

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS  
APLICADAS.

I.I.D.T.A

REVISTA COLOMBIANA DE TEC-  
NOLOGÍAS DE AVANZADA

**ISSN 1692-7257**

Vol 1.

Año 2003

**TECNOLOGÍAS DE CONTROL INTELIGENTE: REDES NEURONALES, ALGORITMOS  
GENÉTICOS Y DE CLONACIÓN ARTIFICIAL.**

Ph.D. Faustino Muñoz Moner.

Ph.D. Aldo Pardo García.

Universidad de Pamplona.

## INTRODUCCIÓN

La tecnología control inteligente basada en clonación de sensores industriales mediante el uso de redes neuronales y mapeo genético. La clonación de sensores significa la reproducción de los códigos funcionales de dispositivos reales y la evolución de sus características a través de procedimientos de reproducción, cruce, mutación e inversión. Las redes neuronales permiten desarrollar la estructura inteligente de los sensores con el fin de mostrar el flujo de información interna del sistema de medición tomando como referencia las características de los dispositivos reales; es decir, información adicional necesaria para la interpretación de las mediadas de variables. El método de activación de pesos aleatorios es usado para entrenar los sensores y realizar el aprendizaje con el fin de obtener esa información adicional y

suplirla al resto de los elementos del sistema. El mapeo genético permite la generación de códigos para el proceso de clonación. Los procedimientos de mutación, cruce, reproducción e inversión son usados para la generación evolutiva del sensor clonado, el cual desarrolla características tales como mayor precisión, flexibilidad, modularidad, etc. Debido a que hacen más elemental la información. Un ejemplo de un sensor clonado que determina el índice de viscosidad de aceites lubricantes con fenol es brevemente explicado. Este sensor calcula inicialmente el índice de refracción a partir de un haz de luz monocromática y luego procesa esa información a través de una relación lineal con el índice de viscosidad. Esta información constituye el elemento primario para posterior procesamiento por parte de un sistema de monitoreo. En el momento actual los Controladores con Lógica Fuzzy



transitan por una etapa del desarrollo acelerado en su fundamentación teórica y sus aplicaciones prácticas. La estructura algorítmica de los mismos, que puede llamarse tradicional, contiene entre sus particularidades el hecho de que la función de membresía de los subconjuntos difusos de entradas y salidas es del tipo “aproximadamente igual a”, lo cual implica que dicha función sea simétrica en cada valor lingüístico con el máximo en el centro del intervalo correspondiente. Las ventajas de tal definición consisten en la aplicación simplificada del procedimiento de la de fuzzyficación según el Método del Centro de Gravedad y en la posibilidad del ajuste fino de la salida de mando aprovechando los bordes difusos y solapados de valores lingüísticos. En este trabajo proponemos una forma nueva de diseño de las

funciones de membresía sobre la base del concepto fuzzy “mayor o igual a”, que puede ofrecer las mismas ventajas en cuanto al ajuste del valor necesario de la salida de mando del controlador, siendo significativamente menor la complejidad del algoritmo y por ende mayor rapidez del funcionamiento en tiempo real.

Control Inteligente por Redes Neuronales, Algoritmos Genéticos y de Clonación Artificial  
Clonación Artificial de Sensores Industriales mediante Redes Neuronales y Mapeo genético

La tecnología de clonación artificial de sensores industriales, aquí presentada, consiste en un conjunto de medios y procedimientos basados en herramientas de inteligencia artificial aplicados en la reproducción de alta fidelidad de dispositivos reales utilizados en automatización y control

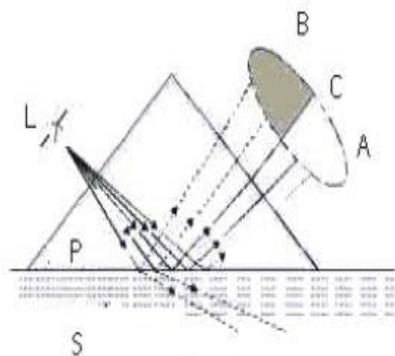


Fig. 1

de procesos industriales. Esta basada en la integración de técnicas de redes neuronales y algoritmos genéticos. Un método, un procedimiento y utilidades constituyen esta tecnología. El método consiste en la aplicación e interpretación del mapeo genético, que contiene los códigos de la estructura funcional del sensor. El mapeo es un conjunto de barras de códigos que describe las unidades operativas funcionales del sensor (ver Fig. 1). Cada unidad operativa esta formada por elementos unitarios que representan una parte de la operación del sensor tales como desviación del ángulo de incidencia, variación de la intensidad del haz de luz, etc.

