
9

USO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA MEJORAR EL TRÁNSITO EN LAS VÍAS.

Edwin Mejía Peñafiel, Walter Orozco Iguasnia

USO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA MEJORAR EL TRÁNSITO EN LAS VÍAS

Using artificial neural networks to improve traffic on roads

Edwin Fernando Mejía Peñafiel¹

¹ Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador,
msmejiaedwinf@yahoo.com

Walter Armando Orozco Iguasnia²

² Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena, Ecuador,
worozcoi@hotmail.com

Resumen

Este artículo pretende dar una idea de cómo las Redes Neuronales Artificiales (ANNs), una técnica de la Inteligencia Artificial (IA), se puede acoplar a resolver el problema del tráfico en las vías de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, país Ecuador, usando cuatro semáforos estándar, a través de un ejemplo se indica el uso de componentes electrónicos como FPGAs (Field Programmable Gate array) y los sensores en este campo, a través de detectar y contar autos puede dar mayor fluidez al tráfico. La vía que mayor cantidad de autos tenga se dará mayor prioridad para la luz verde. Usando el algoritmo de aprendizaje de un Perceptrón Simple.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Redes Neuronales Artificiales, FPGA, Perceptron Simple, semáforo inteligente.

Abstract

This article aims to give an idea of how artificial Neural Networks (ANNs), a technique of Artificial Intelligence (AI) can be coupled to solve the problem of traffic on the roads in the city of Riobamba, Chimborazo province, country Ecuador using four standard traffic lights, through an example using electronic components such as FPGAs (Field Programmable Gate Array) and sensors in the field, by detecting and counting cars can give more fluidity to traffic indicated.

Keywords: Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks, FPGA, Simple Perceptron, intelligent traffic light.

I. INTRODUCCIÓN

El ámbito de las tecnologías a nivel mundial ha ido evolucionando, dentro de la inteligencia artificial encontramos varias técnicas como: lógica difusa, algoritmos genéticos y redes neuronales artificiales (RNA).

Por los años 50's muchas de las investigaciones se relacionaban con las RNA, así es el caso que en muchos trabajos de Rosenblatt, *Principles of neurodynamic* y *The perceptrón: A probabilistic model for information storage and organization in the brain* nos dan nuevas perspectivas sobre el tema. Pero Minsky y Papert con otras investigaciones dan nuevo resultados en su obra *Perceptrons* donde hacen muchas críticas al modelo neuronal y se trata de plasmar otro tipo de situaciones en esta línea [1].

Luego, en la época de los años 70's, investigadores entusiastas en la técnica de RNA despiertan el interés por estas aplicaciones: Las RNA actualmente se emplean en varios campos de la ciencia, así se agrupan en varias directrices como lo dice Deboeck [2]:

En este artículo se explica cómo se pueden usar las RNA para resolver un problema real, como es el tráfico. El objetivo de este trabajo es el de mejorar el tránsito en las horas llamadas pico, donde existe gran cantidad de autos y se da un caos en las vías. El proyecto consistirá en que el semáforo inteligente actué en este caso dando luz verde donde existen más autos, donde existe igual cantidad mantenga su situación y en las noches o en otras situaciones si no existieren autos, que se maneje bajo tiempos constantes. Para esto del control del tráfico, consiste, en que nuestro sistema inteligente tome decisiones óptimas y equitativas para generar mayor fluidez en las vías. El uso de sensores, procesadores, controladores, computadores, semáforos con led y FPGAs, me han llevado a la consecución del proyecto.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Neurona Biológica

La neurona que tenemos todos los seres humanos es la unidad principal y fundamental del sistema nervioso. Cada neurona es un procesador elemental que está ampliamente interconectado con otras para formar las redes de neuronas. En nuestro cerebro cohabitan unas cien mil millones de neuronas operando en paralelo.

Las neuronas tienen como entradas a las llamadas dendritas, salida llamada axón, núcleo o soma y la sinapsis que es la unión entre dos neuronas [3].

