

# RISCE Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos

*MAYO-AGOSTO 2013*  
Año 5, Volumen 6, Número doble 3 y 4



**RISCE** Revista Internacional de Sistemas Computacionales y Electrónicos, Año 5, Volumen 6, Número doble 3 y 4 mayo – agosto de 2013, es una publicación bimestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, Av. Luis Enrique Erro S/N, “Unidad Profesional Adolfo López Mateos”, Del. Gustavo A. Madero, C.P. 07738, México D.F; a través de la Escuela Superior de Cómputo, Av. Juan de Dios Bátiz S/N esquina Miguel Othón de Mendizábal “Unidad Profesional Adolfo López Mateos”, Col. Lindavista, C.P.07738, México, D. F., Tel. 57296000 ext. 52000, [www.escom.ipn.mx](http://www.escom.ipn.mx). Editor responsable: Dr. Eduardo Bustos Farías, Reservas de Derechos al uso Exclusivo del Título No. 04-2008-062613190500-203, ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática IPN, M. en C. David Araujo Díaz, Av. Juan de Dios Bátiz S/N esquina Miguel Othón de Mendizábal “Unidad Profesional Adolfo López Mateos”, Col. Lindavista, C.P.07738, fecha de la última modificación, 25 de noviembre de 2013.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

La revista se especializa en el área de los sistemas computacionales y electrónicos; tanto en el desarrollo, como en la investigación en:

Ciencias de la Computación  
Cómputo educativo  
Cómputo Móvil  
Comunicaciones  
Disciplinas Emergentes  
Electrónica  
Física Electrónica  
Ingeniería de Cómputo  
Ingeniería de Software  
Innovación Tecnológica  
Inteligencia artificial  
Matemática computacional  
Procesamiento de señales  
Robótica y cibernética  
Sistemas de Información  
Tecnologías de la Información

### **Distribución**

La revista cuenta con 300 ejemplares que se distribuyen en:

Europa, Asia y América Hispana; mediante CD ROM y correo electrónico

## Directorio



### INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**DRA. YOLOXÓCHITL BUSTAMANTE DÍEZ**  
DIRECTORA GENERAL

**M. EN C. FERNANDO ARELLANO CALDERON**  
SECRETARIO GENERAL

**M. EN C. DAFFNY ROSADO MORENO.**  
SECRETARIA ACADÉMICA

**DRA. NORMA PATRICIA MUÑOZ SEVILLA**  
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**M. EN C. MARÍA EUGENIA UGALDE MARTÍNEZ**  
SECRETARIA DE SERVICIOS EDUCATIVOS

**ING. OSCAR JORGE SÚCHIL VILLEGAS**  
SECRETARIO DE EXTENSIÓN E INTEGRACIÓN SOCIAL

**M. EN C. DELY KAROLINA URBANO SÁNCHEZ**  
SECRETARIA DE GESTIÓN ESTRATEGICA

**C.P. JOSÉ JURADO BARRAGÁN**  
SECRETARIO DE ADMINISTRACIÓN

**LIC. JUDITH CLAUDIA RODRIGUEZ ZUÑIGA**  
DEFENSORA DE DERECHOS POLITÉCNICOS



### ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

**ING. APOLINAR FRANCISCO CRUZ LÁZARO**  
DIRECTOR

**DR. FLAVIO ARTURO SÁNCHEZ GARFIAS**  
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

**DR. JESÚS YALJÁ MONTIEL PÉREZ**  
JEFE DE LA SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**M. EN C. KARINA VIVEROS VELA**  
SUBDIRECTORA DE SERVICIOS EDUCATIVOS E INTEGRACIÓN SOCIAL

**M. EN C. JUAN VERA ROMERO**  
SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO

**DR. EDUARDO BUSTOS FARÍAS**  
EDITOR DE RISCE

## **Miembros del comité Revisor**

(Todo el comité técnico está formado por doctores en ciencias o su equivalente)

Francisca Losavio de Ordaz (Venezuela) (Universidad Central de Venezuela)  
Alfredo Matteo (Venezuela) (Universidad Central de Venezuela)  
Emmanuel F. Moya Anica (México)  
Edgardo Manuel Felipe Riverón (Cuba) (México) (CIC)  
Luis Enrique Palafox Maestre (México)  
Eduardo F. Caicedo Bravo (Colombia)  
Hilda Ángela Larrondo (Argentina)  
Guillermo Leopoldo Kemper Vásquez (Perú)  
Elizabeth León Guzmán (Colombia)  
María Cecilia Rivera (Chile)  
Satu Elisa Schaeffer (Finlandia) (UANL)  
Rafael Canetti (Uruguay)  
Javier Echaiz (Argentina)  
Pablo Belzarena (Uruguay)  
Carlos Beltrán González (Italia) (Università di Genova)  
Elena Fabiola Ruiz Ledesma (México)  
Jonatan Gómez (Colombia)  
Armando De Giusti (Argentina)  
Juan José Torres Manríquez (México)  
Jesús Yaljá Montiel Pérez (México)  
Luis Alfonso Villa Vargas (México)  
Marco Antonio Ramírez Salinas (México)  
Félix Moreno González (España) (UPM)  
Salvador Godoy Calderón (México) (CIC)  
José Luis López-Bonilla (México) (IPN ESIME ZAC)  
Lorena Chavarría Báez (México)  
Miguel Santiago Suárez Castañón (México)

## ÍNDICE

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Selección de Tasa de Transmisión para Redes Ad-Hoc Usando Algoritmos Genéticos Bajo un Control Perfecto de Potencia..... | 5  |
| Sistema de Cómputo para la Regulación y Funcionamiento del Metro de la Ciudad de México.....                             | 12 |
| Mecanismos de evaluación en programas de Ingeniería como estrategia para el mejoramiento de la calidad educativa. ....   | 18 |
| Blind Detection for Image Forgery using Blur Edge Detection.....                                                         | 23 |

# Selección de Tasa de Transmisión para Redes Ad-Hoc Usando Algoritmos Genéticos Bajo un Control Perfecto de Potencia

Aldo Méndez-Pérez, Omar Elizarraras-Ferral, Marco Panduro-Mendoza, Alberto Reyna-Maldonado, Hernando Chagolla-Gaona

**Resumen**—Una parte fundamental para el diseño de redes ad-hoc es el control de acceso al medio (MAC). Por lo cual, el protocolo de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA) puede ser usado como protocolo MAC y éste emplea señales distintivas (códigos) para las transmisiones, reduciendo así las colisiones en la fase de contención para el acceso al canal. Otra ventaja de este protocolo es que los nodos pueden cambiar su tasa de transmisión de acuerdo al tráfico en el canal. La tasa óptima de transmisión para cada nodo considerando un control perfecto de potencia puede ser obtenido usando algoritmos genéticos, donde la petición de acceso se realiza con tramas de control RTS (petición para transmitir) y CTS (confirmación para transmitir) como lo hace el protocolo de Acceso Múltiple por Sensado de Portadora Evitando Colisión (CSMA/CA). Para ello, en este trabajo se presenta un protocolo MAC basado en CSMA-CDMA con un eficiente algoritmo genético para la mejor combinación de tasas de transmisión en función del número de nodos que ocupan el canal. Las simulaciones realizadas muestran la efectividad, validación del algoritmo y protocolo propuesto.

**Palabras clave**—Acceso multiple por division de código, acceso múltiple por sensado de portadora, algoritmo genético, control de acceso al medio, tasa de transmisión.

ha presentado un gran despliegue de este tipo de tecnologías, el cual ha permitido la generación de nuevos modelos de acceso a la Internet [2]. Las redes inalámbricas poseen dos topologías de trabajo, (a) centralizadas o basadas en infraestructura y (b) distribuidas o ad-hoc. En una red basada en infraestructura tiene una instalación planeada de dispositivos de red, en donde un nodo se conecta a la red mediante un punto de acceso o una estación base. Por lo que este tipo de red puede tener un gran alcance. Por otro lado se encuentran las redes distribuidas o ad-hoc, a diferencia de las redes centralizadas, las redes ad-hoc no cuentan con una instalación de dispositivos planificada, es decir, en estas redes los dispositivos inalámbricos se conectan dinámicamente entre ellos. La principal ventaja en las redes ad-hoc es la flexibilidad y robustez que presentan, pues el fallo o la ausencia de un nodo no presenta problemas de conectividad alguno [3].

Por lo tanto, este trabajo se centra en el campo de las redes ad-hoc inalámbricas y éstas constituyen una solución tecnológica para establecer comunicaciones en áreas donde no existe una infraestructura previa o la existente no está disponible. Una parte fundamental para mejorar el desempeño

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las comunicaciones inalámbricas ha sido notorio en los últimos años. Además, estas tecnologías están evolucionando a una orientación basada en Internet y así romper el paradigma de las redes cableadas. Los usuarios quieren estar conectados en cualquier lugar, siempre y con cualquiera de los dispositivos que tienen a la mano, como computadoras portátiles, asistentes digitales personales (PDAs), teléfonos móviles, entre otros. El interés principal de estos usuarios es la interconexión de todos estos dispositivos entre sí con el fin de compartir información entre ellos y estar conectado con el resto del mundo a través de Internet [1].

Por otra parte, las nuevas tecnologías de acceso a la red han aportado la movilidad, flexibilidad y comodidad que en un principio era impensable, debido a las limitaciones propias del cable. Por esta misma razón es que durante los últimos años se

de las redes ad-hoc es a través del diseño de la capa de control de acceso al medio (MAC) [4]. Este trabajo de investigación tiene como propósito contribuir en el campo del diseño, análisis y evaluación de desempeño de los protocolos MAC para redes ad-hoc inalámbricas.

Los protocolos MAC constituyen el conjunto de reglas que los nodos de una red deben obedecer para compartir un canal de comunicación común con objeto de obtener un uso eficiente del ancho de banda disponible el cual es escaso.

En los protocolos MAC se debe evitar o minimizar las colisiones entre los nodos, manejar eficientemente estas en caso de que se presente, asegurar equidad entre los nodos que están contendiendo, ser confiable y estable independiente del tráfico o número de nodos del sistema, manejar eficientemente el consumo de potencia y proveer calidad de servicio (QoS) [5].

El protocolo MAC juega un papel clave en el desempeño de las comunicaciones inalámbricas. Probablemente por esta

razón una cantidad de protocolos MAC han sido propuestos en la literatura dentro del contexto de las redes ad-hoc inalámbricas. Además, nuevas tecnologías y estrategias de comunicación plantean nuevos cambios para el diseño de los protocolos MAC con multi-tasas de transmisión. Por otra parte, la investigación en la capa MAC es una de las áreas más activas en el campo de las comunicaciones.

Trabajos relacionados a protocolos MAC basados en CDMA (acceso múltiple con división de código) se reportan en [6]-[8], pero estos esquemas solo manejan una y dos tasas de transmisión. En el trabajo reportado en [9] es propuesto un protocolo MAC con multi-tasas de transmisión considerando multicanalización, por lo cual una limitante es que se requiere amplificadores lineales para transmitir con una tasa alta. Por otra parte, un protocolo MAC con multi-tasas basado en CDMA y usando algoritmos genéticos es presentado en [10], solo que es empleado para redes celulares (red centralizada). En [11] es propuesto un protocolo MAC para redes celulares con transmisión variable y éste es adaptado para redes ad-hoc en [12]. En [12] para obtener la tasa de transmisión que debe transmitir cada nodo se lleva a cabo una búsqueda exhaustiva o por medio de lo que suceda en el canal de comunicaciones. Una alternativa en el diseño de protocolos MAC para redes ad-hoc es el uso de métodos heurísticos [13]. Por lo cual, en este artículo para resolver el problema de decisión y poder obtener el rendimiento del protocolo MAC basado en CSMA-CDMA (acceso múltiple con sensado de portadora – acceso múltiple por división de código) es empleada la técnica de optimización de algoritmos genéticos (AGs). El AG debe ser capaz de obtener la tasa de transmisión usada por los nodos como una función de la carga del sistema, así que el máximo rendimiento posible puede ser alcanzado.

