

Control de *mouse* para computador mediante potenciales eléctricos oculares

Carolina Arboleda Clavijo^{1,Ψ}, Eliana García Cossio¹, Marcela Palacio Ochoa¹.

¹Programa de Ingeniería Biomédica, Líneas de Bioinstrumentación, Señales e Imágenes; Ingeniería en Rehabilitación

Recibido 30 de noviembre de 2006. Aceptado 9 de febrero de 2007.

Resumen— El uso creciente de los computadores, y toda la tecnología asociada, ha promovido la creación de dispositivos de hardware cada vez más cómodos y eficientes para el usuario. Un número significativo de personas en situación de discapacidad no puede acceder a esta tecnología. Por esa razón, se han diseñado mecanismos, distintos a los tradicionales, para atender las necesidades de dichas personas. Entre estos mecanismos se han utilizado sistemas de control basados en biopotenciales. En este artículo, se presenta la construcción de un prototipo de mouse, cuyo movimiento en sentido horizontal es determinado por las señales eléctricas provenientes de desplazamientos oculares derecha-izquierda, que son captados por amplificadores de biopotenciales y posteriormente procesados y microcontrolados.

Palabras clave— Conversión análogo-digital, Discapacidad, Electrooculografía, Mouse ocular, Procesamiento de señales.

Abstract— The use of computers and associated technology, has promoted the development of more comfortable and efficient hardware devices. Many handicapped people can not access to this technology. As a result, innovative mechanisms have been designed to attend the requirements of these people. One of such mechanisms has been the control through biopotentials. This article presents the construction of a mouse prototype, which allows horizontal displacements in response to left and right ocular movements that are registered by instrumentation amplifiers, processed and microcontrolled.

Keywords— Analog to digital conversion, Disability, Electrooculography, Eye mouse, Signal processing.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la informática constituye una herramienta muy funcional para diferentes ciencias y oficios. Los computadores más modernos cuentan con numerosas ventajas; sin embargo, estos equipos no han sido pensados para que sean accesibles a personas en situación de discapacidad [1].

Uno de los principales medios de interacción con el computador es el *mouse*, y por tal motivo, este dispositivo ha sido el objetivo de diferentes sistemas para apoyar discapacidad de miembro superior [2-5].

Lamus y Meza (2005) propusieron el desarrollo de un dispositivo intraoral para apoyar a pacientes con discapa-

cidad motora de miembro superior. El dispositivo maneja a control remoto un *mouse* y tiene la ventaja de no requerir un procesamiento de señales complejo, ya que se maneja por medio de un sistema de interruptores. Sin embargo, exige ubicar un elemento en la cavidad oral del paciente, que pudiera resultar incómodo en ciertas circunstancias [2, 3].

Una metodología diferente ha sido utilizada por Dos Santos y Sevillano (2002) quienes implementaron un dispositivo intervenido por microcontrolador, el cual permitió que a partir de señales electrooculográficas se manipularan mecanismos como el de una silla de ruedas y un *mouse* para computador; además permitió que se activaran diferentes dispositivos electrónicos que se utilizan en la vida cotidiana [4].

El sistema desarrollado por Dos Santos y Sevillano, llamado *mouse visual*, buscaba detectar los movimientos voluntarios del ojo a partir del posicionamiento de cuatro electrodos en los músculos aledaños. Estas señales posteriormente se transmitían a un computador, el cual interpretaba su significado en tiempo real y permitía controlar el dispositivo implementado [4].

Gips *et al.* (1994), del *Boston College* de los Estados Unidos, desarrollaron un sistema llamado *Eagle Eyes*, también basado en electrooculografía (EOG) para el control de un *mouse* de computador. El sistema realiza una localización espacial en un plano x-y basado en los potenciales eléctricos oculares. El sistema no sólo quedó como un prototipo, sino que además es actualmente utilizado en diferentes escuelas y bibliotecas de los Estados Unidos [5].

Cuando se procesan biopotenciales, como el EOG, el principal problema encontrado ha sido la captura de las señales, puesto que poseen bajos niveles de voltaje (hasta del orden de microvoltios), lo cual obliga a exponerlas a procesos comunes como la amplificación y el filtrado [6].

Para desarrollar un prototipo que cumpliera adecuadamente el objetivo, se debieron tener en cuenta las siguientes características: el sistema debía ser capaz de registrar la actividad eléctrica de la retina, y determinar los patrones eléctricos que correspondían a cada tipo específico de movimiento ocular; además de contar con el acople electromecánico para el movimiento del cursor según los patrones bioeléctricos registrados.

