

**INTELLIGENT DECISION MAKING SUPPORT AID FOR CONTROL
SYSTEMS****ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE
ASISTENCIA A LA TOMA DE DECISIONES DE CONTROL****PhD. Eliezer Colina M. , PhD. Edmary Altamiranda M., PhD. Edgar Chacón R.****Instituto de Investigación y Desarrollo de Tecnologías Aplicadas IIDTA**
Universidad de Pamplona, Pamplona Norte de Santander Colombia
{ecolina, edmarya, echacon}@unipamplona.edu.co

Abstract: The supervision of continuous production complex processes, involve the simultaneous achievement of decision making, monitoring and control tasks which allow keeping appropriate qualitative and quantitative performance in terms of operational and environmental security. There is a variety of classic approaches for the control actions design such as: geometrical (Wonham, 1992), algebraic (Vidyasagar, 1985) and numerical approaches (Aström, 1989). On the other hand, there also exist some new conceptions to implement regulatory decision making based on emergent approaches which uses artificial intelligence paradigms. This work propose an intelligent decision making support aid for control systems based on multiresolutional models that include qualitative and quantitative characteristics for complex processes, providing support for supervisory control design.

Resumen: La supervisión de procesos complejos de producción continua involucra la ejecución simultánea de tareas de medición, control y toma de decisiones que permiten mantener desempeños cualitativos y cuantitativos apropiados en condiciones de seguridad operacional y ambiental. Existe por un lado, una gama de enfoques clásicos como los geométricos (Wonham, 1992), los algebraicos (Vidyasagar, 1985) los numéricos (Aström, 1989), para acometer el diseño de acciones de control, mientras que por otro lado, algunas concepciones nuevas para implantar tareas de toma de decisiones regulatorias, que permiten conferir actividad a la intervención de operadores humanos, están basados en el uso de enfoques emergentes que emplean paradigmas de la inteligencia artificial. Este trabajo propone un esquema para construcción de un sistema inteligente de asistencia a la toma de decisiones, respaldado por el empleo de modelos multiresolucionales, que incluyen características cuantitativas y cualitativas de los procesos, y sirven de base para el diseño de sistemas de control supervisorio.

Keywords: Intelligent Systems, Supervisory Systems, Multiresolutional Models, Intelligent Control

1. INTRODUCCIÓN

El uso oportuno de información apropiada, que permita mantener o mejorar el desempeño de las acciones de control regulatorio sobre un proceso complejo de producción, conlleva una mezcla de esfuerzos y recursos.

Por ejemplo, se hace necesario el modelado del comportamiento dinámico del proceso, la concepción de esquemas de regulación automática y la disponibilidad de una plataforma de teleinformación y telecomunicaciones que facilite la implantación de sistemas de asistencia a la toma de decisiones, para respaldar las tareas de supervisión operacional, en correspondencia con los objetivos de desempeño predefinidos para el proceso. El esfuerzo de modelado numérico del proceso, desde el punto de vista de representar matemáticamente su evolución dinámica, puede ser realizado tanto en forma explícita como implícita. Así los modelos resultantes pueden contemplar desde una descomposición vertical, a manera de jerarquías, de las interrelaciones entre subprocesos y variables de interés, usualmente en términos de ecuaciones diferenciales ordinarias con las cuales es posible establecer una estrategia por niveles de acciones de control (Singh and Titli, 1978 ; Mesarovic, 1979), hasta la inclusión dentro del modelo de una representación de la ocurrencia de transiciones discretas o eventos, que desencadenan comportamientos dinámicos en tiempo continuo o discreto, para describir la evolución del proceso complejo en términos de un sistema híbrido (Antsaklis, 1993; Passino, 1989; Krogh, 1993; Bemporad, 1999). Es también una alternativa viable, la construcción de modelos simbólicos de los procesos; por ejemplo, recurriendo a la representación del conocimiento que se posee de los mismos por medios lingüísticos, u otros mecanismos de concreción informática, donde implícitamente queden reflejados aspectos relevantes del comportamiento de los mismos (Sanz, 1990); o bien especificando relaciones causales explícitas descriptivas de las dependencias funcionales e interrelaciones entre variables (Kuipers, 1986). En cualquiera de los dos casos anteriores existe la posibilidad de realizar representaciones de los procesos con diferentes niveles de abstracción; permitiéndole a los modelos resultantes una cualidad de multiresolución

para reflejar diferentes características de los mismos a diferentes grados de abstracción. El esquema de construcción de un sistema inteligente de asistencia a la toma de decisiones propuesto en este trabajo, está basado en el uso de modelos simbólicos multiresolucionales, que facilitan el modelado de características cualitativas y cuantitativas para describir procesos.