## Operación del protocolo CSMA-CDMA

La organización de este trabajo muestra en la sección II la descripción del protocolo MAC basado en CSMA-CDMA para que posteriormente se presente el algoritmo genético usado para obtener las tasas con la que deben transmitir los nodos en una red ad-hoc. Propuesto el algoritmo genético se lleva a un ambiente de simulación y se realiza un análisis de los resultados obtenido del protocolo propuesto en la sección III. Finalmente, en la sección IV proveemos las conclusiones de este trabajo.

La forma en que opera el protocolo CSMA-CDMA con múltiple-tasas de transmisión es la siguiente (ver figura 1): Siempre que un paquete se vaya a transmitir, el nodo origen primero selecciona aleatoriamente un código, y mediante la obtención del código correcto (no colisionó) se otorga el acceso al canal y es en esta fase donde la tasa de transmisión es seleccionada de la tabla generada a partir del algoritmo genético en función del número de nodos que ocupan el canal, además ésta está en función de la interferencia causada por los nodos en un instante de tiempo dado. Una vez que el nodo origen posee el código (señal distintiva), transmite un paquete

de petición. En dicho paquete se contiene la dirección del nodo que envía, la dirección del nodo destino, y el código que será usado para esa transmisión. Mediante esta transmisión se informa a los demás nodos el periodo de tiempo que será usado dicho código, por lo tanto no podrá ser seleccionado por ningún otro nodo hasta que sea liberado. Este paquete de autorización es llamado RTS (Ready To Send) [14]. En caso de que dos o más nodos hayan seleccionado el mismo código en la parte de contención por códigos, se despliega el algoritmo de *backoff* (retroceso) [15], en el cual cada nodo que haya colisionado esperará un tiempo aleatorio para volver a contender por un código. Una vez que el nodo destino ha recibido correctamente el RTS, responde con un paquete de autorización para empezar a recibir el paquete. Este paquete de autorización se denomina CTS (Clear To Send). En caso que por alguna razón el nodo origen no recibe el CTS, asume que hubo una colisión y retransmite el RTS al destinatario después de esperar un tiempo aleatorio. Una vez que el intercambio de RTS y CTS se ha llevado con éxito, el nodo origen inicia la transmisión del paquete de datos, posteriormente el nodo destino al recibir correctamente el paquete envía un paquete de confirmación ACK (Acknowledge) con cual se indica al origen que el paquete fue recibido con éxito. En caso de que el paquete ACK no sea recibido el nodo origen reinicia la transmisión con el mismo código con el que la transmisión fue iniciada. El código es liberado cuando la transmisión ha finalizado sin errores.

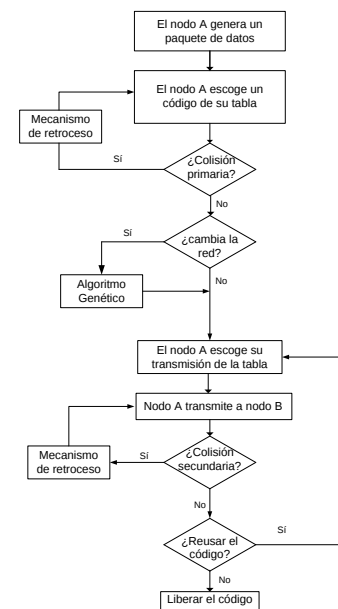


Fig. 1. Algoritmo del protocolo CSMA-CDMA.

Hay que mencionar que la finalidad principal de CSMA es resolver el problema del nodo oculto y del nodo expuesto. El problema del nodo oculto se presenta cuando un nodo cree que el canal está libre, pero en realidad está ocupado por otro nodo al que no escucha. Además, el problema del nodo expuesto se tiene cuando un nodo cree que el canal está ocupado, pero en realidad está libre pues el nodo al que escucha no le interferirá. Por otra parte para la fase de transmisión es

empleado el protocolo CDMA y el algoritmo de transmisión mediante algoritmos genéticos para el desarrollo del modelo

Por otra parte, en CSMA-CDMA cuando el

## Algoritmo genético para CSMA-CDMA

propuesto se presenta en la siguiente sección.

Cuando un nodo requiere transmitir se calcula el número de nodos adyacentes que intentan transmitir en una ranura de tiempo dada. Conociendo este número es posible obtener las tasas de transmisión para cada uno de los nodos [12]. Por lo que en este trabajo la función del algoritmo genético es inicializar el algoritmo con combinaciones de tasas de transmisión aleatorias para diversos posibles números de nodos en el canal y en base a esto se obtienen las mejores tasas de transmisión desde 2 hasta  $n/2$  transmisiones y el resultado es almacenado en una tabla. Cada que un nodo desea transmitir revisa cuantos nodos están ocupando el canal en base a esto selecciona la tasa adecuada para transmitir simultáneamente o dicho de otra forma, selecciona la ganancia de procesamiento apropiada para transmitir. Además, estas combinaciones de tasas debe maximizar el caudal eficaz que está en función del número de nodos que transmiten con tasas diferentes bajo un control perfecto de potencia, así como de la relación de error de bit (BER), donde ésta indica cuantos bits con error se produjeron debido a la interferencia de los nodos. Si se considera una red ad-hoc bajo un control perfecto de potencia, además el sistema está limitado por la interferencia y el ruido es despreciado, entonces la BER usada para una tasa fija de transmisión es dada por [11]-[12]:

$$P_b(n) = Q\left(\sqrt{2\frac{E_b}{N_o}}\right), \quad (1) \quad (5)$$

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{3G_p}{2(n-1)}, \quad (2)$$

donde:

$n$ , es el número de nodos simultáneos,

$G_p$  la ganancia de procesamiento,

$Q$ , la función de error dada por:

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty e^{-\frac{u^2}{2}} du \quad (3)$$

La probabilidad de recibir correctamente un paquete conteniendo  $L$  bits es:

$$P_c(n) = [1 - P_b(n)]^L \quad (4) \quad (7)$$

canal está sometido a una carga baja, es decir bajo tráfico de paquetes, una ganancia de procesamiento alta no es suficiente, ya que hay muy poca interferencia en el sistema. La necesidad de la ganancia de procesamiento (protección contra interferencia) depende de las condiciones de tráfico en el canal, el desempeño del sistema puede ser mejorado mediante el uso dinámico de tasas de transmisión de acuerdo a las condiciones de carga en el canal. Por lo tanto, a través de algoritmos genéticos es posible obtener la tasa con la cual cada nodo debe transmitir en una red ad-hoc, a diferencia de [12] el cual usa búsqueda exhaustiva.

Considerando el modelo previo podemos obtener el rendimiento a través de las combinaciones de tasa de acuerdo al número de nodos que transmiten simultáneamente mediante la técnica de optimización de algoritmos genéticos. El algoritmo debe ser capaz de obtener la tasa de transmisión usada por los nodos como una función de la carga del sistema, así que el máximo rendimiento posible puede ser alcanzado.

Para un número de combinaciones deseadas de tasa  $m$ , con una población  $P$  de tamaño  $n$  cada individuo (combinación de tasa de transmisión) se expresa por la forma:

$$P = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix},$$

donde  $C$  representa las combinaciones de tasas de transmisión como individuos (potenciales soluciones), la cual se expresa como:

$$C = [k_{1v} \cdots k_{mv}] \quad (6)$$

donde  $k$  nodos transmiten a  $m$  veces la tasa básica de transmisión ( $v$ ).

Por otra parte, el ancho de banda,  $W$ , es dado como:

$$W = G_p \cdot v,$$

siendo  $G_p$  la ganancia de procesado o factor de ensanchado y  $v$  la tasa de transmisión.

Debido a que el ancho de banda debe ser constante, la ganancia de procesado y la tasa de transmisión para un enlace dado pueden variar, donde la tasa básica de transmisión se expresa en términos de la ganancia de procesado y ancho de banda:

$$v = \frac{W}{G_p} \quad ,$$

(8)

cualquier aumento o disminución en la tasa de transmisión debe disminuir o aumentar en la misma proporción la ganancia de procesado para mantener

El procedimiento desarrollado para buscar la combinación óptima de tasa de transmisión al problema planteado es el siguiente:

- 1) Generar población de combinaciones de tasas de transmisión.
- 2) Calcular el *Fitness* de la población generada.
- 3) Aplicar operadores genéticos a la población manteniendo a los individuos más aptos (mejores soluciones).
- 4) Iterar los pasos 2 y 3 el número de generaciones deseadas.

El resultado de este algoritmo es una tabla, la cual será conocida por todos los nodos en el sistema, por lo tanto, dependiendo del número de nodos que

## Simulación y resultados

constante el ancho de banda.

Por lo tanto, los cromosomas en (5) son codificados en forma binaria de manera que el cromosoma  $C_n$  de la población  $P$  como se muestra en (6) se transforma en una sola cadena binaria, la cual es sometida a un proceso de evolución en busca de la mejor solución, entendiendo como mejor solución a la combinación de tasas que maximice el rendimiento o caudal eficaz ( $S$ ).

La función objetivo para maximizar el rendimiento de la combinación de tasas de transmisión viene dada por:

$$Fitness = \max S \quad .$$

(9)

Para evaluar el rendimiento (caudal eficaz),  $S$ , para una combinación de tasas de transmisión  $i$  considerando un control perfecto de potencia se tiene:

$$S_i = \sum_i^m n_{iv} \cdot P_{civ} \cdot L \quad ,$$

(10)

siendo  $S_i$  es el rendimiento para la combinación dada de tasas,  $n_{iv}$  número de nodos que transmiten  $i$  veces a la tasa  $v$ ,  $P_{civ}$  probabilidad de recibir correctamente el paquete transmitido  $i$  veces a la tasa  $v$  y  $L$  Longitud del paquete.

Donde (10) indica el grado de bondad de la solución al problema. Dado que la función objetivo es maximizar el rendimiento de una combinación de tasas la mejor solución de la población será aquella cuyo *Fitness* sea el mayor de la población.

estén transmitiendo en un instante de tiempo, los nodos automáticamente seleccionarán la tasa adecuada de transmisión en una ranura de tiempo dada.

Para observar el rendimiento del algoritmo propuesto en esta sección se realiza el proceso de simulación en Matlab donde se utilizan 160 nodos inalámbricos esparcidos en una zona geográfica de 500x500 m, los cuales son posicionados aleatoriamente. En dicha simulación los nodos generan paquetes mediante una distribución de Pareto y seleccionan códigos aleatoriamente de un conjunto de  $n$  códigos. En la simulación se aplican los conceptos previamente analizados.

Por otra parte, la simulación y resultados presentados en este apartado fueron realizados bajo un control perfecto de potencia y considerando un solo salto entre el nodo origen y el nodo destino. Cuatro tasas de transmisión son usadas, por lo que  $m=4$  en la ecuación (6). La tasa de chip usada fue 4.096 Mcps y las ganancias de procesado ( $G_p$ ) son [256 128 64 32], por lo tanto las tasas de transmisión disponibles para este experimento fueron [16 32 64 128] Kbps, es decir [1 2 4 8] veces la tasa básica de transmisión ( $v$ ).

Para el algoritmo genético se generó una población aleatoria de 10 combinaciones para el caso de  $k$  nodos, por lo tanto, el algoritmo genético se aplica para cada par nodos, desde 2 hasta  $k/2$ , es decir el algoritmo genético se aplica  $k/2$  veces. Para el caso de un par de nodos en el sistema no se aplica el algoritmo genético, dado que solo es una

transmisión no hay interferencia, por lo tanto se usa la mínima ganancia de procesamiento y la máxima de tasa de transmisión.

Se utilizan 30 generaciones, una probabilidad de cruce 1 y una probabilidad de mutación de 0.1. Los resultados de la simulación se aprecian en la figura 2.

