig. 2).

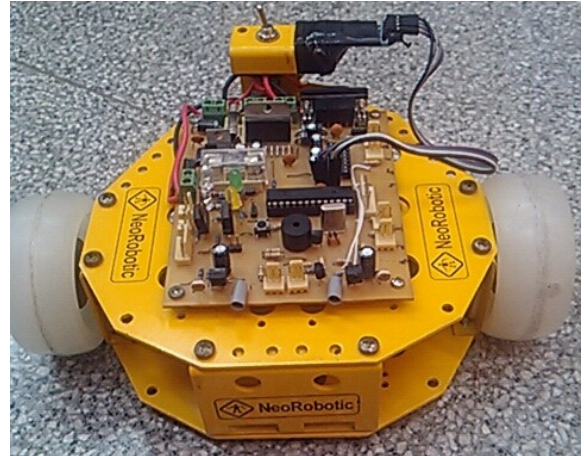


Fig. 2. Robot propio AMIGO V2

## E. Antecedentes

Este trabajo es una continuación de un proyecto anterior "Robot Seguidor de Patrones Visuales" trabajo con mención en el certamen de trabajos estudiantiles CIITI TE 2011 [9] (Fig 3). Consistente en un robot seguidor de rostros controlado por una PC en forma alámbrica por protocolo RS232. Desarrollado con Python y la librería grafica OpenCV. La contribución del actual proyecto fue desvincular físicamente el robot a través de una conexión inalámbrica, mejorar la placa controladora del robot y por ultimo independizarnos de una PC de escritorio incursionando en la programación para dispositivos celulares al mismo tiempo de seguir la línea de investigación de interfaces HRI de forma natural (control inercial) reemplazando al control visual.



Fig 3. CIITI TE 2011

### III. ARQUITECTURA MÓVIL

La arquitectura de la solución móvil involucra un patrón MVC. Esto permite capturar los movimientos del usuario, cualquiera fuese el modo en que éstos hayan sido originados, y poder actuar en consecuencia, transmitiendo los mandatos a su par de conexión.

La aplicación consta de una interfaz de usuario capaz de permitir establecer la configuración deseada con la cual basar la traducción de impulsos del operador hacia mandatos en código ASCII para ser interpretados por el robot. Dichas configuraciones serán persistidas en la memoria de aislamiento que la plataforma móvil asigna a la aplicación dentro de cada dispositivo. De este modo, podrá ser accedida y alterada a petición del usuario, por ejemplo para cambiar entre configuraciones de distintos androides.

### IV. NAVEGACIÓN INERCIAL

Para poder reaccionar a los movimientos del usuario, se debe hacer uso de los sensores del dispositivo.

Las plataformas móviles proporcionan librerías para interactuar con estos elementos hardware.

Los movimientos del acelerómetro se capturan en cada uno de los ejes X, Y, Z. Estos datos son gestionados por la clase *Accelerometer* de .NET.

Cuando el teléfono móvil es trasladado sobre sus ejes, un evento es producido, permitiendo ser capturado y poder efectuar las correspondientes lecturas relativas a la fluctuación de los valores que van tomando cada uno de ellos.

La maniobrabilidad del robot basada en un lenguaje gestual por parte del operador del dispositivo móvil, dota al sistema de una flexibilidad potencialmente favorable para la rápida asimilación de esta interacción con el robot. El usuario puede sacar provecho de esta metodología para iniciar maniobras de manera ágil, con gran fluidez y naturalidad realimentado por una interface táctil o representativa del movimiento inercial (Fig. 4).

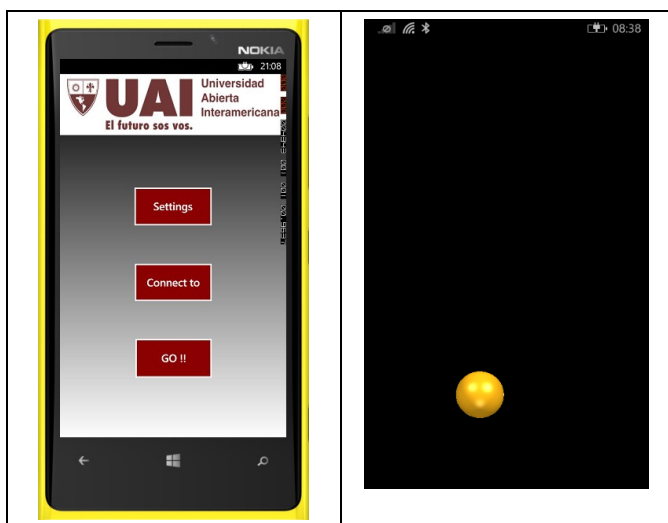


Fig. 4. ScreenShot del menú principal de la aplicación.

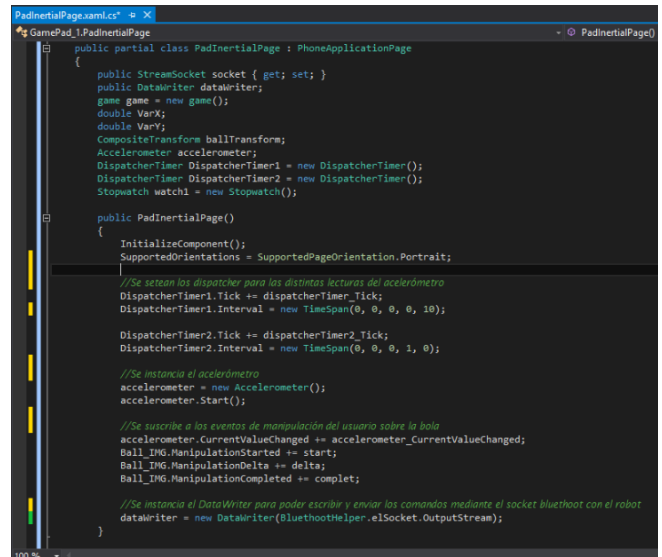


Fig.5. Extracto de código control inercial.

