

CUIDADOS INTENSIVOS. REDES NEURONALES Y COMPUTACIÓN CONEXIONISTA DIY

AUGUSTO ZUBIAGA

UPV/EHU / Departamento de Escultura, Facultad de Bellas Artes augustopedro.zubiaga@ehu.eus

LOURDES CILLERUELO

UPV/EHU / Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal,
EU de Magisterio de Bilbao / lourdes.cilleruelo@ehu.eus

Resumen

Cuidados intensivos es una instalación artística en la que se representa de forma funcional un sistema nervioso. Hemos utilizado recursos de electrónica analógica para diseñar modelos funcionales de neuronas que emulan patrones de funcionamiento biológico. La instalación, de dimensiones variables, puede adaptarse al espacio disponible, modificando la densidad por unidad volumétrica de las unidades neuronales.

La red neuronal es sensible a las modificaciones del entorno, y también a las modificaciones endógenas provocadas por los cambios en su estado interno. Podremos encontrar neuronas especializadas (sensitivas, motoras, interneuronas...), interconectadas para emular un sistema nervioso. Las neuronas sensitivas serán sensibles al tacto, la proximidad y las variaciones de luminosidad, y las neuronas motoras activarán sutiles y silenciosos mecanismos basados en elementos con memoria de forma (hilo muscular).

Palabras-clave: INSTALACIÓN ARTÍSTICA, REDES NEURONALES, LUZ, OPTO-ELECTRÓNICA, BIOLOGÍA

Abstract

Critical Care is an art installation in which is functionally represented a nervous system. Resources of analog electronics are used to design functional models of neurons that emulate biological operation patterns. This dimensions variable installation can be adapted to the space available, modifying the density per unit volume of the neural units.

The neural network is sensitive to environment's modifications, and also to endogenous modifications caused by changes in its internal state. Specialized neurons that have been interconnected to emulate a nervous system -sensitive, motor and Interneurons...-, can be found. Sensory neurons are sensitive to touch, proximity, and variations in luminosity. At the same time, motor neurons activate silent and subtle mechanisms based on shape memory elements (muscle wire).

Keywords: ART INSTALLATION, NEURAL NETWORKS, LIGHT, OPTO-ELECTRONICS, BIOLOGY

1. INTRODUCCIÓN

En la historia de la inteligencia artificial, el modelo cibernético fue pronto relegado a favor del informático. Sin embargo, la computación analógica se revela como un entorno fascinante a la hora de construir modelos altamente intuitivos capaces de emular el funcionamiento de entes biológicos complejos.

Desde un enfoque de inspiración cibernética (Wiener 1998), el proyecto-instalación artística que proponemos parte del diseño y desarrollo de unos prototipos esquemáticos de neuronas funcionales basados en recursos de electrónica analógica (Marston 2000), que se interconectan a imitación de los patrones observables en los organismos biológicos. Utilizamos dendritas de fibra óptica para hacer visibles los procesos internos y los efectos derivados del estímulo, disparo, conexión e intercomunicación entre neuronas, porque queremos participar de un entorno de acción y experimentación en el que sea posible percibir físicamente, manipular y modificar intuitivamente las infinitas oportunidades conectivas que se presentan a nuestros ojos, o incluso atrevernos a implementar, añadir o eliminar aquellas otras que pudiéramos llegar a imaginar, jugando con configuraciones simples, como los marcapasos neuronales, el arco reflejo, o los impulsos aferentes y eferentes, o abordando el reto de simular arquitecturas realmente complejas, como las que regulan, por ejemplo, los sistemas visuales biológicos -retina, nervio óptico, reconocimiento de patrones ópticos (Smith 1981), etc.-.

En la práctica, incluso partiendo de un número limitado de neuronas, las posibilidades combinatorias y la riqueza de los efectos observables explotan pronto ante nuestra mirada de forma exponencial. Frente a este abismo, se hace evidente la necesidad de un sistema de visualización de datos. A diferencia de lo que ocurre en la computación simbólica convencional, -donde la lógica booleana permite mantener el rumbo dentro de la complejidad, convirtiéndola en un compendio de simplicidades-, el comportamiento de las redes neuronales analógicas (no simuladas por un ordenador) responde a mecanismos adaptativos provisionales, íntimamente dependientes de las condiciones de unos estados internos borrosos (Kosko 2010) inmersos en un entorno siempre cambiante.

