

Diseño y construcción de una articulación de codo controlada por potenciales mioeléctricos

Design and construction of an elbow joint controlled by myoelectric potentials

MANUELA URIBE LONDOÑO^{*}, ISABEL CRISTINA SALDARRIAGA FERNÁNDEZ^{*}, MIGUEL BERNAL RESTREPO^{*}, SANTIAGO REYES RAMÍREZ^{*}, ROBINSON TORRES VILLA^{**}, ANDRÉS TORRES VELÁSQUEZ^{***}

RESUMEN:

El objetivo inicial de este proyecto fue desarrollar un sistema que permitiera controlar un dispositivo mecánico por medio de los potenciales eléctricos producidos por la contracción muscular, lo que condujo a la idea de diseñar y construir un modelo de la articulación del codo que fuera controlado mioeléctricamente por los músculos bíceps y tríceps, simulando los movimientos de flexión y extensión del antebrazo.

Para realizar el control del prototipo es necesario desarrollar el sistema en varias etapas: adquisición de la señal mioeléctrica, acondicionamiento de la señal para poder registrarla, procesamiento digital para obtener la información adecuada, y amplificación de la potencia para controlar los actuadores.

Además es necesario construir un prototipo que responda a estímulos producidos como resultado del procesamiento digital de las señales mioeléctricas, y reproduzca el movimiento de la articulación.

El modelo permite replicar el funcionamiento de las prótesis mioeléctricas, y constituye una forma de control directo de sistemas mecánicos por parte del movimiento de una persona.

^{*} Estudiante de octavo semestre de Ingeniería Biomédica, Escuela de ingeniería de Antioquia, Medellín. bmsarey@eia.edu.co

^{**} Ingeniero electrónico, Universidad de Antioquia, Medellín.

^{***} Ingeniero mecánico, Universidad Nacional de Colombia. Especialista en Ingeniería Biomédica, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín

PALABRAS CLAVE:

Potenciales mioeléctricos

Articulación de codo

Mecánica

Prototipo

Bíceps

Tríceps

ABSTRACT

The initial objective of this project was to develop a control system for mechanical devices by means of the electrical potential produced by muscular contraction, which lead to the idea of designing and building a model of the elbow joint that is controlled by the energy of the biceps and triceps muscles, simulating the movements of extension and flexion of the forearm.

In order to control the prototype it is necessary to develop a system in multiple stages: acquisition of the myoelectric signal, amplification in order to be able to register it, signal processing to obtain adequate information and power amplification to control the motors.

Besides, it is necessary to build a prototype that responds to the stimuli produced as a result of the digital processing of the myoelectric signal, and reproduces the movement of a human articulation.

This model allows to replicate the functioning of a myoelectric prosthesis and represents a direct control method of a mechanical system by means of a person's movement.

KEY WORDS:

Myoelectric potentials

Elbow joint

Mechanics

Prototype

Biceps

Triceps

INTRODUCCIÓN

El objetivo del proyecto es poder controlar un dispositivo mecánico por medio de los potenciales eléctricos producidos por la contracción muscular.

Cuando un músculo se contrae se produce una señal eléctrica debido a la despolarización de las membranas de las fibras musculares. Cada una de las células aporta una pequeña cantidad de voltaje, que gracias a los fenómenos de suma temporal y espacial se convierte en una señal lo suficientemente significativa para que pueda ser capturada por un electrodo y ser llevada así a un sistema de procesamiento de señales. Esos impulsos eléctricos son una fuente de energía que apenas recientemente ha sido utilizada, y ofrece la ventaja de ser una fuente regulada por la voluntad de una persona.

Como la señal tiene un nivel de voltaje de pocos milivoltios, es necesario hacer una amplificación electrónica para realizar cualquier tipo de procesamiento, que se debe realizar de manera análoga.

Una señal cualquiera (y particularmente una señal biológica) puede ser sometida a una gran variedad de procesamientos para obtener información útil de ella, entre los cuales se encuentran: filtrado para eliminar componentes frecuenciales no deseados, detección de niveles, determinación del espectro de frecuencias, integración, derivación, entre otros. Estos procesamientos pueden ser llevados a cabo tanto análoga como digitalmente. Teniendo en cuenta que los sistemas digitales son mucho más versátiles y (muchas veces) más efi-

cientes que los análogos, la utilización de software en un computador es la opción más adecuada si no se tienen limitaciones acerca del tamaño del equipo.