La electrooculografía, técnica utilizada en el presente trabajo, es un método que puede detectar los movimientos oculares, y se basa en el registro de la diferencia de potencial existente entre la córnea y la retina. El potencial córneo-retiniano está producido por hiperpolarizaciones y despolarizaciones de las células nerviosas de la retina. El conjunto (córnea-retina) forma un dipolo en la dirección antero-posterior del eje: positivo en la zona corneal y negativo en la retina [6-8].

Además de esto, el electrooculógrafo cuenta con sistemas operativos que exploran los sistemas sacádico, de fijación foveal y reflejos, con los cuales, según interese, se puede medir el desplazamiento de los ojos en sentido horizontal, vertical o ambos [9].

Debido al uso creciente de los computadores, el desarrollo de un *mouse* que pueda controlarse a partir de desplazamientos oculares resulta muy útil para las personas que carecen de extremidades superiores o poseen algún tipo de disfunción muscular en ellas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

Microcontrolador (PIC16F877A, Microchip, EE.UU.), electrodos para electrooculografía, amplificadores operacionales (AD620, UA741, LM324), *mouse* convencional (Genius, EE.UU.), servomotor (Futaba 3003), puente H (7291S).

B. Métodos

La construcción del prototipo se llevó a cabo en las siguientes etapas: adquisición y procesamiento de la señal; desarrollo de un programa de conversión análogo-digital y selección de amplitudes características de los tres tipos de señales tomadas; y adecuación y acople del servomotor.

Los bloques funcionales del prototipo son (Fig. 1):

- *Protocolo de adquisición de la señal*

La primera parte del trabajo se centró en disponer adecuadamente los electrodos, en los sitios donde se genera la actividad muscular ocular.

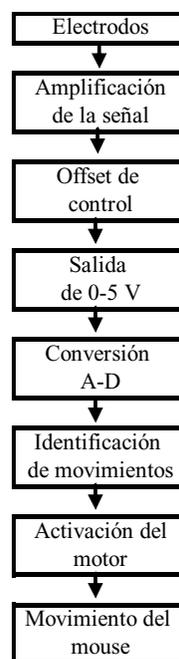


Fig. 1. Diagrama de bloques del prototipo.

Para asegurar que los electrodos registraran correctamente la señal, fue necesario, en primer lugar, limpiar con alcohol antiséptico la superficie sobre la cual iban a adherirse (piel del rostro). Posteriormente, debían impregnarse de una cantidad suficiente de gel electrolítico, para garantizar la conducción de las señales.

En la Fig. 2 se observa la localización de los electrodos. La posición de referencia está marcada con el punto A, y corresponde al electrodo que se conecta a tierra. Respectivamente, los electrodos D y E registran los movimientos de desplazamiento derecha-izquierda, mientras que la diferencia de potencial entre los electrodos B y C es proporcional a la desviación del ojo en sentido vertical [8]. Por consiguiente, para los fines del proyecto en cuestión, sólo se utilizaron las ubicaciones A, D y E.

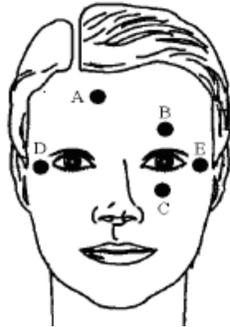


Fig. 2. Localización de los electrodos. A: Tierra. B y C: Desviación vertical. D y E: Desplazamiento derecha-izquierda [8].

• *Procesamiento de la señal*

La implementación de un sistema de amplificación y filtrado de la señal se hizo imprescindible, puesto que el orden de magnitud de sus amplitudes es de milivoltios, y adicional a esto era necesario definir una línea de referencia precisa (tierra), que permitiera eliminar los voltajes negativos.

Se requería una señal análoga cuya amplitud estuviera comprendida entre 0 V y 5 V, para poder realizar un proceso de adquisición adecuado, mediante el uso del microcontrolador.

En la Fig. 3 se observa el diagrama del circuito de amplificación y filtrado de la señal [6, 9].

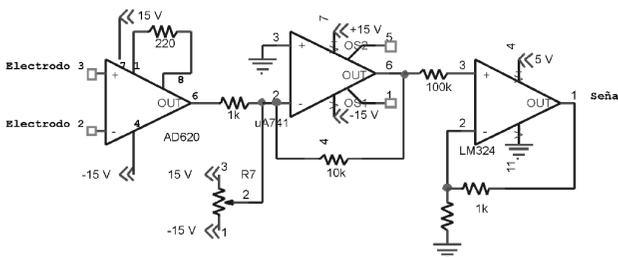


Fig. 3. Circuito de amplificación y filtrado de la señal electrooculográfica.