La selección natural favorece (reproduce) los sistemas eficientes en el orden biológico, borrando las impertinencias con la ayuda de ingentes cantidades de tiempo; pero en nuestro ámbito de simulación, la emergencia de cualquier efecto interesante se parece mucho al encuentro casual con una buena melodía, que para que pueda ser fijada a tiempo en su singularidad, antes de que desaparezca de la memoria, deberá ser rápidamente transcrita a un sistema de notación apropiado, una especie de lenguaje musical, una partitura (Fig.1). Una red neuronal analógica en acción se parecerá bastante a una orquesta ejecutando en directo su partitura: cualquier perturbación podría afectar a la ejecución, que nunca podrá ser idéntica a sí misma. Por eso mismo, creemos que la simulación por medios digitales de los comportamientos analógicos, por muy eficiente que sea en la práctica, y de hecho lo es, nos priva del placer estético de asomarnos efectivamente al abismo de lo intrínsecamente irreplicable, pero por otro lado, el medio digital nos puede ayudar a fijar eso que no se puede repetir, o por lo menos a tenerlo bajo control.

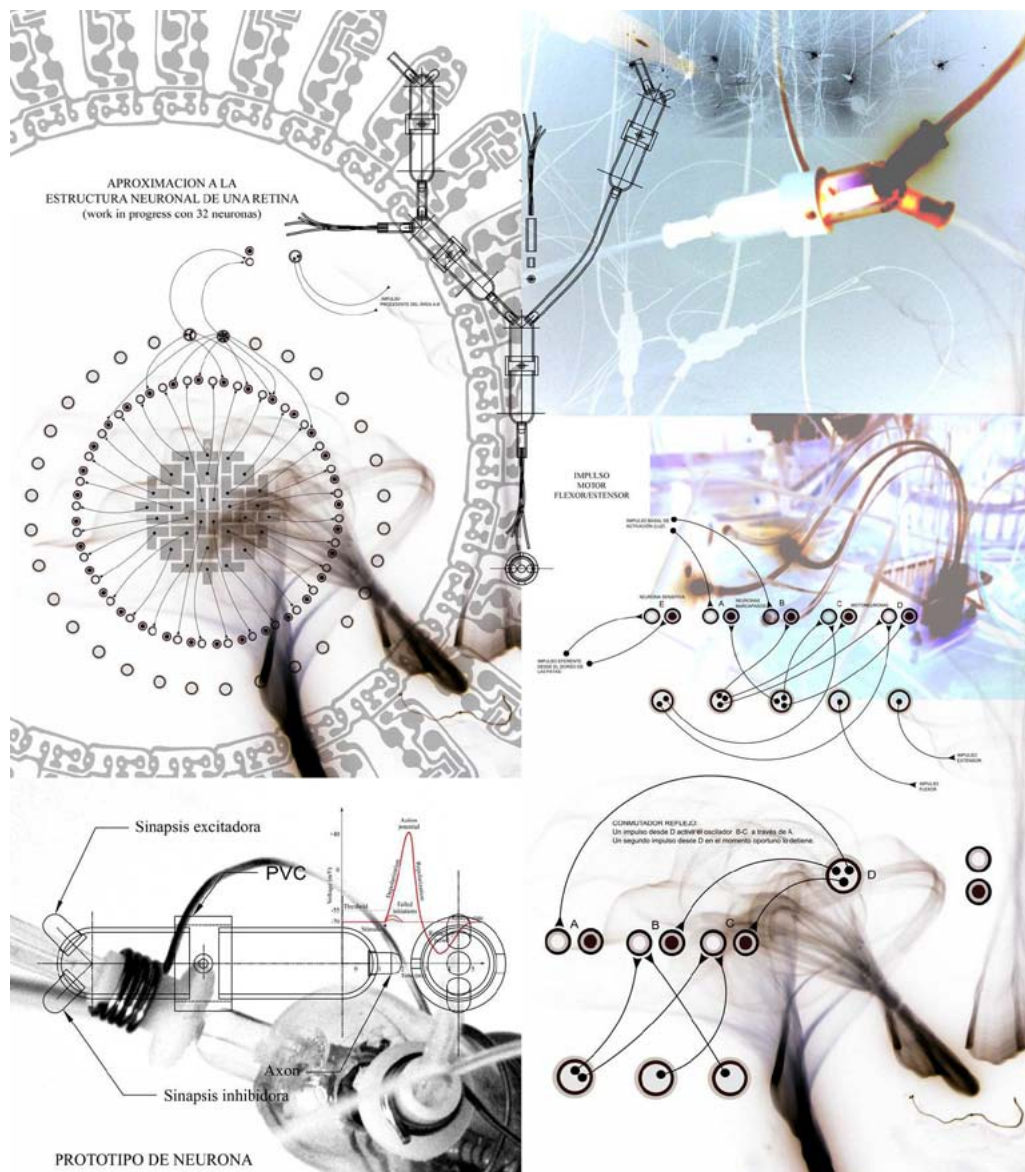


Fig. 1. *Procesos de trabajo*, 2015. Augusto Zubiaga. Aproximación a la estructura neuronal de una retina, notaciones conexionistas y prototipo de neurona.

2. CUIDADOS INTENSIVOS



Fig. 2. *Critical Care* (2015), Augusto Zubiaga. Terminales sensitivas excitando grupos de neuronas (*work in progress*). Sala Terrena. Exhibition Center at the University of Applied Arts Vienna. Symposium Internacional Perspectives on Art Education (Viena, 2015). Fotografía: Sascha Osaka