### V. CONECTIVIDAD

La transmisión de mandatos al robot se basa en una comunicación P2P en la banda ISM de los 2,4Ghz, bajo una WPAN (Red Inalámbrica de Área Personal).

Para llevar a cabo esta implementación se ha utilizado la API *Peer Finder* de Microsoft, la cual es compatible con Windows Phone 8. Esta clase permite detectar otra instancia Bluetooth en un dispositivo próximo y crear una conexión de socket entre las aplicaciones del mismo nivel. Una vez iniciada la exploración Bluetooth, se está en condiciones de establecer la conexión asíncrona mediante socket con un robot en descubierto y a continuación, se habilita la transferencia de datos.

### VI. CONCLUSIONES

Aplicaciones móviles para la transmisión de mandatos a robots permiten el envío de caracteres en formato plano por tecnología Bluetooth, estableciendo de esta manera las bases para una prometedora interrelación entre la robótica y la tecnología móvil.

El uso de sistemas de navegación inercial para la maniobrabilidad de robots representa un medio atractivo para acercar la tecnología a niños y ancianos, afianzando en muchos casos el vínculo de estos sectores demográficos con la tecnología moderna.

Es necesario hacer mención de las posibilidades que surgen a partir de esta investigación, como es la de utilizar una red WiFi para la conexión simultánea de varios robots, permitiendo la coordinación y la ejecución de mandatos en forma colectiva.

Existen ambientes especiales en donde las ventajas del manejo de androides de forma remota pueden ser desde ya relevantes. Un ejemplo es la maniobra de robots remotamente para inspecciones y manipulación de objetos

considerados peligrosos en ambientes particulares, militares o de salud.

La incorporación de cámaras web en los robots y un visor en el equipo celular, podría permitir tener un panorama más preciso de la visión del androide, lo que ayudaría sin duda a aumentar las distancias entre ambos actores del circuito, permitiendo aún mayor flexibilidad al sistema.

#### RECONOCIMIENTOS

Deseamos agradecer a la Universidad Abierta Interamericana, al Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática, Dr. Marcelo DeVincenzi y Dra. Claudia Pons por apoyar el trabajo realizado por alumnos, pasantes e investigadores del LRF (Laboratorio de Robótica Física - UAI) en difundir nuestros trabajos de investigación y transferencia tecnológica focalizada en el área de robótica educativa.

#### REFERENCIAS

- [1] Dra. Susana Ortega Cisneros, *"Las nuevas tecnologías de Sistemas Microelectromagnéticos (MEMS) en la vida diaria"*, CINVESTAV. May 2011.
- [2] Josué Yeray, Rafael Serna and Ibón Landa, *"Desarrollo en Windows 8 y Windows Phone 8 con XAML y C#"*, Krasis Press, pp. 550, 2013.
- [3] MSDN Library. (2014). [En línea]. Disponible en: <http://msdn.microsoft.com/library>.
- [4] Mg. Ing. Néstor Adrián Balich, *"Robot Físicos Colaborativos MSL"*, CAFR2005. Jun 2005.
- [5] Mg. Ing. Néstor Adrián Balich, *"Construcción de robots autónomos colaborativos"*, Tesis de Maestría - Universidad Abierta Interamericana. Dec 2009.
- [6] Pérez Arreguín Jorge Israel, Tovar Arriaga Saúl, Ubaldo Giovanni Villaseñor Carrillo, Gorrostieta Hurtado Efrén, Pedraza Ortega Jesús Carlos, Vargas Soto José Emilio, Ramos Arreguín Juan Manuel y Sotomayor Olmedo Artemio, *"Robot Móvil de Tracción Diferencial con Plataforma de Control Modular para Investigación y Desarrollo Ágil de Proyectos"*, 10º Congreso Nacional de Mecatrónica - Puerto Vallarta, Jalisco - Nov 3 y 4, 2011.
- [6] Claudia Queiruga, Claudia Banchoff Tzancoff, Fernando López- "RemoteBot: una Aplicación que Combina Robots y Dispositivos Móviles" LINTI/Facultad de Informática/Universidad Nacional de La Plata – XV Workshop de investigadores en ciencias de la computación – Entre Ríos Argentina 2013.
- [7] Kunal Borker - Rohan Gaikwad – "Wireless Controlled Surveillance Robot" - International Journal of Advance Research in Computer Science and Management - Studies ISSN: 2321-7782 - February 2014.
- [8] Chih-Yen Chen. Yung-Hsiang Chen, Chun.Fun Lin, Chun-Jen Weng, Hung-Chun Chien – "A Review of Ubiquitous Mobile Sensing Based on Smartphones" - AUSMT - Published on line 1 March 2014
- [9] Cena Alejandro - Laura Carreras Tutor Ing. Néstor Balich – "Robot Seguidor de Patronos Visuales" - Certamen trabajos estudiantiles, Congreso Internacional en Innovación en tecnología informática CIITI TE 2011 - UAI - Bs As CABA <https://www.youtube.com/watch?v=qNvuejtC0z0>