

# Avances en robótica situada aplica a la navegaciones autónoma de cuadricópteros

Emiliano Lorusso, Diego Avila; Sofía Fasce, Gustavo Pereira, Norberto Mazza, Ierache Jorge

ISIER, Facultad de Informática Ciencias de la Comunicación y Técnicas  
Especiales Universidad de Morón  
Cabildo 134 Morón, Argentina  
jierache@unimoron.edu.ar

## Resumen

En este artículo se presentan la línea de investigación relacionada con el vuelo autónomo de un cuadricóptero, empleando un sistema de visión externa en el contexto de la robótica situada. En este orden se utiliza el mencionado sistema de visión para capturar el ambiente de actuación, conformado por cuatro puntos o checkpoint que el dron debe sobrevolar en forma autónoma.

**Palabras claves:** Robótica Situada, Robots Autónomos, Sistema de Visión, Navegación, Cuadricoptero, Drone

## Contexto

El proyecto de desarrolla en el marco de investigación de grado, se radica en el Instituto de Sistema Inteligentes y Enseñanza experimental de la robótica de la FICCTE UM, en cooperación con la cátedra de Sistemas Inteligentes.

## Introducción

El uso de drones para realizar diferentes tipos de tareas es de especial interés en la en la robótica autónoma. Se requiere una cantidad de parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de moverse por el ambiente, así como también sus grados de libertad. Inicialmente se desarrolló un ambiente de robótica situado, en este campo se

encuentran distintas aplicaciones y competencias, como lo es el fútbol de robots, correspondiente a categorías físicas que reciben el ambiente del campo de juego desde una cámara suspendida. Un ejemplo que se puede mencionar es la categoría F-180 de Robocup [1]. La investigación plantea como problema la generación de un ambiente de robótica situada utilizando vehículos aéreos (drones), considerando el control autónomo de los mismos a partir de información del ambiente provista por una cámara suspendida y la utilización de diferentes sensores disponibles en el dron.

El modelo del ambiente de navegación utilizado en las pruebas de vuelo se representa en la Fig. 1. Se observa un campo de vuelo de 3 metros por 2 metros, definido por el ángulo de visión de la cámara, y ésta colocada en el centro del campo a 4 metros de altura. Dentro del campo, se situaron cuatro objetivos a alcanzar por el vehículo, que serán identificados a través del análisis de la imagen capturada por la cámara, de colores diferentes e irrepetibles. El checkpoint "A" de color amarillo; el checkpoint "B" de color verde; el checkpoint "C" de color naranja; y el checkpoint "D" de color negro. Todos los objetos identificables, son únicos dentro del ambiente para lograr un correcto

reconocimiento de los mismos.

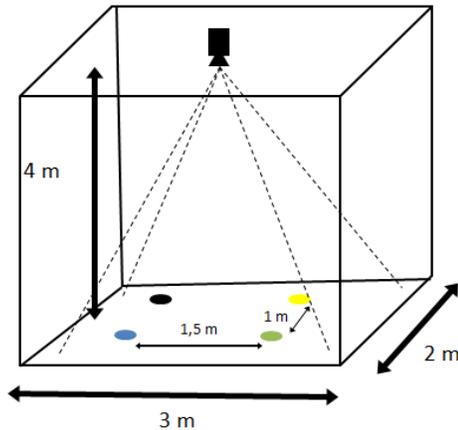


Fig. 1. Ambiente utilizado.

El control del dron se realiza mediante el análisis del video proveniente de la cámara suspendida, corrigiendo la trayectoria del mismo para mantenerlo estable. Se utilizó inicialmente un robot desarrollado por un grupo originario de Suecia, llamado CrazyFlie [2], que brindaba todas las herramientas necesarias para desarrollar y experimentar. Dentro de los parámetros que brinda el robot se encuentran: los ángulos de cabeceo (pitch), balanceo (roll) y guiñada (yaw). El desarrollo se hizo en el lenguaje C++, utilizando una librería llamada libcflie [3] necesaria para conectarse con el cuadricóptero, OpenCV [4] y un entorno Linux (Ubuntu 12.04). En la Fig. 2 se muestra una imagen del dron con un parche de color para su identificación.



