

Entorno virtual de entrenamiento para prótesis transradial mioeléctrica

René Andrés Ayoroa Martínez¹ y Daisy Isabel Kang Cardozo²

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este

Ciudad del Este, Paraguay

¹reneayoroa@fpune.edu.py, ²kangdaisy@gmail.com

Resumen

Ante la realidad de amputados de antebrazo a nivel de bajo codo en Paraguay, se presenta la problemática de necesidad de prótesis. Al adquirir la prótesis, el paciente pasa por un proceso de adaptación tras el cual puede desistir del uso de la misma por motivos tales como excesivas expectativas con respecto a la funcionalidad. En el caso de prótesis robóticas que utilizan sensores mioeléctricos, un entrenamiento basado en un entorno virtual posibilita al paciente entrenar sus músculos para interactuar con los sensores. Además, el entorno virtual posibilita experimentar con anticipación las funciones que obtendrá, antes de poseer la prótesis física. Este artículo presenta un entorno virtual para entrenamiento de prótesis robótica mioeléctrica de mutilación de antebrazo con muñón de bajo codo, que provee las funciones manuales: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal.

Descriptores: Prótesis, EMG, Rehabilitación.

Abstract

Faced with the reality of forearm amputees at the level of low elbow in Paraguay, the problem of need for prosthesis is presented. When acquiring the prosthesis, the patient undergoes a process of adaptation after which he may desist from using it, for reasons such as excessive expectations regarding functionality. In the case of robotic prostheses that use myoelectric sensors, a training based on a virtual environment allows the patient to train his muscles to interact with the sensors. In addition, the virtual environment makes it possible to experiment in advance with the functions the patient will obtain, before possessing the physical prosthesis. This article presents a virtual environment for training myoelectric robotic prosthesis of forearm mutilation with low elbow stump, which provides the manual functions: grasping, lateral clamp and distal clamp.

Keywords: prosthesis, EMG, rehabilitation.

1. Introducción

Desde sus inicios, el hombre ha intentado recuperar la función perdida por amputación de miembro físico, como lo constata la prótesis de pie encontrada en la momia de Tabeketenmut, que posee más de 2000 años de antigüedad [7]. En el siglo XVI, el cirujano Ambroise Pare propuso avances importantes en la protésica con la creación de una mano mecánica. Asimismo, algunos eventos importantes de la historia, como las guerras, han propiciado que países como Estados Unidos invierta grandes sumas de dinero en la investigación y desarrollo de prótesis, para devolver la calidad de vida a sus mutilados de guerra [6].

Datos del Paraguay, según [15], indican que desde enero a junio del 2013 cerca de 2000 per-

sonas acudieron a la Secretaria Nacional de Discapacidad por algún tipo de impedimento motor por causa de accidente de tránsito. En el Paraguay existen más de 300 mil personas con discapacidad física [1]. Actualmente existe en el país una ONG [10] que provee prótesis mecánicas para amputación de mano. La Secretaria Nacional de Discapacidad [1] y centros privados proveen rehabilitación y prótesis convencionales.

Entre las principales causas de amputación se encuentran las lesiones traumáticas y las enfermedades. Ante las amputaciones de extremidades, se busca que los pacientes recuperen al menos ciertas funciones perdidas. Ahí es cuando se piensa en optar por alguna prótesis.

Entre las múltiples opciones de prótesis se encuentra la prótesis robótica mioeléctrica, la cual utiliza sensores para capturar señales eléctricas generadas por actividad muscular. En estas prótesis, las señales mioeléctricas se utilizan como datos de entrada y dan como salida, por ejemplo, distintos tipos de agarres de una mano o el movimiento del codo.

Cuando se encara la implantación de prótesis robótica mioeléctrica, se expone al paciente a pensarla como una solución completa a su problema de amputación, esperando así recuperar la gran mayoría de las habilidades perdidas.

En este trabajo se plantea dar respuesta al siguiente problema de investigación: *necesidad de entrenar al paciente con amputación al nivel de antebrazo con muñón de bajo codo para recuperar las funciones manuales: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal.*

Prótesis

Según [11], una prótesis es una pieza, aparato o sustancia que se coloca en el cuerpo para mejorar alguna de sus funciones, o con fines estéticos.

Las prótesis ortopédicas se clasifican en dos: de miembro superior y de miembro inferior [5]. Las prótesis de miembro superior se sub clasifican en prótesis para amputación: transhumeral, transradial y de mano parcial.

