

Educación a distancia aplicada al Desarrollo de Redes Neuronales en FPGA

Ing. Leonardo Navarría, Ing. José A. Rapallini, Ing. Antonio A. Quijano

Centro de Técnicas Analógico Digitales (CeTAD) - Codiseño Hardware/Software (CoHS)

Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata

Calle 48 y 116, La Plata 1900, Argentina

leonardonavarria@gmail.com, josrap@ing.unlp.edu.ar, quijano@ing.unlp.edu.ar

Resumen- Uno de los motivos más importantes del resurgir de las redes neuronales en la década de los ochenta fue el desarrollo de la tecnología microelectrónica de alta escala de integración o VLSI (Very Large Scale Integration), debido a dos circunstancias. Por una parte, permitió el desarrollo de computadores potentes y baratos, lo que facilitó la simulación de modelos de redes neuronales artificiales de un relativamente alto nivel de complejidad, permitiendo su aplicación a numerosos problemas prácticos en los que demostraron un excelente comportamiento. Por otra parte, la integración VLSI permitió la realización hardware directa de redes neuronales como dispositivos de cálculo paralelo aplicables a problemas computacionalmente costosos, como visión o reconocimiento de patrones. En el presente trabajo se indican cómo se llega a generar una red neuronal en un arreglo reconfigurable y luego se utilizarán las herramientas más actuales disponibles para el diseño de contenidos a distancia para hacer transferencias de conocimientos sobre Redes Neuronales.

Palabras claves: reconfigurables, neurocomputadoras, FPNA, educación, distancia, implementación

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 50 años las últimas generaciones han visto como las computadoras han formado parte de la vida cotidiana. Muchas aplicaciones son visibles como ser cajeros automáticos, calculadoras, celulares, en otros casos se incluyen aplicaciones en cuanto instrumental médico, supervisión y seguridad, comunicaciones.

El desarrollo de las ciencias de la computación ha seguido la línea arquitectónica del matemático John Von Neumann, que en 1947 diseñó una estructura basada en un procesamiento secuencial de datos e instrucciones. Esta estructura sigue rigurosamente un programa secuencial almacenado en la memoria. La arquitectura de Von Neumann se basa en la lógica de procedimientos que comúnmente utilizamos, hallando soluciones

parciales a un problema, que luego son utilizadas para lograr la solución final.

Por el contrario, una visión del cerebro a distancias microscópicas no concuerda con estructuras tipo Von Neumann ni con programas almacenados, lo que sí existe es una computación masiva de unidades concurrentes y redundancias de tareas y conexiones proporcionales a la robustez. El cerebro está especialmente orientado al procesamiento de información sensorial compleja y ruidosa.

Los avances en la arquitectura de los dispositivos FPGAs así como en sus herramientas de diseño han llevado a mejoras significativas en el diseño de sistemas digitales basados en esta tecnología. Esto se debe a que las recientes arquitecturas cuentan con la habilidad para reconfigurar una porción del dispositivo mientras el resto permanece aun operando. Las metodologías y herramientas actuales de diseño están en su mayoría enfocadas a diseños estáticos, lo que limita la adopción de la tecnología de reconfiguración dinámica en el desarrollo e implementación de sistemas. Como una solución a la escasa utilización de diseños reconfigurables dinámicamente, en años recientes han surgido nuevas metodologías y herramientas de diseño a nivel de investigación, que soportan la característica de reconfiguración dinámica en sus diseños. Sin embargo el diseño de sistemas con estas herramientas sigue siendo complejo debido a que presenta algunas desventajas, entre ellas requerir alto conocimiento de la arquitectura del dispositivo, la especificación de regiones reconfigurables, y no se cuenta con un procedimiento de diseño específico. La implementación de estos algoritmos tendrá como finalidad la especialización y el perfeccionamiento para obtener conocimientos en forma óptima y con alta flexibilidad. El aporte de esta investigación en FPGA permitirá abrir un camino de investigación en el CeTAD pudiendo ser cumplimentado con cursos para afianzar conocimientos en el área. Ya

realizada la profundización de la investigación como los cursos complementarios, se generará una red de conocimiento y trabajo en conjunto para transferir tecnología y conocimientos

