

Diseño, desarrollo y aplicación de sistemas nanotecnológicos en piel artificial con instrumentación Biomédica y monitoreo de presión sanguínea

Investigación en Curso

Camilo A. BohorquezVergara
Programa Ingeniería Mecatrónica
Facultad Ing. Fisicomecánicas
cbohorquez3@unab.edu.co

Mónica F. Roa Rodríguez
Programa Ingeniería Mecatrónica
Facultad Ing. Fisicomecánicas
mroa3@unab.edu.co

Universidad Autónoma de Bucaramanga

RESUMEN

El presente trabajo contempla la investigación y el desarrollo de una nueva metodología basada en patrones de células madres y control mecatrónico de una prótesis bioeléctrica de miembro inferior para discapacitados de la violencia en Colombia; equipándolo con un sistema de adquisición de datos que tome las señales de su par biológico y luego sean replicadas en la prótesis usando técnicas de inteligencia artificial para prótesis mecatrónica de piel artificial con nanopartículas

ABSTRACT

This paper deals with the research and development of new prototypes of intelligent systems for mechatronics control of a bioelectric prosthesis for inferior members to handicapped persons due to the violence in Colombia; equipping it with a data acquisition system which takes their biological signals of its couple and then be replied in the prosthesis using artificial intelligence techniques applied to advanced real time control by artificial cloning for mechatronic prosthesis in the artificial skin with nanoparticles

Área de Conocimiento

Ingenierías

Palabras Clave

Sensores inalámbricos y controladores, Genoma, replicación, inteligencia artificial, nanotransmisión de información, piel artificial, prótesis.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente los dispositivos espintrónicos tienen dos diferentes enfoques. En el primero, ellos tratan de perfeccionar la tecnología magnetoresistiva, mediante el desarrollo de nuevos materiales con

poblaciones más grandes de electrones (llamado spin con polarización) o haciendo mejoras en los dispositivos ya existentes

Este material es presentado al *VI Encuentro Institucional de Semilleros de Investigación UNAB*, una actividad de carácter formativo. La Universidad Autónoma de Bucaramanga se reserva los derechos de divulgación con fines académicos, respetando en todo caso los derechos morales de los autores y bajo discrecionalidad del grupo de investigación que respalda cada trabajo para definir los derechos de autor.

con el fin de proporcionar mejor el giro del filtrado; la segunda posibilidad, se orienta en generar y utilizar un spin-polarizado- a las corrientes, para controlar activamente la dinámica de spin, en tal sentido es necesario investigar el spin transporte en los semiconductores y la búsqueda de semiconductores cuyo desempeño sea en calidad spin polarizadores y spin válvulas, por tal motivo con el giro del spin, se puede ahorrar energía, ya que un solo spin podría hacer el trabajo de muchos. Ver Fig. 6.-

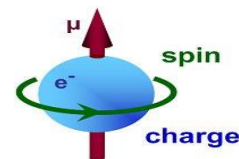


Fig. 3. Movimiento del Spin de un electrón (Wolf .S, y D. Treger. 2007)

El spin es fundamental para el desarrollo de dispositivos espintrónicos, pero requiere de una metodología basada en modelos nanotecnológicos. El comportamiento de un electrón está soportado en su Spin ya que es este el cual le da la carga eléctrica que este va a transportar. La Spintronica es la ciencia de todos los procesos a desarrollarse vía electrones, ya que esta ciencia no aprovecha la carga eléctrica del electrón, sino su capacidad de movimiento, la cual es importante en este nuevo diseño del prototipo.

2. OBJETIVOS

- Evaluar las variables manipuladas y controladas en la piel artificial.
- Realizar una investigación detallada acerca de que cambios podrían ejecutarse en la piel sensible
- Modelar el funcionamiento de la piel artificial analizando su sensibilidad.
- Seleccionar la instrumentación y los sistemas de control para la presión sanguínea y la instrumentación biomédica.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se llevará a cabo teniendo en cuenta los siguientes lineamientos:

- Definir el concepto y diseño del controlador a implementar
- Simulación
- Prototipo virtual
- Análisis del diseño
- Optimización del diseño
- Montaje físico (a largo plazo)