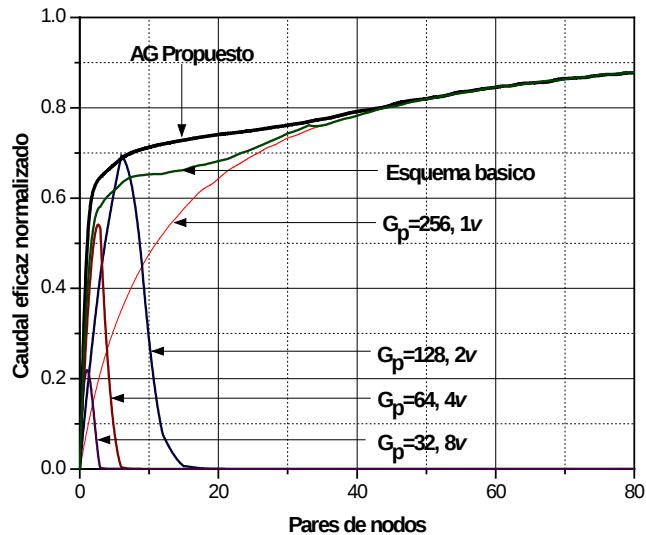


Fig. 2. Caudal eficaz del protocolo CSMA-CDMA considerando un control

## Conclusiones

perfecto de potencia.

En la figura 2 se muestra el desempeño del caudal eficaz ( $S$ ) con el algoritmo genético (AG) propuesto para la elección de la tasa de transmisión, y observamos un mejor desempeño con respecto a tasas fijas y el caudal eficaz es normalizado con respecto a la capacidad máxima del sistema. Además, en la figura 2 se observa que nuestro AG obtiene una mejora del 10% comparado con el esquema básico presentado en [7]. Esto es porque la tasa de transmisión con el esquema básico es obtenida en la fase de *handshaking*, donde el nodo intenta transmitir con el máximo valor de tasa y si hay una falla en esta fase entonces el nodo disminuye su tasa de transmisión. Cuando el nodo tiene éxito en la fase de *handshaking*, éste incrementa su tasa de transmisión. Por lo tanto, el esquema básico es un proceso de prueba y error. A diferencia del esquema básico, en el AG propuesto es obtenida la tasa óptima de transmisión de cada nodo y asegura que no afectará la interferencia multiusuario. Logrando con esto un sistema

dinámico de ancho de banda para CDMA. Otra manera de corroborar lo propuesto en el algoritmo genético es a través de la figura 3.

La figura 3 muestra como la solución propuesta para maximizar la tasa de transmisión para un número dado de nodos incrementa conforme pasan las generaciones, es decir, la solución mejora conforme a las generaciones hasta el punto en el que la población (conjunto de soluciones posibles) converge, con lo cual se tiene la mejor combinación de tasas de transmisión para un número dado de nodos transmitiendo simultáneamente en el canal.

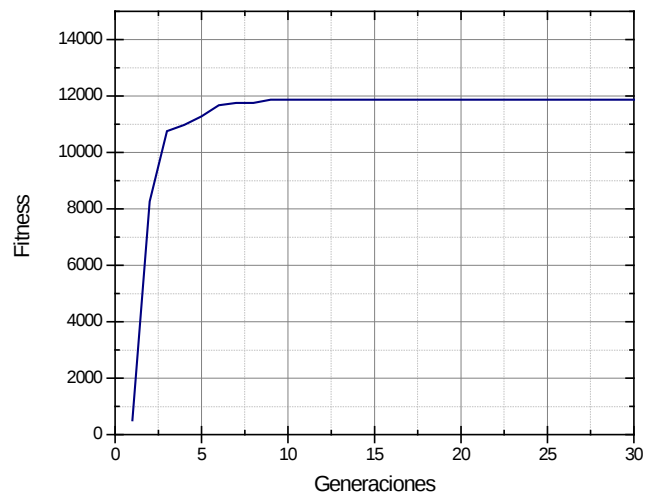


Fig. 3. Adaptabilidad del algoritmo genético.

En este artículo se ha presentado un protocolo de control de acceso al medio (MAC) basado en CSMA-CDMA con multi-tasa de transmisión considerando un control perfecto de potencia. Para obtener la tasa óptima de transmisión con la que cada nodo debe transmitir fue propuesto un algoritmo genético que considera la interferencia

generada por los nodos cuando transmiten simultáneamente y de esta manera se obtienen las combinaciones óptimas de tasas para un conjunto de nodos que comparten el canal de manera simultánea maximizando el uso del canal. Los resultados de simulación demuestran que el algoritmo propuesto para el protocolo MAC basado en CSMA-CDMA tiene un mejor desempeño que cuando se usa tasas fijas.

**Aldo Méndez Pérez** es egresado del CICESE (México) donde obtuvo el grado de Doctor en Ciencias en Electrónica y Telecomunicaciones en 2003. Desde Mayo de 2004 es Profesor de Carrera de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Rodhe. Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Las áreas de investigación son Redes Inalámbricas y Móviles para Sistemas de Tercera y Cuarta Generación.

**Omar Elizarraras Ferral** obtuvo su título de ingeniero en

## References

- [1] L. Kleinrock, "History of the Internet and Its Flexible Future," *IEEE Wireless Communications*, vol. 15, no.1, pp. 8-18, February 2008.
- [2] M. Lucio-Castillo, C. Portes-Flores, M. M. Flores-Morelos, E. Huerta-Sosa, A. Vega-Pérez, M. Walle-Vázquez, *Comunicaciones Móviles y Electrónica: Investigación Tecnológica*. Primera Edición. 2010. Innovación Editorial Lagares. Estado de México-México. pp. 383.
- [3] S.K. Sarkar, T.G. Basavaraju, C. Puttamadappa, *Ad-Hoc Mobile Wireless Networks: Principles, Protocols and Applications*. 1a Edition. 2007. Auerbach Publications. New York, NY, pp. 312.
- [4] M. Kaynia, N. Jindal, G.E. Oien, "Improving the Performance of Wireless Ad Hoc Networks Through MAC Layer Design," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 10, no. 1, pp. 240-252, January 2011.
- [5] S. Kumar, V.S. Raghavan, J. Deng, "Medium Access Control Protocols for Ad-Hoc Wireless Networks: A survey," *Ad Hoc Networks*, vol. 4, no. 3, pp. 326-358, May 2006.
- [6] A. Muqattash, M. Krunkz, W.E. Ryan, "Solving the Near-Far Problem in CDMA-Based Ad-Hoc Networks," *Ad-Hoc Networks*, vol.1, no. 4, pp. 435-453, November 2003.
- [7] R. Fantacci, A. Ferri, D. Tarchi, "Medium Access Control Protocol for CDMA Ad-Hoc Networks," *Electronics Letters*. vol. 40, no. 18, pp. 1131-1133, September 2004.
- [8] TS Su, WL Jeng, WS Hseih, "Enhancing the Performance of Ad-Hoc Wireless Using Code Division," *Journal of Internet Technology*, vol. 7, no. 3, pp. 285-292, July 2006.
- [9] T. Al-Meshhadany, W. Ajib, W. "New CDMA-Based MAC Protocol for Ad Hoc Networks," in *Proc. IEEE 66<sup>th</sup> Vehicular Technology Conference-VTC 2007 Fall*, Baltimore, MD., Sept. 30 2007-Oct. 3 2007, pp. 91-95.
- [10] Y.D. Lee, K. H. Kim, "Multi-rate power control of CDMA cellular system using genetic algorithm," *International Society for Optical Engineering*, vol. 6041, pp. 245-250, 2005.
- [11] O. Sallent, R. Agustí, "Adaptive S-ALOHA DS-CDMA as an Alternative Way of Integrating Services in Mobile Environments," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 49, no. 3, pp. 936-947, May 2000.
- [12] A. Mendez, M. Panduro, R. Aquino, R. "Evaluación de Rendimiento del Protocolo MAC basado en CDMA Para Redes 802.11," *Interciencia*, vol. 34, no. 1, pp. 46-51, Enero 2009.
- [13] R. Oliveira, L. Bernardo, M. Luis, "Analysis of Heuristic-Based MAC Protocols for Ad-Hoc Networks," in *Proc. 2011 Wireless Communications and Networking Conference -WCNC 2011*, Cancún, Q Roo., 28-31 March 2011, pp. 191-196.
- [14] H. Jasani, N. Alaraje, "Evaluating the Performance of IEEE 802.11 Network using RTS/CTS Mechanism," in *Proc. 2007 IEEE International Conference on Electro/Information Technology*, Chicago, IL, 17-20 May 2007, pp. 616-621.
- [15] Yi-Cheng, C., Ming-Chun, L., Ching-Hsiang, C. "A Collision-Aware Backoff Mechanism for IEEE 802.11 WAnS," in *Proc. 2009 IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems*, Shanghai-China, 22-22 Nov. 2009, pp. 284-288.

electrónica en 2008 en la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) (Con honores). En 2011 recibe su título de maestría en ingeniería eléctrica y electrónica, especializándose en protocolos de acceso al medio (MAC). Sus investigaciones se centran en protocolos MAC basados en espectro ensanchado (SS) aplicadores a redes ad hoc inalámbricas. Cuenta con diversas publicaciones en congresos y un capítulo en un libro. También ha participado de manera activa en proyectos financiados por CONACyT y COTACyT.

**Marco Panduro Mendoza** es egresado del CICESE (México) donde obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Electrónica de Alta Frecuencia, así como el grado de Doctor en Ciencias en Electrónica y Telecomunicaciones en el 2001 y 2004, respectivamente. Desde el 2005, es Profesor-Investigador y Miembro del Cuerpo Académico consolidado de Ingeniería Electrónica de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. Es Miembro del Sistema Nacional de Investigadores y sus áreas de interés incluyen: el diseño de agrupaciones de antenas, antenas inteligentes, optimización evolutiva y dispositivos de RF.

**Alberto Reyna Maldonado** recibió el grado de Maestro en Ciencias en ingeniería electrónica con énfasis en telecomunicaciones en la Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAMR-R) en el año 2009. Posteriormente, recibió el grado de Doctor en Tecnologías de las Comunicaciones en la Universidad Pública de Navarra (UPNA) en el año 2012. Es miembro del sistema nacional de investigadores (SNI) y sus áreas de investigación son arreglos de antenas para distintas aplicaciones, optimización evolutiva y de enjambre, antenas de microcinta en general.

**Hernando Chagolla Gaona** obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica en el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo (CENIDET), en 1997. Actualmente Labora en la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Querétaro, y se desarrolla en la Línea de Automatización y Sustentabilidad principalmente en las Comunicaciones Industriales.

A. Méndez-Pérez, Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), Reynosa, Tamaulipas, México, amendez71@yahoo.com.

O.Elizarraras-Ferral, Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), Reynosa, Tamaulipas, México, oelizarrarasf@hotmail.com.

M. Panduro-Mendoza, Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT), Reynosa, Tamaulipas, México, pandurom@yahoo.com.

A. Reyna-Maldonado, Universidad Autónoma de

Tamaulipas (UAT), Reynosa, Tamaulipas, México, armjaguar@hotmail.com.