2. MOLDELADO MULTIRESOLUCIONAL

En un sistema inteligente de asistencia a la toma de decisiones de control se deben considerar dos tareas esenciales como son: el escrutinio de las condiciones de operación y el cálculo de las leyes de control apropiadas. La implantación eficiente de tales tareas exige de la disponibilidad de modelos multiresolucionales que permiten simultáneamente: realizar las descripciones de comportamientos dinámicos de los procesos ante perturbaciones o acciones de control, proveer información pertinente y actualizada sobre el estado de los procesos y facilitar la comunicación entre procesos y usuarios. La estructura NCR de tres niveles, para el modelado multiresolucional propuesta en (Sanz, 1990), consta de un modelo numérico (modelo N), un modelo cualitativo (modelo C) y un modelo de razonamiento o de representación del conocimiento (modelo R), que están acoplados por medio de funciones de abstracción y funciones de concreción para especificar valores de variables de un nivel a partir de valores de variables en otros niveles, según se ilustra en la figura 1

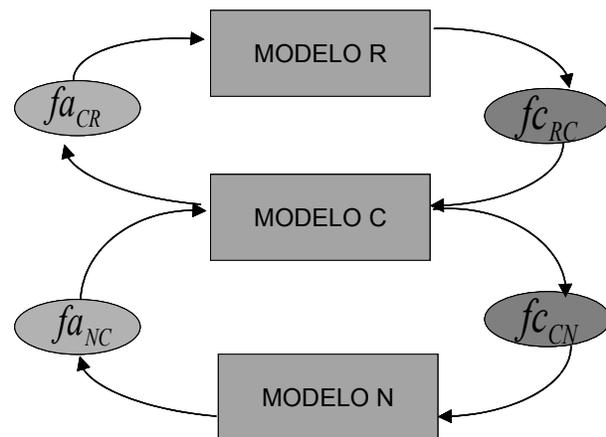


Fig. 1. Estructura modelo multiresolucional NCR

Donde, las funciones $fa..$ constituyen las funciones de abstracción y $fc..$ las funciones de concreción.

2.1 El Modelo Numérico, (Modelo N)

Existe una batería de enfoques y técnicas para la construcción de modelos cuantitativos de procesos físicos. Los enfoques de construcción pueden ser fenomenológicos, basados en la aplicación de principios físicos, como conservación de la masa y la energía, y empíricos inspirados en la disponibilidad de mediciones de variables de interés o en el uso del conocimiento, (experiencia), sobre las condiciones de operación de los procesos.

Los modelos tipo N son usualmente expresados en forma de ecuaciones diferenciales o en ecuaciones en diferencias y permiten informar sobre comportamientos dinámicos, en términos de la evolución temporal, de variables de procesos. Las representaciones en los espacios de estados de los procesos constituyen modelos de tipo N que poseen características predictivas sobre el comportamiento temporal de los estados de los procesos. Las ecuaciones (1) y (2) simbolizan la representación de estados de un proceso físico

$$\frac{dX(t)}{dt} = f(X(t), U(t), t) \quad (1)$$

$$Y(t) = g(X(t), U(t), t) \quad (2)$$

Donde $X(t) \in R^n$, $U(t) \in R^m$, $Y(t) \in R^p$ y las funciones f y g se consideran no lineales respecto de sus argumentos

2.2 El Modelo Cualitativo (Modelo C)

La especificación en forma simbólica de los valores de las variables de un proceso, facilita la construcción de modelos cualitativos para representar relaciones estructurales o funcionales entre las mismas; en analogía a la manera como los humanos representamos el conocimiento sobre los sistemas físicos. De esta manera, los modelos cualitativos además de poder cumplir funciones informativas y predictivas de los estados de los procesos, también puede servir de enlace lingüístico para la comunicación entre operadores y procesos. Los valores simbólicos constituyen conjuntos definidos sobre diferentes niveles o grados de abstracción. Tales conjuntos definidos,

conforman los espacios de cantidades y dentro de sus elementos se establecen relaciones de orden; por ejemplo un subconjunto ordenado o un intervalo compacto sobre la recta real. La función de valoración " V " de un proceso, en un nivel de abstracción considerado, sirve para definir el valor de una variable " X " dada, dentro de ese nivel de abstracción. Una restricción estipula una relación entre los valores que pueden tomar las variables que en ella intervienen. Así el espacio de posibles valores de las variables de un proceso queda delimitado por regiones, " R ", definidos por restricciones. Con los elementos anteriores se formaliza la idea de los modelos cualitativos considerando que los mismos constituyen ternas

$$M = (X, V, R) \quad (3)$$

De un conjunto de variables X , un conjunto de regiones R . Entre las técnicas comúnmente utilizadas para la construcción de modelos cualitativos están basados en el enfoque de (Kuipers, 1986), con el algoritmo QSIM y sus modificaciones (D'Ambrosio, 1989; Bridgeland, 1990; Franke, 1990). Otro enfoque importante es el basado en conjuntos difusos (Zadeh, 1981; Kandel, 1986; Dubois, 1980)