4. MATERIALES Y MÉTODOS

Como un ejemplo numérico se determinara la sensibilidad y la respuesta de frecuencias de un elemento piezoeléctrico de titanato de bario de 1 cm² de sección y 2 mm de espesor, con una resistencia de fuga de 20 GΩ, conectado por un cable de 2 metros a un preamplificador típico de calidad de laboratorio. Su constante de generación de cargas se halla como $K_q = 0,9 \text{ C/m}$. Su capacitancia se obtiene en la ecuación $C_a = 624 \text{ pF}$. La capacitancia de 2 m de cable es de 190 pF y por lo tanto, la capacitancia total es $C = 815 \cdot 10^{-12} \text{ F}$. La resistencia del preamplificador en paralelo con la resistencia de fuga del piezoeléctrico tiene un valor $R = 3,67 \cdot 10^9 (\Omega)$. La constante de tiempo es entonces de 3 s y se puede medir correctamente a partir de 1 rad/s, o sea, 0,16 Hz.

La sensibilidad estática resulta dividir 0,9 C/m, es decir, 0,9 F · V/m entre $815 \cdot 10^{-12} \text{ F}$, siendo el resultado de $1104 \cdot 10^6 \text{ V/m}$, es decir, $1104 \text{ V}/\mu\text{m}$. La variación relativa en sensibilidad estática debido al cambio de la capacitancia ΔC_c del cable se puede hallar según la expresión:

$$\frac{\text{cambio en sensibilidad}}{\text{sensibilidad inicial}} = - \frac{\Delta C_c}{C + \Delta C_c} \quad (24)$$

Nuevamente se recuerda que para comprimir (o fraccionar) $1 \mu\text{m}$ a este elemento hace falta una fuerza de 6000 N.

Ya se hace evidente un hecho: este sistema es extraordinariamente sensible, pero el efecto de carga mecánico es también extraordinariamente grande. En realidad, con el elemento piezoeléctrico no se mide desplazamientos en el sentido que lo hacen los restantes transductores que ha visto en este capítulo, pero sirve como base a sistemas para medir aceleraciones, fuerzas y presiones. En la práctica, la deformación del elemento piezoeléctrico es del orden de decenas de millonésimas de micrón.

Otra solución al circuito necesario para transformar en potencial útil las deformaciones del elemento piezoeléctrico se muestra en la figura 11.

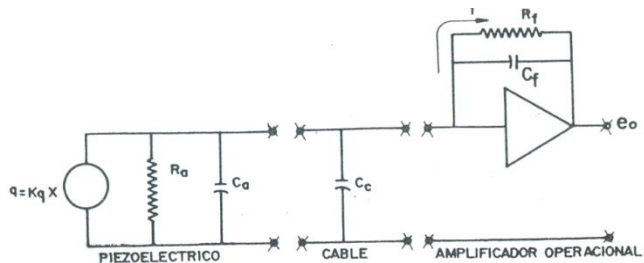


Fig. 11. Circuito de medición para un elemento piezoeléctrico. Preamplificador de carga. (MUÑOZ, 1996)

Ahora se coloca un amplificador operacional a la salida del piezoeléctrico, conectado por un cable. El amplificador operacional, debido a su alta ganancia y su alta impedancia de entrada se comporta como un elemento con un potencial de entrada prácticamente nulo y que sin embargo, no deja pasar la corriente. La relación entre el voltaje e_x a la entrada y e_o a la salida es:

$$e_o = -ke(x); e_o(S) = -ke_x(S) \quad (25)$$

La ganancia k del amplificador en lazo abierto es del orden de los centenares de miles o millones.

La figura 12 muestra un circuito simplificado del circuito de la figura 11.

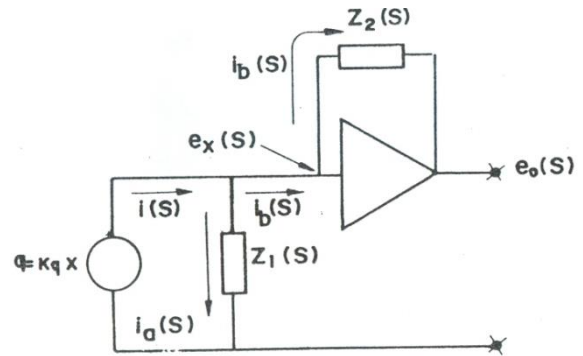


Fig. 12. Circuito reducido para el sistema de la figura 11.