II. NEUROCOMPUTADORES Y CHIPS NEURONALES

Para realizar redes neuronales artificiales se hace uso de las tecnologías microelectrónicas, desde los emuladores (aceleradores) hardware, especialmente concebidos para la emulación de las redes neuronales, hasta los chips neuronales, más próximos a la realización fiel de la arquitectura de la red. La implementación hardware de las redes neuronales no resulta una cuestión anecdótica, pues el impacto tecnológico y económico de las redes neuronales está avanzando en implementaciones electrónicas ya que los grandes recursos computacionales necesarios no son suficientes.

Por neuroprocesador se entiende un dispositivo con capacidad de cálculo paralelo, diseñado para la implementación de redes neuronales artificiales. Puede ser de propósito general o específico, y puede realizarse como un chip neuronal o como una placa aceleradora dependiente de un computador host.

III. MODELO GENERAL DE NEURONA ARTIFICIAL

Se denomina procesador elemental o neurona a un dispositivo simple de cálculo que, a partir de un vector de entrada procedente del exterior o de otras neuronas, proporciona una única respuesta o salida. Una neurona artificial forma la unidad básica de una red neuronal artificial. Los elementos básicos de una red artificial son las entradas, el peso sináptico y la función de transferencia.

A. Entradas

Las entradas x de un nodo, (están indexadas y reciben la señal correspondiente), expresadas en forma vectorial como: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$. Las variables de entrada y salida pueden ser binarias (digitales) o continuas (analógicas), dependiendo del modelo y aplicación.

B. Peso Sináptico

Cada señal de entrada pasa a través de una ganancia o peso, llamado peso sináptico o fortaleza de la conexión cuya función es análoga a la de la función sináptica de la neurona biológica. Los pesos pueden ser positivos (excitatorios), o negativos (inhibitorios) y se denotan por $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$. El peso sináptico w , define en este caso la intensidad de interacción entre la neurona presináptica y la postsináptica. Dada una entrada positiva (procedente de un sensor o simplemente la salida de otra neurona), si el peso es positivo tenderá a excitar a la

neurona postsináptica, si el peso es negativo tenderá a inhibirla. Así se habla de sinapsis excitadoras (de peso positivo) e inhibidoras (de peso negativo).

La entrada neta a cada unidad puede escribirse de la siguiente manera:

$$neta_j = \sum_{i=1}^n x_i w_i = X.W \quad (1.1)$$

C. Función de Transferencia

Como tercer componente se tiene la función umbral o función de transferencia que se encarga de pasar a la salida las señales de entrada acumuladas y sumadas en el nodo sumatorio. La función de activación o de transferencia proporciona el estado de activación actual a partir del potencial postsináptico y del propio estado del activador anterior. Sin embargo, en muchos modelos de redes se considera que el estado actual de la neurona no depende de su estado anterior, sino únicamente del actual.

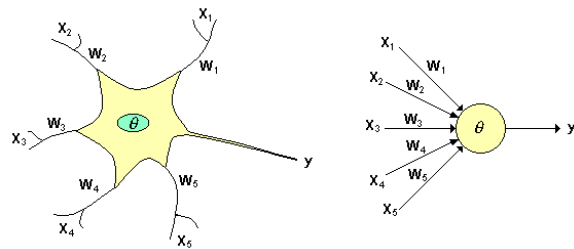


Figura 1: Similitudes entre una neurona biológica y una artificial.

La función de activación se suele considerar determinista, y en la mayor parte de los modelos es monótona creciente y continua, como se observa habitualmente en las neuronas biológicas.

