

# TECNOLOGIA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LAS ARQUITECTURAS PARA SISTEMAS DE CONTROL

Irene Torres Hecker. Paradigma C.A.

Apdo. Postal 1087. Ciudad Guayana 8015. Venezuela

## ABSTRACT

La aplicación de nuevas tecnologías, en particular, de Inteligencia Artificial, para abordar problemas de Control en ambiente industrial ha demostrado ser altamente provechosa, encontrándose en la práctica esquemas consolidados como el uso de Sistemas Expertos, y otros aún con carácter experimental, como la integración de módulos de procesamiento mediante Redes Neuronales en distintos puntos de las arquitecturas de control.

Existen aspectos propios del proceso, así como de los recursos disponibles, que son determinantes para un diseño adecuado. La identificación de dichos factores a la luz de las nuevas tecnologías a aplicarse, en particular aquellas del campo de la Inteligencia Artificial darán garantía de resultados exitosos.

**KEYWORDS:** Control de Procesos, Arquitecturas de Control, Sistemas Expertos

## APLICACION DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ARQUITECTURAS DE CONTROL

Dados los niveles de Control Local y Control Supervisorio, en los cuales se verifican ciclos de adquisición de datos, almacenamiento, análisis y corrección, y que en conjunto con el Control Estratégico caracterizan los ambientes industriales, existen distintas arquitecturas considerando por un lado el grado de acoplamiento entre los componentes -impuesto por los requerimientos Tiempo Real de los procesos a controlar- y por otro lado, propiamente los componentes que integran la arquitectura.

En todos los planteamientos de arquitecturas, de **Acoplamiento Débil o Fuerte**, y en relación a su naturaleza de **Control Local o Supervisorio**, con el consecuente grado de intervención humana en su operación, se distinguen dos componentes siempre presentes: un **Módulo de Adquisición de Datos** y un **Módulo de Análisis**. El primero de ellos se beneficia de los adelantos principalmente en el campo de la electrónica y se complementa con el desarrollo de software adecuado para hacer uso de la circuitería en cuestión. Con esto se cubren las variantes de **captoreos lógicos y captoreos físicos** en el nivel más básico y por otra parte la construcción de interfaces cada vez más poderosas para permitir que los mecanismos de adquisición de datos incorporen locaciones remotas, esquemas distribuidos o distintos componentes integrados en redes.

En cuanto al proceso de análisis sobre los datos adquiridos, éste puede variar desde formas muy elementales en las que simplemente se apliquen criterios de organización a los datos hasta formas que incorporen un alto grado de "inteligencia". La opción escogida se deberá en gran parte a factores tales como el propósito de la respuesta a alcanzar, la dinámica del proceso a controlar, o incluso el riesgo implícito en el mismo.

Un gran número de procesos industriales tienen un comportamiento **Tiempo Real** bastante estricto, lo que, en conjunto con una estabilidad vulnerable del proceso, obliga a que los sistemas de control busquen incorporar, cada vez con mayor énfasis, las siguientes características:

- \* velocidad de procesamiento -análisis- a la par de la velocidad natural del proceso
- \* capacidad para almacenar y operar grandes volúmenes de datos
- \* integración de distintas formas de procesamiento: procedimental, inferencial
- \* respuestas de distinta naturaleza: refleja, interpretativa, predictiva
- \* capacidad de enfrentar casos excepcionales

Dentro de diversas áreas de la Inteligencia Artificial se encuentran paradigmas capaces de ofrecer respuesta a las demandas anteriormente mencionadas. A continuación se examinarán algunas de ellas y se expondrán ejemplos de su aplicación.

### Sistemas Basados en Conocimiento:

Bajo el término Sistemas Basados en Conocimiento se considerarán los Sistemas Expertos y los Sistemas de Simulación Basada en Conocimiento. En los Sistemas Expertos que se desarrollan en la actualidad existe un uso generalizado del Enfoque de Objetos como forma de representación del conocimiento e igualmente una incorporación de facto de capacidades para el procesamiento requerido por Sistemas de Control, que se traduce en poderosas interfaces hacia equipos de medición y adquisición de datos y en manejo natural de conceptos de Tiempo Real.

En el marco de las arquitecturas de control los sistemas expertos pueden constituir módulos de los sistemas para el análisis de los datos, ofreciendo la posibilidad de evaluar la conducta del proceso controlado en términos cualitativos con la incorporación de un volumen de información mucho mayor al manejable por un experto humano y en un tiempo más corto, predecir eventos basados en las tendencias observadas en los parámetros de control, diagnosticar eventos excepcionales, coordinar múltiples modos de respuesta seleccionando entre respuestas reactivas en condiciones de normalidad y respuestas "razonadas" en situaciones problema y redefinir el curso de acción del proceso, entre otras bondades.

