

Diseño de arquitectura robótica biológicamente inspirada

Gabriela I. Ibarra Fierro, Edgar A. Martínez García, y Ricardo Rodríguez Jorge

Resumen— Este documento describe el diseño de arquitectura robótica para la navegación de un ornitóptero, capaz de procesar información que le permite resolver problemas de vuelo en tiempo real. Además, logra aplicar dichos conocimientos adquiridos a situaciones nuevas. El ornitóptero fue bio-inspirado en un albatros para su diseño aerodinámico, brindándole la ventaja de sustentarse en el aire por periodos de tiempo más largos. El selector de comportamientos está basado en tres tipos de comportamientos: navegación hacia la meta, evasión de obstáculos y, el aterrizaje. Para el diseño del selector de comportamientos se emplearon técnicas de inhibición y supresión, los cuales se basaron en sumas vectoriales y redes neuronales.

Index Terms—Ornitóptero, albatros, navegación, arquitectura reactiva, comportamientos.

1 INTRODUCTION

LOS avances de la robótica han permitido que el desempeño de los robots sea cada vez más eficiente. Sin embargo, aún se sigue trabajando en el desarrollo de robots que tengan la capacidad de funcionar de manera completamente autónoma. Cuando un robot puede ejecutar con autonomía determinadas tareas en entornos dinámicos, se considera un robot inteligente. La creación de robots inteligentes implica el diseño de una estructura mecánica articulada, la elección de los sistemas sensoriales adecuados y de los sistemas efectores [1]. Es por ello que el hombre ha encontrado en la naturaleza, especialmente en los animales, una gran fuente de inspiración para el desarrollo de robots inteligentes [2].

La naturaleza funciona de forma casi perfecta, y es que simplemente en el mundo natural, el concepto de desperdicio no existe como tal. Pues los residuos generados son el sustento de otros, logrando que todo sea aprovechado. Por esta razón, la inspiración biológica ha logrado un gran auge con medida en que la tecnología ha ido evolucionando. Su éxito se debe a las grandes innovaciones tecnológicas desarrolladas [3]. La robótica inspirada en la naturaleza toma más fuerza debido al gran impacto que ha tenido en la resolución de problemas robóticos tradicionales [4].

Los ornitópteros son máquinas en forma de ave con la capacidad de volar emulando la biomecánica de vuelo biológico. Los cuales cuentan con múltiples aplicaciones debido a su rendimiento aerodinámico y al diseño de su

mecanismo de aleteo y direccionamiento [5]. El diseño de la arquitectura robótica juega un papel muy importante en el desarrollo de este tipo de tecnología. Debido a que en la arquitectura se definen los comportamientos del robot según la percepción del ambiente en el que interactúa. Los comportamientos deben de estar coordinados para lograr alcanzar los objetivos establecidos como llegar a una meta o evadir obstáculos. Esto quiere decir que, mediante un selector de comportamientos el ornitóptero es capaz de decidir qué acciones tomar en función a lo que está sensando. La sinergia de la arquitectura robótica con el selector de comportamientos da como resultado un ornitóptero capaz de recibir, elaborar e interpretar la información proveniente de su entorno para lograr una navegación autónoma eficiente.

En el futuro las máquinas con autonomía e inteligencia serán parte de nuestra vida cotidiana. Estará en tendencia la tecnología de diferentes tipos de ornitópteros autónomos interactuando en el espacio aéreo realizando múltiples funciones para servicios e interacción con los humanos. La integración de la tecnología de ornitópteros a la sociedad transformará la forma en que vivimos y nos desenvolvemos en el mundo [6]. Los ornitópteros autónomos tendrán la capacidad de transportar mercancía, sustituyendo a otros medios terrestres, marítimos, y/o aéreos en entornos locales o regionales encargados de entregar paquetería. Existe la posibilidad futura de que sean utilizados como máquinas con dispositivos de multi-comunicación orbitante. Los ornitópteros estarán en la atmósfera proporcionando diversas fuentes de canales de comunicación para proveer múltiples ventajas a los usuarios.