Un código es una serie de dígitos que representa una parte de la operación del sensor donde cada dígito representa una posición dentro de la estructura funcional. El procedimiento consiste en la aplicación de un conjunto de directrices dirigidas a las conexiones estructurales de la red neuronal, quien facilita el flujo de información para el aprendizaje del

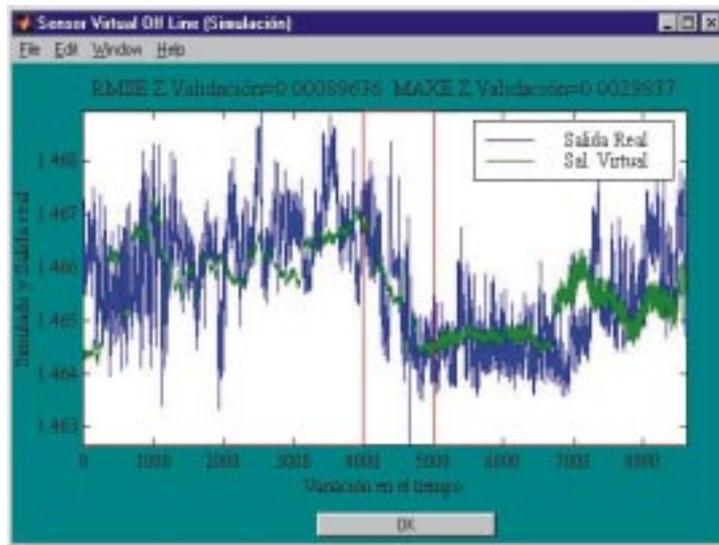
sensor clonado. Las utilidades son criterios de semejanza que aplican medidas adimensionales e incluyen parámetros propios de los dispositivos reales a clonar, que permiten escalar un sensor hasta una versión clonada.

### Proceso de Clonación

Cinco etapas componen el proceso de clonación de sensores artificiales. Las etapas son:

**Etapas:**

**Etapas 1:** en esta etapa se seleccionan los dispositivos a clonar. Se divide la población según el número de objetivos dados en unidades operativas funcionales; el conjunto de unidades operativas es llamada función objetivo. Por ejemplo, para un numero de  $N$  dispositivos que constituyen la población y un numero de  $n$  unidades operativas, se divide la población en subpoblaciones acorde con las unidades, cuyo tamaño es  $N/n$ . Luego, se itera con un algoritmo genético cada subpoblación con una función objetivo diferente con el fin de seleccionar los mejores individuos; esto es, para asegurar que cada función objetivo sea evaluada. Después, se asigna prioridad (clasificación jerárquica) a las funciones objetivo dependiendo del problema a resolver. Finalmente, se selecciona cada función según su prioridad y se evalúa sobre cada subpoblación. Esto se realiza hasta evaluar todas las funciones objetivo. Para asegurar la diversidad, se reemplazan los peores individuos en cada subpoblación.



#### COMPORTAMIENTO SENSOR CLONADO ZONA DE ENTRENAMIENTO CON 1000 MUESTRAS Y VALIDACION DE LAS RESTANTES

**Etapa 2:** en esta etapa se obtienen las soluciones parciales  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$  por cada unidad operativa. La unión de dichas soluciones permitirá conformar una nueva población global, a quien se aplica una función objetivo seleccionada aleatoriamente. Esto es un proceso repetitivo hasta un cierto número de iteraciones (fijado como criterio de convergencia) para asegurar que cada función objetivo se evalúe dentro de la población global con un elevado grado de confianza

**Etapa 3:** en esta etapa, en cada subpoblación se seleccionan los individuos que tengan el mínimo valor de la función objetivo que se evalúa. El número de individuos que se seleccionan (por cada subpoblación) es tomado como información para definir el coeficiente que ponderará a cada uno de los componentes de la función multiobjetivo (el conjunto de unidades operativas diferentes).

Finalmente, se genera la población global como la unión de cada una de las subpoblaciones y se evalúa usando la función multiobjetivo ponderada según los valores previamente determinados.

**Etapa 4:** en esta etapa se selecciona la función objetivo a evaluar, de entre las unidades operativas que componen la función multiobjetivo. Debe asegurarse que todas las funciones sean evaluadas un definido mínimo número de veces.

**Etapa 5:** en esta etapa se realiza un proceso de optimización de los pesos y espacios propios de las soluciones parciales obtenidas en la etapa 3 usando la función multiobjetivo resultante en la etapa 4. Luego, se determina el número de individuos que dan una solución mínima; es decir, que satisfacen el coeficiente de ponderación de las funciones

objetivos con respecto a la función multiobjetivo. Esto representa el dispositivo clonado.