Las prótesis de miembro superior se clasifican en cuatro categorías, según las funciones que proporcionan: estéticas, mecánicas, robóticas e híbridas. Las estéticas solo restablecen la apariencia del miembro que falta. Las prótesis mecánicas utilizan tirantes para accionar pinzas mediante el movimiento de otro miembro del cuerpo. Las prótesis robóticas utilizan sensores para activar distintas funciones, como por ejemplo distintos tipos de agarres de una mano, o el movimiento del codo. Las híbridas combinan las mecánicas con las robóticas.

Las prótesis robóticas se activan mediante sensores mioeléctricos o sensores de electroencefalografía.

Entorno virtual

Un entorno virtual consiste en un entorno generado por computadora, utilizando programas de visualización en tres dimensiones, en el que el usuario participa interactivamente [21].

En sus inicios, el entorno virtual para rehabilitación de personas afectadas por proceso quirúrgico de amputación era utilizado para tratar problemas relacionados con el miembro fantasma [6]. Actualmente este entorno puede ser empleado en el ámbito de la protésica para facilitar el estudio de las respuestas musculares de los pacientes, y así ajustar y mejorar la función de la prótesis. Esto posibilita adaptar la prótesis a las capacidades y necesidades individuales de cada paciente. El entorno virtual es utilizado ampliamente en la robótica y la neurociencia para simulaciones de prótesis y entrenamiento.

Asimismo, la incorporación del entorno virtual para entrenar en la utilización de prótesis mioeléctricas incrementa las probabilidades de adaptación y uso continuo de la prótesis. Esto ocurre debido a que en el entrenamiento virtual el paciente experimenta con una prótesis virtual las funciones que recuperará con la prótesis física y se previene que el mismo sobreestime la recuperación de las funciones de su mano perdida.

1.1 Objetivos

Objetivo General

Elaborar entorno virtual para entrenamiento de prótesis robótica mioeléctrica de mutilación de antebrazo con muñón de bajo codo, que provee las funciones manuales: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal.

Objetivos específicos

1. Definir el hardware a utilizar para la interfaz de la prótesis.
2. Definir los componentes de la aplicación informática: controlador y entorno virtual.
3. Identificar la posición y sensibilidad correspondiente a cada función manual a proveer.

2. Materiales y Métodos

Se estudió el procedimiento utilizado en Estados Unidos [6, 18] para el trato e implementación de prótesis basadas en Electromiografía, y se han revisado algunos proyectos abiertos, como [9] y [19], relacionados a prótesis robóticas de bajo costo. La estrategia implementada en este trabajo surgió del análisis de las ventajas y desventajas de ambos procedimientos. El esquema de la presente propuesta se ilustra en la figura 1.

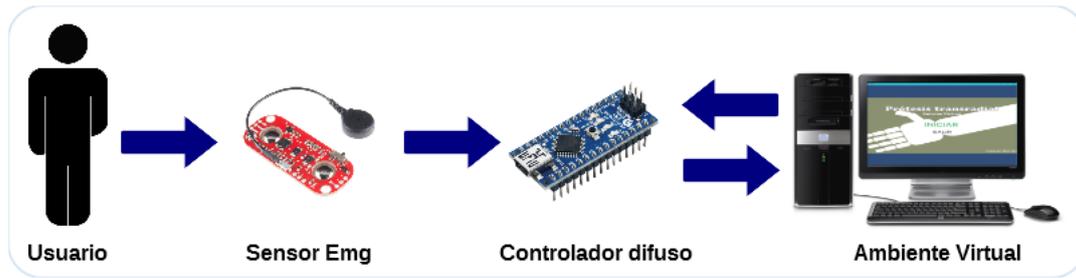


Figura 1. Diagrama general del procedimiento propuesto.

El paciente pasa por un proceso de entrenamiento en el cual se averigua la posición óptima de los sensores sobre los músculos del paciente, siendo la primera opción el antebrazo, luego los bíceps y por último el trapecio superior. Este proceso, posibilita al paciente ver la función de la prótesis y practicar el control muscular necesario para moverla con precisión.

Hardware a utilizar

Se optó por maximizar la utilización de hardware libre, es decir, equipos electrónicos en que se pone a disposición del interesado su esquema y lógica de funcionamiento para que éste pueda reproducirlos, esto facilita la tarea e incide favorablemente en la adquisición de estos equipos.

Se optó por utilizar sensores de electromiografía (EMG) [8]. Una placa programable Arduino [7], en la cual se carga el código del controlador. Una computadora portátil para contener el ambiente virtual, con conexión USB [22] para conectar el controlador a los sensores.