Fig. 2. Cuadricóptero con identificación de color

Actualmente se trabaja con un robot ARDrone, de la empresa Parrot [5]. En la Fig. 3, se muestra la navegación del mismo sobre los checkpoint



Fig. 3 ARDrone ejecutando el recorrido correspondiente

El software desarrollado se encarga de controlar el dron y analizar el video, crea dos hilos de ejecución que comparten una porción de memoria permitiendo enviar mensajes entre ellos. Cada uno tiene un comportamiento diferente: el primero, se encarga de realizar el análisis del video proveniente de la cámara suspendida, y el segundo, se encarga de interpretar los datos obtenidos en el primer hilo y enviar las señales necesarias al dron para alcanzar el checkpoint. En la Fig. 4 se observa un diagrama general del software desarrollado. Se pueden ver los dos hilos de ejecución, correspondientes al video y al control del dron, y los datos compartidos a través de los cuales se envían información. Además, se puede ver cómo estos hilos se comunican con la cámara de video, la interfaz gráfica, y el dron respectivamente. Por otro lado, se desarrolló una interfaz que permite visualizar el análisis del video proveniente de la cámara y los valores resultantes luego de aplicar el algoritmo PID [6], a las variables cabeceo y balanceo del cuadricóptero.

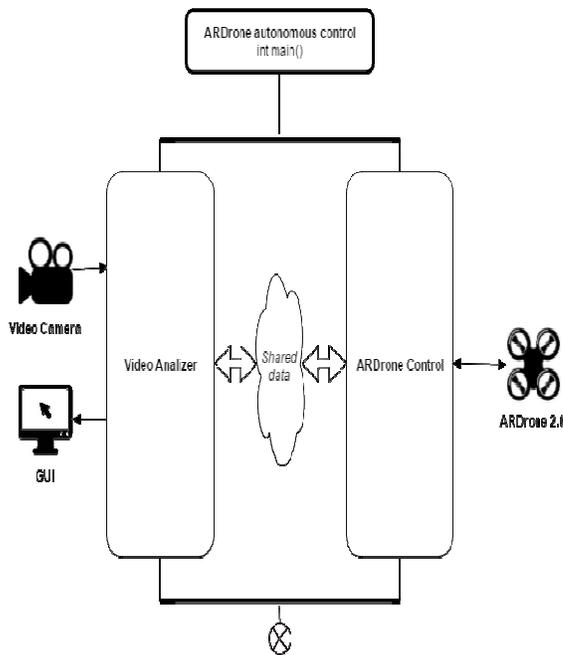


Fig. 4 Diagrama general del software desarrollado.

## Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Las líneas de investigación se concentran en:

### Sistemas de Visión para el desarrollo de la robótica situada aplicada a drones (cuadricópteros).

Implementación de sistemas de visión en tiempo real utilizando algoritmos de reconocimientos de imágenes para la detección de elementos situados en el ambiente. De esta manera se tiene total conocimiento de las posiciones de los objetos, pudiendo tomar decisiones sobre ellos.

### Mecanismos de Navegación Autónomos de cuadricópteros en el contexto de robótica situada.

Se concentra el trabajo en el cálculo de los recorridos a realizar por el cuadricóptero [7], [8]; y la utilización de algoritmos como lo es el PID

(Proportional, Integral, Derivative), para la corrección de los errores propios del traslado del vehículo, a fin de lograr un vuelo autónomo, fluido y estable dentro del ambiente.

### Mecanismos de Navegación Híbridos de cuadricópteros en el contexto de la robótica situada con el empleo de sensor de velocidad.

Esta línea se concentra en el desarrollo de navegación híbrida [9] basada en la utilización del sistema de visión externa junto con los sensores provistos por el dron (sensor de velocidad), logrando así tener mayor control sobre las variables que afectan al vuelo.

### Ambiente de robótica situada aplicada a drones.

Esta línea de trabajo se concentra en el desarrollo de una herramienta que brinde el ambiente, la posición del dron, la posición de los checkpoint, permitiendo a un tercero incluir sus mecanismos de navegación. De esta forma se puede generar un ambiente de competencia de robótica situada aplicada a drones.

## Resultados y Objetivos

Inicialmente se realizaron pruebas de vuelo donde el cuadricóptero debía sobrevolar los checkpoint establecidos en un circuito. Se documentó el tiempo que le llevaba al dron completar el circuito, y estos se compararon con el tiempo ideal en el que debía completar el mismo.

Los resultados para las pruebas mencionadas de navegación en relación a una navegación de vuelo ideal dieron una diferencia del orden del 14 % en función de la comparación de tiempos

de navegación para que el dron efectúe la navegación cruzando los cuatro checkpoint del ambiente de prueba. [7], [8] y un vuelo ideal considerando su velocidad constante. El principal desvío sucede a la hora del despegue, entre que el robot se desprende del suelo y acondiciona su vuelo hacia el primer checkpoint.