H. Chagolla Gaona, Instituto Tecnológico de Querétaro (ITQ), Querétaro, Querétaro, México, hchagollag@hotmail.com.

# Sistema de Cómputo para la Regulación y Funcionamiento del Metro de la Ciudad de México

Edmundo René Durán Camarillo<sup>1</sup>, José Luis Calderón Osorno<sup>2</sup>, Ignacio Ríos de la Torre<sup>3</sup>

Escuela Superior de Cómputo del IPN

## Resumen

El sistema de transporte colectivo metro de la ciudad de México es un medio de transporte masivo, el cual cuenta con un subsistema que realiza las maniobras de cambio de vía de los trenes en las terminales. En este artículo se presenta un sistema de cómputo que simulará la regulación de trenes de la línea 6 del metro, por medio de un control lógico difuso que toma en cuenta factores reales que influyen en el desempeño de la línea tomando como base el conocimiento del experto o regulador de la línea. El conocimiento del regulador se representó por medio de reglas de implicación difusa que sirven para modelar el control lógico difuso con el fin de controlar el modo de conducción de los trenes, así como el tratamiento de las contingencias que puedan ocurrir en la línea proporcionando con esto una solución al tiempo perdido. El sistema optimiza el modo de conducción de los trenes mediante el control lógico difuso, reduciendo el tiempo de cómputo. Cuando se requiere maniobras de cambio de vía, el sistema permite al regulador visualizar el movimiento de trenes tanto en las estaciones como en las terminales evitando con esto posibles fallas humanas.

**Palabras clave:** entorno de desarrollo Java, lógica difusa, metro, sistema de transporte colectivo.

## Abstract

The Metro collective transport system of the city of Mexico is a means of mass transportation, which counts with a subsystem that performs the lane change maneuvers of the trains at terminals. This article presents a computer system that simulates train regulation of metro line 6, by means of a fuzzy logic control that takes into account real factors that influence the performance of the line based on the expert's knowledge or line regulator. The knowledge of the controller is represented through fuzzy implication rules which serve to model the fuzzy logic control in order to control the manner of driving of the trains, and the treatment of contingencies that may occur in the

line providing with this a solution to the time lost. The system optimizes the driving mode of the trains using fuzzy logic control, reducing the computation time. When required lane change maneuvers, the system enables the regulator to visualize the movement of trains both at stations and in the terminals thus avoiding possible human failures.

**Keywords:** Java development environment, fuzzy logic, subway, public transport system.

## Introducción

En 1955 se iniciaron los estudios para construir un medio de transporte más seguro, eficiente y confortable. El problema de transporte en la ciudad de México se incrementaba en esa época, por este motivo se vio la conveniencia de construir el metro para que constituyera la columna vertebral del sistema de transporte. En la actualidad el metro cuenta con 11 líneas, un parque vehicular de 269 trenes neumáticos de 9 carros, 18 carros de reserva tipo neumático y 25 trenes férreos, de 6 carros cada uno; 154 estaciones, instalaciones fijas en los 178 Km de longitud de la red, equipo electromecánico, talleres, subestaciones eléctricas, dos puestos centrales de control y un puesto central de línea.

El Puesto Central de Control (P.C.C.) del Sistema de Transporte Colectivo (S.T.C.) de la Ciudad de México, se localiza actualmente en dos edificios ubicados en el Centro de la ciudad [1]. El P.C.C. se encuentra constituido de los siguientes equipos:

- 1).- Un tablero de control óptico (T.C.O.) y un pupitre de operación para cada una de las líneas en funcionamiento [2].
- 2).- Un centro de comunicaciones (C.C.) para cada una de las líneas en operación.
- 3).- Una mesa de trabajo para los jefes de la sección de regulación [3].

La operación de cada línea, es dirigida desde el P.C.C. por una persona, que por sus funciones recibe el nombre de Regulador para cada línea y por cada día,

cuatro Reguladores divididos en otros tantos turnos, se encargan de dirigir dicha operación. Además divididos en tres turnos, los jefes de la sección de regulación coordinan el funcionamiento del P.C.C. principalmente en cuanto a la relación de la operación con las demás áreas del S.T.C.

El Regulador es el encargado de aplicar o vigilar la ejecución de las medidas tendientes a cumplir con los programas de explotación, entre las principales ejecuciones se podrán mencionar los siguientes:

- 1).- Cumplir con el número previsto de salidas de trenes para cada una de las terminales.
- 2).- Mantener un intervalo entre trenes adecuado -en la línea, aún en períodos de perturbación.
- 3).- Cumplir con el programa de mantenimiento de trenes.
- 4).- Dar solución rápida y segura, a los incidentes o accidentes que afectan a la circulación de los trenes en una línea o área de talleres, en coordinación con el personal correspondiente.
- 5).- Tomar las medidas tendientes a asegurar el servicio aún en períodos de perturbación.
- 6).- Elaborar los informes correspondientes, con respecto a los incidentes que afectan a la circulación de los trenes.

Durante un incidente o accidente, es el Regulador quien tiene la autoridad sobre el personal de trenes y de terminales, por lo que es quien autoriza las maniobras a -ejecutarse para la solución de los problemas, sin embargo, esto no releva al personal de línea de respetar las prescripciones de seguridad establecidas.

### Metodología

El sistema utiliza una técnica de la inteligencia artificial conocida como lógica difusa. La lógica difusa se utiliza para modelar las variables que influyen directamente en el funcionamiento, para mejorar la toma de decisiones. El usuario al que esta avocado el sistema es el regulador de Línea cuya función es el control de las terminales. Para el desarrollo del sistema se utilizaron las siguientes tecnologías:

- 1).- Entorno de desarrollo Java.- Java nos ofrece algunas ventajas considerables que se superponen a los demás entornos de desarrollo, por esto se elige Java para desarrollar la interfaz general del sistema. Las ventajas que Java ofrece son: portabilidad, es decir, corre bajo cualquier sistema operativo. Licencia libre. Manejo de las clases es simple pero efectivo. Mayor estabilidad en los sistemas robustos y seguridad en conexiones a bases de datos [4].
- 2).- Macromedia Flash como apoyo para la parte visual.- En lo que se refiere a las Interfaces con el usuario, se pretende utilizar la herramienta de

Macromedia llamada Flash para diseñar las distintas ventanas y el Visor general y específico de la Línea. Flash además de generar entornos visualmente agradables, nos proporciona una facilidad en el manejo de los datos impresionante, además de poder interactuar con el motor principal del programa que estará desarrollado en el lenguaje Java.

3).- Herramienta Fuzzy Logic de MatLab.- En cuanto a la parte del Control Difuso, se utilizará la Herramienta del paquete Matlab llamada Fuzzy Logic para la etapa inicial de análisis y comprensión de lógica difusa [5].

4).- Entorno de desarrollo de inferencias difusas, FIDE versión 2.0, de la compañía Apronix.- Para la fase de diseño del control lógico difuso se optó utilizar esta herramienta, que permite la generación de código en lenguaje C [6].

El bloque más importante y complejo del sistema será el referente al sistema de control lógico difuso. La teoría de los conjuntos difusos sienta las bases para el desarrollo de una nueva lógica matemática, la cual se puede implantar en modos estructurados, como los algoritmos difusos. La existencia en nuestra memoria de reglas y conjuntos, así como su ejecución, no es otra cosa que un *algoritmo difuso*. El concepto fundamental dentro de la lógica difusa es: *el conjunto difuso*. Un conjunto difuso es un conjunto con fronteras suaves tal que la membresía en el conjunto llega a ser una materia de grado. Un conjunto difuso tiene una representación dual: una descripción cualitativa utilizando un término lingüístico y una descripción cuantitativa a través de una función de membresía, la cual relaciona los elementos en un universo de discurso para sus grados de membresía en el conjunto [7], [8].

### Desarrollo del sistema

Cuando se propuso el diseño del sistema no se tenían contempladas ciertas problemáticas, las cuales fueron surgiendo a lo largo de la programación e implementación de los diferentes bloques que lo comprenden. En realidad no se podría poner en prioridad especial alguna de las eventualidades, ya que cada una representa una importante cuestión sobre el avance del proyecto. De acuerdo al trabajo de campo que se realizó se vieron las problemáticas con las cuales cuenta la línea y se pretende mejorar el manejo de contingencias que repercutirá en la mejora del servicio y despacho de trenes para el usuario que utiliza el STC Metro como medio de transporte. A continuación se explicarán las diferentes problemáticas que se presentaron durante el desarrollo del sistema.

#### Programadora de Itinerarios

Para implementar este bloque es necesario entender exactamente qué es un itinerario y para qué nos sirven los itinerarios en el funcionamiento de la línea. Un itinerario se refiere al orden en que serán ejecutadas ciertas maniobras dentro de las terminales de la línea. Las maniobras ayudan a regular el movimiento de los trenes en cuanto a tiempo se refiere, esto debido a que las diferentes maniobras se realizan en tiempos de duración distintos. Entonces, aquí el problema principal para poder codificar una programadora de itinerarios sería reproducir con código el movimiento que realizan los trenes sobre la línea, y específicamente, sobre las terminales. Lo primero que se tiene que hacer para implementar la programadora de itinerarios entonces es programar la clase Tren.

La clase Tren implementa procesos distintos representando a cada tren. En Java esto se logra con un concepto llamado "Hilo", el cual es precisamente un proceso corriendo de forma independiente en la memoria. Se programa de ésta forma porque la idea básica es hacer que cada tren dentro de la línea sea tomado como un proceso independiente y así hacer eficiente el manejo de los mismos. La clase Thread ofrece, citando un ejemplo, la ventaja de poder suspender, interrumpir o destruir algún proceso creado desde el código y que se encuentre corriendo en determinado momento. Entonces, si tomamos cada tren como un hilo se podrá semejar su comportamiento real de manera más fiel.

Una vez que se cuenta con la implementación de los trenes, el paso a seguir es programar una interfaz gráfica en donde se simulará el movimiento de los trenes sobre la línea. En la fase de pruebas se propuso una interfaz hecha puramente en Java y de forma sencilla, posteriormente ésta interfaz fue sustituida por la versión final, programada en Java y apoyada en Macromedia Flash para la parte visual.

Para manejar la posición de los trenes se declaró un arreglo conteniendo la representación de todos los circuitos de Vía (CDV) que comprenden a la línea 6, los cuales son 84, 43 en cada vía sin contar terminales, y 38 CDVs dentro de las terminales. Por lo tanto los trenes se moverán dentro de la línea dependiendo de la posición en el arreglo que se indique. El arreglo contiene objetos tipo CDV. La clase CDV maneja la información pertinente a cada circuito de vía dentro de la línea, dicha información específicamente se refiere a: Tamaño del CDV, estado del CDV (Ocupado o desocupado), condición actual del CDV (averiado o en buena condición), tipo de CDV (estación, terminal o inter-estación), número de tramo, número del tren que está ocupando en ese momento el CDV, nombre del CDV (referente sólo en el caso de que sea estación o

terminal), y por último estado del semáforo del CDV (en el caso que aplique).

En la etapa de análisis se definió las reglas de implicación difusas, las cuales fueron tomadas directamente del experto que para este caso es el *regulador de la línea*. Para diseñar y emular la realización del control lógico difuso se utilizó la herramienta FIDE versión 2.0, con esta herramienta se ingresaron las reglas y los conjuntos difusos que mejor representarían el movimiento de los trenes, para que se apegaran más al modelo que el sistema requiere según la experiencia del regulador y dependiendo de las características de la línea [8], [9].

Se utilizó un control lógico con inferencia de tipo Mamdani, debido a que utiliza un método de defusificación que nos permite representar las salidas por medio de conjuntos difusos de tipo área y de esta forma tener transiciones gradual en la respuesta del sistema [9], [10]. Otra opción era utilizar un método de inferencia de tipo TVFI (true value fuzzy inference) solo que éste utiliza conjuntos de tipo impulso, los cuales entregarían respuestas cuyas transiciones podrían llegar a ser binarias y las salidas posibles tenderían a ser 1 ó 0.

#### *Diseño de la Unidad de Inferencia Difusa*

Para el manejo efectivo de los eventos inesperados presentes en la línea, se contará con dos distintos bloques de inferencia difusa, uno que será el control lógico difuso general, y el otro es uno auxiliar especializado únicamente para la decisión en las contingencias [10]. La unidad de inferencia difusa que requiere el sistema se presenta como sigue:

Primero se debe definir las *variables de entrada*, en este caso se definieron tres variables:

1.- *Tipo de tren*. Esta variable toma los valores del número económico que reciben los trenes al ser despachados y tiene los siguientes conjuntos difusos: Trenes de usuario (del 0 al 69). Trenes de prueba con usuarios (del 70 al 74). Trenes de prueba sin usuarios (del 75 al 79). Trenes Desalojados (del 80 al 91).

