

# Implementación y Simulación de 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>, Lucas Maccallini, César Estrebou<sup>1</sup>, Alan Castelli<sup>1</sup>, Horacio Villagarcía<sup>1,3</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, cesarest, hvw, fernando}@lidi.info.unlp.edu.ar,  
{lucas.maccallini, alanfabcast}@gmail.com

## Resumen

Esta línea de investigación se dedica al desarrollo y análisis de Sistemas de Tiempo Real. Dentro de esta temática se trabajó sobre cuatro sublíneas: 1) Modelado y Simulación de Sistemas de Tiempo Real. 2) Sistemas Operativos de Tiempo Real (SOTR), hardware de comunicaciones y procesamiento utilizados en nodos de redes de Sistemas Distribuidos de Tiempo Real 3) Posicionamiento, tanto a través de GPS en exteriores como de ultrasonido, señales de infrarrojos y de WIFI para posicionamiento en interiores 4) Inteligencia artificial aplicada al reconocimiento de patrones en tiempo real.

Las simulaciones se realizan tanto de sistemas de hardware y cloud computing como de situaciones tales como circulación de personas en ambientes hospitalarios, transmisión de enfermedades y de virus informáticos.

## Contexto

Esta línea de Investigación forma parte del proyecto Computación de Alto Desempeño y Distribuida: Arquitecturas, Algoritmos, Tecnologías y Aplicaciones en HPC, Fog-Edge-Cloud, Big Data, Robótica, y Tiempo Real del Instituto de Investigación en Informática LIDI acreditado por la UNLP.

**Palabras Claves:** Tiempo Real, Simulación, Comunicaciones, Redes de Sensores, Microcontroladores, Cloud Computing, Inteligencia Artificial.

## 1. Introducción

Un Sistema de Tiempo Real (STR) es aquel en el cual hay restricciones de tiempo en los plazos en que, ante una determinada entrada, deben producir una salida. Además, interactúan con el mundo físico, o sea sus entradas provienen de información producida por sensores y detectores y sus salidas están conectadas a actuadores [3] [4] [7] [8] [17]. Estas restricciones temporales a los plazos dependen fundamentalmente del medio

físico a controlar. Para respetar esto debe haber una sincronización entre el tiempo que transcurre en el mundo físico o real y el procesamiento dentro del sistema de cómputo. Para ello deberá contar con un reloj de tiempo real sincronizado con algún estándar de tiempo físico. Los sensores pueden ubicarse a distancia del sistema que procesa la información conformando una red de sensores, tanto de conexión con conductores como inalámbricas. También estos sensores pueden ser móviles, lo que trae el problema de saber su ubicación actual [6] [14] [23] En redes de sensores se utilizan placas de desarrollo basadas en microcontroladores como, Arduino, NodeMCU, CIAA [11] [18] y Computadoras de Placa Simple como, Raspberry Pi, Raspberry Pi Zero utilizando diferentes SOTR (Linux RT-Preempt, FreeRTOS, MQX, OSEK-OS, Zephyr, Raspbian, etc.) [5]. Se realizan pruebas de alcance, integridad y funcionalidad de redes de sensores inalámbricas [19] [20] [21] [33] principalmente utilizando módulos WiFi y LoRa [16]. También se estudiaron sistemas para conectar los nodos de una red a plataformas y servicios del Cloud [1] [13]

En el campo del modelado y simulación [10] [9] [15], se trata de predecir el comportamiento y la eficiencia de distintos sistemas ante diferentes escenarios, siendo calibrados con datos reales

## 2. Resultados y Objetivos

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

- Construcción y estudio de redes de sensores inalámbricas basadas en WiFi y LoRa [1].

- Modelado y simulación de transmisión de enfermedades intrahospitalarias [22].
- Simulación de la propagación del dengue[23].
- Paralelización y aceleración en la ejecución de simulaciones [2] [27].
- Posicionamiento 2D mediante ultrasonido [24][25]
- Sistema de seguimiento utilizando GPS y conectado por MQTT[6]
- Posicionamiento por RSSI(received signal strength indicator)[12]
- Detector de Frutas en mal estado basado en Inteligencia Artificial[17, 29] utilizando una biblioteca propia de código abierto para TinyML [30]
- Simulación del movimiento de pasajeros en una estación de tren[26]
- Rendimiento de comunicaciones en tiempo real para aplicaciones 3D [28]

## 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 2 Prácticas Profesionales Supervisadas (PPS) con las que concluyen sus estudios los alumnos de Ingeniería en Computación y Analista en TICs, orientadas a las redes de sensores.