Luego cuando se comenzó a experimentar con el cuadricóptero ARDrone se realizaron dos conjuntos de pruebas, en ambos casos el dron debía cumplir con un circuito establecido. El primer conjunto de pruebas se basaba en un modelo de vuelo exclusivamente de visión, ya que la misma se utilizaba tanto como para localizar los objetos dentro del ambiente, como para calcular la velocidad de vuelo. Al segundo conjunto de pruebas lo denominamos híbrido, ya que en este caso, para el obtener la velocidad se utilizaba el sensor propio del cuadricóptero. Inicialmente este modelo híbrido no se podía realizar ya que el dron CrazyFlie no tenía este tipo de sensores.

En la utilización de vehículos aéreos en el contexto de la robótica situada y autónoma, es imprescindible la utilización de una mecánica de vuelo que brinde cierta fluidez para moverse dentro del ambiente, y la mayor cantidad de datos respecto del estado del vehículo y del contexto. Estas dos características fundamentales, se consiguen no sólo realizando un análisis del video proveniente de la cámara suspendida, sino también mediante la utilización de todos los sensores de los que disponga el robot a utilizar. Se demuestra experimentalmente en la duración del tiempo de vuelo del dron, para la realización de los dos patrones de vuelo una diferencia promedio del 20% entre un modelo híbrido al aplicar la velocidad del dron y la determinación de posición del mismo

por el sistema de visión, frente a un modelo centrado en la visión desde el cual se determina además de la posición la velocidad. Esto es así ya que los datos obtenidos a través de los sensores del cuadricóptero en comparación con los obtenidos mediante el análisis del video son más precisos.

En el contexto de las futuras líneas de trabajo se explora la posibilidad de realizar la conexión del cuadricóptero con una interface cerebro-computadora (BMI) EmotiveEpoC. [10], [11]. Teniendo esta conexión se podrá controlar los movimientos del cuadricóptero por medio de bioseñales, enviando al mismo distintos comandos de control. Fusionando estas dos tecnologías se logrará realizar diversas acciones como lo son, seleccionar los checkpoints a sobrevolar según estímulos de bioseñales o mover el cuadricóptero hacia la dirección pensada.

## **Formación de Recursos Humanos**

El equipo de trabajo se conforma de un investigador formado, dos investigadores en formación y tres investigadores estudiantes de la carrera de ingeniería informática. Se relacionan con las líneas de investigación tres tesis próximas a defender

## **Referencias**

1. Robocup, [http://wiki.robocup.org/wiki/Small\\_Size\\_League](http://wiki.robocup.org/wiki/Small_Size_League)
2. Bitcraze AB, <http://www.bitcraze.se>
3. Crazyflie Nano C++ Client Library, <https://github.com/fairlight1337/libcflie>
4. OpenCV, <http://opencv.org/>

5. ARDrone 2.0 de Parrot,  
<http://ardrone2.parrot.com/>

6. Jinghua Zhong. PID Controller Tuning: A short tutorial. Purdue University, 2006.

<http://saba.kntu.ac.ir/eecd/pcl/download/PIDtutorial.pdf>

7. Ávila, D. Lorusso, E. Fasce, S. Ierache, J.: Robótica situada aplicada al control de vehículos aéreos. CACIC 2014. <http://hdl.handle.net/10915/42255>

8. Ávila, Diego, Lorusso, Emiliano, Fasce, Sofia, Pereira, Gustavo, Ierache, Jorge Salvador. Experiencias en el control de un Drone en el contexto de la robótica situada. Jornadas Argentinas de Tecnología, Innovación y Creatividad JATIC Mar del Plata Noviembre 2015 ISBN 978-987-23963-2-9.

9. Sofia Fasce, Diego E. Ávila, Emiliano Lorusso, Gustavo Pereira, Jorge Ierache “Autonomous control of a Drone in the context of Situated Robotics”. Robot Intelligence Technology and Applications 4 Serie Advances in Intelligent Systems and Computing of Springer. (En prensa)

10 Navigation Control of a Robot from a remote location via the Internet using Brain-Machine Interface Ierache Jorge, Pereira Gustavo, Iriibarren Juan; Robot Intelligence Technology and Applications 2. : Springer. 2014. p - 297-310. ISBN: 978-3-319-05581

11. Ierache Jorge, Pereira Gustavo, Iriibarren Juan, Sattolo Iris, “Robot Control on the Basis of Bio-electrical Signals”, Robot Intelligence Technology and Applications, Series Advances in Intelligent and Soft Computing of Springer. ISBN: 978-3-642-37373-2 (Print) 978-3-642-37374-9 (Online), pp 337-346, Volumen 208, 2013.