IV. ARQUITECTURA DE REDES NEURONALES

Una definición de arquitectura es la topología, estructura o patrón de conexiones de una red neuronal. En una red neuronal los nodos se conectan por medio de sinapsis, la cual determina el comportamiento de la red. Las conexiones sinápticas son direccionales, es decir, la información solamente puede propagarse en un único sentido.

En general, las neuronas se suelen agrupar en unidades estructurales que denominaremos capas. Las neuronas de una capa pueden agruparse, a su vez, formando grupos neuronales (clusters). Dentro de un grupo, o de una capa si no existe este tipo de agrupación, las neuronas suelen ser del mismo tipo. Finalmente, el conjunto de una o más capas constituye la red neuronal.

Se distinguen tres tipos de capas: de entrada, de salida y ocultas. Una capa de entrada o sensorial está compuesta por neuronas que reciben datos o señales

procedentes del entorno (por ejemplo, proporcionados por sensores). Una capa de salida es aquella cuyas neuronas proporcionan la respuesta de la red neuronal (sus neuronas pueden estar conectadas a efectores). Una capa oculta es aquella que no tiene una conexión directa con el entorno, es decir, que no se conecta directamente ni a órganos sensores ni a efectores. Este tipo de capa proporciona a la red neuronal grados de libertad adicionales, gracias a los cuales puede encontrar representaciones internas correspondientes a determinados rasgos del entorno, proporcionando una mayor riqueza computacional.

Las conexiones entre las neuronas pueden ser excitatorias o inhibitorias: un peso sináptico negativo define una conexión inhibitoria, mientras que uno positivo determina una conexión excitatoria. Habitualmente, no se suele definir una conexión como de un tipo o de otro, sino que por medio del aprendizaje se obtiene un valor, el peso, que incluye signo y magnitud.

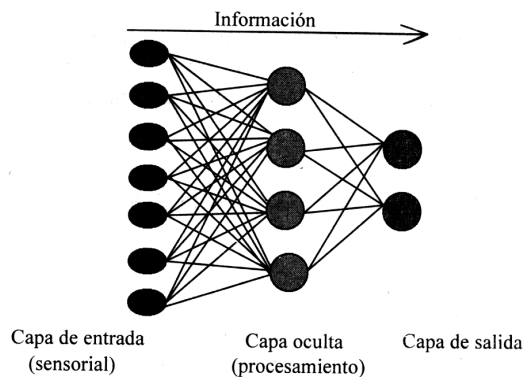


Figura 2: Arquitectura Unidireccional de tres capas: de entrada, oculta y de salida

V. IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE RED NEURONAL PROGRAMABLE EN UNA FPGA (FPNN)

El primer tema del concepto del FPNA, *field programmable neural array*, es el desarrollo de una estructura neuronal que es fácil de mapear dentro del hardware digital, gracias a la topología simple y flexible. La estructura de un FPNA se basa en el principio de los FPGAs: funciones complejas implementadas por un set de recursos programables. La naturaleza y las relaciones de estos recursos de FPNA son derivados del proceso matemático que las FPNAs deben obtener.

Un Modulo FPNN (field programmable neural network) es un FPNA configurado, es decir un FPNA cuyos recursos han sido configurados de cierta manera, además se deben dar algunos parámetros para cada recurso de procesamiento. En otras palabras, la capa bajo el FPNN es un FPNA con una topología especificada en los recursos de la red neuronal. Esta FPNN está dada en un camino para especificar cuáles de estos recursos interactuarán para definir un comportamiento funcional.

Para la implementación de un FPNN se requiere un bloque predefinido que es simplemente ensamblando sobre una capa de una arquitectura de FPNA (el mapeo se hace de manera directa y paralela sobre la estructura neuronal en la FPGA).