B. Neurona Artificial

Las neuronas artificiales siguen el mismo sentido de las que tiene nuestro cerebro humano. Este tipo de neuronas es un dispositivo simple de cálculo, que tiene como base un vector de entradas provenientes del mundo exterior o también puede ser de otras neuronas y que nos dan una respuesta o salida.

La neurona artificial como dijimos anteriormente tiene entradas y salida, éstas pueden ser binarias (digitales) o continuas (analógicas), van a depender siempre de un modelo y donde sean aplicadas.

C. Redes Neuronales Artificiales

Entiéndase por RNA, según Freman y Skapura [4], a un sistema de procesadores paralelos que se conectan entre sí como si fueran grafos dirigidos. Las neuronas se representan como nodos. Lo más importante de las RNA es la forma que tienen para aprender, reconocer y aplicar las diversas relaciones que existen entre objetos del mundo en que vivimos.

Las RNA resuelven problemas muy complejos, Hilera y Martinez [5] consideran cinco aspectos: Aprendizaje adaptativo, auto-organización, tolerancia a fallos, operación en tiempo real y fácil inserción en la tecnología existente. Las RNA se utilizan en muchos ejemplos y como variante de ésta el modelo de los mapas auto-organizativos (self-organizing map, SOM). [6-10]

D. Modelo Estándar de Neurona Artificial

Para nuestro análisis se propone un modelo estándar de neurona artificial, el cual nos va a permitir el aprendizaje de la ésta, dadas unas entradas con sus diferentes pesos sinápticos y el umbral de activación, debemos decidir qué tipo de función de activación utilizar para obtener la salida deseada. En la figura 1 se indica el modelo que se va a usar.

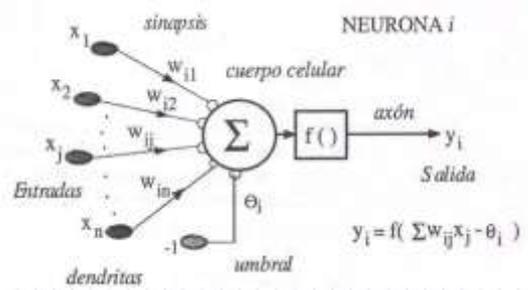


Fig. 1. Modelo genérico de neurona artificial.

Los elementos que constituyen esta neurona son los siguientes: Conjunto de entradas X_j , pesos sinápticos W_{ij} , Regla de propagación $\Theta(W_{ij}, X_j(t))$, umbral Θ , función de activación y salida.

En este ámbito se va a insertar las fórmulas que nos dan cada tipo de red neuronal, que en nuestro caso será *perceptron* multicapa.

Finalmente, de acuerdo al aprendizaje de la neurona se realizará las simulaciones necesarias primero, para luego en un ambiente de prueba a través de un prototipo poder llegar a la solución ideal.

E. Estructura de un Sistema Neuronal Artificial

El elemento esencial de partida será la neurona artificial, la cual contará con capas; varias capas constituirán una RNA, y, por último una RNA (o un conjunto de ellas), junto con las interfaces de entrada y salida, más los módulos convencionales adicionales necesarios constituirán el sistema global de proceso.

Desde la perspectiva del grupo PDP (*Parallel Distributed Processing Research Group*, de la Universidad de California en San Diego), [11] un sistema neuronal o conexionista, está compuesto por los siguientes elementos: Un conjunto de procesadores elementales o neuronas artificiales, un patrón de conectividad o arquitectura, una dinámica de activaciones, una regla o dinámica de aprendizaje y el entorno donde opera.

La *Neural Network Society* del IEEE, o los de algunos investigadores [12] están llevando a cabo esfuerzos encaminados a unificar conceptos, dado que por la juventud de esta disciplina coexisten diferentes terminologías y nomenclaturas.

F. FPGA - Field Programmable Gate Array

Es un dispositivo que nos permite programarlo o reprogramarlo, dado que contiene una memoria interna y además está compuesto por bloques lógicos (puertas, registros, memorias, flip/flops, etc) programables. La figura 2 muestra una FPGA.



Fig.2. FPGA utilizada para el prototipo

G. Proyecto Propuesto

Se pretende dar una solución al caos vehicular que existe en las vías de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo en el Ecuador. El uso de los semáforos en

este campo es el ideal y más aún si tienen la adaptabilidad a procesar por ellos mismos los diferentes cambios que de acuerdo al número de autos que encuentren pueda resolver por sí solo.

Esquema a dar solución como prototipo – En la figura 3 encontramos el nivel de complejidad que puede tener una ciudad con diferentes tipos de carriles los cuáles tienen una gran cantidad de autos y en las horas llamadas pico muchos más.

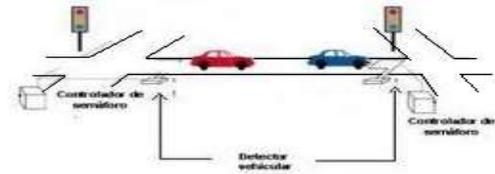


Fig.3. Ubicación de semáforos en las vías

Semáforo Inteligente – Este semáforo que se va a realizar está compuesto por un sistema de leds, en su conjunto tiene algunos dispositivos que se van a usar para detectar el acercamiento de los autos hacia el mismo y también para que los pueda contar, dando con esto solución al tráfico en las diferentes vías del Ecuador.

La tecnología inalámbrica no lo desechamos ya que dependerá de los costos y óptica que le demos a nuestro proyecto para utilizar los mismos.

Además se deberá prever un consumo bajo de energía, vida útil, mantenimiento mínimo, respeto al medio ambiente, la luminosidad debe ser uniforme, debe permitir cambiar los dispositivos con facilidad y otros contemplados para su calidad dentro del medio.

Sensores y otros – Para poder detectar a los vehículos se utilizará sensores conectados en red, FPGA's, cámara y otros dispositivos necesarios para realizar este proyecto.

La utilidad de los sensores para este tipo de proyectos será de gran utilidad debido a su magnífica performance y calidad de uso.

En ambientes de prueba realizados nos han dado buenos resultados con un prototipo diseñado.

Infraestructura del proyecto – Para este proyecto utilizaremos la figura 4 en la cual se muestra como estaría los dispositivos conectados entre sí.

La idea principal de este proyecto es dar solución a través de un control inteligente del tráfico, dando mayor fluidez al tránsito en las intersecciones y en las horas pico que es donde más se pierde tiempo.

El sistema como se ve consta de 6 partes principales: la conexión de las FPGA con los sensores, servidor, sistema de alimentación, semáforo y base de conocimiento centralizada de donde se tomará la información para

procesarla.

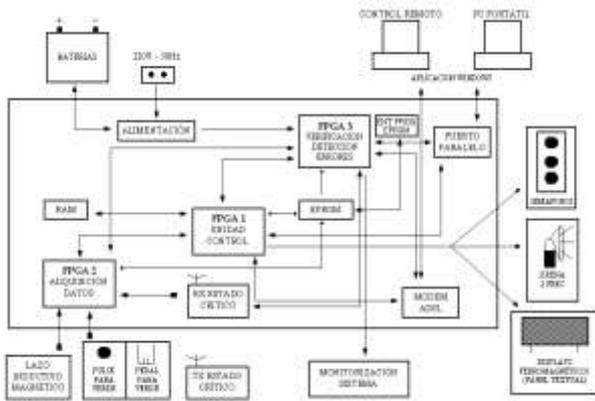


Fig.4. Dispositivos interconectados del proyecto

El proceso de la toma de decisiones por parte del semáforo depende de la base de conocimiento y de la red neuronal artificial para el cambio de color verde a rojo y viceversa.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Algoritmo para el aprendizaje de una neurona

Se ha realizado este algoritmo con el propósito de hacer el aprendizaje de la neurona para el perceptron simple:

Paso1 Establecer las entradas por los valores de verdad por 1 positivo y los valores falso por -1 negativo.

Paso2 Ingresar Número de casos (en el caso de 2 entradas el número de casos serán 4)

Paso3 $i=1$

Paso4 Establecemos el valor de los pesos aleatorios y el umbral

Paso5 Preguntar $i \leq \text{Número de casos}$

Si si ir a 6

Si no ir a 14

Paso6 Ingresamos las entradas X_1 y X_2

Paso7 Usamos las fórmulas para calcular la salida

$$Y_i = \sum X_i W_i - \Theta$$

Paso8 Para la función de activación tenemos

$$Y = \begin{cases} 1 & \text{ssi } W_1 X_1 + W_2 X_2 \geq \Theta \\ -1 & \text{ssi } W_1 X_1 + W_2 X_2 < \Theta \end{cases}$$

Paso9 Preguntar si Y es igual a la salida deseada

Si si ir a 12

Si no ir a 10

Paso10 Realizar el aprendizaje a través de la siguiente fórmula para calcular los nuevos pesos:

$$\Delta W_{ij}(t) = W_{ij}(0) + 2E(t_i)X_j$$

Donde $W_{ij}(0)$ -> peso anterior

E -> factor de aprendizaje (0.5 generalmente)

T_i -> salida deseada

X_j -> entrada

Paso10 Calcular el nuevo umbral

$$\Theta_i = \Theta_j + 2E(t_i)(-1)$$

Paso11 $i = 1$ (esto se hace para que calcule desde el primer caso con los nuevos pesos y umbral)

Paso12 $i = i + 1$

Paso13 Retornar a 5

Paso14 Visualizar los pesos y el umbral

Paso15 Fin

B. Eficiencia del algoritmo planteado

En el caso del prototipo resultó bastante eficiente el algoritmo planteado, ya que como contamos con 4 semáforos, entonces funcionó correctamente.

El sistema de aprendizaje de la neurona se hizo con una velocidad acorde a los tiempos establecidos.

Este algoritmo es bastante amigable con VHDL ya que permite programar de una manera muy rápida para las FPGAs y permitió contar con una efectividad muy buena.

Hay que mencionar que este algoritmo funciona con una entrada de 0 (cero) igual -1, para poder ejecutarse. Los pesos sinápticos siempre van a depender de cuan exactos deseamos obtener el resultado, para esta investigación lo realizamos o empezamos con 1.

C. Discusion

La toma de decisiones la debe generar la neurona planteada para presencia o ausencia de vehículos en la vía, en el caso planteado que es la de cuatro semáforos, resulta muy beneficioso utilizar esto.

La dimensión del tiempo en cuanto a respuesta del sistema esta medido en segundos.

La red neuronal aplicada da un margen de error de más menos 4%, ya que todavía toca hacer unos ajustes en el aprendizaje de las neuronas, especialmente cuando tenemos mayor cantidad de sensores y mayor cantidad de autos. A pesar de esto la red neuronal está dando resultado en la medición del tráfico y el cambio de verde a rojo y viceversa, con la altísima responsabilidad de verificar también quien llego primero y cuanto está esperando ese objeto dentro del sistema.

Un resultado final inesperado fue que cuando se quiso aplicar una red de sensores inapropiados, la red neuronal no podía asumir los pesos de cada una de las neuronas ya que las entradas estaban asociadas a ello y con un umbral inactivo pues no había como llegar a la función de activación que suministre dicho objetivo en el campo de aprendizaje de cada una de las neuronas.

Ahora también hay que decir que se me presentó un problema en el momento de ejecutar el prototipo, es el de las dimensiones de los autos. Hay que prever que los automóviles tienen una dimensión, las camionetas, las busetas, los buses, camiones y otros tienen otras

dimensiones; por eso se tomó la situación sólo para automóviles.

Como trabajos futuros se propone realizar para todos los vehículos pero usando ya reconocimiento de patrones, es decir usando cámaras inalámbricas para el conteo de autos y usando algoritmos para el día y otro para la noche.

IV. CONCLUSIONES

En este artículo se ha realizado una presentación del proyecto que se pretende realizar basado en redes neuronales artificiales para solucionar el tránsito en las vías de la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, país el Ecuador.

