

Redes de Sensores, Vehículos móviles y Simulación en Sistemas de Tiempo Real

Fernando Romero¹, Diego Encinas¹, Armando De Giusti^{1,2}, Santiago Medina¹, 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

² CONICET – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

³ 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

El objetivo de esta línea de investigación es el estudio, desarrollo y aplicación de Sistemas de Tiempo Real (STR), en particular los que incumben a robots y redes de sensores, tanto inalámbricas como cableadas. Se llevan a cabo experimentos con diferentes tipos de robots y con plataformas basadas en microcontroladores, diseñados y armados en el laboratorio de Tiempo Real. Una parte importante de los trabajos se enfoca en las comparaciones de escenarios reales y simulados.

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

Es una característica primordial de los Sistemas de Tiempo Real (STR) la existencia de plazos de tiempo para llevar a cabo sus acciones [5] [6] [11] [12] [16] [17]. Es debido a que siempre interactúan con el mundo físico y sus acciones deben ocurrir dentro de los límites temporales fijados por el medio al cual controlan. Para ejercer dicho control se utilizan sensores para la adquisición de datos y 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. A menudo se recurre en estos sistemas a la utilización de robots móviles, terrestres y aéreos, que se combinan con los sensores y actuadores. Los sensores cumplen una doble funcionalidad: a) los que están sobre el móvil adquirir datos en el área que recorren, y b) proveer información sobre la posición de los móviles. Para este propósito se recurre a sistemas GPS en exteriores y técnicas de posicionamiento en interiores (*indoor*) utilizando para ello diferentes tipos de sensores de tecnología

de ultrasonido, infrarrojo como también los sistemas de comunicaciones wifi y bluetooth. Se utilizan robots móviles y drones [22] [23] armados por alumnos y los autores del trabajo, como también robots Khepera [18], y drones Parrot. 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 ha experimentado con redes de redes de sensores basadas en los protocolos cableados RS485, SPI, I2C, CANBUS [15] [20] y MODBUS [1]. También se realizan pruebas de alcance, integridad y funcionalidad de redes de sensores e inalámbricas [28] [29] [30] principalmente utilizando módulos WiFi y LoRa [26]. Por otra parte, se trabaja en el campo del modelado y simulación con el fin de obtener simuladores que permitan predecir el comportamiento y la eficiencia de distintos sistemas ante diferentes escenarios. En particular, los sistemas analizados son los: redes de sensores [31], arquitecturas de cómputo en la nube y evacuación de edificios. Las herramientas utilizadas para los desarrollos son: Proteus [25], CloudSim [2], ABMS [14] y SystemC [24].

2. Líneas de Investigación y Desarrollo

Se plantean como temas de estudio:

- Sistemas robóticos autónomos y con intervención humana [4] en el lazo de control [21]. En particular en lo relativo a seguir trayectorias predefinidas, evitando colisiones. Es de gran importancia saber la ubicación del móvil a fin de asociar los datos relevados con la posición en el entorno.

- Análisis y desarrollo de modelos de sistemas de tiempo real.

- Herramientas para implementación de modelado y simuladores.

- Utilización de simulaciones para comprobación de defectos de diseño en etapas tempranas de desarrollo [7].

- Armado de redes inalámbricas específicamente orientadas al control de variables físicas con sensores. En principio, se implementarán experimentos para caracterizar estas redes en términos de métricas como latencia y ancho de banda para el caso de rendimiento, distancia, confiabilidad (pérdida de paquetes), etc. [26] [9].

- Evaluación de redes específicamente diseñadas para distancias mayores a los estándares de WiFi (ej: LoRa) [26]

- Odometría a través de robots Khepera [13] [3] y otros de producción propia.

- Sistemas de posicionamiento en interiores utilizando técnicas que involucran señales WiFi, bluetooth y ultrasonido. Se enfoca principalmente en obtener vehículos autónomos [10] que puedan circular tanto en depósitos utilizados para tareas de logística, como en un entorno de autopistas inteligentes y con capacidad de estacionamiento.

3. Resultados y Objetivos

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

- Desarrollo de un robot con codificadores (*encoders*) para odometría.

- Medición de consumo energético de diferentes microcontroladores en distintas condiciones de uso y corriendo diferentes SOTR.

- Estudio de plataformas de hardware: Arduino, Intel Galileo, CIAA, Freescale Kinetis, Raspberry Pi, NodeMCU.

- Construcción y estudio de redes de sensores cableadas, empleando CANBUS, MODBUS y RS485.

- Construcción y estudio de redes de sensores inalámbricas basadas en WiFi y LoRa.
- Desarrollo de interfaces para el control de drones.
- Modelado y simulación de arquitecturas de cómputo en la nube para comparar con arquitecturas de HPC.
- Modelado y simulación de sistemas orientado a aplicaciones sociales.

4. 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] Jordi Bartolomé "El protocolo MODBUS", 2011. En <http://www.tolaemon.com/docs/modbus.htm>

[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.", Canadian Conf. On Electrical and Computer Engineering, 2004, 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] Introduction to the Controller Area Network (CAN) Texas Instrument Appli-

cation Report SLOA101A–August 2002–
Revised July 2008.

[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>

[20] <http://www.can-cia.de/can-knowledge/can/can-fd/>

[21] Chi-Pang and Shankar S, A POMDP Framework for Human in the Loop System, Univ. of California at Berkeley.

[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.

[31] M. Pi Puig; S. Medina; A. Batista; D. Encinas; F. Romero; F. Tinetti; A. De Giusti. Design of a CAN Simulation Device for Communications in Sensor Networks. Computer Science & Technology Series - XXII Argentine Congress of Computer Science. Selected Papers. 2017.

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