Controlador

El controlador debe hacer que las señales provenientes de los sensores EMG posicionados en el cuerpo del paciente activen la prótesis para realizar la función correspondiente.

Agarres de la mano

De acuerdo con los objetivos del trabajo, este se limitó a elaborar un entorno virtual para una prótesis mioeléctrica, que proporciona los tres tipos de agarre básico de la mano humana: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal. Aún con esta simplicidad funcional, la prótesis propuesta es más amplia que una prótesis mecánica que se limita a un solo tipo de agarre (figura 2). A estos tres agarres se suman dos posiciones de mano intermedias: pulgar arriba y de pistola. Estas dos posiciones posibilitan la transición entre la posición de mano abierta, y las posiciones de pinza lateral y distal respectivamente.

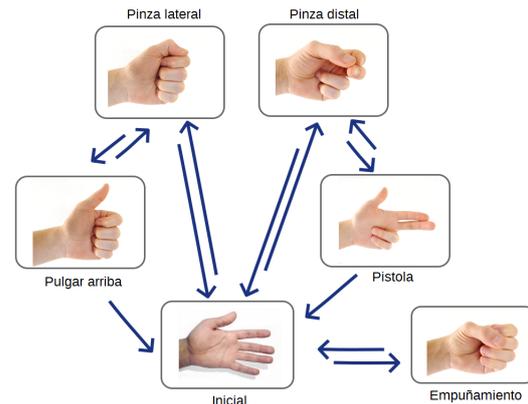


Figura 2. Posiciones de uso de la prótesis presentada.

Lógica difusa

Para posibilitar la transición entre los distintos agarres, se optó por desarrollar un controlador basado en lógica difusa. La lógica difusa se puede definir como un sistema matemático que modela funciones no lineales convirtiendo las entradas en salidas acorde con los planteamientos lógicos establecidos (Fig. 3).

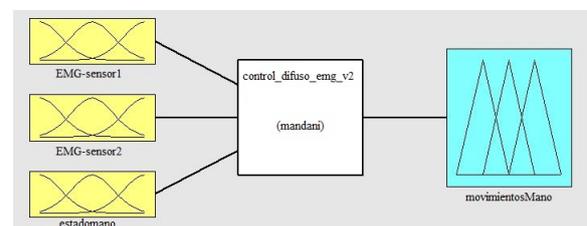


Figura 3. Esquema General del controlador difuso.

Como se puede observar en la figura, para este sistema las entradas son las señales de dos sensores mioeléctricos y la posición en la que se encuentra la prótesis. El controlador evalúa las entradas y realiza cálculos matemáticos para producir la salida correspondiente a uno de los agarres básicos definidos previamente.

Las reglas tenidas en cuenta por el controlador están basadas en condiciones del tipo “si... entonces”.

Entorno virtual desarrollado

El entorno virtual ha sido desarrollado en la plataforma *Unity* [14], que es una plataforma para el diseño de juegos en dos y tres dimensiones (3D) y que disponibiliza una versión comunitaria. Los elementos que aparecen en el entorno *Unity* han sido modelados en otros programas de modelado en tres dimensiones. Para modelar el brazo que

aparece en el entorno virtual se partió de un modelo generado en el programa *MakeHuman*, que es un programa de código abierto que posibilita crear personajes humanos altamente personalizables. También se utilizó el *software Blender* [7], para extraer solamente el brazo del modelo generado por *MakeHuman*, además de modelar los demás objetos 3D visibles en el entorno *Unity*.

Todo lo modelado previamente fue integrado en el entorno *Unity* y se realizaron animaciones de mano de acuerdo a lo establecido, o sea, los tres agarres básicos con sus posiciones intermedias (Fig. 4).



Figura 4. Entorno virtual de entrenamiento.

En la figura 4 se observa la opción de elegir el lado del brazo en el entorno virtual: derecho o izquierdo, según se la necesidad del paciente. El entorno virtual responde a la salida del controlador difuso para representar los tipos de agarre establecidos como respuesta, usando de entrada los mismos sensores que se utilizarán en la futura prótesis física. En la figura 5 se puede observar la prueba realizada en persona no amputada, pero como se puede apreciar, los sensores fueron colocados a la altura del muñón de un eventual mutilado para el cual fue diseñado el sistema de entrenamiento.

