

# Sistemas de Tiempo Real Distribuidos Usando Microcontroladores

**Fernando Romero, Mariano Mendez, Luciano Iglesias, Diego Encinas,  
Armando De Giusti<sup>1</sup>, Fernando G. Tinetti<sup>2</sup>**

**Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI)  
Facultad de Informática – Universidad Nacional de La Plata**

{fromero, li, dencinas, degiusti, fernando}@lidi.info.unlp.edu.ar, marianomendez@gmail.com

## Resumen

El objetivo de esta línea de investigación es el estudio y desarrollo de sistemas de software que poseen restricciones temporales, como son los Sistemas de Tiempo Real (STR) haciendo hincapié en los aspectos de simulación, planificadores y comunicaciones, en el contexto de implementación con microcontroladores.

## Contexto

Esta línea de Investigación forma parte del proyecto "Arquitecturas multiprocesador en HPC: software de base, métricas y aplicaciones" (11/F018) del Instituto de Investigación en Informática LIDI acreditado por la UNLP.

**Palabras Claves:** Tiempo Real, Sistemas Embebidos, Comunicaciones, Red de Sensores, Robots, Ingeniería de Software.

## 1. Introducción

Los Sistemas de Tiempo Real (STR) son sistemas que interactúan con su entorno físico y deben satisfacer restricciones de

tiempo de respuesta explícitas [14] [7] [15] [8]. Las acciones o respuestas de estos sistemas deben ser correctas desde el punto de vista lógico y ejecutadas en un plazo de tiempo determinado. En la mayoría de los casos, los STR interactúan con el mundo físico a través de sensores (dato analógico), detectores (dato binario) y distintos tipos de actuadores. Estos sistemas generalmente están formados por un conjunto de dispositivos de Hardware y Software que trabajan de manera independiente, es decir a diferentes velocidades. Parte de las aplicaciones actuales de estos sistemas pertenecen al campo de la robótica, que es "un campo que abarca un amplio campo de tecnologías en las que la inteligencia computacional está embebida en máquinas físicas" [5] [14], creando sistemas que llevan a cabo tareas que ni las máquinas comunes ni los seres humanos pueden realizar.

Para asegurar que el sistema ejecute las tareas cumpliendo con los plazos fijados, se debe realizar una planificación rigurosa de la ejecución de tareas. Este es el punto

---

<sup>1</sup> Investigador CONICET

<sup>2</sup> Investigador CIC Prov. de Buenos Aires.

central del diseño de aplicaciones de tiempo real. Es objetivo de esta línea de investigación abordar este tema, desde el punto de vista teórico y experimental. Para ello se dispone de diversas plataformas de hardware y software para la construcción de sistemas reales. Así como también abordar el estudio del nuevo paradigma llamado “Internet of Things” (IoT) [22] [21] [3], en el cual cosas u objetos (sensores, actuadores, tabletas, teléfonos celulares, etc.) que se conectan en un esquema de identificación única son capaces de interactuar unos con otros y cooperar. Para ello se trabaja de manera experimental con mini-robots, plataformas de cómputo (PC, Arduino, Intel Galileo, Freescale, etc.) [Entinger] y diferentes sistemas operativos (RT-Linux, QNX, Freertos, MQX, etc.) [20] [10].

El Software de Tiempo Real presenta algunas particularidades que lo hacen diferente del software tradicional [19], entre ellas encontramos:

- Interacción de microcontroladores [11], y con PC.
- Monitorización de comunicaciones [1]. Procesamiento de mensajes que pueden llegar en intervalos irregulares o regulares.
- Condiciones de concurrencia, ya que al mezclarse eventos regulares e irregulares es frecuente la concurrencia y la de los procesos cuya ejecución desencadenan los eventos.
- Distribución de Tareas con manejo de requerimientos de tiempos.
- Control de dispositivos externos, como por ejemplo, robot [12], un drone, una planta industrial, etc., con un mayor uso de E/S [6] [16] [4].
- Detección y control de condiciones de falla [2] [17].
- Por lo general se trata de sistemas embebidos [13], forman parte de un entorno al cual controlan.