Los ornitópteros también serán empleados como tecnología de estudio biológico para la observación de vida silvestre. Debido a su morfología, los ornitópteros podrán interactuar y desenvolverse en entornos peligrosos para el

- Gabriela I. Ibarra Fierro maestrante en *Cómputo Aplicado del Departamento de Eléctrica y Computación en la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. E-mail: gabriela.idali.ibarra@gmail.com.
- Dr. Edgar A. Martínez García (PhD Eng) profesor investigador en el *Instituto de Ingeniería y Tecnología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*. E-mail: edmartin@uacj.mx.
- Dr. Ricardo Rodríguez Jorge (PhD) profesor investigador en el *Instituto de*

exploración espacial, ya que los ornitópteros podrán realizar estudios con mayor precisión del suelo y de la atmósfera en otros planetas. Con la ventaja de mantenerse por jornadas de trabajo extensas y de autorecuperación de fallos en eventos inesperados [6].

Los ornitópteros como muchas otras tecnologías emergentes transformarán la forma y el paradigma de cómo se diseñan los vehículos aéreos no tripulados (UAVs). Pero para lograr que se efectuó un vuelo de forma óptima, es necesario proveerlos de comportamientos inteligentes. La navegación autónoma es uno de los objetivos más deseados en la creación de este tipo de tecnología y que a su vez representan mayores desafíos.

El objetivo del trabajo es diseñar la arquitectura robótica de un ornitóptero con selector automático de comportamientos. La arquitectura robótica propuesta fue bio-inspirada en la naturaleza de un albatros, con tres tipos de comportamientos de vuelo: navegación hacia una meta, evasión de obstáculos, y el comportamiento de aterrizaje. Se planteó el modelo selector de comportamiento, encargado de que el robot cumpla con sus objetivos. Además, se presentan resultados de navegación a nivel de modelación numérica, donde se muestra la capacidad de autonomía del vuelo.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los desafíos que envuelven a los vehículos aéreos no tripulados es la navegación autónoma. Particularmente, cuando se realizan exploraciones en entornos desconocidos en los cuales no se cuenta con el trazo de una trayectoria segura. A pesar de tratarse de robots aéreos, las posibilidades de colisionar con obstáculos inesperados existen. Bajo estas circunstancias se resalta que la importancia que tienen los comportamientos biológicos reactivos en la navegación es considerablemente alta.

Sin embargo, en la navegación autónoma también se involucra la estructura del robot. Cuando un ornitóptero no tiene alta eficiencia y desempeño motriz, los riesgos de colisionar serán mayores, pues no existe control en sus movimientos, dando como resultado un vehículo aéreo no tripulado ineficiente. Propiedades tales como el tamaño corporal, la masa, las proporciones de las extremidades, la velocidad con la que se desplazan y el comportamiento al caminar son objeto de estudio a la hora de determinar puntos de referencia anatómicos, tales como las articulaciones, los ligamentos, y demás características de la estructura ósea animal [7].

Como antecedentes a este proyecto se tiene como principal referencia el trabajo de tesis [8], en donde se diseñó y se construyó un ornitóptero inspirado en un albatros. Por otra parte, en los trabajos de [2] y [7] se diseñaron robots biológicamente inspirados, los cuales

capacidad de realizar una amplia variedad de comportamientos, permitiéndonos así visualizar cuales son las mejoras necesarias para un robot móvil aéreo. Otro trabajo de inspiración biológica, lo encontramos en [6], donde se diseñó e implementó un ornitóptero con la capacidad maniobrar alrededor y sobre obstáculos en diferentes escenarios. Como se menciona, la navegación autónoma representa un gran desafío. En [9], se realizó un modelo de control en tres niveles para poder tener una navegación inteligente en un entorno dinámico.