Los recursos para poder implementar una FPNA son el conexionado y la activación. Cada uno de estos recursos corresponde a un bloque predefinido que cumple la función de recurso de procesamiento y protocolo de comunicación asincrónico y todos los bloques son ensamblados de manera acorde a un gráfico de FPNA. Esta implementación debe ser usada para cualquier FPNN derivado del FPNA: algunos elementos deben ser correctamente configurados dentro de cada bloque, tales como multiplexores o registradores. Tales FPNNs deben computar funciones complejas a pesar que su FPNA es simple. Además, este método de implementación es flexible y compatible con las exigencias del hardware. De una manera más general esta implementación muestra como el tiempo debe ser inherente en los cálculos de FPNN.

VI. CONCLUSIONES SOBRE FPNA

Los FPNA han sido redefinidos para poder armar las topologías de hardware simples con un complejo sistema de arquitectura de una red neuronal compleja gracias a los esquemas de procesamiento que crean numerosas conexiones virtuales con el uso de pocos enlaces del dispositivo, la aritmética y la estructura de la red neuronal. Este paradigma define el modelo neuronal cuyo poder de cómputo es similar a la red neuronal a pesar de la simplificada estructura que se encuentra bien emplazada por la implementación del hardware.

Tanto FPNA como FPNNs son ámbitos de trabajo para procesamiento de redes neuronales y una eficiente manera de adaptar una red neuronal a un hardware digital. La implementación de una red neuronal FPNA en un FPGA ha provisto de una alta eficiencia a las implementaciones basadas en FPGAs.

El inconveniente más importante aparece en el aprendizaje de un FPNN debido a que los recursos de neuronas se ven decrementados por las conexiones de los pesos.

VII. DISTITOS TIPOS DE EDUCACION

En la actualidad podemos distinguir nuevas modalidades del fenómeno educativo:

1. **Educación No Formal** representa el conjunto de procesos, medios e instituciones específica y diferenciadamente diseñados en función de objetivos explícitos de formación o de instrucción, que no están directamente dirigidos a la provisión de los grados propios del sistema educativo reglado.

2. **Educación Formal** comprende el sistema educativo altamente institucionalizado, cronológicamente graduado y jerárquicamente estructurado que se extiende

desde los primeros años del jardín de infantes hasta los estudios de pos grado.

3. **Educación Informal** es el proceso que dura toda la vida de la persona y es en dónde se adquieren y acumulan conocimientos, habilidades, actitudes y modos de discernimiento mediante las experiencias diarias y su relación con el medio ambiente.

La suma de las educaciones formal, no formal e informal debe abarcar la globalidad del universo de la educación, o dicho de otra manera, cualquier proceso que se incluya en el universo educativo debe poder incluirse en alguna de las tres clases de educación.

4. **Educación Presencial:** Es aquella en la cual coinciden tanto el educando como el educador en un mismo tiempo y espacio. Podría citarse como ejemplo de esta un Colegio Secundario en dónde asisten los alumnos y el profesor en un horario vespertino.

5. **Educación Semi Presencial:** Este tipo de modalidad contiene una cierta parte de educación presencial y una cierta parte a distancia. En cuanto a la parte presencial podemos decir que se realizan algunos encuentros entre educadores y educandos coincidiendo tiempo y espacio. En la parte a distancia, se realizan cursos utilizando herramientas tal cual se usan en la educación a distancia, dónde no coincide el espacio, pudiendo coincidir o no el tiempo.

6. **Educación a Distancia:** En esta modalidad el educador y el educando no coinciden en espacio, y opcionalmente pueden coincidir en tiempo. Se pueden citar como ejemplo cursos por correspondencia, universidades virtuales, y demás. Está muy a la vista que la educación a distancia hoy en nuestros días con la tecnología disponible como web 2.0, campus virtuales, videoconferencia, etc, han mejorado considerablemente la educación que se realizaba por correspondencia reduciendo de esta manera la distancia refiriéndose a la distancia entre el alumno y profesor que hoy en día existe físicamente, pero no de manera virtual.