En la actualidad existen diversas y muy variadas plataformas de hardware con las cuales se pueden construir estos STR, algunas de ellas propietarias otras basadas en plataformas electrónicas de código abierto basadas en hardware fácil de usar.

## **2. Líneas de Investigación y Desarrollo**

Se plantean como temas de estudio:

- Verificación y validación del hardware, donde pueden encontrarse detalles o resultados de simulaciones que impliquen modificaciones [9] [10].
- Construcción de red de sensores en la plataforma de microcontroladores [1] [18].
- Diseño y construcción de vehículos no tripulados (ej: drone) y sistema de navegación [12].
- Estudio de diferentes plataformas y combinaciones de las mismas.
- Odometría con robots móviles [6] [16] [4].

## **3. Resultados y Objetivos**

De acuerdo con las tareas desarrolladas y a desarrollar, los resultados se enfocarán en varias direcciones relacionadas con los sistemas de tiempo real:

- Construcción y uso de robots tipo vehículo autónomo para el estudio de Odometría.
- Construcción de Drone con su sistema de control automático de vuelo.
- Estudio de distintas plataformas de hardware: Arduino, Galileo, Spark Core, FreeScale, entre otras.
- Construcción y estudio de red de Sensores.

#### 4. Formación de Recursos Humanos

En base a estos temas se están desarrollando tres trabajos de seis alumnos encuadrados en el marco de la Convocatoria a Proyectos de Desarrollo e Innovación de la Fac. de Informática de la UNLP.

#### 5. Referencias

[1] Akyildiz, Ian F., Weilian Su, Yogesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci. "Wireless sensor networks: a survey." *Computer networks* 38, no. 4 (2002): 393-422.

[2] Andersen, B. L. "Method of detecting systemic fault conditions in an intelligent electronic device." U.S. Patent 6,434,715, issued August 13, 2002.

[3] Atzori, L., A. Iera, G. Morabito. "The internet of things: A survey." *Computer networks* 54, no. 15 (2010): 2787-2805.

[4] 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.

[5] Bekey, George A. *Robotics: state of the art and future challenges*. Imperial College Press, 2008.

[6] Borenstein, Johann, Liqiang Feng. "Gyrodometry: A new method for combining data from gyros and odometry in mobile robots." In *Robotics and Automation*, 1996. Proceedings., 1996 IEEE International Conference on, vol. 1, pp. 423-428. IEEE, 1996.

[7] 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.

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

[9] Eickhoff, J., *Simulating Spacecraft Systems*, Springer, 2009.

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

[11] 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.

[12] Jones, J. L., A. M. Flynn, Bruce A. Seiger. *Mobile robots: inspiration to implementation*. Vol. 2. Wellesley MA: AK peters, 1999.

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

[14] Krishna, C. Mani. *Real-Time Systems*. John Wiley & Sons, Inc., 1999.

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

[16] Rekleitis, I. M., G. Dudek, E. E. Miliotis. "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.

[17] Rohani, A., H. R. Zarandi. "An analysis of fault effects and propagations in AVR microcontroller ATmega103 (L)." In *Availability, Reliability and Security*, 2009. ARES'09. International Conference on, pp. 166-172. IEEE, 2009.

[18] Savvides, A., M. B. Srivastava. "A distributed computation platform for wireless embedded sensing." In Computer Design: VLSI in Computers and Processors, 2002. Proceedings. 2002 IEEE International Conference on, pp. 220-225. IEEE, 2002.

[19] Silberschatz, A., P. B. Galvin, G. Gagne, Operating System Concepts, 8th Edition, ISBN : 978-0-470-12872-5, Wiley, 2009.

[20] The Cheddar project: A free real time scheduling analyzer, <http://beru.univbrest.fr/~singhoff/cheddar/>

[21] Weber, Rolf H., and Romana Weber. Internet of Things. New York: Springer, 2010.

[22] Xia, Feng, L. T. Yang, L. Wang, and Alexey Vinel. "Internet of things." International Journal of Communication Systems 25, no. 9 (2012): 1101.