2.- *Retardo*. Es tomado en forma de porcentaje de retraso o adelanto respecto a la marcha tipo práctica. Para esta variable tenemos definidos siete conjuntos difusos (ver Fig. 1): Muy adelantado (del -110% al -70%). Medio adelantado (del -80% al -40%). Poco adelantado (del -50% al -10%). Nulo (del -20% al 20%). Poco retrasado (del 10% al 50%). Medio retrasado (del 40% al 80%). Muy retrasado (del 70% al 110%).

3.- *Modo de velocidad*: Ésta variable tiene valores de acuerdo al modo de conducción del tren, así se definen cuatro conjuntos: CMC. CML. CLR. CLT2.

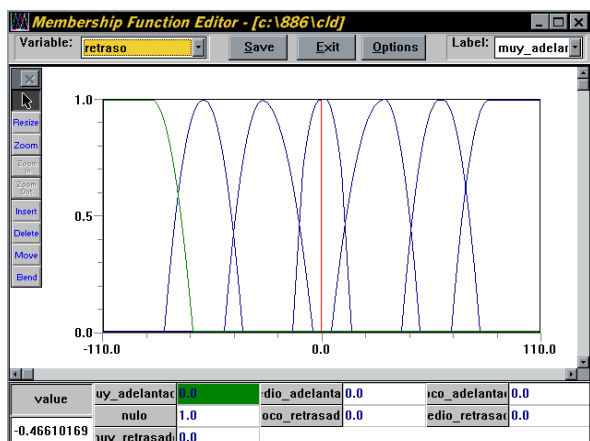


Fig. 1. Variable de entrada “Retraso”.

Una vez definidas las variables y conjuntos de entrada pasamos a definir las *variables de salidas*, éstas actuarán directamente sobre la regulación de la línea y son [10]:

- 1.- **Velocidad del tren:** Es la señal que se le da a un tren al final de un andén de salida y que le informa al tren la velocidad que deberá mantener hasta que llegue a la siguiente estación (ver Fig. 2). La marcha del tren se mide en porcentaje respecto a la velocidad promedio y está dividida en: Alto Total (0%). Lenta (50%). Normal (100%). Acelerada (125%). Sobre Acelerada (150%).
- 2.- **Despacho Bajo Orden, DBO:** Es el tiempo que deberá estar el tren estacionado mientras la señal éste activada. El mando del DBO es expresado en porcentaje de estacionamiento de acuerdo al establecido en la marcha tipo conducción manual controlada, aquí se tienen cinco conjuntos: Siga (0%). Medio (50%). Normal (100%). Bastante (150%). Demasiado (200%).

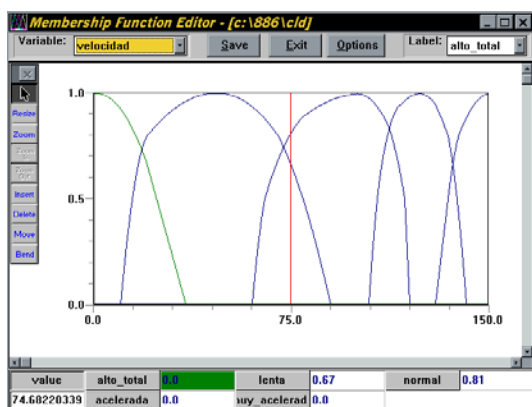


Fig. 2. Variable de salida “Velocidad”.

Una vez que se han definido las entradas y las salidas se procede a introducir las reglas de inferencia sobre las cuales estará regido el sistema, dichas reglas deben ser de tal manera que describan lo más fielmente el funcionamiento real del sistema. La Fig. 1 y la Fig. 2 se muestran algunas interfaces de la Herramienta FIDE 2.0, en el cual se modelaron las entradas y salidas del control lógico difuso [10].

### Interfaz gráfica del sistema

La gestión de trenes se desarrolló por medio del lenguaje de programación JAVA, se presentó la necesidad de ocupar una interfaz de programación de aplicación (API – application programming interface) para enlazar Flash con JAVA. La API tiene por nombre JFlash API, que permite mandar parámetros a un archivo con extensión SWF desarrollado en Flash 8.

En la vista principal se definió que la línea se dividiera en tres partes para su mejor visualización y de esta forma no perder de vista ningún tren en circulación (ver Fig. 3).

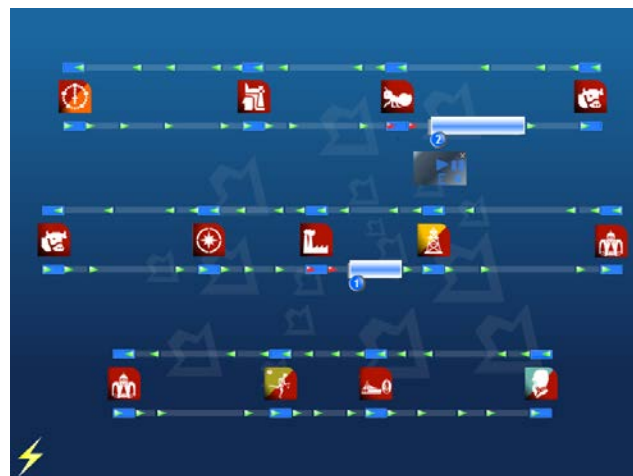


Fig. 3. Vista principal del sistema.

Al contar con un sistema, el cual es una simulación en tiempo real; se debe contar con magnitudes físicas de la longitud representadas por sectores de vía; estas longitudes fueron tomadas de planos arquitectónicos para hacer que la información sea fidedigna. Los sectores que se mencionaron previamente están delimitados por semáforos de señalización. Estos semáforos sirven para asegurar que el STC-Metro sea seguro; y son representados por medio de iconos que tienen forma de flecha; con el fin de que las flechas marcaran el sentido en que los trenes realizan su recorrido.

### Resultados experimentales y conclusiones

La lógica difusa es una técnica de la inteligencia artificial que nos ayuda a modelar un sistema para obtener una mejor respuesta en la toma de decisiones, con el fin de modelar la experiencia de un operador experto y que el funcionamiento en general no tenga una rigidez que obstaculice el desempeño óptimo que se podría tener. El software que se utilizó como herramienta de desarrollo utiliza técnicas que optimizan procesos con el único fin de que el sistema cumpla con las expectativas planteadas, y que el tiempo de procesamiento sea mínimo.

El entorno visual del presente sistema buscó ser lo más amigable y además hacer que la gestión de trenes sea de forma dinámica. Con esto se disminuye la cantidad de menús que se puedan generar y minimizar la cantidad de líneas de código que se pudieran utilizar para generar todo el sistema.

El brindar un apoyo visual del panorama global de la línea será de gran ayuda para el regulador de la línea, quien es el encargado de muchas de las maniobras que se realizan en la misma. Por lo cual se propone el desarrollo de un ambiente gráfico que sea amigable con el regulador, proporcionándole las vistas referentes a la línea y a las dos terminales.

Los resultados referentes a la interfaz del sistema en su primera versión (ver Fig. 4), incluyendo prueba de menús, botones, pintado, etc., fueron obtenidos conforme se fueron probando las diferentes partes del sistema, ya que para ver cómo se hacía la regulación de los trenes se tuvo forzosamente que observar en la interfaz gráfica, al igual que para observar cómo funcionaba el motor de Java.

Al hacer un análisis de las posibles herramientas a utilizar para el diseño de la línea 6 del Metro de la ciudad de México, se concluyó que: las interfaces del sistema se realicen en Flash, debido a que es el más adecuado ya que permitió trabajar el diseño de la línea de forma sencilla, visible y estructurada. Además, se puede vincular de manera inmediata con el código principal del programa desarrollado en Java.

El código principal del programa y la funcionalidad del sistema en general está básicamente desarrollado en Java, ya que facilita las clases y los métodos de la programación del sistema que se llevaron a cabo, además de permitir el desarrollo de funciones específicas para depurar el funcionamiento del sistema. Se diseñó una interfaz amigable para monitorear el flujo de trenes en la línea, así como en sus terminales. La línea se segmenta para permitir al regulador una visualización completa en todo momento, concluyendo con esto que es lo más adecuado para el mismo, debido a que puede llevar un mejor control del funcionamiento de la línea.



Fig. 4. Sistema de apoyo para la supervisión y control de la línea 6.  
(Versión de prueba).

El presente sistema simula la línea 6 del Metro de la ciudad de México de una forma real conllevando diversas funcionalidades como son: perturbaciones, horarios y velocidad de los trenes. También, se manejan datos reales como son: afluencia, retardos, incidentes, tiempos reales de estacionamiento y de recorrido. Además, se concluyó que como trabajo a futuro se debían de implementar los siguientes módulos: sección alimentación tracción, servicios provisionales, maniobras de remolque y de auxilio.

#### Reconocimientos

Agradecemos al Instituto Politécnico Nacional, específicamente a la Escuela Superior de Cómputo por el apoyo y las herramientas proporcionadas para el desarrollo de este trabajo. Al personal del Sistema de Transporte Colectivo Metro (STC-METRO) por toda la información y asesoría proporcionada para el desarrollo de esta etapa del sistema, sin olvidar agradecer a la COFAA-IPN el apoyo recibido.

#### Referencias

##### Libros:

- [1] Instituto de Capacitación y Desarrollo (INCADE) del STC, Regulador del PCC, *Programador General de Tráfico*. Primera Edición, 1981, STC-METRO México, D. F.
- [2] INCADE del STC, Regulador del PCC. *Tablero de Control Óptico del PCC*. Primera Edición, Abril de 1991, STC-METRO México, D. F.
- [3] INCADE del STC, Inspector – Jefe de estación. *Regulación de los Trenes*, Primera Edición, Mayo de 1994, STC-METRO, México D. F.
- [4] JAVA 2. *Manual de usuario y tutorial*, Cuarta edición.

- [5] Ned Gulley, J.S. Roger-Jang. Manual. *Fuzzy logic toolbox*, Del paquete MATLAB de MATHWORKS, Inc. Primera Ed. 1998. E. U. 535 páginas.
- [6] Fide versión 2.0 Apronix inc. *User's manual*. Primera Ed. 1994. Copyright Apronix Incorporated. Printed and bound in the United States of America. 300 páginas.
- [7] Timothy J. R. *Fuzzy logic with engineering applications*. Primera Ed. 1995. McGraw-Hill, Inc. USA. 600 páginas.
- [8] Li-Xin Wang. *A course in fuzzy systems and control*. Primera Ed. 1997. Prentice-Hall PTR. USA. 424 páginas

*Artículos en revistas:*

- [9] Durán C., E. R. “Entorno de desarrollo para el diseño y simulación de sistemas difusos”. *RISCE*. Vol. 0 Enero 2009, pp. 6-16.

*Artículos presentados en congresos:*

- [10] Torres Manríquez, J. J. Durán Camarillo, E. R. Ríos de la Torre, I. “Sistema de control inteligente para el entrenamiento de inspectores y reguladores de las líneas 1, 2, y 3 del STC metro de la ciudad de México”. *VI Congreso Internacional de investigación en ingeniería eléctrica y electrónica*. ISBN: 978-607-95060-1-8. Aguascalientes, México. Del 3 al 7 de Nov. De 2008.