VIII. EDUCACION A DISTANCIA

Las propuestas de educación a distancia se caracterizan por la utilización de una multiplicidad de recursos pedagógicos con el objeto de fortalecer conocimiento, independizando al alumno de los tiempos para el estudio.

El desarrollo actual de la tecnología favorece la creación y el enriquecimiento de las propuestas en la educación a distancia, surgiendo así un importante valor agregado al acceso y la utilización de información constantemente renovada.

Los nuevos desafíos que aparecen giran en torno a las investigaciones del conocimiento, comprensión y transferencia, y por las propias investigaciones realizadas por los programas en la modalidad. La psicología

cognitiva y sus derivaciones al campo de la didáctica han puesto énfasis en que las prácticas rutinarias raramente permitan desarrollar la capacidad de reflexión. Se trata de enseñar problemas existentes. En estos casos el reto de esta modalidad es la generación de materiales en los cuales las propuestas rompan los clásicos actos y forjen nuevos desafíos a los estudiantes.

Dicho de otra manera el desafío permanente es recordar el sentido político con el que nació la oferta, reconocer si los soportes tecnológicos que se están utilizando son los más adecuados para el desarrollo de los contenidos, identificar la propuesta de enseñanza y la concepción de aprendizaje que subyace y analizar de qué manera se consideran los desafíos de la distancia entre los alumnos y los docentes y de los alumnos entre sí.

La tarea de los tutores en la educación a distancia consiste en orientar y reorientar los procesos de comprensión y de transferencia diseñando actividades complementarias que favorecen el estudio de una perspectiva más amplia o integradora.

En la actualidad existen instituciones bimodales en cuanto al dictado de carreras y son aquellas que poseen los mismos departamentos académicos para modalidad presencial y para modalidad a distancia, creando así equipos interdisciplinarios que desarrollan y dirigen los cursos. Este tipo de modalidad descomprimen las aulas con una mejor atención al alumno. Se genera de esta manera una solución a la masividad de alumnos en los últimos tiempos.

La convivencia de las dos modalidades ayuda a superar la distancia entre docentes y alumnos, produciendo soluciones efectivas y llevando a las instituciones presenciales a gerencias cátedras, desarrollar nuevos contenidos, diseñar el aprendizaje, monitorear las conductas de los alumnos y generar docentes con nuevos roles

La Web 2.0 es la transición que se ha dado de aplicaciones tradicionales hacia aplicaciones que funcionan a través de la web enfocada al usuario final. Se trata de aplicaciones que generen colaboración y de servicios que reemplacen las aplicaciones de escritorio. Es una etapa que ha definido nuevos proyectos en Internet y está preocupándose por brindar mejores soluciones para el usuario final. Muchos aseguran que se ha reinventado lo que era Internet, otros hablan de burbujas e inversiones, pero la realidad es que la evolución natural del medio realmente ha propuesto cosas más interesantes.

El término de Web 2.0 proviene de una conferencia en la que se utilizaron un torbellino de ideas y en ese evento se hablaba del renacimiento y evolución de la web.

Entender la evolución que ha llegado con la Web 2.0 puede realizarse con ejemplos, con proyectos.

IX. IMPLEMENTACIÓN DE ESPACIOS DE ENSEÑANZA A DISTANCIA EN MICROELECTRÓNICA

Hasta el momento se ha logrado perfeccionamiento en el uso de herramientas informáticas de interés para el área educativa. Se han implementado los diseños de cátedras de microelectrónica. Con este fin, se presenta en la parte práctica del curso varias herramientas informáticas, que incorporan elementos interesantes como facilidades para la generación de aplicaciones multimediales, tutoriales, etc. Se trabajó el concepto de mediación desde el punto de vista epistemológico y se revisó el marco teórico y la historia de la educación a distancia. Asimismo, se revisaron los elementos didácticos y de comunicación que se entrelazan en una propuesta de enseñanza y cómo este tipo de propuestas se implementan en el inter-juego con la lógica de funcionamiento y el lenguaje de los entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje (EVEAs). Se aprendió a construir los modelos que hay detrás de la lógica de funcionamiento de los EVEAs, en la parte práctica se trabaja el lenguaje, arquitectura y funcionamiento de estos entornos que dan marco a las propuestas de enseñanza mediadas por TICs.