La impedancia $Z_1(S)$ resultante de la capacitancia del piezoeléctrico y del cable en paralelo con la resistencia de fuga del piezoeléctrico es

$$Z_1(S) = \frac{R_a}{1 + R_a(C_a + C_c)S} \quad (26)$$

(26)

La impedancia $Z_2(S)$ resultante de la resistencia y la capacitancia de retroalimentación del amplificador operacional es

$$Z_2(S) = \frac{R_f}{1 + R_f C_f S} \quad (27)$$

Para el circuito de la figura 12 se puede escribir:

$$e_x(S) = i_a(S)Z_1(S); \quad (28)$$

(28)

$$e_x(S) - e_o(S) = i_b(S)Z_2(S); \quad (29)$$

$$i(S) = i_a(S) + i_b(S) \quad (30)$$

(30)

Resolviendo el sistema formado por las ecuaciones (25), (19), (28), (29) y (30) se tiene

$$\frac{e_o(S)}{x(S)} = \frac{k_q Z_2(S) S}{1 + \frac{1}{k} \frac{Z_2(S)}{Z_1(S)}} \quad (31)$$

Como la ganancia k del amplificador operacional es muy grande, el denominador vale la unidad. Por lo tanto,

$$\frac{e_o(S)}{x(S)} = G(S) = -a_2 \cdot \frac{\tau S}{1 + \tau S}; \quad (32)$$

Básicamente sigue siendo todo semejante al caso anterior, pero ahora ni la sensibilidad ni la constante de tiempo tienen que ver teóricamente con la capacitancia del cable, sino con los parámetros de diseño de la resistencia y la capacitancia de retroalimentación del amplificador operacional. En la práctica es posible utilizar cables hasta alrededor de 500 m de largo. Algunos preamplificadores tienen ajustable en pasos el valor de capacitancia de retroalimentación, ganando en constante de tiempo, pero disminuyendo la sensibilidad. No es extraño encontrar respuestas de frecuencias desde 0,03 Hz hasta 30 kHz. Una frecuencia mínima de 0,03 Hz significa una constante de tiempo de 16 s.

Los preamplificadores del tipo de recién descrito y representados en la figura 11 se denominan preamplificadores de carga. Desde el punto de vista electrónico son más complejos que los preamplificadores de voltaje, pero cada año se nota una tendencia mayor a reemplazar totalmente a los primeros, debido a la ventaja de independizar el comportamiento del transductor de la longitud de cable utilizado.

5. INSTRUMENTACION

En este caso en particular se desea implementar el uso del aprendizaje "On-line", para lo cual se ha estudiado muy de cerca el uso de células madres electrónicas, que al igual que sus homologas en la biología, estas células pueden convertirse en cualquier otro tipo de células dentro del cuerpo y a replicarse en una cantidad aun indeterminada de veces [], lo que ha conllevado a los investigadores a interesarse en este de comportamiento y en ahondar en su estudio y evidentemente iniciar todo tipo de debates en el tema []; afortunadamente las células madres que en esta investigación se utilizan distan sustancialmente de la polémica ética y moral, pero aportan una valiosa información para el desarrollo de sistemas de alta tecnología, cerrando una nueva brecha entre la ciencia biológica y la ciencia tecnológica.

La célula madre que en este documento se desarrolla, es una unidad de procesamiento lógico digital, la cual, debido a su estructura puede modificar su comportamiento, gracias a la inclusión de una entrada denominada entrada de mutación, esta célula madre a diferencia de su homóloga en la naturaleza, no es capaz de replicarse a si misma, esta habilidad es reemplazada por la habilidad que poseerá el software para exigir la generación de nuevas células madres.

Para la implementación de este paradigma, es necesario contar con elementos que permitan una rápida y flexible configuración en hardware, para lograrlo utilizamos cualquier tipo de dispositivo lógico programable, en este caso en específico se utiliza un FPGA (Field Programmable Gate Array).

El diseño de circuitos digitales, entre los paradigmas ya propuesto se conocen los diseños de compuerta AND y OR y sus correspondientes inversores, NAND y NOR, con estos operadores básicos se puede diseñar cualquier clase de los circuitos lógicos existentes (OR, AND, XOR, NOT), por lo que estas 2 compuertas se pueden llamar las compuertas base de toda la lógica digital.

Centrando la atención en las compuertas NAND y NOR, la característica más importantes de estos operadores es que uno o

cualquiera de los dos es el resultado de negar o invertir las entradas de señal del otro es por esto que el diseño del circuito evolutivo se enfocará en la implementación de estas dos compuertas.

