

Título del Proyecto:**PLATAFORMAS DIGITALES DE SISTEMAS DE ENTRADA/SALIDA COMPLEJOS**

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
Facultad de Ciencias Exactas
INTIA

Instituto de Investigación en Tecnología Informática Avanzada

Director:

ACOSTA H. NELSON

Disciplina:

1802 COMPUTACIÓN

Periodo:

1 enero 2010 a 31 diciembre 2012

Personal Participante:

Apellido y Nombre	Dedicación	Doctorado	Maestría	
Mg. ACITI, Claudio	Exclusiva	45%		
Dr. ACOSTA, Nelson	Exclusiva			
Mg. CURTI, Hugo	Exclusiva			
Ing. GOÑI, Oscar	Exclusiva	15%	30%	Beca AGENCIA
Ing. LEIVA, Lucas	Exclusiva	50%	85%	Beca CONICET
Ing. MARONE, José	Exclusiva	20%	30%	Beca CONICET
Dr. TODOROVICH, Elías	Exclusiva			
Ing. TOLOZA, Juan	Exclusiva	20%	60%	Beca AGENCIA
Mg. TOSINI, Marcelo	Exclusiva			
Ing. TOMMASI, Carolina	Semi-Exclusiva			
Ing. VAZQUEZ, Martín	Exclusiva		80%	

Resumen de recursos humanos:

- 2 Doctores
- 3 Master
- 5 Estudiantes de Maestría
- 6 Estudiantes de Doctorado

1. Estado actual del conocimiento

El empleo de los sensores en la tecnología, tanto en el ámbito industrial como doméstico, se ha vuelto usual; la medición de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas en sectores como industrias automatizadas, la robótica, la ingeniería experimental, el ahorro energético, el control ambiental, automóviles [Bul05], electrodomésticos, computadoras, son tareas que serían impensables sin la aplicación de los sensores [Are04, Kar05].

En general, los sensores son dispositivos de entrada que proveen una salida usable en respuesta a la medición de entrada [Lip06, Cor06]. El agregado de cierta lógica adicional permite introducir funcionalidad, obteniendo un sistema capaz de medir, analizar y comunicar resultados [Ily05]. Estos sensores son de pequeño tamaño y se conocen como sensores inteligentes. Son utilizados para proveer información acerca de parámetros medidos o para identificar estados de control y son candidatos a incrementar la inteligencia empotrada. Un sensor inteligente puede comunicar mediciones directamente a un instrumento o a un sistema [Haç03].

Un sensor inteligente es aquel que combina la función de detección y algunas de las funciones de procesamiento de señal y comunicación. Dado que estas funciones adicionales suele realizarlas un microprocesador, cualquier combinación de sensor y microprocesador se denomina sensor inteligente. Un sensor inteligente es inevitablemente más caro que un sensor convencional. Pero si además del coste de compra se consideran el mantenimiento, fiabilidad, etc., el coste total de un sensor convencional puede ser mucho mayor. El nivel de complejidad de un sensor inteligente puede ser muy variado. Además de la detección o transducción puede incluir: acondicionamiento de señal, correcciones de cero, ganancia y linealidad, compensación ambiental (temperatura, humedad), escalado y conversión de unidades, comunicación (bidireccional) digital, autodiagnóstico, decisión e incluso activación o acción sobre el sistema donde se

conecta. Así pues, los sensores inteligentes incluyen, además del sensor primario, algún algoritmo de control en memoria y capacidad de comunicación digital. [Are04]

El primer sensor inteligente fue un transmisor de presión introducido por Honeywell en 1983. Consistía en dos sensores de presión (diferencial y estática) y uno de temperatura (para compensación), que se multiplexan hacia un conversor analógico-digital y un microprocesador. Este procesaba las señales y su salida se convertía de nuevo en analógica con un convertidor digital-analógico [Are04]. La repercusión inmediata de los sensores inteligentes en un sistema de medida y control es que reducen la carga sobre controladores lógicos programables (PLC), PC u otros controladores digitales, además de aumentar la fiabilidad del sensor.

