

Redes de Sensores Inalámbricas y Simulación en Sistemas de Tiempo Real

Fernando Romero¹, Diego Encinas¹, Armando De Giusti^{1,2}, Santiago Medina¹, Lucas Maccallini, Martín Pi Puig¹, Horacio Villagarcía^{1,3}, Juan Manuel Paniego¹, Fernando G. Tinetti^{1,3}

¹Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)³
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata – Centro Asociado CIC

²CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

³Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

{fromero, dencinas, degiusti, smedina, mpipuig, hvw, jmpaniego, fernando}@lidi.info.unlp.edu.ar
lucas.maccallini@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 tres sublíneas: 1) Redes de sensores inalámbricas. 2) Modelado y Simulación. 3) SOTR y hardware de comunicaciones utilizados en nodos de Sistemas Distribuidos de Tiempo Real

Dentro de las redes de sensores inalámbricas se trabajan diferentes escenarios de despliegue, tanto urbanos como rurales. En cuanto a las simulaciones se realizan tanto de sistemas de hardware y cloud computing como a situaciones tales como 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, Comunicaciones, Redes de Sensores, Microcontroladores, Cloud Computing.

1. Introducción

Los Sistemas de Tiempo Real (STR) se definen como aquellos que implican restricciones de tiempo en los plazos en que, ante una determinada entrada, deben producir una salida. Otra característica es que 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 mundo físico o real y el procesamiento dentro del sistema de cómputo, que deberá contar con un reloj de tiempo real sincronizado con algún

estándar de tiempo físico. Por otro lado, los sensores pueden estar en una diferente locación física, a distancia, como también ser numerosos. Esto lleva a la necesidad de estudiar redes de sensores, tanto de conexión con conductores como inalámbricas. A veces estos sensores están montados sobre robots móviles, terrestres y aéreos [6] [14] [15] [23], en combinación con los sensores y actuadores. En el desarrollo de redes de sensores se utilizan placas de desarrollo basadas en microcontroladores como, Arduino, NodeMCU, CIAA [12] [11] [18] y Computadoras de Placa Simple como, Raspberry Pi, Raspberry Pi Zero W, 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] [13] [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] [17], se las realiza para obtener datos 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:

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

- Interconexión de diferentes Single Board Computers (SBC) a través de servicios (como brokers MQTT) para realizar tareas que requieren sincronización [24] [25] [26].
- Se evaluaron, desplegaron y compararon distintas plataformas de software dedicadas al Internet de las Cosas (IoT) [27] [28] [29] [30].
- Se experimentó con la interconexión de diferentes placas de desarrollo a través de un cloud público [24] [31] [32].
- Se realizó una comparación entre los sistemas operativos de tiempo real FreeRTOS y Zephyr [33][34] sobre placas con sistemas de comunicación wifi [18] [33]
- Modelado y simulación de arquitecturas de Cloud Computing para comparar con arquitecturas de HPC [21] [2].
- Modelado y simulación de transmisión de enfermedades intrahospitalarias [22].
- Modelado y simulación para el análisis de vida ictícola [23].
- Paralelización y aceleración en la ejecución de simulaciones.

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. Y se concluyó una PPS con foco en la utilización de la plataforma IBM Watson.

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]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.
- [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] <http://www.can-cia.de/can-knowledge/can/can-fd/>
- [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] Proteus. <https://www.labcenter.com>. 2017
- [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] Alcalá-Carrillo, M., Castillo-Vargasmachuca, S. G, & Ponce-Palafox, J. T. (2016). Efectos de la temperatura y salinidad sobre el crecimiento y supervivencia de juveniles de pargo *Lutjanus guttatus*. *Latin american journal of aquatic research*, 44(1), 159-164. <https://dx.doi.org/10.3856/vol44-issue1-fulltext-17>
- [24] <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/os.html>
- [25] <https://nodered.org/docs/>
- [26] <https://www.hivemq.com/>
- [27] <https://ubidots.com/>
- [28] <https://developers.mydevices.com/cayenne/features/>
- [29] <https://www.kaaiot.com/>
- [30] <https://thingsboard.io/>
- [31] <https://www.ibm.com/es-es/cloud/internet-of-things>
- [32] <http://www.raspbian.org/>
- [33] ESP32-DevKitC V4 Getting Started Guide. Disponible en internet en: <https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-start-ed-devkitc.html>
- [34] ESP32 Zephyr setup — Amarula Solutions's Wiki documentation. Disponible en internet: <https://wiki.amarulasolutions.com/zephyr/esp32/esp32-setup.html>. 20 de octubre de 2021.

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

Fernando G. Tinetti: