

Integración de Nuevas Tecnologías en Automatización Industrial

María Feldgen, Osvaldo Clúa, Aníbal Zanini, Mauricio Anigstein, Carlos Godfrid, Fabiana Ferreira, Flavia Felicioni

Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires
{mfeldgen, oclua}@ieee.org

Resumen

Dentro de los progresos registrados en la ingeniería en general, el campo del control automático presenta características particulares. Además del propio proceso, un proceso industrial controlado tiene incorporados elementos de actuación, electrónica de supervisión y medición, comunicaciones entre dispositivos y un sistema de computación a cargo de la operación general. De este modo, las aplicaciones más relevantes en la ingeniería de control registran los avances de las disciplinas que intervienen: la identificación y el modelado del proceso, tecnologías electrónicas de medición, potencia y comunicaciones, así como nuevos recursos informáticos. Este proyecto propone este enfoque, considerando simultáneamente avances de distintos campos como la base para la realización de proyectos de automatización. Se centra en las posibilidades que ofrece la integración de los nuevos recursos y analiza las dificultades de su implementación, experimentando sobre un prototipo de laboratorio, un robot industrial y una planta piloto de procesos químicos. El proyecto se estructura en cinco temas: Control basado en modelos, Identificación, simulación y control de procesos, Sistemas de tiempo real, Redes

de sensores en ambientes industriales y Robótica industrial. Alrededor de esta experiencia se encaran actividades docentes de grado y posgrado en el área de control, informática y robótica.

Palabras clave: automatización industrial, control, redes de sensores, robótica.

Contexto

El proyecto es continuación de los proyectos UBACyT “Experimentos en Nuevos Enfoques en Control Automático” e “Integración de Nuevas Tecnologías en Automatización Industrial” que desde 2001 se vienen desarrollando ininterrumpidamente. Esto ha permitido no solo profundizar en la temática de estudio sino también consolidar el grupo de investigación.

Este proyecto forma parte de la Programación científica de la UBA 2014-2017 y ha sido acreditado y financiado por dicha institución.

Introducción

Las aplicaciones para automatización de procesos de manufactura se han sofisticado en los últimos años, capitalizando así el avance tanto en Control Industrial como en Computación Industrial. En el marco teórico y en las

aplicaciones, estos avances han generado nuevos criterios de diseño con los que se logra un mejor desempeño que con las metodologías clásicas del control.

En Argentina, la industria sigue más lentamente esta tendencia y son escasas aún las empresas que han incorporado estas tecnologías. De hecho, la mayoría (y en especial, las empresas pequeñas) desconoce los recursos a su alcance. Sin embargo, el dominio de los nuevos paradigmas de control industrial es indispensable para cumplir con los niveles requeridos para la certificación de normas de calidad necesarias para acceder a mercados globalizados.

En materia de control de procesos continuos, en la última década ha cobrado interés industrial la implementación de controladores basados en modelos, tanto para monolazos como para plantas multivariadas. Existe una corriente de desarrollo basada en el diseño de controladores mediante la técnica de Control por Modelo Interno (IMC) y otra apoyada en la familia de controladores predictivos. Tanto en el modelado de procesos, como en las estrategias y arquitecturas de control se encuentran técnicas establecidas y consolidadas a nivel académico, pero aún su uso industrial no es frecuente.

Uno de los requerimientos principales de las nuevas tecnologías de control es la interconexión de los dispositivos usando redes de comunicaciones en tiempo real. Los buses de campo fueron diseñados con este objetivo y en los últimos años, se incorporaron las redes de sensores inalámbricos (WSN). El comportamiento y las restricciones de las WSN y sus consecuencias sobre la controlabilidad y observabilidad del sistema que son diferentes del resto de las redes industriales [Yan, 2010], [Chamseddine, 2007], es un tema abierto de investigación. Estos temas son: topología

cambiante y comunicaciones multisalto, variabilidad del canal de comunicaciones, restricciones en el consumo de energía, capacidad limitada de procesamiento, redundancia de dispositivos, muestreo y control basado en eventos e interoperabilidad con buses de campo [Miskowicz, 2005]. El diseño de las soluciones impone la necesidad de definir estrategias, herramientas de simulación y bancos de ensayo adecuados [Willig, 2008].

Los robots industriales contribuyen a: (i) liberar al hombre de tareas riesgosas, insalubres, pesadas ... inhumanas en general; (ii) reducir el consumo de energía y materiales; (iii) reducir la producción de efluentes y deshechos; (iv) mejorar la calidad y productividad de los procesos haciendo viables empresas que de otra manera deberían dejar de operar; (v) realizar nuevas tareas imposibles para humanos. Como contrapartida, su utilización en forma segura, eficiente y robusta a fallas, es una tarea sumamente compleja que insume mucho tiempo de desarrollo. Por este motivo, 53 años después de la instalación del primer robot industrial, hay sólo algo menos de 1,5 millones de robots industriales operando en el mundo

Estudiar la factibilidad de robotizar una nueva tarea para un potencial nuevo cliente insume mucho tiempo (costo) y además los proveedores de robots no tienen el personal necesario para atenderlos. Les resulta más rentable dedicarse a las tareas ya resueltas y a los clientes seguros (automotrices). La falta de personal capacitado en el proveedor y en el usuario es un elemento clave. Por otro lado, actualmente la mayoría de los robots industriales operan en celdas diseñadas para que las tareas sean repetitivas, requiriendo altas inversiones en equipamiento accesorio y en adaptación del entorno. Sin embargo, los

productos y procesos cambian cada vez más rápidamente. En estas condiciones, no sólo debe reprogramarse el robot sino que puede volverse obsoleto el equipamiento. Por todos estos motivos, el costo de robotizar resulta muy superior al costo del propio robot [Hutchinson, 1996]. La integración de capacidades de sensado y manipulabilidad semejantes a las humanas, están poco incorporadas, utilizadas o desarrolladas según el caso, en los controladores o en las implementaciones de los robots industriales [Jörg, 2000]. La realidad es que no sólo en la industria no-automotriz existe una altísima potencialidad no resuelta de robotización, sino que aún en la industria automotriz queda mucho por hacer [World Robotics, 2012] y otras utilidades posibles a satisfacer.

Líneas de Investigación, Desarrollo e Innovación

Continuando con los proyectos previos se está trabajando en articular la teoría con plataformas industriales abarcando desde robótica hasta procesos químicos incluyendo las redes de sensores. Por consiguiente, las líneas de investigación están asociadas a las siguientes facetas del control industrial:

- Control, Identificación y Simulación de Procesos
- Redes de sensores en ambientes industriales
- Robótica industrial

Control, Identificación y Simulación de Procesos: Los avances teóricos, tanto en Identificación de Procesos como en Control Basado en Modelos, son muy vastos pero existen posibilidades de realizar aportes en el campo de la aplicación industrial.

En adaptación de parámetros de controladores clásicos, la mayoría de los

desarrollos se centran en la búsqueda de los valores óptimos para un cambio de referencia. En muchos casos, en la industria, no se admite este tipo de cambios, debiéndose ajustar el controlador solo frente a las perturbaciones del sistema. Se han hecho desarrollos en el área, como el IFT, que serán tomados como base para este trabajo.

Redes de sensores en ambientes industriales: Se continúa con la investigación de la integración de sensores empotrados económicos, adaptables y configurables utilizando redes de sensores inalámbricos del tipo IEEE802.14.5, IEEE802.15.4e y similares, a los sistemas de control. El diseño de redes de sensores robustas que permitan verificar la controlabilidad y observabilidad del sistema en presencia de fallas y con redundancia se seguirá analizando y estudiando desde el punto de vista de la teoría de sistemas complejos [Yan, 2010], [Chamseddine, 2007]. Estos sistemas requieren sistemas no lineales y adaptativos tomando en cuenta que los sensores requieren sistemas en tiempo real basados en eventos [Miskowicz, 2005] y controladores con diferentes características, tales como basados en eventos, en tiempo e híbridos para estimar el desempeño de los procesos controlados. Los problemas a tener en cuenta son los impuestos por un sistema de control multivariable que opera sobre un canal de comunicaciones con fallas; la ubicación física de los sensores, su redundancia y cobertura espacial; la sincronización de datos de múltiples nodos redundantes; el uso eficiente de los actuadores; los efectos del muestreo basado en eventos y los efectos sobre la vida útil del sensor y su batería.

Robótica industrial: La visión es muy útil para que el robot obtenga sin contacto información del ambiente de trabajo [Jörg, 2000], [Spong, 2006]. Los sensores

de fuerza/torque son importantes para realizar tareas en que la herramienta entra en contacto con el medio y debe controlar las fuerzas externas y/o acomodarse a restricciones de vínculo [Craig, 2006]. Otra capacidad deseable del controlador, es la de permitir que el robot realice tareas con redundancia en la manipulación que le permitirían, por ejemplo, evitar singularidades, obstáculos y completar tareas descompuestas en subtareas con prioridades en la ejecución [Chen, 1997]. Para cumplirlas, se debe interpretar y ejecutar instrucciones de movimiento que definen menos grados de libertad que los que tiene el manipulador. Sin embargo, las publicaciones en todas estas áreas mencionan usualmente trabajos desarrollados en ambientes de laboratorio, o en robots industriales pero con controladores especialmente diseñados y los resultados no son directamente trasladables al ámbito industrial. Por otro lado, las trayectorias a realizar por el robot en todos los casos son básicamente conocidas de antemano y sintetizables mediante un número relativamente pequeño de movimientos elementales. Sin embargo, nuevas aplicaciones [Rupp, 2009], pueden requerir trayectorias complejas, con un número muy elevado de puntos de paso no conocido antes de ejecutar la tarea (que puede durar días). Un ejemplo, es el ensayo de maniobras de satélites.

Por consiguiente, se está trabajando en una mejor articulación entre los resultados de los trabajos de investigación y los comandos, funciones y capacidades de los controladores comerciales.

Resultados y Objetivos

Control, Identificación y Simulación de Procesos: Es objetivo del proyecto desarrollar dos tipos de controladores industriales: a) controladores con

capacidad de autoajuste de sus parámetros y b) controladores de tipo predictivo multivariados. Se continúa trabajando con la metodología I.M.C. y Control con Observadores [Godfrid, 2002]. Se trabaja en control predictivo basado en modelos (MBPC), con especial énfasis en el caso multivariable de lazos acoplados [Zanini, 2009]. Toda estrategia de control lleva implícita una etapa previa que es la de modelización del proceso a controlar. En este campo se están desarrollando algoritmos de identificación de sistemas, adecuados para el tipo de excitación admisible en un entorno industrial.

Redes de sensores en ambientes industriales: El objetivo es crear los bancos de prueba necesarios para cada tipo de aplicación de redes sensores. Se están desarrollando herramientas usando escenarios con perturbaciones y diferentes condiciones operativas [Pawlowski, 2010]. Se están aplicando soluciones y modelos matemáticos para cada uno de los problemas que presenta una red WSN y se está estudiando su efecto sobre el sistema a controlar [Gupta, 2010]. Nuestro objetivo es continuar trabajando sobre los algoritmos y el simulador que se está desarrollando que permite escalar nuestra WSN Memsys.

Robótica Industrial: Se está trabajando y publicando en visión, control de fuerzas, redundancia en la manipulación, generación de trayectorias complejas y comunicación en línea con una PC externa al controlador, sobre una celda de trabajo con un robot de 6 ejes [Anigstein, 2012]. Se desarrolla software específico y manuales para usuarios. A partir de los resultados se están generando aplicaciones integradas con las otras líneas detalladas antes, para su uso tanto en grado y postgrado como en intercambios con la Industria y con Organismos Nacionales de Ciencia y Técnica.

Formación de Recursos Humanos

El grupo de investigación está conformado por profesionales del área de control, automatización industrial, robótica e informática.

Las herramientas a desarrollar y la evaluación de rendimiento a efectuar son temas apropiados para la realización de Tesis de Ingeniería de grado, maestría y doctorado en las disciplinas que convergen en este proyecto. Otros desarrollos y aplicaciones resultaron ideales para Trabajos Profesionales. Ambas actividades están contempladas en los planes de estudio vigentes en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Es un objetivo de este proyecto guiar a los estudiantes interesados en el desarrollo de estos trabajos. Además algunas experiencias se incorporaron a los trabajos prácticos de distintas materias como experiencias con alto valor de enseñanza y aprendizaje.

Se han desarrollado en el periodo 2001-2014

- 33 tesinas de grado
- 12 de maestría
- 8 de doctorado

Se están desarrollando actualmente:

- 8 tesinas de grado
- 2 de maestría
- 2 de doctorado

Además, se realizaron prototipos y simulaciones en materias del tipo PPS (Práctica Profesional Supervisada) [Clúa, 2009], [Feldgen, 2013].

Referencias

- [Anigstein, 2012] H. Jurado, M. Anigstein, "Plataforma Externa Generadora de Trayectorias para un Robot Industrial". 23° Congreso Argentino de Control Automático, Buenos Aires, 2012.
- [Chamseddine, 2007] A. Chamseddine, H. Noura, T. Raharijaona, "Optimal Sensor Network Design for Observability of Complex Systems", American Control Conference, New York, USA, 2007
- [Chen, 1997] C.L. Chen, C.J. Lin. "Motion Planning of Redundant Robots". Journal of Robotic Systems 14(12), 839-850, 1997.
- [Clúa, 2009] O. Clúa, M. Feldgen, C. Godfrid. "Desarrollando en Simulink para TinyOS: un enfoque interdisciplinario". RPIC 2009-XIII Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, Rosario, Sta Fé, 2009
- [Craig, 2006] J.J. Craig, "Robótica". Prentice-Hall, 2006.
- [Feldgen, 2013] M. Feldgen, O. Clúa, "Las Prácticas Profesionales Supervisadas y su evaluación", RPIC 2013-XV Reunión de Trabajo en Procesamiento de la Información y Control, Bariloche, 2013
- [Godfrid, 2002] C. Godfrid, G. Cistac, "Prototype Process for basic experiments within an IMC approach" COMBELET'99 Computer Based Experiments Learning and Teaching. Wroclaw, Polonia.
- [Gupta, 2010] R. A. Gupta, M. Y. Chow, "Networked Control System: Overview and Research Trends", IEEE Transactions on Industrial Electronics 57(7), pp. 2527-2535, 2010.
- [Hutchinson, 1996] S. Hutchinson, G.D. Hager, P.I. Corke, "A Tutorial on Visual Servo Control". IEEE Trans Robotics Automat, 12, pp. 651-670, 1996.
- [Jörg, 2000] S. Jörg, J. Langwald, J. Stelter, G. Hirzinger, C.Natale, "Flexible robot-assembly using a multi-sensory approach", IEEE Int Conf Robot Automat. pp. 3687-3694, 2000.
- [Miskowicz, 2005] M. Miskowicz, "Sampling of signals in energy domain" 10th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, pp 263-266, 2005.
- [Pawlowski, 2010] A. Pawlowski, J. L. Guzmán, F. Rodríguez, M. Berenguel, J. Sánchez, S. Dormido, "Study of Event-Based Sampling Techniques and their Influence on Greenhouse Climate Control with Wireless Sensors Network", Factory Automation, 2010.
- [Rupp, 2009] T. Rupp, T. Boge, R. Kiehling, F. Sellmaier, "Flight dynamics challenges of the german on orbit servicing mission deos", 21st. International Symposium on Space Flight Dynamics, Toulouse, Francia, 2009.
- [Spong, 2006] M. W. Spong, S. Hutchinson, M. Vidyasagar, "Robot Modeling and Control". USA, 2006.
- [Willig, 2008] A. Willig, A. Matheus, K. Wolisz, A. "Recent and Emerging Topics in Wireless Industrial Communications: A Selection". IEEE Transactions on Industrial Informatics, 4 (2), pp. 102-124, 2008
- [World Robotics, 2012] World Robotics 2012. <http://www.worldrobotics.org>
- [Zanini, 2009]x A. Zanini, E. Escudé, "Comparación de Estrategias de Control en Sistemas Multivariabes Acoplados". RPIC 2009 Rosario, Sta Fé, 2009.