De postgrado, investigadores del grupo están desarrollando un trabajo final de especialización, una tesis de Maestría y una tesis de Doctorado.

## 5. Referencias

[1] Integration of Sensor Networks with Cloud ComputingS. 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] 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.

[4] Buttazzo, G. C., "Hard RealTime Computing Systems", Third edition, Springer, 2011.

[5]"FreeRTOS - market leading RTOS (real time operating system) for embedded systems supporting 34 microcontroller architectures". [http:// www.freertos.org/](http://www.freertos.org/).

[6]<https://simcom.ee/modules/gsm-gprs-gnss/sim868/>

[7]Kopetz. H., "Real-Time Systems, Design Principles for Distributed Embedded Applications". Second Edition. Springer. 2011.

[8]Liu, J. W. S. Liu, "Real Time Systems", Integre Technical Publishing Co., Inc., 2000

[9]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.

[10]PHILLIP A. LAPLANTE, SEPPO J. OVASKA. REAL-TIME SYSTEMS DESIGN AND ANALYSIS Tools for the PractitionerFourth Edition. A JOHN WILEY & SONS, INC., PUBLICATION. IEEE PRESS. 2012.

[11]<http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/doku.php?id=desarrollo:edu-ciaa:edu-ciaa-nxp>

[12]R.S. Rosli, M.H. Habaebi, R. Islam On the analysis of received signal strength

indicator from ESP8266, Bulletin of Electrical Engineering and Informatics · September 2019

[13] 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

[14] 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.

[15] 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.

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

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

[17] Moreda, G. P., Muñoz, M. A., Barreiro, P. Inspección de frutas y hortalizas mediante

videocámara: estado actual de la técnica.

<https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/56223-Inspeccion-de-frutas-y-hortali>

zas-mediante-videocamara-estado-actual-de-la-tecnica.html

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

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

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

- [21] Raghavendra, Cauligi S., Krishna M. Sivalingam, and Taieb Znati, eds. "Wireless sensor networks" Springer, 2006.
- [22] Maccallini, L. ., Encinas, D. O., & Romero, F. . (2021). An Approach to the Modeling and Simulation of Intra-Hospital Diseases. *Journal of Computer Science and Technology*, 21(2), e14. <https://doi.org/10.24215/16666038.21.e14>
- [23] Oviposition activity and seasonal pattern of a population of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in subtropical Argentina  
Autores: Micieli, María Victoria | Campos, Raúl E. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*; vol. 98, no. 5. 2003
- [24] Triangulation based Fusion of Ultrasonic Sensor Data. 1998. O. Wijk, P. Jensfet, H.I. Christensen.
- [25] PGA460 Array of Ultrasonic Transducers for Triangulation and Tracking. 2019. Akeem Whitehead and Bharat Aravamudhan
- [26] Uri Wilensky (29 de septiembre de 2022). NetLogo User Manual version 6.3.0. Disponible en Internet en: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>
- [27] Martín Paradiso, Lucas Maccallini, Agustina Vericat, Fernando Romero, Diego Encinas. An Approach to Parallelization of Respiratory Disease Spread Simulations in Emergency Rooms. 2022 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI'22). En prensa.
- [28] Mauro Santos, Diego Encinas. Análisis de plataformas de Computación en la Nube para implementación de protocolo de comunicaciones con una aplicación móvil 3D. XXVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2022) La Rioja
- [29] Gutti, V., Karthi, R. (2022). Real Time Classification of Fruits and Vegetables Deployed on Low Power Embedded Devices Using Tiny ML. Third International Conference on Image Processing and Capsule Networks. ICIPCN 2022. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 514. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-12413-6\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-031-12413-6_27)
- [30] Estrebou, C.A., Fleming, M., Saavedra, M.D., Adra, F., De Giusti, A.E. (2022). Lightweight Convolutional Neural Networks Framework for Really Small TinyML Devices. *Smart Technologies, Systems and Applications. SmartTech-IC 2021. Communications in Computer and Information Science*, vol 1532. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-99170-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99170-8_1)

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

Horacio Villagarcía:

Fernando G. Tinetti:

César Estrebou: 0000-0001-5926-8827