Existen muchos sistemas que pueden ser utilizados para producir movimiento como respuesta a estímulos eléctricos, como son los servomotores, los motores paso a paso y los motores de corriente directa (DC). Si embargo, dependiendo de las características del movimiento que se desea realizar, muchas veces es necesario utilizar una serie de mecanismos aparte de los motores. Los piñones, coronas, tornillos sin fin, cadenas, entre otros, se encuentran todos los días en sistemas de movimiento. Para la aplicación de la articulación del codo es necesario contar con un sistema que cumpla con varias condiciones específicas: que sea liviano y pequeño, que tenga buen torque, y una velocidad media. Además, teniendo en cuenta la forma del prototipo, se necesita que el movimiento sea llevado desde un plano longitudinal a uno transversal. Por estas razones, tal vez el sistema más adecuado (teniendo en cuenta también el costo y la facilidad de construcción) es un motor de corriente directa acoplado con un mecanismo de sin fin-corona.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para poder realizar el control del prototipo es necesario desarrollar un sistema con varias etapas: adquisición de la señal mioeléctrica, acondicionamiento de la señal para poder registrarla, procesamiento digital para obtener la información adecuada, y amplificación de la potencia para controlar los actuadores.

La adquisición de la señal se realiza (después de evaluar los diferentes tipos disponibles) con unos electrodos de acero inoxidable, apropiados para este tipo de medición.

El acondicionamiento consiste en amplificar la señal análogamente por medio de un circuito amplificador de bioinstrumentación, de manera que pueda ser procesada posteriormente en un computador después de transmitirla a través de una tarjeta de adquisición de datos.

El procesamiento digital se lleva a cabo bajo el software LabVIEW®, y consiste en un filtrado digital para restringir las frecuencias de las señales adquiridas, con el fin de disminuir el ruido y eliminar componentes de información, como es el ruido de 60 Hz producido por la fuente de alimentación de corriente alterna. El conocimiento del rango de frecuencias típico de los impulsos mioeléctricos, entre 20 y 500 HZ, permite restringir el trabajo a estos valores y no tener en cuenta las demás componentes que se pueden presentar en la señal capturada por los electrodos

Después del filtrado se realiza una decisión lógica para determinar cuál de los dos músculos se está contrayendo, evaluando la amplitud de las señales, para que el modelo imite el movimiento de quien tiene conectados los electrodos. El resultado de esta decisión es una señal de polaridad específica que, a través de un circuito puente H, determina el sentido de giro del motor que produce el movimiento de la articulación.

El prototipo mecánico fue construido con base en la anatomía de un miembro superior humano normal. Consta básicamente de dos placas de aluminio que forman la estructura del brazo y el antebrazo, y una articulación móvil entre ellas, la cual consta de un motor DC ubicado proximalmente en el eje longitudinal, que por medio de un sistema sin fin corona unido a la porción distal de la articulación, le transmite un movimiento en el eje transversal.

Como también es importante que una prótesis sea una solución desde el punto de vista estético, la estructura de aluminio fue recubierta con un molde de fibra de vidrio que le da la apariencia de un brazo humano normal, a la vez que permite ver el sistema de la articulación.

RESULTADOS

El prototipo construido es un modelo del funcionamiento de una articulación de codo humano normal, que responde a señales eléctricas producidas cuando una persona, que tiene conectada una serie de electrodos, realiza una contracción de su músculo bíceps o tríceps. El sistema imita los movimientos del controlador y explica de una manera sencilla cómo funcionan las prótesis mioeléctricas que se desarrollan actualmente en el campo de la ingeniería biomédica.

DISCUSIÓN

Los sistemas mecánicos controlados por los potenciales eléctricos producidos en la contracción muscular tienen muchas posibles aplicaciones. Las prótesis electromecánicas de última generación responden de manera precisa a la estimulación muscular de los pacientes con pérdida parcial (tanto congénita como quirúrgica) del miembro superior. Además, este sistema se puede adaptar a brazos robóticos que permitan el trabajo en medios hostiles como son: zonas con radiación, cultivos de enfermedades mortales o zonas de difícil acceso. Estos brazos robóticos podrían también utilizarse en cirugías de alto riesgo, en

· donde es necesario tener mucha precisión y el
· cirujano no puede alcanzarla por las característi-
· cas del movimiento humano.

· Este proyecto es la primera fase de una investiga-
· ción que pretende construir una prótesis mioeléct-
· trica de miembro superior que posibilite a los pa-
· cientes que la utilicen solucionar su problema fun-
· cional de una manera óptima.

BIBLIOGRAFIA

1. Guyton AC, Hall JE. Textbook of Medical Physiology. 9a Ed. New York: McGraw-Hill Interamericana; 1997.
2. Proakis JG, Manolakis DG. Tratamiento Digital de Señales: Principios, Algoritmos y Aplicaciones 3a Ed. Prentice Hall; 1998.
3. Webster JG. Editor. Medical instrumentation, application and design. Ed. John Wiley and Sons Inc; 1998.
4. Wilches M. Bioingeniería. Tomo III. Universidad de Antioquia. Medellín; 1999.
5. Wilches M. Bioingeniería. Tomo IV. Universidad de Antioquia. Medellín; 1999.