En este contexto, las redes de sensores han cobrado gran importancia recientemente como una manera de estudiar e interactuar con el mundo físico y están ampliamente desplegadas en instituciones académicas, campus y residencias [Sho06, Liu07, Jur07]. Están empezando a ser usadas para el monitoreo colectivo y para diseminar información acerca de una variedad de fenómenos de interés [Li08]. Generalmente, una red de sensores consiste de un elevado número de diminutos nodos sensores y posiblemente de unos pocos nodos con poder de control (también llamados estaciones bases) [Bak08]. Cada nodo tiene uno o unos pocos componentes de sensado para censar condiciones (temperatura, humedad, presión, etc). Normalmente, los nodos están desplegados aleatoriamente en un ambiente y comunicados entre sí [Liu07, Sto05].

Dichas redes están conformadas por sensores inteligentes capaces de adquirir, procesar y comunicar los resultados de sus mediciones. Al momento de la implementación en el mundo real, existen muchos obstáculos. Entre ellos, el consumo de energía, la comunicación entre pares, el procesamiento y almacenaje de resultados parciales, la disponibilidad y fiabilidad de los sensores, la redundancia introducida para brindar confiabilidad, entre otros. Los avances en la miniaturización, el diseño de circuitos simples de bajo consumo y costo, las baterías de pequeño tamaño han hecho posible una nueva visión tecnológica: redes inalámbricas de sensores [Cor06, Gam07, Cha05].

Las redes de sensores inalámbricas son un tipo particular de redes ad-hoc, en las cuales los nodos son “sensores inteligentes”, esto es, pequeños dispositivos (del tamaño aproximado de una moneda) equipados con funcionalidades de sensado avanzadas, un pequeño procesador y un tranceptor inalámbrico de corto alcance. En este tipo de redes, los sensores intercambian información sobre el ambiente con el fin de construir una visión global de la región monitoreada [San05, Yu06].

La evolución de redes de sensores tiene su origen en iniciativas militares. Sound Surveillance System (SOSUS) fue la primera, una red de boyas sumergidas instaladas en los Estados Unidos durante la Guerra Fría para detectar submarinos usando sensores de sonido [Fri97]. La investigación en redes de sensores cerca de 1980 comenzó con el proyecto Distributed Sensor Networks (DSN) de la agencia militar de investigación avanzada de Estados Unidos Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) [Soh07].

Una red de sensores esta diseñada para detectar eventos o fenómenos, recoger y procesar datos, y transmitir la información censada a los usuarios interesados [Mah06]. Algunas características básicas de las redes de sensores son: topología dinámica, variabilidad del canal, no utilización de infraestructura de red, tolerancia a errores, comunicaciones broadcast, consumo energético, limitaciones hardware y costes de producción.

En definitiva, las redes de sensores son redes capaces de obtener mediciones, procesarlas, tomar decisiones y comunicar resultados. Estas redes están compuestas por una gran variedad de sensores inteligentes que continuamente están midiendo magnitudes físicas [Cha05]. Es difícil asegurar que dichas mediciones sean correctas. Existen una gran cantidad de factores que pueden provocar una toma de decisiones errónea basada en las mediciones tomadas. Es una tarea difícil afirmar que tanto la medición obtenida como la decisión tomada sean correctas. Para ello se deben emplear diversas técnicas que permitan acotar el error introducido en dichos procesos. Los sensores son diseñados y construidos en base a diferentes materiales que en su conjunto realizan las operaciones deseadas. Dichos materiales en muchas ocasiones no cumplen su función de la manera esperada lo que hace variar el resultado obtenido por el mismo. Por este motivo, los sensores, en algunas ocasiones pueden brindar cierta información inexacta. Pueden ocurrir casos en los cuales los valores obtenidos varíen de manera brusca por lo cual llegar a obtener una medición estable puede ser un gran problema. Posiblemente algunos de los valores esperados por la red de sensores no exista y se deba tomar una decisión igualmente ya que hay un mundo exterior interesado en los resultados analizados por la red. Los valores obtenidos pueden ser insuficientes en cuanto a la precisión necesitada o pueden afectar a la misma. Dado que en muchas ocasiones deben funcionar en ambientes hostiles [Cha05] pueden ser afectadas por ruidos, malas condiciones meteorológicas, cortes de energía, suciedad, entre muchos otros factores. Sin embargo, se debería poder obtener igualmente resultados de la red.

Para afrontar los problemas de fiabilidad se emplean técnicas hardware tales como la redundancia de sensores. Con ella se puede obtener de manera simultánea una medición proveniente de más de un sensor. Asimismo, se pueden aplicar técnicas de software también para procesar esta información y encontrar alguna contradicción. Existen muchos otros factores que hacen del sensado un proceso complejo y difícil, principalmente en el momento de afirmar su veracidad o exactitud.