# Mecanismos de evaluación en programas de Ingeniería como estrategia para el mejoramiento de la calidad educativa.

Maribel Aragón García  
IPN  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
[aragon\\_hi@yahoo.com.mx](mailto:aragon_hi@yahoo.com.mx)

Juan Antonio Castillo Marrufo  
IPN  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
[jcastillom@ipn.mx](mailto:jcastillom@ipn.mx)

Montserrat Pérez Vera  
IPN  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
[monsepgv@yahoo.com.mx](mailto:monsepgv@yahoo.com.mx)

## Resumen

En 1996 inició en México un mecanismo de evaluación en las Instituciones de Educación Superior (IES) para acreditar programas académicos de ingeniería. Ha sido un proceso no exento de dificultades. En enero de 2013 se tenían registrados 747 programas de ingeniería acreditados en IES públicas y privadas. El organismo acreditador reconocido por el Consejo Para la Acreditación de la Educación Superior (COPAES) para el caso específico de la ingeniería es el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. (CACEI). El proceso de globalización impone la necesidad de mecanismos que aseguren la calidad educativa y que permitan reconocer y valorar el grado de excelencia de un programa. La evaluación institucional es un mecanismo indispensable en el proceso de aseguramiento de la calidad, pero no el único. La acreditación de programas académicos es de carácter voluntario, integral, externo y temporal que reconoce la calidad de dichos programas. Los antecedentes, el entorno y los desafíos que rodean al proceso son descritos en el presente documento.

Palabras clave: Acreditación, Calidad, Programa e Ingeniería.

Key words: Accreditation, Quality, Program and Engineering.

## Introducción

La acreditación de un programa académico es el reconocimiento público de su calidad, el cual es otorgado por un organismo acreditador, no gubernamental y reconocido por el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A. C. (COPAES). La acreditación constituye la garantía de que dicho programa cumple con un conjunto de estándares de calidad. Con la creación de los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior (CIEES) en 1991, se dio el primer paso para la

acreditación de la educación superior en México. Los CIEES están conformados por nueve comités, entre ellos el de Ingeniería y Tecnología. Estos comités identificaron sus universos de trabajo, definieron estrategias y criterios de operación, elaboraron metodologías y los marcos de referencia de la evaluación.

En agosto de 1993 el secretariado Conjunto de la Comisión Nacional de la Evaluación de la Educación Superior (CONAEVA) dio instrucciones a la coordinación general de los CIEES, para poner en marcha una instancia colegiada con personalidad jurídica, que tuviese a su cargo la acreditación de programas académicos de nivel superior en el área de ingeniería, con la participación de los colegios más importantes en este campo profesional, de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), asociaciones representativas de las IES y la Dirección General de Profesiones. Así, finalmente en julio de 1994 quedó formalmente constituido el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. (CACEI).

En el seno de la ANUIES, a principios de los años setenta, fueron aprobados dos resolutivos correspondientes al establecimiento de exámenes nacionales para el ingreso de estudiantes a licenciatura, para egresados de la misma, al igual que un centro nacional de exámenes que se abocara a dichas tareas. En esos años la evaluación y la acreditación se desarrollaron notablemente en cuatro áreas: alumnos, personal académico, programas de estudio e instituciones.

Se establecieron exámenes de ingreso para educación media superior, educación superior y posgrado. Esta tarea corrió a cargo del Centro Nacional para la Evaluación de la Educación Superior (CENEVAL), el cual a partir de 1995 ha aplicado más de tres millones de exámenes en los tres niveles. Un efecto adicional

que están teniendo estos exámenes es el equivalente a una “certificación de profesionales”.

Desde principios de los años noventa, se puso en operación un programa denominado carrera docente del personal académico, junto con otros programas de estímulos de reconocimiento a la calidad, rendimiento y productividad del trabajo académico. Aunque hay programas de carácter institucional, el grueso del financiamiento proviene de recursos federales y estatales. Los recursos se distribuyen en función a los reglamentos establecidos por cada institución.

Dos programas de la Secretaría de Educación Pública (SEP), los cuales se sustentan en la evaluación para emitir sus decisiones, tienen aplicaciones específicas en el mejoramiento de los distintos aspectos de funcionamiento de las instituciones: Fondo para el Mejoramiento de las Instituciones de Educación Superior (FOMES) y el Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP).

La ANUIES manifestó que *“no existe un organismo que tenga como función la acreditación de instituciones, en sentido estricto...”*. Sin embargo, es esa propia institución, junto con la Federación de Instituciones Mexicanas Particulares de Educación Superior (FIMPES), las que han dado vida a principios y disposiciones que pudieran englobarse dentro del rubro de este apartado. La FIMPES se constituyó como agencia acreditadora de sus propias instituciones. Definió un sistema que permite el ingreso y que otorga la permanencia a las que ya forman parte de ella. Algunas instituciones ya acreditadas empiezan a usar la leyenda correspondiente “Acreditada por la FIMPES” como muestra de seriedad y calidad.

Los procesos de acreditación en la educación tienen sus orígenes en los Estados Unidos de América. Es ampliamente reconocida la tradición de este país por los procesos voluntarios llevados a cabo por pares académicos, lo cual permite comprobar que la autoevaluación se convierte en un detonante para clarificar los objetivos de las instituciones y es una ocasión para realizar un balance sobre las metas alcanzadas, en tanto la evaluación externa provee de una validación exterior desde el punto de vista de evaluadores profesionales, según puntualizó el *Council of Higher Education Accreditation* (Caudillo, 2010).

Diversos organismos acreditadores empezaron a trabajar en la segunda mitad de los años noventa para acreditar programas académicos de nivel superior y, finalmente, en noviembre del año 2000 la Secretaría de Educación Pública del gobierno federal validó al Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A. C. (COPAES), para conferir reconocimiento formal a favor de las organizaciones cuyo fin sea acreditar programas de educación superior, profesional asociado

y de técnico superior universitario, previa valoración de sus capacidades técnicas, operativas y estructuras. El COPAES tiene agrupados –a febrero de 2013- un total de 29 organismos que tienen acreditados 2564 programas de licenciatura y técnico superior universitario, en instituciones tanto públicas como privadas, en todas las entidades federativas del país.

### Desarrollo

La acreditación, en su connotación institucional e individual, implica una búsqueda de reconocimiento social y de prestigio por parte de los individuos que transitan por las instituciones educativas. En ese sentido, los procesos de acreditación se han constituido en un requerimiento en nuestros días, ya que están destinados a garantizar calidad y proporcionar credibilidad respecto a un proceso educativo y sus resultados.

La evaluación y la acreditación no son fines en sí mismos; son medios para promover el mejoramiento de la educación superior. Hasta ahora ha resultado usual asociar ambas actividades con el mejoramiento de la calidad, la generación de información para la toma de decisiones, la garantía pública de la calidad de las instituciones y de los programas que ofrece. Adicionalmente a esto, han servido también para garantizar la equivalencia y reconocimiento de títulos y grados en instituciones de un país o de varios.

Si bien la acreditación y la evaluación guardan estrecha relación, son, a la vez, procesos diferenciables y complementarios. Con la evaluación se busca el mejoramiento de la institución, programa o individuo evaluado, constituyéndose en la base para la acción del mejoramiento correspondiente.

En el caso de la acreditación, se trata de un procedimiento cuyo objetivo es comparar el grado de acercamiento del objeto analizado con un conjunto de normas previamente definidas e implantadas como deseables. Al mismo tiempo, la acreditación implica el reconocimiento público de que una institución o un programa satisfacen determinados criterios de calidad y, por lo tanto, son confiables.

La evaluación es un proceso que puede ser endógeno, exógeno o mixto; existen autoevaluaciones, evaluaciones de pares académicos y de otros sujetos sociales. En la autoevaluación es la propia institución quien decide si cumple o no la norma que considera adecuada, sirviendo, por tanto, de base para la acreditación, sin que la parte de legitimación pública de calidad sea tan fuerte como la que proviene de instancias externas. La acreditación se realiza siempre ante un organismo especializado y depende, en última instancia, de un juicio externo a la propia institución.

## **El proceso de acreditación de programas académicos en el área de ingeniería**

El CACEI es una organización que presta un servicio de evaluación externa a la educación superior de la ingeniería. Dicha evaluación está basada en una revisión por pares académicos. El proceso es de carácter voluntario, con la participación de los agentes del proceso educativo y productivo, buscando elevar la calidad. Por la naturaleza del servicio y su organización, el financiamiento corre a cargo de las instituciones educativas; el personal evaluador desarrolla un trabajo voluntario y es personal seleccionado entre académicos, profesionales de los colegios y las cámaras vinculadas al ejercicio profesional.

### **Objetivos de la acreditación de un programa académico**

1. Reconocer públicamente la calidad del programa académico de la IES e impulsar su mejoramiento.
2. Fomentar en las IES una cultura de mejora continua.
3. Propiciar que el desempeño de los programas académicos alcance parámetros de calidad nacionales e internacionales.
4. Contribuir a que los programas dispongan de recursos suficientes y de los mecanismos idóneos para asegurar la realización de sus propósitos.
5. Propiciar la comunicación e interacción entre los sectores de la sociedad en busca de una educación de mayor calidad y pertinencia social.
6. Promover cambios significativos en las instituciones y en el sistema de educación superior acordes con las necesidades sociales presentes y futuras.
7. Proveer a la sociedad información sobre la calidad de los programas educativos.

### **Características del proceso de acreditación**

1. Es voluntario.
2. Es integral y valora los insumos, los procesos y los resultados del programa.
3. Es externo.
4. Es producto del trabajo colegiado de personas de reconocida competencia en la materia.
5. Es ético y responsable.

6. Es temporal, dado que la acreditación tiene validez por un periodo determinado (5 años).
7. Es confiable.

### **Etapas del proceso de acreditación**

El proceso de acreditación se desarrolla en varias etapas. Cada una de ellas con un procedimiento específico:

- Cumplimiento de condiciones para iniciar el proceso de acreditación.
- Autoevaluación.
- Solicitud de acreditación.
- Evaluación del organismo acreditador.
- Dictamen final.
- Mecanismo de revisión.

El organismo acreditador emitirá un dictamen final del informe de los evaluadores según el cual, el programa tendrá una de las siguientes categorías:

- Acreditado
- Acreditación aplazada
- No acreditado

La acreditación se le otorgará al programa porque satisface en su totalidad los requisitos mínimos señalados en el documento correspondiente y además cumple satisfactoriamente con los demás requisitos clasificados como complementarios.

Un programa será no acreditado porque no satisface más de dos requisitos mínimos señalados en el documento correspondiente, o bien, un número apreciable de los señalados como complementarios.

Si la institución expresa su desacuerdo con el dictamen final puede solicitar por escrito al organismo acreditador (CACEI), con notificación al COPAES, la revisión del dictamen final según el procedimiento establecido, debiendo anexar la documentación probatoria que considere necesaria.

### **Las categorías de análisis**

La calidad de un programa educativo está basada en el proceso de enseñanza-aprendizaje, es decir, considera a éste como el núcleo de un programa bajo el supuesto de que su resultado determina las características del egresado, los valores y los ideales del “debe ser” y su desempeño profesional. Por esto, para los programas de ingeniería se consideran diez categorías que evalúan la calidad de todos sus elementos, así como la manera en que éstos interactúan. Estas categorías son:

1. Características del programa académico.
2. Personal académico.
3. Alumnos.
4. Plan de estudios.
5. Proceso de enseñanza aprendizaje.
6. Infraestructura.

7. Investigación.
8. Extensión, difusión del conocimiento y vinculación.
9. Administración del programa.
10. Resultados e impacto.

### Los criterios de evaluación

Los criterios deben aplicarse a cada uno de los parámetros y estándares dentro de su respectiva categoría de análisis. Para efectos de la acreditación de programas de ingeniería son:

- Suficiencia: capacidad, aptitud.
- Eficacia: virtud, actividad, fuerza y poder para obrar.
- Eficaz: se refiere a la descripción o forma de enunciar adecuadamente los requisitos que se deben cumplir, la forma en que se debe proceder y/o las metas por alcanzar.
- Eficiencia: virtud y facultad con que se logra un objetivo determinado.

