

Robótica, Simulación y Redes de Sensores 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

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

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 sublínea importante de los trabajos la componen las comparaciones en 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, Microcontroladores, Cloud Computing.

1. Introducción

Los Sistemas de Tiempo Real (STR) se distinguen porque elaboran una respuesta ante una entrada determinada, pero es condición determinante que la misma debe ocurrir dentro de un plazo [5] [6] [11] [12] [16] [17]. Muchas veces son sistemas embebidos dentro de otro sistema al cual controlan, por lo que deben respetar los tiempos del sistema controlado. Esto incluye un entorno físico en donde se toman datos a través de sensores, a partir de los cuales se elaboran respuestas, que en algunos casos vuelven al entorno físico a través de actuadores. Dentro del campo de la robótica se experimenta con robot móviles, en lo que atañe a la odometría, la ubicación por GPS en exteriores y balizamiento en interiores combinados con diferentes tipos de sensores de tecnología ultrasonido e infrarrojo.

Se realizan experimentos sobre robots armados por alumnos, robots Khepera

[18], drones Parrot, placas de desarrollo basadas en microcontroladores (como, Arduino, NodeMCU, CIAA [19] [27]) y Computadoras de Placa Simple (como, Raspberry Pi y Banana Pi), empleándose diferentes SOTR (Linux RT-Preempt, FreeRTOS, MQX, OSEK-OS, etc.) [8].

Se analiza el funcionamiento de diferentes tipos 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 inalámbricas [28] [29] [30] principalmente utilizando módulos WiFi y LoRa [26].

Se trabaja en el campo del modelado y simulación con el fin de obtener simuladores que permitan predecir la eficiencia de distintos sistemas ante diferentes escenarios. En particular, los sistemas analizados son los siguientes: redes de sensores [31], arquitecturas de cloud computing 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 con intervención humana [4] en el lazo de control a través de acciones e interfaces no convencionales [21]. Son componentes de estos sistemas: el modelo de reconocimiento de comandos gestuales [22] [23], las interfaces, el modelo de observación, los modelos dinámicos y de realimentación de la máquina, el modelo de planificación y, eventual-mente, los modelos de realimentación para el operador humano y el modelo de actuación

humana (para interpretar acciones y distracciones).

- Verificación y validación del hardware por medio de simulaciones que permitan predecir posibles comportamientos y en consecuencia generar mayor eficiencia de diseño [7].
- Construcción 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 (alcance), 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.
- IPS a partir de fingerprinting WiFi. Se enfoca principalmente en obtener vehículos autónomos [10] que puedan circular 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:

- Experimentos en Odometría con robots móviles.
- 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 cloud computing para comparar con arquitecturas de HPC.

4. Formación de Recursos Humanos

En base a estos temas se desarrollan trabajos de varios alumnos en el marco de la Convocatoria a Proyectos de Desarrollo e Innovación de la Facultad de Informática de la UNLP. Además, se encuentran en desarrollo y concluidas varias tesinas de grado de alumnos de la 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. En cuanto a 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." 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] Introduction to the Controller Area Network (CAN) Texas Instrument Application 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 Lam and Shankar Sastry, A POMDP Framework for Human-in-the-Loop System, University of California at Berkeley.
- [22] Mitra S., Acharya T.” Gesture recognition: A survey”. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), vol 37(3). pp 311–324. 2007.
- [23] Murthy G. R. S., Jadon R. S. “A Review of Vision Based Hand Gestures Recognition”. International Journal of Information Technology and Knowledge Management. Vol.2-2. pp 405-410. 2009.
- [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.