Áreas de aplicación. Las redes de sensores son una tecnología emergente preparada para un rápido crecimiento del mercado. Los principales campos de aplicación son: monitoreo y control industrial [Yu06], domótica [Bak08],

seguridad civil y militar [Jur07], seguimiento de cadenas de suministro [Cal04], agricultura inteligente [Mah06], monitoreo ambiental [Swa07], robótica y medicina [Soh07]. Esta área trata tanto los sensores o conjunto de sensores compuestos por: codificadores angulares, medidores de temperatura, medidores de presión, medidores de caudal, medidores de distancia, medidores de distancia, medidores de humedad, medidores lumínicos (en diferentes espectros de frecuencias), sonares, radares, conversores analógico a digital, conversores digital a analógico, cámaras, posicionadores, entre otros tantos sistemas de adquisición del ambiente cuya información es procesada para controlar actuadores tales como: motores hidráulicos, motores DC, motores AC, motores neumáticos, motores trifásicos, servomotores, actuadores lineales (hidráulicos, neumáticos, eléctricos, etc.), brazos robóticos, electro válvulas (hidráulicas o neumáticas), vehículos (aéreos, terrestres, navales, espaciales), entre otros.

El principal problema que tienen estos desarrollos es la especificación del comportamiento de todo el sistema, donde dicha especificación dependerá en gran medida de la plataforma sobre la cual se programa el sistema. Estas líneas de trabajo serán abordadas en diferentes plataformas, desde computadoras de uso general, pasando por microcontroladores genéricos dedicados a la aplicación, hasta un microcontrolador de arquitectura dedicada a la aplicación (solución completamente hardware, desde tecnologías FPGA o ASIC).

2. Metodología y Técnicas a emplear

La metodología a aplicar dependerá de la actividad a desarrollar. Algunas de las actividades involucradas se pueden enfocar desde tres áreas: sensores controlando actuadores (simuladores, pozos de petróleo, navegación robótica, fertilizadora), ubicación geo-referenciada (GPS, navegación de precisión) y análisis de imágenes (estabilización y reconocimiento de patrones). A su vez estos temas son enfocados desde las tecnologías de las plataformas de cálculo como: computadoras de uso genérico, computadoras de uso dedicado (microcontroladores) o arquitecturas completamente a medida de la aplicación sobre FPGA. En esa grilla de tres áreas por tres plataformas hay dos necesidades comunes a todos los desarrollos: la garantía de robustez de tiempo-real duro y la verificación funcional del sistema.

Para el desarrollo del proyecto se utilizarán diferentes plataformas hardware que permitan la obtención de datos reales de diferentes sensores (ópticos, temperatura, humedad, distancia, ruido, etc.). Se están desarrollando algunas tarjetas que permiten tener montados una serie de sistemas de entrada/salida con su propia capacidad de proceso, orientado a su uso dedicado a una determinada aplicación.

Así, se puede ver que la metodología de desarrollo de sistemas digitales será de gran ayuda al momento de diseñar las plataformas para cada una de las áreas consideradas. Por otra parte, se en varios casos se trabajará realizando prototipos primero en software puro para identificar las porciones críticas del software, y sistemáticamente ir migrando hacia hardware el diseño completo, siguiendo la metodología de desarrollo top-down.

Otra de las técnicas de optimización que normalmente se emplean se basan principalmente en la simplificación del problema, pero como consecuencia los datos pierden precisión. Para no caer en la pérdida de calidad de los datos se empleará el cálculo directo, el precálculo, la paralelización y el segmentado. Por otra parte, como herramienta de especificación de los circuitos de las arquitecturas al más bajo nivel se utilizará VHDL como lenguaje de descripción de hardware.

3. Estado de avance del proyecto

Para el desarrollo del proyecto se utilizarán diferentes plataformas hardware que permitan la obtención de datos reales de diferentes sensores y su relación con determinados actuadores. Para ello se están desarrollando algunas tarjetas de “*embedded system*” que permiten realizar la captura y el control de señales. Se han desarrollado varias arquitecturas digitales a medida de la aplicación sobre plataformas FPGA, tales como: redes neuronales sobre FPGA dedicadas al reconocimiento de patrones en señales, redes neuronales sobre FPGA dedicadas al control de sistemas, controladores difusos sobre FPGA para control, sistemas de reconocimiento de patrones sobre plataformas PC, sistemas de navegación de robots móviles (sobre PC, microcontroladores y FPGA), sistema de asistencia al guiado de vehículos agrícolas, y sistema de control de la fertilizadora, entre otros.