De los trabajos investigados, pocos son los trabajos en los que presenta una navegación completamente autónoma puesto que la mayoría de los ornitópteros son tele operados. En los trabajos donde se proponen ornitópteros con navegación autónoma aún existen fallas durante la navegación y, esto sucede principalmente cuando el robot se encuentra en entornos dinámicos.

3 PROPOSTA DE SOLUCIÓN

Esta investigación pretende diseñar y simular un ornitóptero con un modelo diferencial para la navegación autónoma. El ornitóptero estará biológicamente inspirado en un albatros, del cual se tomará como referencia su morfología para el diseño del mecanismo del aleteo y direccionamiento, así como el diseño del sistema motriz para la transferencia de energía entre las alas y el timón. Además, su diseño le permitirá sustentarse en el aire por periodos de tiempo más largos.

El ornitóptero será capaz de procesar información, que le permitirá resolver problemas en tiempo real y a su vez aplicarlos a situaciones nuevas. Esto gracias a la integración sensorial, a los actuadores y, al selector de comportamientos con la cual contará el ornitóptero para su eficiente navegación autónoma.

4 MODELACIÓN

Como herramienta de apoyo para modelar la estructura del proyecto, se realizó la representación en UML (Figura 1). Con el objetivo de visualizar, especificar, construir y documentar las especificaciones de todas las decisiones del análisis, diseño e implementación que deben realizarse al desarrollar el proyecto de tesis. De esta manera se proporciona una mejor comprensión de la tesis.