### **Ejemplo de Aplicación**

Consideremos, una planta de extracción de aceites lubricantes con fenol y consideremos que ésta dispone, entre otros, de un analizador (sensor del refractómetro) en línea y toda la instrumentación asociada al monitoreo del proceso que se encuentran centralizados en un equipo que sirve como interfase de operación.

Para este ejemplo, el analizador real es reemplazado por un sensor inteligente clonado a partir del dispositivo real debido a fallas frecuentes presentadas en el sistema. El sensor determina el índice de viscosidad de aceites lubricantes con fenol. Para ello, calcula el índice de refracción a partir de un haz de luz monocromática y luego procesa esa información a través de una relación lineal con el índice de viscosidad. Esta información constituye el elemento primario para posterior procesamiento por parte del sistema de monitoreo, el cual registra y despliega permanente la información obtenida del sensor clonado.

### **Descripción del analizador**

El analizador determina el índice de refracción a través de la solución S que se refracta midiendo el ángulo crítico de refracción. Para ello, la luz proveniente de la fuente lumínica L se dirige contra la interfase entre un

prisma P y la solución. Los rayos de luz se encuentran con esta superficie a distintos ángulos. Los rayos reflejados forman una imagen ACB, donde C es la posición del rayo de ángulo crítico. Los rayos en A se reflejan totalmente en la interfase y los rayos en B son parcialmente reflejados y parcialmente refractados dentro de S. De esta manera la imagen óptica se divide en una área iluminada A y una área oscura B. La posición del límite C entre las áreas A y B muestra el valor del ángulo crítico y por tanto del índice refractivo de la solución del proceso. El índice refractivo normalmente se incrementa al aumentar la concentración.

### **Resultados Obtenidos**

Comportamiento del Sensor clonado (Zona de Entrenamiento con 1000 muestras y Validación de las restantes)

### **Conclusiones**

El uso del mapeo genético permite el diseño de equipos más rápidos para el secuenciamiento, y con el desarrollo computacional se logra la creación de las bases de datos para transmitir, almacenar, analizar y clonar dicha información.

Las redes neuronales artificiales son capaces de manejar problemas complejos y no lineales, pueden procesar información muy rápidamente y reducen el esfuerzo computacional requerido en el desarrollo de modelos

computacionales intensivos, encontrando formas funcionales para modelos empíricos como el de nuestro caso con el sensor clonado. En una red neuronal artificial solo se necesitan datos de entrada y salida para que la red reconozca un patrón envuelto en el mapeo de las variables de entrada a la respuesta de la salida. Es verdad que las redes neuronales han sido descritas como una “caja negra” para solucionar problemas, pero la habilidad de la red neuronal para dar valores rápidos y precisos para el caso de los ingenieros de proceso hace de ellas una herramienta muy útil.

## **R E F E R E N C I A S BIBLIOGRÁFICAS**

Muñoz Moner A.F. Tecnología de Control Avanzada Borrosa. Monografía. Edit. Iberoamericana. 397 págs. 1997.

Muñoz Moner A.F Tecnología de Control por Redes Neuronales. Editorial Puebloy Educación , 375 pags , 1.998

Hao Ying. General Analytical Structure of Typical Fuzzy Controllers and Their Limiting Structure Theorems. Automatica, V29, N4, pp 1139-1143, 1993.

Carlos Fonseca y Peter Fleming, Multiobjective Optimization and Multiple Constraint Handling with Evolutionary Algorithms-Part I: A Unified Formulation, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A: Systems and

Humans, 28(1): 1-16, 1998.

Hao Ying. A Nonlinear Fuzzy Controller whit Linear Control Rules is the Sum of a Global Two-dim Multilevel Relay and a local Nonlinear PI Controller. Automática V29 N2 pp 499-505, 1993.

J.R. Clymer, P.D. Corey, J.A.Gardner. Discrete Event Fuzzy Airport Control. IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics. V22, n2, 1992.

Hao Ying. Analytical Structure of a two-input two-output Fuzzy Controller and its relation to PI and Multilevel relay Controllers. Fuzzy Sets and Systems N63 pp 21-23, 1994.

A. E. Gedov, P.M.Frank. Decomposition of multivariable systems for distributed Fuzzy Control. Fuzzy Sets and Systems, N73 pp329-340, 1995.

C.M.Abdelnour y otros. Design of a Fuzzy Controller Using Input and Output Mapping Factors. IEEE trans. On Systems, Man and Cybernetics V21, N5, 1991.