2.3 El Modelo de Razonamiento (Modelo R)

El conjunto de hechos o situaciones que se presentan en la operación de un proceso y que para cuya caracterización se requiere de un alto grado de abstracción, no representable en los modelos N ni C, permiten configurar otro tipo de modelos. Con funciones informativas y lingüísticas a través de las cuales se accede al razonamiento basado en modelos de modo de generar actuaciones apropiadas ante situaciones dadas.

Con los modelos de razonamiento es posible verificar si existen variables del proceso fuera de sus rangos de operación, decidir la secuencia de acciones para llevar tales variables a sus puntos de funcionamiento y obtener una mejor actuación mediante un proceso de evaluación continua del desempeño de las variables. Para lo cual se deben definir apropiadamente funciones de costo o índices de desempeños de alto nivel, que engloben consideraciones sobre estabilidad, confiabilidad y usos racionales de energía y materias primas.

Todo esto permitirá balancear situaciones operacionales, comparándolas con las esperadas, dadas determinadas actuaciones. La figura 2 ilustra un diagrama sobre las etapas del proceso de razonamiento basado en modelos.

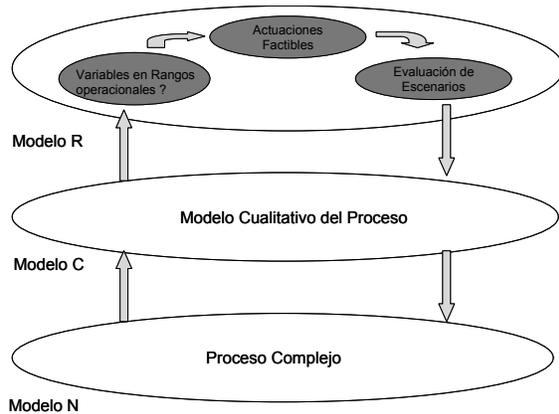


Fig. 2. Etapas del Razonamiento Basado en Modelos

La representación de estas etapas, por medios lingüísticos u otros elementos informáticos permite la construcción del modelo de razonamiento. La construcción de los modelos de razonamiento se realiza utilizando los mismos enfoques de los modelos cualitativos.

3. ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE SOPORTE A LA TOMA DE DECISIONES DE CONTROL

La toma de decisiones en un sistema de control supervisorio se fundamenta en el uso de modelos apropiados capaces de describir el comportamiento dinámico del proceso a controlar. Es por medio de tales modelos que es posible especificar acciones de control, frente a la ocurrencia de perturbaciones aleatorias o a cambios en las regiones de operación del proceso, que garantizan su estabilidad y confiabilidad operacional. Los modelos multiresolucionales facilitan la construcción de sistemas de soporte a la toma de decisiones toda vez que, tanto la información cuantitativa, como la cualitativa, relativas al comportamiento del proceso se encuentran representadas en su estructura.

El esquema básico de construcción de un sistema de control supervisorio aparece ilustrado en la figura 3.

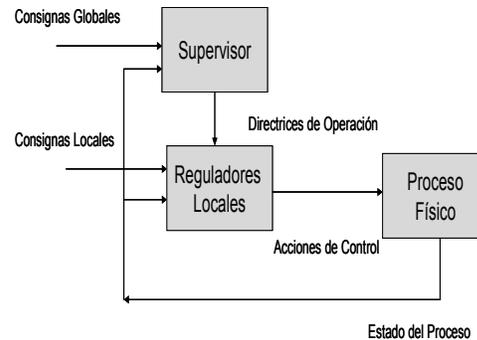


Fig. 3. Esquema Básico de Control Supervisorio

En dicho esquema, el bloque correspondiente al “supervisor” incluye funciones de valoración del estado, (funciones de abstracción); que permiten distinguir la ocurrencia de eventos asociados con la presencia de fallas, determinar la región de operación del proceso y evaluar los criterios o índices de desempeños relativos a la estabilidad y confiabilidad operacional, y funciones de actuación sobre el proceso, (funciones de concreción), con las cuales se ejecutan directrices como cambios de consignas locales, sintonización de reguladores locales, secuencias de paradas y arranques, entre otras. Las funcionalidades descritas para el bloque “supervisor” pueden ser implantadas por medio de un sistema de soporte a la toma de decisiones, con una arquitectura como la ilustrada en la figura 4.