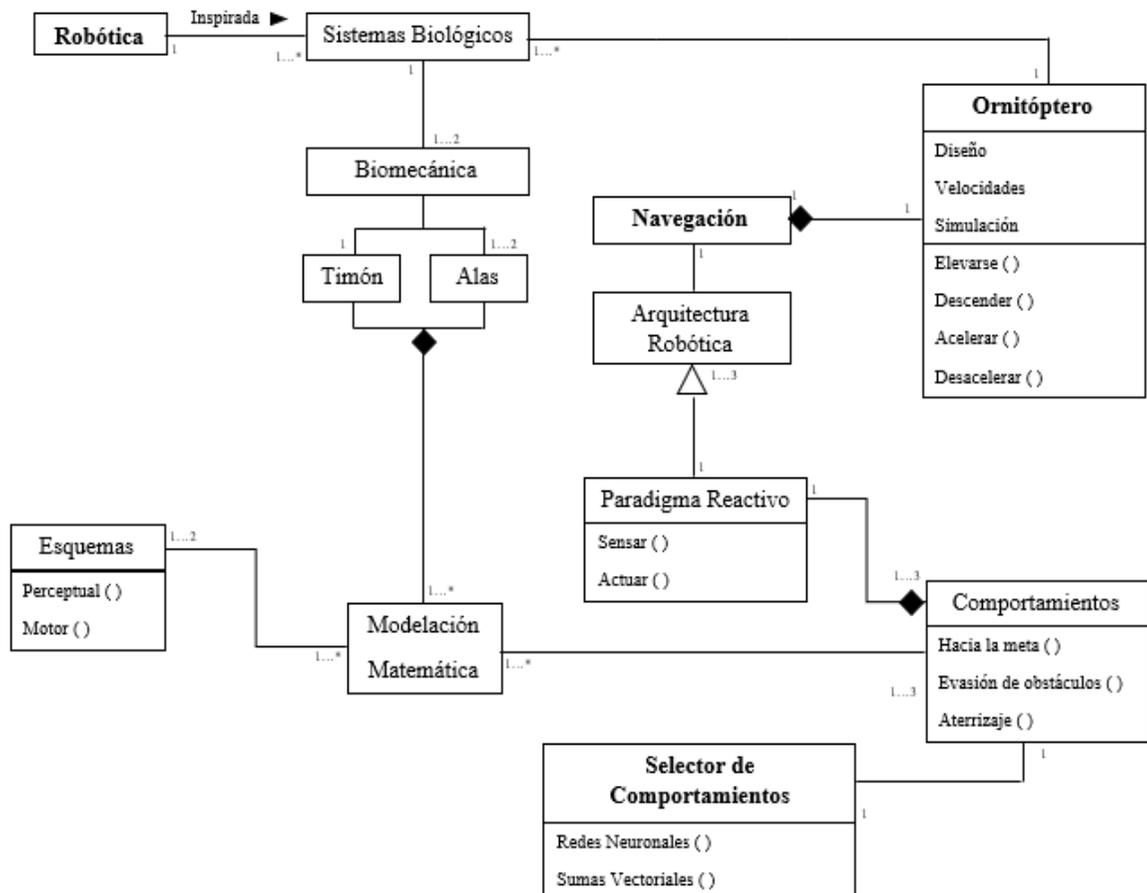


Figura 1. Representación UML del protocolo de tesis.

REFERENCIAS

- [1] C. Stanton and M. Williams, "Robotics: State of the Art and Future Challenges", *Journal of Artificial Intelligence*, vol. 172, no. 18, pp. 1967-1972, 2008.
- [2] E. S. Fortune and N. J. Cowan, "Robot Behavior", Elsevier Preprint, Johns Hopkins University, Baltimore, MD, USA, pp. 87 -90, 2010.
- [3] H. Poor, "A Hypertext History of Multiuser Dimensions," *MUD History*, <http://www.ccs.neu.edu/home/pb/mud-history.html>. 1986. (URL link *include year)
- [4] E. Martínez García, S. Kurutaa, R. Mohan. and R. Ambrosio-Lazaro, "Towards Bio-Inspired Chromatic Behaviours in Surveillance Robots", *Robotics MDPI*, vol. 5, no. 4, pp. 1-15, September 2016.
- [5] J. Dietl and E. Garcia, "Ornithopter Optimal Trajectory Control", *Journal of Aerospace Science and Technology*, vol. 26, pp. 192-199, 2013.
- [6] B. Baggaley, D. Howlett, F. Murphy and J. Rae McKenna, "Ornithopter: Flapping Wings Robot", Worcester Polytechnic Institute, pp. 1-78, 2016.
- [7] R. C. Arkin, K. Ali, A. Weitzenfeld and F. Cervantes, "Behavioral Models of the Praying Mantis as a Basis for Robotic Behavior",

Ornitóptero Subactuado", Thesis, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México, 2018.

- [9] R. Arkin, "Integrating Behavioral, Perceptual, and World Knowledge in Reactive Navigation", *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 6, no. 1, pp. 105-122, 1990.

Gabriela I. Ibarra Fierro egresada de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez del programa Ingeniería en Mecatrónica. Actualmente estudiante de la Maestría de Cómputo Aplicado en el Departamento de Eléctrica y Computación en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ.

Dr. Edgar A. Martínez García (Ph. D.) profesor investigador de tiempo completo en el Instituto de Ingeniería y Tecnología, UACJ desde 2007. Por 9 años consecutivos ha sido nivel-1 en el Sistema Nacional de Investigadores de Conacyt. Las cátedras académicas que imparte o ha impartido son: Robótica, Sistemas de Visión, Modelado y Control de Robots, Computación Científica, y Sensores y Actuadores.

Dr. Ricardo Rodríguez Jorge (Ph. D.) recibió su Ph.D. del Departamento de Instrumentación e Ingeniería de Control de la Universidad Técnica Checa en Praga, Facultad de Ingeniería Mecánica en 2012. Es investigador en el Departamento de Ingeniería Industrial y de Manufactura, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México. Sus intereses de investigación se centran en la predicción de series de tiempo, procesamiento de señales, redes neuronales artificiales. sistemas de control adaptativo.