Desde las premisas planteadas, pretendemos organizar un entorno en el que un sistema de procesamiento analógico, comparable a un organismo biológico en todo, menos en su autorreplicación, pueda ser monitorizado en sus constantes vitales por un sistema digital capaz de procesar simbólicamente las señales detectables mediante sondas cuyas lecturas, una vez convertidas en datos de carácter digital, puedan ser reintroducidas en el sistema analógico como un elemento modulador que influirá en el propio comportamiento del sistema. Este bucle de realimentación (Hofstadler 2005) puede ser entendido en términos de biofeedback, en analogía a los sistemas que actualmente nos permiten alterar, controlar y modular nuestros estados de conciencia o nuestras constantes vitales, por el mero hecho de disponer ante nosotros de su representación (*insight, kōan*), en tiempo real. En nuestro montaje, se obviará provisionalmente el elemento humano como agente externo, y se dejará que ese principio de homeostasis (Damasio 2010), o por el contrario, una progresiva desestabilización del sistema, -interpretable en términos psicológicos como la modelización de un agobio o ataque de pánico, un quedarse en blanco-, se manifieste como resultado de la interacción recursiva, especular, entre el sistema analógico y el sistema digital (Fig.3).

Cuidados Intensivos, el título del montaje, alude por tanto a un estado de monitorización de constantes vitales en el que ya deja de estar claro el papel del agente y el del paciente, porque de hecho forman parte del mismo sistema de realimentación, que opera como lo harían las capas de procesamiento que pueden diferenciarse en los cerebros biológicos.

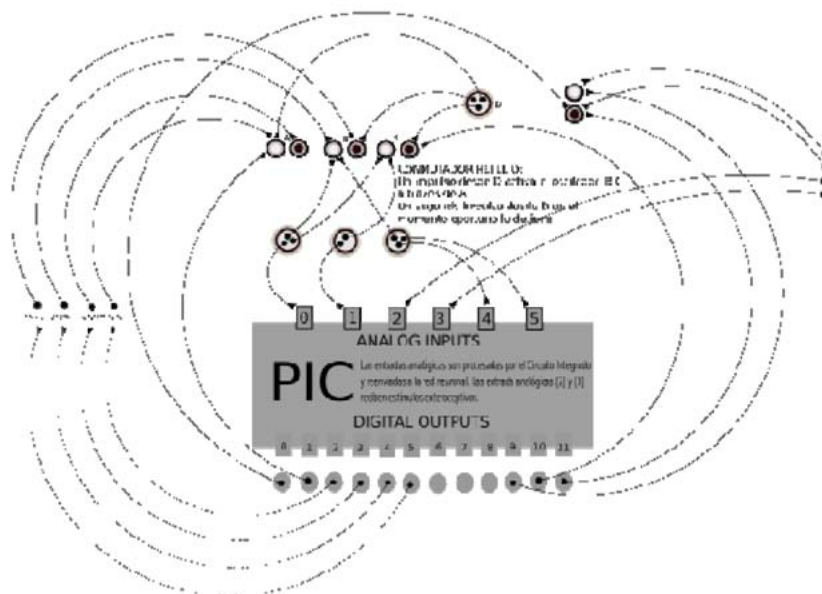


Fig. 3. *Procesos de trabajo*, 2015. Augusto Zubiaga. Ejemplo de realimentación entre computación analógica y digital. El sistema analógico crea una rutina de desencadenamiento y cese de un patrón pulsátil en respuesta a un estímulo externo, y dicha rutina es interpretada por un programa informático, para ser luego reintroducida en el sistema. Los moduladores sinápticos refuerzan o debilitan las sinapsis excitadoras e inhibitorias.