Los ingenieros Oscar GOÑI y Juan TOLOZA tienen beca de postgrado de la AGENCIA, bajo la dirección de Dr. Todorovich en el primer caso, y Dr. Acosta (director de este proyecto) en el segundo caso. Goñi está trabajando en verificación funcional de sistemas digitales sobre FPGA. Toloza está trabajando sobre redes de sensores. Ambos están en las etapas iniciales de su postgrado, comenzaron su beca en mayo de 2009.

Los ingenieros Lucas LEIVA y José MARONE tienen beca de postgrado tipo I de CONICET bajo la dirección del director del proyecto. Leiva está trabajando en “*machine vision*” sobre plataformas FPGA, ya tiene varios algoritmos funcionando. Leiva está muy cerca de obtener su maestría en sistemas. Marone está trabajando en estabilización digital de imágenes de cámaras digitales, recién está en las primeras etapas ya que tiene la beca desde marzo de 2009. Vázquez está trabajando sobre máquinas de cálculo.

Por otra parte, Aciti (cuya tesis trata de algoritmos de asignación de procesador en sistemas de tiempo-real duro), Curti (su tesis trata sobre control de vehículos submarinos) y Tosini (su tesis trata sobre una arquitectura digital de red

neuronal dedicada a la climatización) ya tienen el grado de Master, y están definiendo su plan doctoral en temas afines al proyecto.

4. Aportes académicos y de transferencia esperados

Con respecto a los postgrados, los ingenieros Oscar GOÑI, Juan TOLOZA, Carolina TOMMASI, Lucas LEIVA y José MARONE se espera que hagan su maestría en el transcurso de la duración del proyecto. Se espera que durante el mismo periodo Martín VAZQUEZ, Marcelo TOSINI, Hugo CURTI y Claudio ACITI terminen su doctorado. Cabe destacar que todos los temas de postgrado están vinculados directamente con este proyecto. También se está colaborando fuertemente con laboratorios de otras Universidades Nacionales y de otros países.

Se está trabajando en varios proyectos de transferencia: Fertilizadora inteligente, Sistema de análisis de datos de perforación de pozos de petróleo (Well-Log SRL), Sistema de posicionamiento de precisión basado en GPS para agricultura de precisión (Iexilef SA), Sistema de simulación de vehículos con movimientos, y Sistema de climatización de un buque (Iexilef SA).

