

# Redes de Sensores, Robots Móviles y Simulación en Sistemas de Tiempo Real

Fernando Romero<sup>1</sup>, Diego Encinas<sup>1</sup>, Armando De Giusti<sup>1,2</sup>, Santiago Medina<sup>1</sup>, Martín Pi Puig<sup>1</sup>, Horacio Villagarcía<sup>1,3</sup>, Juan Manuel Paniego<sup>1</sup>, Fernando G. Tinetti<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)<sup>3</sup>

Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata – Centro Asociado CIC

<sup>2</sup>CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

<sup>3</sup>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

{fromero, dencinas, degiusti, smedina, mpipuig, hvw, jmpaniego, fernando}@lidi.info.unlp.edu.ar

## Resumen

Esta línea de investigación trata sobre Sistemas de Tiempo Real. Dentro de esta temática se desarrollan tareas en el contexto de tres temas: 1) Redes de sensores inalámbricas 2) Modelado y Simulación 3) Robótica móvil.

Dentro de las redes de sensores inalámbricas y robótica móvil se estudia la interacción que provee dos aspectos: los sensores que están sobre el móvil que proveen información, y la posibilidad de a través de información intercambiada entre la red y la generada por el propio robot provee la ubicación del mismo. Tanto las redes como los robots incluyen productos elaborados en el laboratorio como comprados y terminados. Respecto de las simulaciones se remiten tanto a sistemas de hardware y cloud computing como a situaciones de evacuaciones en casos de emergencia y transmisión de enfermedades.

## Contexto

Esta línea de Investigación forma parte del proyecto 11/F024 – Computación de Alto Desempeño: Arquitecturas,

Algoritmos, Métricas de rendimiento y Aplicaciones en HPC, Big Data, Robótica, Señales y Tiempo Real SubProyecto CAD-3. Procesamiento para problemas de Tiempo Real / Robótica del Instituto de Investigación en Informática LIDI acreditado por la UNLP.

**Palabras Claves:** Tiempo Real, Simulación, Sistemas Embebidos, Comunicaciones, Redes de Sensores, Robots, drones, Microcontroladores, Cloud Computing.

## 1. Introducción

Son Sistemas de Tiempo Real (STR) aquellos que requieren la existencia de plazos de tiempo para llevar a cabo sus acciones [5] [6] [11] [12] [16] [17]. Una característica es que deben interactuar con el mundo físico. Ello determina los plazos en que ante una entrada o cambio en el sistema físico debe elaborar la respuesta y sus acciones. Por ello es necesario que el procesamiento debe estar sincronizado con un sistema de tiempo que esté sincronizado y en una escala estándar, o sea deben tener reloj de tiempo real. Las entradas desde el mundo físico son a través de sensores y se utilizan actuadores para

las respuestas. Estos sensores pueden adquirir configuraciones complejas en red cuando la cantidad de variables a controlar sea grande y sobre todo estén situadas en forma remota. Muchas veces se utilizan robots móviles, terrestres y aéreos [4] [9] [10] [15] [22] [23] [18], en combinación con los sensores y actuadores. Estos sensores sobre los móviles permiten doble funcionalidad: proveer datos del ambiente que recorren y en una interacción con el ambiente y las redes de sensores fijos en el mismo, proveer información sobre la ubicación del móvil. Para ello se recurre a sistemas GPS en exteriores y técnicas de posicionamiento en interiores (indoor) [3] [13] utilizando para ello diferentes tipos de sensores de tecnología de ultrasonido, infrarrojo como también los sistemas de comunicaciones wifi y bluetooth. En el desarrollo de robots propios y redes de sensores se utilizan placas de desarrollo basadas en microcontroladores (como, Arduino, NodeMCU, CIAA [19] [27]) y Computadoras de Placa Simple (como, Raspberry Pi), utilizando diferentes SOTR (Linux RT-Preempt, Free RTOS, MQX, OSEK-OS, etc.) [8]. Se realizan pruebas de alcance, integridad y funcionalidad de redes de sensores inalámbricas [28] [29] [30] [21] principalmente utilizando módulos WiFi y LoRa [26]. Por otra parte, se trabaja en el campo del modelado y simulación [7] [14] [24] [25] con el fin de obtener simuladores que permitan predecir el comportamiento y la eficiencia de distintos sistemas ante diferentes escenarios. Además, se ajustan estas simulaciones con datos reales, lo cual permite luego realizar ensayos sobre la simulación: ejemplos de ellos son las simulaciones de robots, placas, incendios, evacuación de edificios en catástrofes y procesos industriales.

## 2. Resultados y Objetivos

Se han desarrollado tareas sobre los temas antes expuestos tales como:

- Desarrollo de un robot con encoders para odometría, combinados con sensores de ultrasonido e infrarrojo.
- Medición de consumo energético de diferentes microcontroladores con cámara de video, variando su ancho de banda y velocidad de transmisión.
- Construcción y estudio de redes de sensores inalámbricas basadas en WiFi y LoRa [1].
- Desarrollo de interfaces para el control de drones.
- Modelado y simulación de arquitecturas de Cloud Computing para comparar con arquitecturas de HPC [21] [2].
- Modelado y simulación de evacuaciones en caso de catástrofe en diversos edificios y transmisión de enfermedades intrahospitalarias.