El núcleo analógico, asimilable al cerebro reptiliano, es monitorizado y reflejado por el neocórtex lógico-simbólico, de carácter digital (lingüístico), y viceversa, sin que pueda determinarse de antemano que el equilibrio homeostático del sistema vaya a ser eficiente para cualquier tipo de estímulo externo, o cual de las capas va a tomar el control o el protagonismo para según qué evento externo, es decir, quién es cuidado por quién, para qué, y bajo qué condicionantes. En la práctica, una vez alcanzado un equilibrio provisional, una especie de calibración basal del sistema, se abren vías de acceso a las condiciones cambiantes del mundo real, cuyos ecos producirán perturbaciones más o menos gestionables por el sistema. Dichas perturbaciones podrán ahora ser percibidas y moduladas por un cuidador externo, quien podrá influir en el sistema (Fig. 2), convirtiéndose en la tercera capa (social-simbólica) que da la bienvenida a un nuevo ser, en términos benévolos..., o no.

2.1. ASPECTOS TÉCNICOS

Electrónica analógica.- Las unidades de procesamiento analógico están constituidas por un sistema basado en redes neuronales analógicas (no simuladas en entornos de programación informática¹). Las unidades neuronales, para cuyo diseño nos hemos inspirado libremente en el modelo basado en el principio de temporización resistencia-condensador de Hopfield-Tank (Hopfield y Tank 1986), disponen de sinapsis excitadoras e inhibitorias, y axones (Fig.4). Las neuronas pueden excitarse e inhibirse mutuamente en diferentes grados, y generar patrones variables de actividad. Las terminales ópticas de entrada y salida (inputs y outputs) de las unidades neuronales permiten también la monitorización bidireccional (tráfico de datos) entre la red analógica y el neocórtex simbólico (digital).

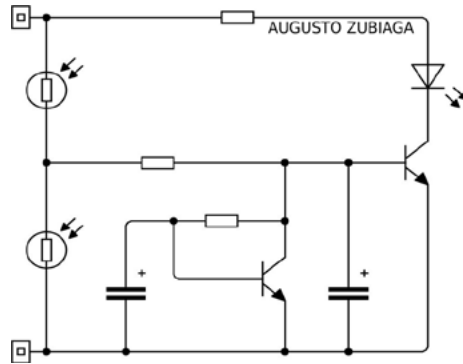


Fig. 4. *Procesos de trabajo*, 2013. Augusto Zubiaga. Prototipo de neurona.

Electrónica programable.- El neocortex simbólico está modelizado utilizando hardware y recursos de programación informática digital. Hemos optado por la utilización de un entorno basado en la interacción entre el PIC *Arduino* y la visualización de datos en *Processing*. *Arduino* nos permitirá integrar los valores analógicos² procedentes de la red neuronal y convertirlos en valores digitales (PWM). Estos valores digitales serán incorporados al entorno *Processing*, para ser convertidos en estímulos ópticos que podrán ser reintroducidos directamente en la red neuronal, simulando una vía propioceptiva, interna o endógena, y también percibidos exógenamente a través de las terminales neuronales sensitivas, mezclados con el resto de estímulos procedentes del entorno exterior.

Respuesta motora.- La actividad neuronal será orientada a la implementación de respuestas motoras reflejas y adaptativas, con la utilización de efectores de hilo muscular³.