Se ha dado una breve introducción a las redes neuronales artificiales partiendo de la neurona biológica, neurona artificial, RNA y terminando con los dispositivos electrónicos básicos a utilizar.

Sin dejar de lado un algoritmo de aprendizaje basado en el perceptron simple y realizado para este prototipo, basado en 1(5voltios) positivo y -1(0 voltios) negativo.

El uso de los sensores y de las FPGAs es de gran ayuda para este tipo de proyectos, pero hay que saber escogerlos, al momento de realizarlo en la realidad.

Los problemas por donde hemos ido en este campo de la creación del proyecto de investigación son muy grandes pero no complejos ya que en el camino vamos encontrando las soluciones deseadas.

Del 40% de errores al principio, ahora tenemos un más menos 4%, que es superable y entendible, hasta que la red neuronal cumpla con el objetivo para la cual fue creada.

En un próximo trabajo se estará mostrando las simulaciones realizadas con ejemplos prácticos y los tiempos que se demoran cada uno de los autos en pasar de una vía a otra. Así como también estaré presentando para mayor cantidad de vías y cruces.

AGRADECIMIENTOS

A mi querida familia, mis hijos, en especial a mi querida Ceci que sé que me necesitaba y no podía dedicarle el tiempo suficiente. A mis hijos Andy, Antho y Taty. En memoria de Romeo: mi amigo y motor, sin él nunca hubiese empezado esta cruzada. Solo puedo decir Gracias! a las autoridades de la Facultad de Informática y Electrónica, autoridades de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme ayudado y brindado todas las facilidades para realizar este trabajo.

REFERENCIAS

1. Kornilov A R (1997) Intelligent technologies new opportunities for modern industry. Information Technology. vol. 3(6), pp 1-14
2. Deboeck Guido J. (2000) Pattern recognition and prediction with self-organizing maps and ork /AIabtext.html supporting software review: visualization through viscovery [en línea]. <http://www.gordian-knot.com>. Gordian Institute Electronic NewsLetter. [Consulta: 20 de febrero 2000.].
3. Neurofisiología [CD-ROM] Enciclopedia Microsoft(R) Encarta(R) 99. (c) 1993-1998 Microsoft Corporation.
4. Freeman J A and Skapura D M (1993) Redes Neuronales, Algoritmos, aplicaciones y técnicas de propagación. México: Addison-Wesley. 306 p.
5. Fff Hilera González J, Martínez Hernández V (1995) Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones. Madrid, RA-MA. 389 p
6. Campanario J M (1995) Using neural networks to study networks of scientific journals. Scientometrics. vol. 33(1). pp 23-40.
7. Honkela T y otros (1996) Newsgroup exploration with WEBSOM method and browsing interface. Espoo. Helsinki, University of Technology, Laboratories of Computer and Information Science. (Technical Report, A32).
8. Kaski S y otros (1996) Creating an order in digital libraries with self-organizing map. In: Proceeding of World Congress on Neural Networks. WCNN'96. Mahwah, NJ, INNS Press. pp 814-817
9. Polanco Xavier, Francois C and Keim J F (1997) Artificial neural network technology for the classification and cartography of scientific and technical information. In: Periz B and Egghe L (1997) Proceeding Sixth International Conference of the International Society for Scientometrics and Informetrics. Jerusalem, Israel. Universidad Hebrew of Jerusalem. pp. 319-330.
10. Swanson D R and Smalheiser N R (1997) An interactive system for finding complementary literatures: a stimulus to scientific discovery. Artificial Intelligence. vol. 91(3), vol. 183-203. También disponible en <http://kiwi.uchicago.edu/web>.
11. Rumelhart D E and McClelland J L (eds.) (1986) Parallel Distributed Processing. vo, 1: Foundations. MIT Press.
12. Fiesler E (1994) Neural Network clasification and formalization. En: Computer Standards and Interfaces. vol. 16, special issue on Neural Networks Standards, Fulcher J (edt.), Elsevier.