En cuanto a las variantes para la inserción de módulos expertos, determinadas por la arquitectura elegida, cabe mencionar que en los casos en que el análisis se hace fuera de línea, y en los casos en que se cuenta con la intervención de un operador, la naturaleza del módulo experto puede ser de Recomendación o Asistencia. En otro caso, en el que es responsabilidad del propio sistema la aplicación de sus resultados al proceso, su naturaleza es de Acción.

La utilización de Sistemas Expertos para una preclasificación de las entradas recibidas para el análisis y la orientación a priori del curso del mismo, es otra propuesta de inclusión de Módulos Expertos en Arquitecturas de Control. Entre las limitaciones que se enfrentan con esta concepción está la de tener que ser exhaustivo en la consideración de los casos a ocurrir.

Los Sistemas de Simulación Basada en Conocimiento ofrecen la posibilidad de modelar de forma cualitativa, en combinación con otras formas convencionales, los procesos a controlar y obtener una representación de los mismos muy cercana a la realidad. Esto permite pronosticar la ocurrencia de eventos y tomar previsiones fundamentadas. Por otra parte la utilización de módulos de Simulación de esta naturaleza constituye un gran aporte a la labor de interpretación de los resultados que se obtienen de la misma porque ellos son utilizados por retroalimentación como insumo para ajustes al modelo originalmente concebido.

La inserción de módulos de Simulación Basada en Conocimiento tiene cabida como recurso para complementar el procesamiento a nivel de Control Supervisorio. Un Elemento Simulador puede, entre otras cosas, suplir datos ante fallas en la adquisición real de los mismos y de esta manera permitir que el sistema de control funcione ininterrumpidamente. También permite estudiar el efecto de posibles acciones en un plazo más largo.

#### Redes Neurales:

Las Redes Neurales, con sus esquemas de procesamiento distribuido y paralelo, han encontrado un amplio terreno de aplicación dentro del contexto industrial por su uso para el procesamiento de patrones -visto el reconocimiento como parte de esta tarea-.

En el caso de los Sistemas de Control de Lazo Cerrado, en los que tiene lugar el ciclo de Adquisición de Datos, Análisis, y Modificación, se presenta típicamente un caso de reconocimiento de patrones, en el cual estos últimos están formados por vectores de los valores adoptados por los distintos parámetros del proceso elegidos para el control, y en el cual el

sistema efectúa una clasificación de los patrones hacia una situación del proceso y en consecuencia produce una salida que puede resultar un mapeo de la clasificación obtenida, hacia las acciones que conviene ejecutar.

La clasificación de patrones se puede ver como una regla de decisión que se especifica a través de la selección de valores para un conjunto de parámetros. El aprendizaje es entonces el proceso de ajuste de los valores de los parámetros basado en qué tan bien se comporta la regla de decisión sobre un conjunto de patrones de entrenamiento cuyas clasificaciones correctas se suplen.

El proceso anterior, en un enfoque conexionista puede ser la creación de memorias asociativas, en donde los pesos de las conexiones se ajustan por Estimación de Parámetros, en base a un error que se minimiza incrementalmente y el proceso es más que un ajuste del modelo, un registro de información en una "memoria".

La aplicación de Redes Neurales de la forma descrita, con su procesamiento distribuido y paralelo, a problemas de Control encuentra justificación por los siguientes factores:

- \* Los procesos que se controlan son dinámicos, dependientes de su historia, por lo cual un modelo con mapas estáticos de I/O resulta inadecuado
- \* El desempeño del sistema debe ajustarse en varios ciclos de control, por un proceso de Entonación, y no se determina por respuestas instantáneas
- \* Existen requerimientos de adaptación y aprendizaje para el Control en Lazos Cerrados
- \* La información proveniente de procesos puede ser ruidosa o incompleta y sin embargo se requiere respuesta por parte del sistema

Por otra parte, existe un conjunto de aspectos esenciales para la adecuación de una Red Neural al control de un proceso. Ellos son:

- \* representación del problema: se refiere a la selección de las variables del proceso, a los datos que se adoptarán para la clasificación y construcción del modelo, y al proceso de codificación que se operará sobre los valores
- \* diseño de la red: considera la utilización de los parámetros seleccionados, las unidades en que serán manejados, las relaciones entre ellos, la estructuración de la red, las restricciones sobre las conexiones y demás aspectos referidos a la instrumentación de las reglas de decisión que definen el modelo
- \* criterios de desempeño: está referido a la definición de medidas elocuentes, de fácil adquisición que permitan establecer una métrica para la evaluación del desempeño de la red sin que haya que implementar completamente cada modelo
- \* entrenamiento: combinar la posibilidad de entrenamiento fuera de línea con el entrenamiento en línea paralelo al control del proceso
- \* uso del conocimiento a priori: utilización durante el diseño de la red de la información con que se cuenta en relación a los posibles valores iniciales de los parámetros y las restricciones sobre ellos, para acelerar y mejorar el aprendizaje

Verificando los aspectos anteriormente expuestos, las Redes Neuronales pueden ser insertadas dentro de las arquitecturas de Control, para el procesamiento de los datos adquiridos, bien sea para la generación de una respuesta inmediata al proceso u operador, según el esquema en cuestión, o bien para una evaluación preliminar de la situación que luego será aprovechada por otros módulos del sistema de análisis.