5. Bibliografía

- [Are04] Ramón Pallás Areny, “Sensores Y Acondicionadores De Señal” ISBN: 8426713440. ISBN-13: 9788426713445, 494 Págs. 4ª edición (02/2004).
- [Bak08] Amol B. Bakshi and Viktor K. Prasanna, “Architecture-Independent Programming for Wireless Sensor Networks”, John Wiley & Sons Inc, ISBN: 978-0-471-77889-9, 187 Págs. (2008).
- [Bul05] Nirupama Bulusu and Sanjay Jha, “Wireless Sensor Networks – A Systems Perspective”, ISBN: 1-58053-867-3, 344 Págs. (2005).
- [Bus01] F.Y. Busaba, C.A. Krygowski, W.H. Li, E.M. Schwarz and S.R. Carlough: “The IBM Z900 decimal arithmetic unit”. Asilomar, Conf. on Signals, Systems and Computers, November 2001, vol. 2, pp. 1335–1339.
- [Cal04] Edgar H. Callaway Jr., “Wireless Sensor Networks: Architectures and Protocols”, ISBN: 0-8493-1823-8, 342 Págs. (2004).
- [Cha05] K. Chakrabarty and S.S. Iyengar, “Scalable Infrastructure for Distributed Sensor Networks”, ISBN: 1-85233-951-9, 194 Págs. (2005).
- [Cor06] Carlos de Moraes Cordeiro and Dharma Prakash Agrawal, “Ad-Hoc & Sensor Networks – Theory and Applications”, ISBN: 981-256-681-3, 641 Págs. (2006).
- [Cow03] M.F. Cowlishaw: “Decimal floating-point: algorithm for computers”, Proc. 16th IEEE Symposium on Computer Arithmetic, June 2003, pp. 104–111.
- [Fri97] Norman Friedman, “The Naval Institute Guide to World Naval Weapons Systems 1997-1998”, ISBN: 1-55750-268-4, 808 Págs. (1997-1998).
- [Gam07] João Gama and Mohamed Medhat Gaber, “Learning from Data Streams - Processing Techniques in Sensor Networks”, ISBN: 978-3-540-73678-3, 244 Págs. (2007).
- [Hać03] Anna Hać, “Wireless Sensor Network Designs”, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, USA, John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 0-470-86736-1, 391 Págs. (2003).
- [Ily05] Mohammad Ilyas and Imad Mahgoub, “Handbook of Sensor Networks: Compact Wireless and Wired Sensing Systems”, ISBN: 0-8493-1968-4, 775 Págs. (2005).
- [Jab07] G. Jaberipur and A. Kaivani: “Binary-coded decimal digit multipliers”, IET Comput. Digit. Tech., 2007, 1, (4), pp. 377–381.
- [Jur07] Raja Jurdak, “Wireless Ad Hoc and Sensor Networks: A Cross-Layer Design Perspective”, University College Dublin, Dublin, Ireland, ISBN: 0-387-39022-7, 264 Págs. (2007).
- [Kar05] Holger Karl and Andreas Willig, “Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks”, University of Paderborn & Hasso-Plattner-Institute at University of Potsdam, GERMANY, John Wiley & Sons Ltd, ISBN: 0-470-09510-5, 497 Págs. (2005).
- [Li08] Yingshu Li, My T. Thai and Weili Wu, “Wireless Sensor Networks and Applications”, ISBN: 978-0-387-49591-0, 441 Págs. (2008).
- [Lip06] Béla G. Lipták, “Instruments Engineers’ Handbook – Process Control and Optimization – Volmune II”, ISBN: 0-8493-1081-4(v. 2), 2304 Págs. 4ª edición (2006).
- [Liu07] Donggang Liu and Peng Ning, “Security for Sensor Wireless Networks”, ISBN: 0-387-32723-1, 209 Págs. (2007).
- [Mah06] Imad Mahgoub and Mohammad Ilyas, “Smart Dust: Sensor Networks Applications, Architecture and Design”, ISBN: 0-8493-7037-X, 352 Págs. (2006).
- [San05] Paolo Santi, “Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Networks”, Istituto di Informatica e Telematica del CNR – Italy, ISBN: 0-470-09453-2, 252 Págs. (2005).

- [Sho06] Rajeev Shorey, A. Ananda, Mun Choon Chan and Wei Tsang Ooi, "Mobile, Wireless, and Sensor Networks – Technology, Applications and Future Directions", John Wiley & Sons Inc, ISBN: 0-471-71816-5, 430 Págs.(2006).
- [Soh07] Kazem Sohraby, Daniel Minoli and Taieb Znati, "Wireless Sensor Networks – Technology, Protocols, and Applications", ISBN: 978-0-471-74300-2, 307 Págs. (2007).
- [Sto05] Ivan Stojmenović, "Handbook of Sensor Networks – Algorithms and Architectures", University of Ottawa, John Wiley & Sons Inc, ISBN: 0-471-68472-4, 531 Págs. (2005).
- [Swa07] Ananthram Swami, Qing Zhao, Yao-Win Hong and Lang Tong, "Wireless Sensor Networks - Signal Processing and Communications Perspectives", University of Ottawa, John Wiley & Sons Inc, ISBN 978-0-470-03557-3, 394 Págs. (2007).
- [Tol09] J. M. Toloza, N. Acosta, "Sistema de control de flotas de vehículos", Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Exactas. UNCPBA, 2009.
- [Xil1] Xilinx Inc. "Virtex 4 User Guide", Abril 2007, available in <http://www.xilinx.com>.
- [Xil2] Xilinx Inc. "Virtex 4 User Guide", Abril 2007, available in <http://www.xilinx.com>.
- [Xil3] Xilinx Inc. "XST User Guide-9.2i", 2008, available in <http://www.xilinx.com>.
- [Xil4] Xilinx Inc. "ISE 9.2 Documentación", 2008, available in <http://www.xilinx.com>.
- [Xil5] Xilinx, Inc. "Constraints Guide – ISE9.2i", chapter 2 Relative Location (RLOC), 2008, available in <http://support.xilinx.com>.
- [Yu06] Yang Yu, Viktor K. Prasanna and Bhaskar Krishnamachari, "Information Processing and Routing in Wireless Sensor Networks", Motorola Labs and University of Southern California, USA, ISBN: 981-270-146-X, 185 Págs. (2006).