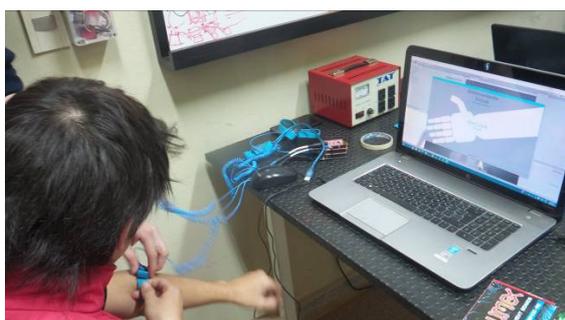


Figura 5. Prueba de entrenamiento del sistema elaborado.

3. Conclusión

Se ha logrado elaborar un entorno virtual para entrenamiento de prótesis robótica mioeléctrica de mutilación de antebrazo con muñón de bajo codo, que provee las funciones manuales: empuñamiento, pinza lateral y pinza distal.

El trabajo realizado constituye una etapa preliminar de trabajo a la cual ha de seguir una segunda etapa de implementación de prótesis de miembro superior bajo codo de bajo costo. El proceso de entrenamiento puede reducir el riesgo de discontinuidad en el uso de prótesis, ya que el paciente verá la función manual de la prótesis con anticipación, y podrá entrenar sus músculos para activar la prótesis.

Referencias bibliográficas

- [1] Reyes, A. Empleabilidad de personas con discapacidad desde el marco rector de SENADIS, Paraguay. Vol 11 N 2, diciembre 2015 pág. 209-222.
- [2] Amputar. Real Academia Española. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=2SWkGcF> Acceso: 10 May. 2016.
- [3] Arduino. Página Principal. Disponible en: <https://www.arduino.cc/> Acceso: 13 Mayo 2016.
- [4] Blender Foundation. Página Principal. Disponible en: <https://www.blender.org/> Acceso: 20 May. 2016.
- [5] Arce, Carlos. Prótesis de Miembros Superiores. Disponible en: <http://www.arcesw.com/pms1.htm> Acceso: 10 May. 2016.
- [6] L, Resnik, et al (2010). Using virtual reality environment to facilitate training

- with advanced upper-limb prosthesis. Disponible en: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/11/486/page707.html> Acceso: 10 May. 2016.
- [7] Meller, D. Prótesis Egipcias. Disponible en: <http://www.ihistoriarte.com/2012/10/Protesis-Egipcias/> Acceso: 18 May. 2016.
- [8] Advancer-Technologies. Shop for Myoware. Disponible en: http://www.advancertechnologies.com/p/shop_3.html Acceso: 18 May. 2016.
- [9] Open Hand Project. Página Principal. Disponible en: <http://openhandproject.org/> Acceso: 28 Oct. 2014.
- [10] Po. Página Principal. Disponible en: <https://www.po.com.py/> Acceso: 16 May. 2016.
- [11] Prótesis. Real Academia Española. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=US6Q9JZ> Acceso: 10 May. 2016.
- [12] Senadis. Página Principal. Disponible en: <http://www.senadis.gov.py/> Acceso: 25 May. 2016.
- [13] J. Uellendahl, Materiales usados en la protésica. Disponible en: http://www.amputee-coalition.org/spanish/inmotion/nov_dec_98/primer.html Acceso: 26 May. 2016.
- [14] Unity. Página Principal. Disponible en: <https://unity3d.com/es> Acceso: 20 May. 2016.
- [15] V. Cáceres E. Alarmante cifra de personas amputadas. Disponible en: <http://www.abc.com.py/especiales/fin-de-semana/alarmante-cifra-de-personas-amputadas-591840.html> Acceso: 10 May. 2016.
- [16] C. Cosmos. 3D Printing Revolution. inMotion Vol. 24, N 6. Nov/Dic 2014.
- [17] Ninjatek. Ninjaflex filament. Disponible en: <http://ninjatek.com/products/ninjaflex-filaments/> Acceso: 2 Jun. 2016.
- [18] P. Campbell. Amputee Makes History with APL's Modular Prosthetic Limb. Disponible en: <http://www.jhuapl.edu/newscenter/pressreleases/2014/141216.asp> Acceso: 29 Abr. 2015.
- [19] Open Bionics. Página Principal. Disponible en: <http://www.openbionics.com/> Acceso: 2 de Jun. 2016.
- [20] Pololu Micro Maestro. Catálogo. Disponible en: <https://www.pololu.com/product/1350> Acceso: 15 Jun. 2016.
- [21] Universidad Militar Nueva Granada. Ambientes Virtuales. Disponible en: <http://www.umng.edu.co/ambientes-virtuales> Acceso: 15 Jun. 2016.
- [22] USB. Página Principal. Disponible en: <http://www.usb.org/home> Acceso: 16 Jun. 2016.