Dada la amplitud del objeto de estudio, se abordó el análisis de los procesos cognitivos –habilidades y disposiciones, en la creación de recursos de simulación y el manejo de las redes informáticas, especialmente las herramientas de la llamada WEB 2.0 en franca expansión y cuyo uso en educación está siendo analizado.

La base de conocimientos adquiridos relativa a los medios digitales proporciona la oportunidad para su estudio en función de la naturaleza, expresión y modificación de los fenómenos cognitivos involucrados.

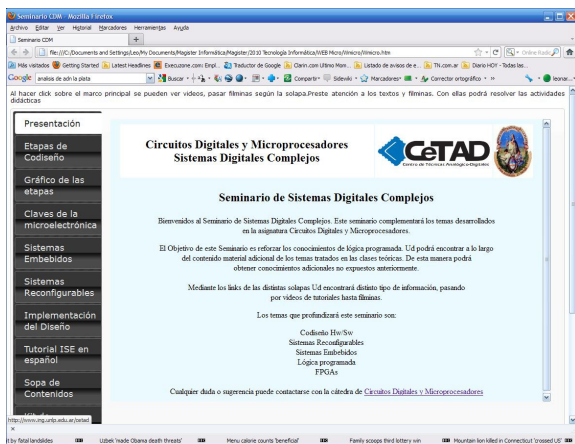


Figura 3: implementación de un curso utilizando Ardora®, herramienta que permite armar contenidos WEB 2.0

X. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

El aporte de esta investigación en FPGA permitió abrir un camino de investigación en el CeTAD, siendo este cumplimentado con cursos para afianzar conocimientos en el área. Realizadas la profundización de la investigación como los cursos complementarios se generará una red de conocimiento y trabajo en conjunto para transferir tecnología y conocimientos.

Como finalización e integración de las dos etapas de investigación sobre redes neuronales y especialización en educación a distancia se generará una red de conocimiento y trabajo conjunto a través de un plan de trabajo que se sustenta en los siguientes puntos:

- Mejora de la formación de recursos humanos respecto a la comprensión de conocimientos.
- Generación de herramientas para el desarrollo del recurso humano.
- Integrarse a redes de trabajo especializadas.

REFERENCIAS

- [1] L. J. Navarría, J.A. Rapallini, A.A. Quijano, "Diseño reconfigurables en filtros de baja frecuencia" XIV Workshop IBERCHIP IWS'2008, Puebla, México, Febrero de 2008
- [2] L. J. Navarría, J.A. Rapallini, A.A. Quijano, "Sistemas Reconfigurables" Agosto 2007, Trabajo Final, Facultad de Ingeniería UNLP.
- [3] David. M. Skapura, Building Neural Networks, New York: Addison Wesley Professional, 1996.
- [4] Redes Neuronales y Sistemas difusos: Martin del Brio, Bonifacio, Sanz Molina, Alfredo, 2da. Edicion Alfaomega Grupo Editor, 2002
- [5]"Neurocomputing". Robert Hecht-Nielsen. Addison-Wesley Publishing Company. 1989.
- [6] Burbules, N y Callister, T (h) (2001). Riesgos y promesas de las Nuevas Tecnologías de la Información. Buenos Aires: GRANICA - Educación.
- [7] Cabero, Bartolomé (Editor) (2000). Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación. Madrid: Editorial Síntesis.
- [8] Mena, Marta (1997). "Tensions and conflicting forces in Distance Education". En: ICDE: The New Learning Environments. A Global Perspective. Penn State University, June.
- [9] Moore, Michael; Kearsley, Greg (1996). Distance Education: a System view Wadsworth Publishing Company. USA