Los requisitos que debe reunir un programa de enseñanza de la ingeniería para obtener la acreditación son el conjunto condiciones que dicho programa deberá satisfacer. Todos los requisitos son de carácter esencial en el proceso de otorgamiento de la acreditación y han sido divididos en dos categorías:

1. Requisitos mínimos: son aquellos cuya satisfacción es indispensable para que el programa pueda recibir la acreditación.
2. Requisitos complementarios: son aquellos que constituyen elementos importantes de la calidad de un programa, y que de manera conjunta con los requisitos mínimos integran el total de las condiciones para el otorgamiento de la acreditación del programa.

### Los desafíos que plantea la acreditación

Los desafíos para las instituciones que han optado por participar en procesos de acreditación están siempre presentes, en tanto que los beneficios de dichos procesos no son, necesariamente, automáticos. Primeramente, las IES requieren hacer una valoración de la pertinencia de incluir las recomendaciones hechas por los organismos acreditadores en su planeación estratégica, deben cuantificar su disposición a realizar cambios o ajustes en sus objetivos institucionales, en sus prioridades y en la forma en que usan sus recursos humanos, económicos y financieros. Es evidente que en la medida en que las IES o el programa académico deciden comprometerse en la acreditación, los beneficios serán directamente proporcionales a dicho compromiso.

Al prestigio y reconocimiento que las instituciones pueden obtener por parte de la sociedad al acreditar sus programas, se suma un beneficio eventual: la disposición de mayores recursos presupuestales, particularmente para las instituciones de educación públicas.

Otro reto para las instituciones resulta ser la forma en la que se lleva a cabo el proceso mismo. Dicho proceso puede ser desarrollado de manera seria y, sobre todo colegiada, incluyendo en el mismo a las autoridades, académicos, investigadores, estudiantes y todos aquellos que participen de una u otra forma en el programa. También es posible que el proceso se realice de manera más bien aislada, con el trabajo y esfuerzo concentrado solo en algunos de los miembros del programa, usualmente directivos y encargados del programa.

Sin embargo, puede suceder que el proceso se desarrolle de un modo rígido, formal y burocrático, en donde únicamente se elaboren informes y se llenen formatos para cumplir con la finalidad de entregar dicha información, en donde sean unos cuantos los encargados del proceso, con la finalidad de cubrir los requisitos iniciales de la acreditación. A partir de este último escenario se desprende uno de los desafíos para la mayoría de las instituciones: ejecutar la acreditación únicamente como un mero mecanismo de rendición de cuentas.

### Conclusiones

La evaluación avanzó notablemente en poco tiempo y la acreditación está en vías de hacerlo adecuadamente. Por ello es importante adoptar una idea de acreditación según la cual ésta se constituya en un procedimiento de arbitraje para verificar la calidad, garantizar la confiabilidad social del esfuerzo educativo sobre los profesionales formados y comprobar la existencia de parámetros institucionales de desempeño, así como la organización eficiente, la racionalidad de la gestión y la correspondencia entre los objetivos y los resultados.

Los programas acreditados del área de ingeniería en México al año de 2013 representan alrededor del 40 % del total existente. El proceso de acreditación se ha ido dando conforme la cultura de la evaluación ha permeado en las universidades e IES en nuestro país, tanto en instituciones privadas como públicas, estas últimas motivadas por el gobierno federal y sus políticas de privilegiar los apoyos económicos a aquellos programas acreditados. Por el avance que se ha tenido en el número de programas acreditados, se observa que el proceso se esta dando gradualmente, y conforme la sociedad en su conjunto le va dando importancia a la misma. Existe, por otra parte, aún una gran área de oportunidad para el resto de los programas

de ingeniería que aún no han decidido iniciar el proceso de acreditación, oportunidad que representa un gran reto para todas las Universidades e IES en particular y para el sistema de educación superior mexicano en términos generales.

#### Referencias bibliográficas

Caudillo, M. (2010). Riesgos y desafíos que plantea la acreditación de programas e instituciones: una valoración. *Noveno Foro de Evaluación Educativa*. Recuperado de [http://www.copaes.org.mx/FINAL/docs/NovenoForo/panel\\_expertos\\_Copaes\\_Noveno\\_Foro\\_CENEVAL\\_2010.pdf](http://www.copaes.org.mx/FINAL/docs/NovenoForo/panel_expertos_Copaes_Noveno_Foro_CENEVAL_2010.pdf)  
Consejo para la Acreditación de la Educación Superior A. C. (2013). Programas acreditados, [en línea]. México. Recuperado el 25 de febrero de 2013, en <http://www.copaes.org.mx/home/Programas.php>

Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. Manual de Licenciatura. Edición 2004. México. Recuperado el 15 de febrero de 2013, en <http://www.cacei.org/manuallic.html>

Chapela, G. (1993) “Notas sobre el proceso de creación de un sistema de acreditación de las instituciones de educación superior en México”, en *Acreditación universitaria en América Latina. Antecedentes y experiencias*. México: ANUIES.

Levy, D. (1996) “La calidad en las universidades de América Latina: Vino viejo en “Botellas nuevas”, en Malo, Salvador y Morley, Samuel, eds. *La educación superior en América Latina. Testimonios de un Seminario de Rectores*. México: UNAM.

Salazar, C. (1998) *Aseguramiento de la calidad en la educación superior*. Colección documentos. México: ANUIES.

# Blind Detection for Image Forgery using Blur Edge Detection

Kelsey Ramirez Gutierrez<sup>1</sup>, Mariko Nakano Miyatake<sup>2</sup>, Hector Perez Meana<sup>3</sup>

**Abstract**— This paper proposes a blind authentication method for images tampered by copy-paste. Proposed algorithm is based on the blurred edge detection method which is a common technique on photomontages. In the proposed method firstly the image under analysis is filtered to emphasize the edges. Next the natural logarithm is computed to decompose the image under analysis in the sum of luminance and reflectance components. These components are then transformed to frequency domain using the fast Fourier transform. Next using a homomorphic filter, the high frequencies of the image under analysis, where the blur edges are located, are accentuated. Finally the image is transformed to the spatial domain and using a Laplacian Gaussian operator the edges are found. Evaluation results show the forgery detection capability of proposed method.

**Index Terms**— Edge detection, Blur edges estimation, Blind forgery image detection, retinex method.

## I. INTRODUCTION

ACTUALLY we are living on an era where the digital information is prevailing and the digital contents have become an important resource of information. With the advance of electronic, computer science and telecommunications technology, the digital images can be easily uploaded and shared among many peoples using different social networks. However this situation, which in many situation may be a great advantage, in other situations may also cause important damages, because the digital images transmitted over the data network can be easily acceded by any unauthorized persons, allowing them the opportunity to manipulate them and as a consequence the integrity of such images traveling in the communications networks is in danger. Using several computer programs like Photoshop, or even some free programs, our pictures can be easily manipulated, alternating their content and damaging in such way our lives. In most cases, digital forgeries usually leaving no visual clues of tampering can be undistinguishable from authentic ones through our naked eyes which will be a trouble when it becomes photographic evidence presented in the court and for insurance claims. This fact brings a crisis of confidence [1].

In general, image forgery can be classified into two types: content-changing and content-preserving manipulations. In the first category, the forensics methods focus on detecting image

tampering such as splicing and copy-move in which the image content is reshaped visually and semantically. While in the second category, common digital image manipulations such as resampling, compression, contrast enhancement, blur [2, 3] and sharpening does not cause loss of information besides that in many cases these modifications can be identified passively [4].

Recently many methods have been developed to authenticate and protect the integrity of digital images such as: watermarking and image hashing, both of them with very good results. However in the first case we need to embed some information on the image to be authenticated and in the second one we need to have a hashing code previously obtained in order to authenticate the suspicious image. In both cases we need to have previous information of the image to determine if it is the original image or a tempered one. Blind authentication on the other hand, does not require previous knowledge of the image to be analyzed which does it a more difficult task in comparison with the watermarking or image hashing based methods. However because the necessity of developing blind identification methods is growing, several blind image authentication methods have been proposed during the last several years. Popescu and Farid H- [5] proposed a method to detect the duplicate regions which are produced by a copy and paste processes. The use of bicoherence features for blind image splicing detection in proposed in [6]. Qi et al. [7] use the second generation of Curvelet transforms to enhance the image, and then Canny operator is used to detect the edge. Finally the eclosion forgeries can be identified from the edge image. Based on this approach Babak and Stanislav [8] propose a blind and automatic method capable of finding traces of resampling and interpolation, based on that signals and their derivatives contain specific detectable periodic properties.

This paper proposes a blind authentication method for images tampered by copy-paste, which is based on the blurred edge detection method. In the proposed method firstly the image under analysis is filtered to emphasize the edges. Next the natural logarithm of the resulting image is computed and transformed to the frequency domain. Next the resulting spectrum in filtered to emphasize the high frequencies, where the blur edges are located. Finally the image reconstructed by computing the Fourier transform and the exponential function of the filtered image. Finally using a Laplacian Gaussian operator the edges are found.

<sup>1-3</sup> Instituto Politecnico Nacional, ESIME Culhuacan, Mexico D.F.  
<http://posgrados.esimecu.ipn.mx>, <sup>1</sup>[kelseyramirez@gmail.com](mailto:kelseyramirez@gmail.com),  
<sup>2</sup>[mnakano@ipn.mx.com](mailto:mnakano@ipn.mx.com), <sup>3</sup>[hmperez@ipn.mx](mailto:hmperez@ipn.mx)

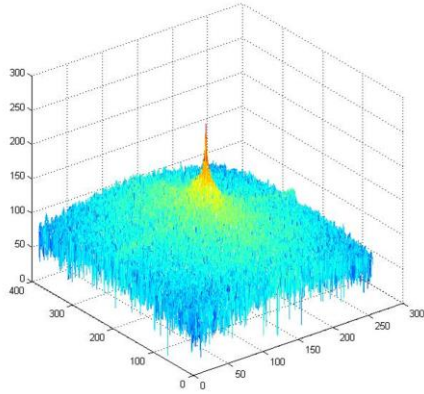


Fig. 1. Normal image spectrum without blurring.

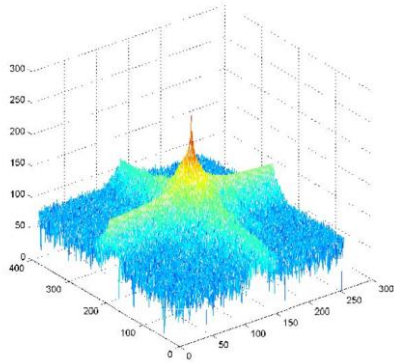


Fig. 2. Image spectrum with blurring.

The rest of the paper is structured as follows: Firstly the description of the proposed method is given, explaining each part of the proceedings. Next the evaluation results are given to show the performance of the proposed methods and finally conclusions are provided.

## II. PROPOSED BLIND IMAGE AUTHENTICATION METHOD

When an image is forged by using a copy-paste method, a blur processing is applied to the edges of the pasted object, since the blurring effect created on the low frequencies attenuate the effects on the pasted borders as shown in Figs 1 and 2.