Durante el proceso de concepción del Sistema de Control para un proceso, también las Redes Neuronales encuentran aplicabilidad, principalmente en lo que se refiere a la **Identificación del Sistema** o en otras palabras la definición del modelo, con la actividad de Detección de Rasgos.

### Esquemas Híbridos:

La propuesta básica es la integración de distintas formas de procesamiento para la conformación del módulo de Análisis del Sistema de Control. En particular se consideran diferentes maneras de interacción cooperativa entre Redes Neurales y Sistemas Basados en Conocimiento.

Un ejemplo de este esquema presentado es la utilización de una Red Neural para el Control Local, y la comunicación de sus resultados, complementando los datos directos del proceso, a un módulo Basado en Conocimiento, que integre a su vez capacidades de Simulación, para el Control Supervisorio. La respuesta del módulo Basado en Conocimiento no estaría limitada a modificaciones al proceso, sino que podría igualmente incluir sugerencias de ajustes al modelo representado por la Red Neural.

Los niveles de **Control Local** y **Control Supervisorio**, con la correspondiente jerarquía de comportamiento definida entre ellos, se integran al nivel de **Control Estratégico**, proporcionándole la información que servirá de insumo para las actividades propias de este nivel, en el cual aparece la Simulación como instrumento de gran valor, principalmente para la evaluación del efecto de cambios previstos. Bajo la óptica ingenieril, para la instrumentación de cambios, la Simulación es un recurso para la ejecución de pruebas que en ambientes industriales, llevadas a escala real, resultarían o sumamente costosas o sumamente riesgosas. Desde la perspectiva gerencial, las bondades de la Simulación han sido tradicionalmente reconocidas.

### **CONCLUSIONES**

- \* El área de control de procesos -en ambiente industrial en este caso- obtiene un alto beneficio de la inserción de tecnologías de distinta naturaleza, en particular, de la

aplicación de distintos paradigmas de la Inteligencia Artificial para el procesamiento de los datos obtenidos de los procesos controlados.

- \* El éxito de la aplicación de determinadas tecnologías estará sujeto a las condiciones en que ésta se lleve a cabo, siendo necesarios la consideración de aspectos técnicos complejos y un conocimiento bastante sólido tanto del problema a abordar como de los recursos computacionales con los cuales se cuenta.
- \* Las tendencias en el área de Control de Procesos están dadas por la búsqueda de la integración de los distintos niveles en los que se ejecuta, con la incorporación de tecnologías de punta, para la consecución del objetivo definido como **Control Total** dentro de las organizaciones.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Barr, P. Cohen, E. Feigenbaum. The Handbook of Artificial Intelligence. Vol IV. Addison-Wesley. 1989.
- [2] B. Hayes-Roth et al. Intelligent Monitoring and Control. Proceedings IJCAI '89.
- [3] B. Kuo. Sistemas Automáticos de Control. Prentice-Hall, Inc. 1962.
- [4] B. Silverman. Distributed Inference and Fusion Algorithms for Real-Time Supervisory Controller Positions. IEEE. Knowledge and Data Engineering. 1987.
- [5] F. Highland, C. Iwaskiw. Knowledge Base Compilation. Proceedings IJCAI '89.
- [6] G. Abadía, P. Lindenfelzer. Data Acquisition for Real-Time Expert Systems. Gensym Corp. Proceedings CNIASE '90.
- [7] J. Debenham. The Implementation of Expert, Knowledge-Based Systems. Proceedings IJCAI '89.
- [8] J. Ramírez. Las Redes Neurales y el Control de Procesos (I). Computerworld de Venezuela. 1989.
- [9] J. Ramírez. Las Redes Neurales y el Control de Procesos (II). Computerworld de Venezuela. 1989.
- [10] J. Stankovic, W. Halang, M. Tokoro. Real-Time Systems. Kluwer Academic Publishers. 1990.
- [11] K. Ogata. Ingeniería de Control Moderna. Editorial Dossat, S.A. 1979.
- [12] L. Becker et al. Using Manufacturing Process Representations. AI EDAM. 1989.
- [13] R. Dodhiawala, N. Sridharan, P. Raulefs, C. Pickering. Real-Time AI Systems: A Definition and An Architecture. Proceedings IJCAI '89.
- [14] R. Moore. Real-Time Expert Systems in the Information Age. AI EXPERT. 1987.
- [15] R. Washington, B. Hayes-Roth. Input Data Management in Real-Time AI Systems. Proceedings IJCAI '89.

- [16] S. Shekhar, S. Dutta. Minimizing Response Times in Real Time Planning and Search. Proceedings IJCAI '89.
- [17] W. Perkins, A. Austin. Adding Temporal Reasoning to Expert-Systems-Building Environments. IEEE. Knowledge and Data Engineering. 1990.