Para este diseño se implementó una FPGA SPARTAN3 de XILINX que es muy comercial y de fácil acceso, con esta selección es necesario implementar una compuerta NOR y compuerta NAND dentro del mismo circuito, en este caso en especial, se trabajarán compuertas de 2 entradas, para lograr el funcionamiento del circuito como célula madre, se debe incorporar una 3 entrada, la cual funcionará como operador lógico mutable entre la NAND y la NOR. el circuito se puede apreciar en la figura 6.

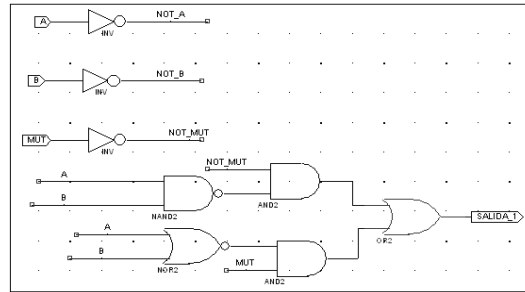


Fig. 8. Referente Hardware Evolutivo

Como se puede observar, la célula madre puede trabajar tanto como NOR o NAND, dependiendo de su entrada de operador lógico mutable, lo que permite, al implementar una amplia cantidad de estas células, el desarrollo de una alta variedad de aplicaciones, así como igual número de arreglos lógicos es de carácter opcional y donde se puede dar crédito a instituciones y personas por su aporte.

De la extremidad inferior se puede obtener información como posición, fuerza, ángulo de cada junta y actividad muscular, gran parte de esta información facilita en parte la comprensión y asimilación del complejo proceso de marcha humana. Toda esta información debe ser tomada y organizada para un mejor aprovechamiento de la misma, parte de este proyecto de investigación consiste en emplear una técnica de agrupamiento de datos conocida como fuzzy c-mean, en la cual a cada dato le corresponde un grado de pertenencia.

Para crear un cluster de datos el primer paso consiste en crear los clusters para los valores de las entradas y salidas que en este caso las entradas son velocidad, fuerza, actividad EMG y ángulo de las juntas, entre las señales de salida están las que van a los actuadores que ejecutan las acciones del control que se ejerce sobre la prótesis; esto contribuirá con la concepción de una metodología que permitirá trabajar con problemas de tipo multiobjetivo.

Este procedimiento se repite para las entradas del sistema y para todas las salidas, pasando de una representación por valor a una representación por grado de pertenencia en los clústeres,

Definidos los valores de la entrada y salida, y colocados en términos de clusters, codificamos esta información en forma de cromosoma para su utilización en el algoritmo genético, para esta creación de cromosoma, fue implementada la visión dada por la referencia, en la cual se utiliza una división del cromosoma en antecedentes y consecuentes (AC), los antecedentes corresponden

a las entradas del sistema, es decir, todas la diferentes variables que influyen en al inferencia de la o de las variables de salida, en esta sección también se pueden encontrar la información codificada de los clusters, grados de pertenencia, tipos de conjuntos difusos, entre otros . Los consecuentes del cromosoma contienen información que ha sido obtenida del los antecedentes, estas pueden ser, características estáticas y dinámicas [4], valor de salida propuesto, error estático y dinámico.

Los operadores genéticos, serán los encargados de hacer interactuar los cromosomas previamente armados, estas operaciones convertirán los cromosomas de entrada en cromosomas de salida, estos cromosomas de salida deben corresponder a una estructura de cromosoma AC, para lograrlo, la metodología de clonación dispone de una etapa de aprendizaje utilizando un método de comparación con el patrón, donde, evidentemente el patrón a utilizar como referencia es la señal de salida deseada; para lograr este objetivo, los operadores genéticos modifican la información es necesario implementar un algoritmo genético (AG), cuyo objetivo sea el encontrar una población optima de secuencia de operaciones, las cuales serán evaluadas tomando en cuenta el valor deseado de salida y el número de operaciones genéticas (entre menos operaciones, mejor calificación tendrá el individuo)