According to this result, this paper proposes the use of a high pass homomorphic filter to localize these edges. Figure 3 shows the block diagram of the proposed scheme for detecting forgery images. Here firstly the image is filtered to enhance the borders, and then the filtered image is processed by a homomorphic filter which uses the illumination-reflectance model in its operation. This model consider that the image is been characterized by two primary components. The first component is the amount of source illumination incident on

the scene being viewed  $i(x,y)$ , while the second is the reflectance component of the objects on the scene  $r(x,y)$ . Thus the image  $f(x,y)$  can be modeled as defined as [9]-[11]:

$$f(x, y) = i(x, y)r(x, y) \quad (1)$$

where the intensity of  $i(x,y)$  changes slower than  $r(x,y)$ . Therefore,  $i(x,y)$  is considered to have lower frequency components than  $r(x,y)$ . Using this fact, the homomorphic filtering technique can be used to reduce the significance of  $i(x,y)$  by attenuating the low frequency components of the logarithmic transformed image. [12]. To this end, a logarithm function is applied to change the multiplication involving  $r(x,y)$  with  $i(x,y)$  in into an addition operation. Then the 2D-Fast Fourier Transform is applied to transform such matrix into its frequency domain. Next a high pass filter is use to accentuate the high frequencies and attenuate  $i(x,y)$ . To this end, specifically a Gaussian highpass filter is used whose transfer function given by:

$$H(u, v) = 1 - e^{-D^2(u, v) / 2\sigma^2} \quad (2)$$

After the high pass filtering is applied, the resulting filter output

$$Y_r(u, v) = H(u, v)[I(u, v) + R(u, v)] \quad (3)$$

is transformed to the spatial domain using the inverse 2D Fourier transform to inverse transformed matrix,  $y_r(m, n)$  is used as input of an exponential function to obtain

$$f_p(m, n) = \exp(y_r(m, n)) \quad (4)$$

Finally we apply to  $f_p(m, n)$  the Laplace-Gaussian operator, which is a second derivative operator whose template is given by:

$$\nabla = \begin{bmatrix} -2 & -4 & -4 & -4 & -2 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -4 & 8 & 24 & 8 & -4 \\ -4 & 0 & 8 & 0 & -4 \\ -2 & -4 & -4 & -4 & -2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

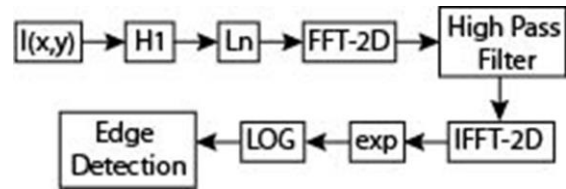


Fig. 3. Block diagram of proposed structure.

### III. EVALUATION RESULTS

To evaluate the proposed scheme, the CASIA Tampering Detection Dataset V1.0 [13] is used, whose results are presented in this section. The Fig. 4 shows the original image and the tampered one, together with the resulting image where



Fig. 4. Original Image (a), Tampered image (b), Detected edges(c).

the tampered area is located. It can be observed that only some

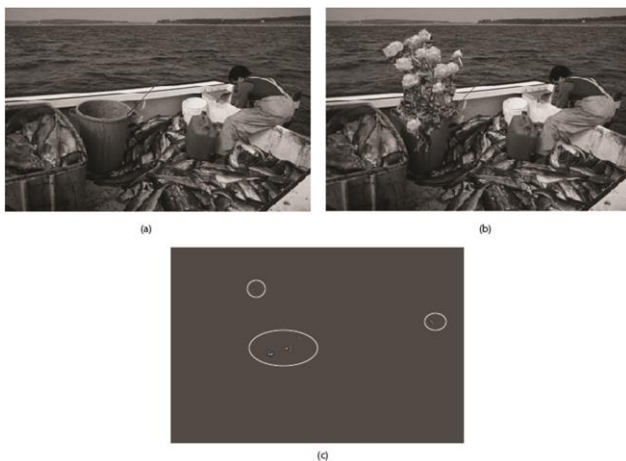


Fig. 5. Original Image (a), Tampered image(b), Detected edges(c).

edges on the tampered area are found.

### IV. CONCLUSION

This paper proposed a blind authentication method for images modified using the cut and paste methods which is based on homomorphic filter and edge detection. According to the obtained results, it is observed that the proposed method is able to authenticate the image and to localize some tampered area of a digital image.

### ACKNOWLEDGMENT

The authors thanks the National Science and Technology

Council (CONACyT) of Mexico and the Instituto Politécnico Nacional (IPN) for the financial support provided during the realization of this research.

### REFERENCES

- [1] Jing T, Peng Y, Zhang F, Huo Y. (2009, Dec.) .Blind Detection of Digital Forgeries Using Detection Trace of Eclosion. *Memories of International Conference on Computational Intelligence and Software Engineering*. [Online]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=053654> 21
- [2] Hsiao D and Pei P. (2005. Nov.). Detecting digital tampering by blur estimation. *Memories of 1st International Workshop on Systematic Approaches to Digital Forensic Engineering*. [Online]. Available: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1592538](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1592538)
- [3] Cao G, Zhao Y and Ni R. (2010. Jan.).Edge-based blur metric for tamper detection. *Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, [Online]. 1(1), pp.20-27. Available: <http://bit.kuas.edu.tw/~jihmsp/2010/vol1/JIH-MSP-2010-01-003.pdf>
- [4] Cao G, Zhao Y, Ni R, Yu L., Tian H. (2010, Jul.). Forensic Detection of Median Filtering in Digital Images. *Memories of IEEE International Conference on Multimedia and Expo (ICME)*. pp.1945-7871. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=05583869>
- [5] Popescu A C, Farid H. "Exposing Digital Forgeries by Detecting Duplicated Image Regions", Technical Report, Department of Computer Science, Dartmouth College, 2004.
- [6] Tian-Tsong N, Shih-Fu C, Qibin S. (2004, May) Blind Detection of Photomontage using Higher Order Statistics. *Memories of the International Symposium on Circuits and Systems*. [Online]. 5, pp.688 – 691. Available: [http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1329901&tag=1](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1329901&tag=1)
- [7] Yin-cheng Q, Xiao-Shuang X, Zhang H. (2011, May.). Blind Detection of Eclosion Forgeries Based on Curvelet Image Enhancement and Edge Detection. *Memories of International Conference on Multimedia and Signal Processing*. 1, pp.316-320.
- [8] Mahdian M, Saic S. (2008, Sep.). Blind Authentication Using Periodic Properties of Interpolation. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 3(3), pp. 529-538.
- [9] Gonzalez C. and E. Woods R, "Digital Image Processing", New Jersey USA Prentice Hall, 2008.
- [10] M. Petrou and C. Petrou, "Image Processing: The Fundamentals" Wiley, 2010.
- [11] Horn B., "Robot Vision". The MIT Press, Cambridge Mass. 1986.
- [12] Saleh S, Ibrahim H. (2012). Mathematical Equations for Homomorphic Filtering in Frequency Domain: A Literature Survey. *Memories of International Conference on Information and Knowledge Management*.
- [13] CASIA Tampering Detection Dataset V1.0, 2009. <http://forensics.idealtest.org/>



**Kelsey A. Ramirez-Gutierrez** received her B.S. degree in electronics engineering from the National University of Engineering, Managua, Nicaragua in 2008; in June 2010, she received her M.S. degree in microelectronics engineering from the Mechanical and Electrical Engineering School of the National Polytechnic Institute of Mexico where she is now a Ph.D. student. Her research interests are in the fields of biometrics pattern recognition and information security.



**Mariko Nakano-Miyatake** received her M.S. degree in electrical engineering from the University of Electro-Communications, Tokyo, Japan in 1985, and her Ph.D. in electrical engineering from the Universidad

Autonoma Metropolitana (UAM), Mexico City, in 1998. From July 1992 to February 1997 she was with the Department of Electrical Engineering of the UAM Mexico. In February 1997, she joined the Graduate Department of the Mechanical and Electrical Engineering School of the National Polytechnic Institute of Mexico, Culhuacan Campus, where she is now a professor. Her research interests are in information security, image processing, pattern recognition and related fields. She is a member of the IEEE, RISP and the National Researchers System of Mexico.



**Hector M. Perez-Meana** received his M.S. degree in electrical engineering from the Electro-Communications University of Tokyo, Japan, in 1986 and his Ph.D. in electrical engineering from the Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan, in 1989. From March 1989 to September 1991, he was a visiting researcher at Fujitsu Laboratories Ltd, Kawasaki, Japan.

From September 1991 to February 1997, he was with the Electrical Engineering Department of the Metropolitan University of Mexico City where he was a professor. In February 1997, he joined the Graduate Studies and Research Section of the Mechanical and Electrical Engineering School, Culhuacan Campus, of the National Polytechnic Institute of Mexico where he was the dean from August 2006 to December 2009. In 1991, he received the IEICE excellent paper award, and in 2000, the IPN research award and the IPN research diploma. In 1998, he was co-chair of the ISITA'98, and in 2009 he was the general chair of the IEEE Midwest Symposium on Circuit and Systems (MWSCAS). He has published more than 100 papers and two books. He has also directed 15 Ph.D. theses and more than 30 master theses. He is a senior member of the IEEE, IEICE, Mexican Researcher System and Mexican Academy of Science. His principal research interests are adaptive systems, image processing, pattern recognition, watermarking, and related fields.

# Instrucciones para los autores

Los artículos que se someten a **RISCE** deben contener resultados inéditos y originales, no haber sido publicados con anterioridad ni haber sido sometidos simultáneamente a otra revista científica. Si el artículo ha sido presentado, sometido o publicado en alguna otra parte, deberá informarse al coordinador editorial. Los artículos deben ajustarse a las siguientes especificaciones:

- o Idioma Inglés (anexar un resumen y palabras clave en español)
- o Idioma Español (anexar un resumen y palabras clave en Inglés)
- o Procesador de texto admitido: MS-Word.
- o Tamaño de página: carta, utilizar un solo lado de la hoja. Máximo 10 páginas.
- o Márgenes: izquierdo 2.5 cm y derecho 2 cm., superior 2.5 cm e inferior 2.5 cm.
- o Autores: primer nombre seguido de los dos apellidos (sin abreviaturas), abajo: afiliación y e-mail.
- o Tipo de letra del texto regular: Times o Times New Roman de 10 pt (título original 22 pt; secciones 11.5 pt, subsecciones 11.5 pt, en negritas).
- o Texto: a una columna y con espaciado sencillo (renglón seguido).
- o Resumen/Abstract: entre 70 y 150 palabras, colocado al principio del texto, seguido del de Español o inglés según sea el caso.
- o Palabras clave/Keywords: colocadas después del resumen en negritas, y no más de 10.
- o Imágenes y fotografías: deben ser de alta calidad, con colores bien definidos y contrastantes, en mapa de bits (no sectorizadas) en formato JPG e incrustadas en el texto de forma que se puedan manipular independiente.
- o Fórmulas: Deberán de presentarse en formato de tabla sin bordes, centradas y la numeración de c/u justificada a la derecha con negritas en mapa de bits, no vectorizadas.
- o Pies de figura. Deben mencionarse dentro del texto y numerarse de manera consecutiva con un tipo de letra Times New Roman 9 puntos
- o Cabecera de tabla. Deberá presentarse en la parte superior de la tabla un numeración consecutiva y descripción con tipo de letra Times New Roman 9
- o Referencias:

En cualquier caso el nombre del autor del artículo o publicación web deberá mostrarse al principio. Deberán ordenarse conforme aparezcan dentro del texto encerradas entre paréntesis cuadrado —[ ]—. A continuación algunos ejemplos:

- [1]. Baldonado, M., Chang, C.-C.K., Gravano, L., Paepcke, A.: The Stanford Digital Library Metadata Architecture. *Int. J. Digit. Lib.* 1 (1997) 108–121
- [2+]. Bruce, K.B., Cardelli, L., Pierce, B.C.: Comparing Object Encodings. In: Abadi, M., Ito, T. (eds.): *Theoretical Aspects of Computer Software. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1281. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1997) 415–438
- [3]. van Leeuwen, J. (ed.): *Computer Science Today. Recent Trends and Developments. Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1000. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1995)
- [4]. Michalewicz, Z.: *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York (1996)

## Instrucciones:

Enviar el archivo en extenso a la siguiente dirección electrónica: ebustosf@gmail.com

Los revisores técnicos le harán llegar sus observaciones y modificaciones, las cuales deberá realizar y reenviar el archivo corregido al correo arriba mencionado.

El comité editorial se comunicará mediante correo electrónico indicándole la aceptación o rechazo del artículo.

Se le solicitará autorización para publicación; en caso de aceptar se le indica la cuenta donde debe hacer el depósito por cobro de publicación y el costo, el cual no debe exceder de \$1000.00 pesos mexicanos.

**Reserva de Derechos 04-2008-062613190500-203**