## 3. Formación de Recursos Humanos

Se desarrollan trabajos de alumnos en la Convocatoria a Proyectos de Desarrollo e Innovación de la Facultad de Informática de la UNLP. Además, se encuentran en desarrollo y concluidas tesinas de grado de alumnos de Licenciaturas de Informática y Sistemas, como así también Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) con las que concluyen sus estudios los alumnos de Ingeniería en Computación y Analista en TICs. De postgrado, investigadores del grupo están desarrollando un trabajo final de especialización, tres tesis de Maestría y una tesis de Doctorado.

## 5. Referencias

[1] Integration of Sensor Networks with Cloud Computing, S. Medina, F. Romero, and F. G. Tinetti, Short papers of the 8th Conference on Cloud Computing, Big

- Data & Emerging Topics (JCC-BD&ET 2020), ISBN: 978-950-34-1927-4, págs. 2-5, 2020.
- [2] R. Calheiros, R. Ranjan, A. Beloglazov, C. De Rose and R. Buyya "CloudSim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms" Published online 24 August 2010 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/spe.995.
- [3] Azizi, F., N. Houshangi. "Mobile robot position determination using data from gyro and odometry." In Electrical and Computer Engineering, 2004. Canadian Conference on, vol. 2, pp. 719-722. IEEE, 2004.
- [4] Bekey, George A. Robotics: state of the art and future challenges. Imperial College Press, 2008.
- [5] Burns, A, A, Wellings. "Real-Time Systems and Programming Languages: Ada, Real-Time Java and C/Real-Time POSIX", Addison-Wesley Educational Publishers Inc., 2009.
- [6] Buttazzo, G. C., "Hard RealTime Computing Systems", Third edition, Springer, 2011.
- [7] Eickhoff, J., Simulating Spacecraft Systems, Springer, 2009.
- [8] "FreeRTOS - market leading RTOS (real time operating system) for embedded systems supporting 34 microcontroller architectures". <http://www.freertos.org/>.
- [9] Jenkins, T., I. Bogost. "Designing for the internet of things: prototyping material interactions." In CHI'14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 731-740. ACM, 2014.
- [10] Jones, J. L., A. M. Flynn, Bruce A. Seiger. Mobile robots: inspiration to implementation. Vol. 2. Wellesley MA: AK peters, 1999.
- [11] Kopetz. H., "Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications". Second Edition. Springer. 2011.
- [12] Liu, J. W. S. Liu, "Real Time Systems", Integre Technical Publishing Co., Inc., 2000
- [13] Rekleitis, I. M., G. Dudek, E. E. Milios. "Multi-robot exploration of an unknown environment, efficiently reducing the odometry error". In International Joint Conference on Artificial Intelligence, vol. 15, pp. 1340-1345. Lawrence Erlbaum Associates Ltd, 1997.
- [14] C. Macal, M. North, Tutorial on agent-based modeling and simulation part 2: how to model with agents, in: Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2006.
- [15] Unmanned Vehicles: Real Time Problems in Drone Receivers F. G. Tinetti, O. C. Valderrama Riveros, and F. L. Romero, Proceedings of the 2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), págs. 1080-1085, doi. 10.1109/CSCI49370.2019.00205, 2019.
- [16] Silberschatz, A., P. B. Galvin, G. Gagne, Operating System Concepts, 8th Edition, ISBN: 978-0-470-12872-5, Wiley, 2009.
- [17] PHILLIP A. LAPLANTE, SEPO J. OVASKA. REAL-TIME SYSTEMS DESIGN AND ANALYSIS Tools for the Practitioner Fourth Edition. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. IEEE PRESS. 2012.
- [18] <http://ftp.k-team.com/khepera/documentation/Kh2IRAN.pdf>
- [19] <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=desarrollo:edu-ciaa:edu-ciaa-nxp>
- [21] Análisis de una plataforma de simulación para Cloud Computing. Un caso de estudio. Tomás Rosales, Julián Spinelli, Marcos Di Nardo, Román Bond, Daniel Rosatto, Diego Encinas, Fernando Romero XXVI Congreso Argentino de

Ciencias de la Computación (CACIC 2020) La Matanza

[22] F. G. Tinetti and O. C. Valderrama Riveros, "Unmanned Vehicles: Towards Heterogeneous Hardware Approaches," 2018 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), Las Vegas, NV, USA, 2018, pp. 919-924.

[23] Fernando G. Tinetti, Oscar C. Valderrama Riveros, Fernando L. Romero, "Unmanned Vehicles: Real Time Problems in Drone Receivers", Conf. on Computational Science & Computational Intelligence (CSCI'19), Las Vegas, Nevada, USA, 2019, pp. 1081-1085.

[24] D. Black, SystemC: From the Ground Up. Second Edition, Springer, 2010.

[25] Proteus. <https://www.labcenter.com>. 2017

[26] LoRa <https://www.lora-alliance.org/> 2017

[27] NodeMcu <http://www.nodemcu.com/> 2017

[28] Akyildiz, Ian F., and Mehmet Can Vuran. "Wireless sensor networks" Vol. 4. John Wiley & Sons, 2010.

[29] Lewis, Franck L. "Wireless sensor networks." Smart environments: technologies, protocols, and applications 11 (2004): 46.

[30] Raghavendra, Cauligi S., Krishna M. Sivalingam, and Taieb Znati, eds. "Wireless sensor networks" Springer, 2006.

ORCID autores:

Fernando Romero: 0000-0002-1498-3752

Diego Encinas: 0000-0002-6948-9786

A. De Giusti: 0000-0002-6459-3592

Santiago Medina: 0000-0001-6852-7165

Martín Pi Puig: 0000-0002-7202-7638

Horacio Villagarcía:

Juan Manuel Paniego: 0000-0001-6721-9822