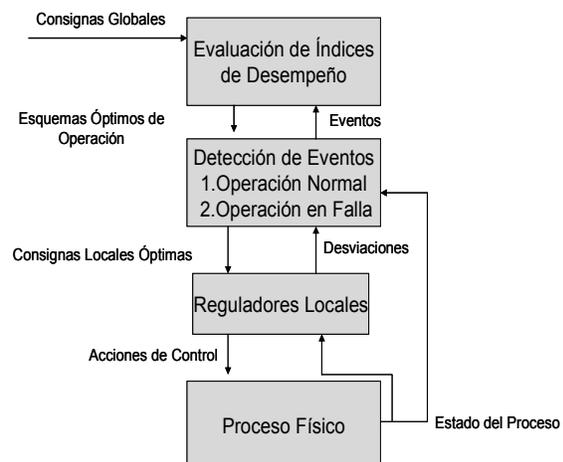


Fig. 4. Arquitectura del Sistema de Soporte a la Toma de Decisiones de Control

4. CONCLUSIONES

Este trabajo ha presentado un esquema para la construcción de sistemas de soporte a la toma de decisiones de control basado en el uso de modelos multiresolucionales. El esquema propuesta posee una arquitectura de tres niveles, que se corresponden con los niveles de abstracción del modelo para el proceso, que se relacionan entre sí por medio de funciones de abstracción y funciones de concreción basadas en mediciones del estado del proceso. Resultados de la implantación del esquema sobre un caso de estudio están siendo realizados actualmente.

REFERENCIAS

- Wonham W. M. (1992), *Linear Multivariable Control. A Geometric Approach*, Third Edition, Springer Verlag, Berlin,.
- Vidyasagar M. (1985), *Control Systems Synthesis. A Factorization Approach*, MIT Press, Cambridge, MA..
- Aström K., Wittenmark B., *Adaptive Control*, Addison-Wesley, 1989.
- Singh M. G., Titli A. (1978), *Systems Decomposition, Optimization and Control*, Pergamon International Library of Science, Technology, Engineering and Social Studies. Pergamon Press, Oxford,.
- Mesarovic M., Macko D., Takahara Y. (1979), *Theory of Hierarchical Multilevel Systems*, Vol. 68 of *Mathematics in Science and Engineering*, Academic Press.
- Antsaklis P. J., Stilver J. A., Lemmon M. (1993), *Systems Modeling and Autonomous Control Systems*, in *Hybrid Systems* (Grossman R.L., Nerode A., Ravn A.P., Rischel H. Eds.), No. 736, pp.366-392, New York, Springer Verlag,.
- Passino K.M., Antsaklis P.J., *On The Optimal Control Of Discrete Event Systems*, Proc. of IEEE CDC'89, pp. 2713-2718, 1989.
- Krogh B.H., *Condition/Event Signal Interfaces For Block Diagram Modeling and Analisis Of Hybrid Systems*, Proc. Of IEEE International Symposium on Intelligent Control, pp. 180-185, 1993.
- Bempeard A., Morari M., *Control of Systems Integrating Logic, Dynamics and Constrains*, *Automática*, 35(3), pp. 407-427, 1999.
- Sanz R., *Arquitectura de Control Inteligente de Procesos*, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, 1990.
- Kuipers B. (1986), *Qualitative Simulation*, *Artificial Intelligence*, Vol. 29, pp. 289-338.
- D'Ambrosio B. (1989), *Qualitative Process Theory Using Linguistic Variables*, Springer Verlag.
- Bridgeland D. (1990), *Three Qualitative Simulation Extensions For Supporting Economic Models*, 6th Conference on Artificial Intelligence Applications, pp. 267-273,.
- Franke D., Dvorak D., *CC: Component Connection Models for Quality Simulation. A User's Guide*, Univ. of Texas, A.I. Lab. AI90-126, 1990.
- Zadeh L., *PRUF- A Meaning Representation* (1981), *Language for Natural Languages, Fuzzy Reasoning and Its Applications*. Academic Press, pp. 1-66,.
- Kandel A. (1986), *Fuzzy Mathematical Techniques With Applications*, Addison Wesley.
- Dubois D., Pradé H. (1980), *Fuzzy Sets and Systems: Theory And Applications*, Academy Press.