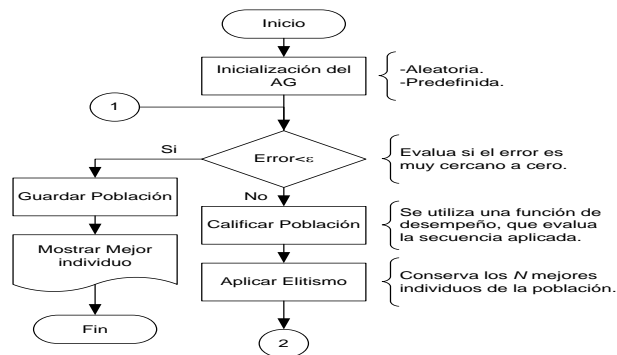


Fig.9. Referente Algoritmos genéticos aplicados

Con esto la información completa del mapa genético (genoma), es suficiente para el análisis y se tiene en cuenta la potencialidad del software basado en algoritmos genéticos

6. IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Nombre del Semillero	Instrumentación & Control
Tutor del Proyecto	Dr. Antonio Faustino Muñoz
Grupo de Investigación	Control y Mecatrónica
Línea de Investigación	Control y Automatización

6.1. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

ACTIVIDAD		DURACIÓN (MESES)					
		1	2	3	4	5	6
Concepto y Diseño	Recopilación Bibliográfica.						
	Analizar el comportamiento						
Diseño, Análisis y Optimización	Estudiar y analizar las técnicas de control.						
	Implementar el prototipo simulado.						
Prototipo Físico	Diseño y evaluación del Modelo de control de los sistemas...						
Producto Final	Elaboración de un modelo a escala para estudiar comportamiento de los sistemas						
	Documentación del Proyecto sobre la metodología de diseño de los sistemas de control						

7. REFERENCIAS

- [1] WINTER, D. A. Biomechanics and Motor Control of Human Movement. Warterloo: Warterloo Press, 1991.
- [2] Pedro Carlos Russi. Estudo De Um Modelo Dinâmico Para Avaliação Física Do Corpo Humano. Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá da Universidade Estadual Paulista. Sao Paulo. Brasil
- [3] Sistema electrónico de clonacion artificial de un sensor de viscosidad basado en hardware evolutivo. Fredy Vera Perez trabajo de grado para optar por el título de ingeniero electrónico. Universidad de Pamplona. 2006
- [4] Muñoz Antonio F. Sensorica e instrumentación, Mecánica de Alta precisión. . Pueblo y educación. 1997
- [5] Maneiro Malavé Ninoska. Algoritmos genéticos aplicados al problema cuadrático de asignación de facilidades. Departamento de Investigación Operativa, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo, Valencia. Venezuela. Febrero 2002
- [6] Loyo De Sardi Jaqueline Algoritmos Genéticos y Optimización en la Investigación de Operaciones. Caso: Problema de Optimización con Objetivos Múltiples Expresado como un Modelo de Programación No – Lineal por Metas. Departamento de Computación, Facultad de Ciencias y Tecnología, Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Febrero 2002.
- [7] Leonardo Emiro Contreras Bravo y Máximo Alejandro Roa Garzón. Modelamiento de la marcha humana por medio de gráficos de unión.
- [8] J.M. Grosso, *Miembro, IEEE*, y D. Tibaduiza, *Miembro, IEEE*. Diseño Conceptual de un Exoesqueleto para Asistir la Rehabilitación de Miembro Inferior
- [9] H. Boudouda, H. Seridi and H.Akdag. The Fuzzy Possibilistic C-Means Classifier. Asian Journal of Infomation Technology 4 (11): 981-985, 2005.

- [10] Delgado Alberto. Inteligencia Artificial y Minirobots. Ecoe Ediciones 1998.
- [11] Maneiro Malavé Ninoska. Algoritmos genéticos aplicados al problema cuadrático de asignación de facilidades. Departamento de Investigación Operativa, Escuela de Ingeniería Industrial, Universidad de Carabobo, Valencia. Venezuela. Febrero 2002.
- [12] A F.Muñoz Moner. (1997) Tecnología de Control Borroso aplicada en Plantas Industriales. Editorial Pueblo y Educación. Ministerio de Educación Superior de Cuba. 397 páginas.
- [13] A F.Muñoz Moner. (1997) Control Inteligente. Editorial Pueblo y Educación. Ministerio de Educación Superior de Cuba. 279 páginas.
- [14] ALLEN, Mary J., YEN, Wendy M. Introduction To Measurement Theory, Editorial: Waveland Pr Inc, 320 páginas.
- [15] CREUS, Antonio, Instrumentación Industrial, Editorial: Marcombo, Nov, 1997, 2000 páginas.