CONCLUSIÓN

El desarrollo progresivo de nuestro trabajo nos ha llevado a profundizar, en primer lugar, en el diseño técnico y el desarrollo de las unidades neuronales, pero pronto nos hemos dado cuenta de que una neurona por complejidad, -aunque es sorprendente sí sola no es capaz de generar pautas de gran ver que una única de nuestras neuronas, auto estimulada, funciona como marcapasos, -corroborando ciertos esquemas de biocomputación conexionista que habíamos consultado en bibliografía especializada (Smith 1981) -, lo que nos llevó a tomar confianza en los diseños que íbamos definiendo y poniendo en práctica. En cualquier caso, haber conseguido diseñar con éxito un modelo operativo de neurona, ha constituido un hito imprescindible, que actualmente nos está permitiendo abordar la cuestión de la complejidad creciente de los sistemas computacionales de inspiración biológica (Shanken 2015). En modelos sucesivos con tres, cinco, diez, y hasta treinta y dos neuronas, estamos constatando, desde la experiencia, el carácter abismalmente complejo de la combinatoria derivable de la simple repetición de la arquitectura de una simple neurona, con su *output*, su *input* inhibitor y su *input* excitador.

En resumen, nuestra propuesta parte desde unidades optoelectrónicas simples y eficientes, que tratan de emular el funcionamiento de células nerviosas, que pueden ir articulándose en configuraciones más y más complejas. Nuestros prototipos, debido a su flexibilidad y capacidad combinatoria, son capaces de emular, desde el comportamiento de una simple neurona, hasta la complejidad creciente y virtualmente infinita de las redes neuronales biológicas. Abordar dicha complejidad desde lo más simple quizás sea la forma más realista de acercarse al tema. Al intentarlo, se nos ha hecho inmediatamente imprescindible el auxilio de

una representación visualmente clara y operativamente potente de nuestros mecanismos, sobre la que poder ir anotando y fijando, como en un pentagrama, las composiciones que vayamos generando, composiciones que quieren fijar melodías o acordes neuronales. La notación gráfica que estamos desarrollando se hace eco de la forma convencional de representar la programación conexionista (Russell y Norvig 2004) y es por ello compatible con la mayoría de los diagramas que podamos encontrar en la literatura especializada. El reto que estamos abordando ahora es el de intentar definir un entorno práctico de creación, que partiendo de la representación de lo simple pueda ir adentrándose en lo complejo, con la ayuda de una sintaxis de programación, -que creemos que tiene mucho más que ver con la notación musical que con las líneas de código de los lenguajes de programación informática convencionales-, que nos permita ir componiendo y fijando configuraciones conexionistas, fenómenos computacionales que podamos escuchar, interpretar y reproducir, “músicas” que resuenan en los organismos biológicos.

Referencias

- Arduino. [accedido 10, junio, 2015]. <http://www.arduino.cc>
- Damasio, Antonio. 2010. *Y el cerebro creó al hombre*. Barcelona: Destino
- Hofstadler, Douglas. 2005. *Gödel, Escher, Bach: un Eterno y Grácil Bucle*. Barcelona: Tusquets Metatemas
- Hopfield, John J. y Tank, David W. 1986. “Computing with Neural Circuits: A Model” en *Science, New Series*, Vol.233, No.4764: pág.625-633
- Kosko, Bart. 2010. *El futuro borroso o el cielo en un chip*. Barcelona: Crítica, Colección Drakontos.
- Marston, R.M. 2000. *Circuitos de optoelectronica*. Barcelona: CEAC Principios de optoelectrónica
- Processing Foundation. “Processing”. [accedido 10, junio, 2015]. <https://processing.org>
- Russell, Stuart y Norvig, Peter. 2004. *Inteligencia artificial. Un enfoque moderno*. Madrid: Pearson Educación
- Shanken, Edward A. (ed.) 2015. *Systems. Documents of Contemporary Art*. Massachusetts: MIT Press
- Smith, C.U.M. 1981. *El cerebro*. Madrid: Alianza Universidad
- Wiener, Norbert. 1998. *Cibernética o El control y comunicación en animales y máquinas*. Barcelona: Tusquets

Notas

- 1 Existen multitud de simuladores informáticos de diversos grados de complejidad que reproducen las características de la programación conexionista. Quizás el programa Simbrain sea el más conocido en el ámbito educacional. El entorno Framsticks también ofrece la posibilidad de simular de forma intuitiva organismos biológicos y sistemas nerviosos capaces de evolucionar.
- 2 Una placa multiplexora Mux Shield II o similar nos permitirá monitorizar simultáneamente un número suficiente de entradas analógicas y salidas digitales (48).
- 3 Nitinol. Material con memoria de forma cuya longitud es posible modificar mediante impulsos eléctricos adecuados. Puede consultarse una implementación práctica de los autores, en: <http://www.augustozubiaga.com/web/2015/06/20/gut-reaction/>