La implementación de un potenciómetro a la entrada del segundo amplificador hace posible ajustar el *offset* de la señal. Este ajuste permitió adecuar la línea de referencia, de modo que se eliminaran los voltajes negativos existentes.

La parte final del circuito consistió en un amplificador LM324, con referencia negativa en tierra y alimentación positiva a 5V. Esto permitió asegurar que al microcontrolador sólo ingresarán voltajes positivos y de máximo cinco voltios.

• *Programa de conversión análogo-digital y acople del servomotor*

Como se observa en la Tabla 1 y en la Fig. 5, es posible establecer rangos que le permitan al microcontrolador identificar cuándo la persona mira hacia la derecha, izquierda o centro. El conversor análogo digital se configuró para trabajar de 0 a 5 V. Aprovechando que el conversor análogo digital del microcontrolador PIC16F877A es de 10 bits, se programó para que arrojará valores enteros entre 0 y 1023. Para realizar la programación, se utilizó el software MPLAB de Microchip.

El criterio utilizado por el programa para enviar las señales a la salida fue el siguiente: si el número de centenas es igual a 2 y el de decenas menor a 6, debe haber un cese en el movimiento del cursor (la dirección centro equivale a la instrucción de parada); si el número de centenas es igual a 2, pero el de decenas es mayor o igual a 6, debe producirse un movimiento hacia la izquierda. De lo contrario, se generará un movimiento hacia la derecha.

Para conseguir que el servomotor cambiara el sentido de giro conforme el microcontrolador recibía un valor específico según la dirección de la mirada, se implementó un puente H 7291S, alimentado con 5 V como voltaje de referencia (el motor trabaja con este valor de voltaje).

Como se observa en la Fig. 4, las salidas del microcontrolador que se conectan al motor son las mismas donde se conectan los LEDs (*Light Emitting Diode*) que señalizan *izquierda* y *derecha*, respectivamente, de modo que cuando la persona mira hacia la derecha, éste se mueve hacia el mismo lado. De la misma manera ocurre con la izquierda, y cuando la persona mira hacia el centro, se produce un cese inmediato del movimiento. El cable de control no se utiliza, puesto que no se está modulando el ancho de pulso de la señal que controla el motor.

Tabla 1. Valores de las señales derecha, izquierda y centro, después de la digitalización. Se registran 5 pruebas realizadas en el mismo sujeto.

Derecha	Izquierda	Centro
51	294	238
100	285	223
66	288	221
56	269	216
89	285	207

Finalmente, el servomotor se conecta al *encoder* que controla los desplazamientos horizontales del cursor.

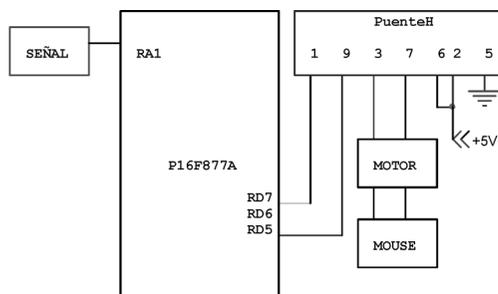


Fig. 4. Circuito para el control de los desplazamientos horizontales del *mouse*. Conversión análogo-digital y acoplamiento del servomotor.

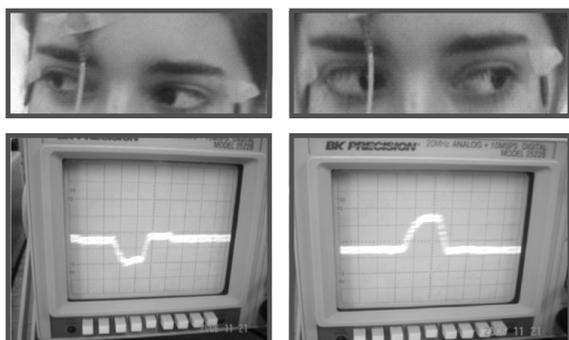


Fig. 5. A: Mirada hacia la derecha. B: Mirada hacia la izquierda.

- Seguridad eléctrica

Es necesario asegurar una adecuada conexión de los electrodos al amplificador AD620 y los circuitos de alimentación, ya que podría circular corriente a través del paciente. Para evitar este problema, es recomendable utilizar alimentación con baterías y aislar eléctricamente a través de optoacopladores entre el AD620 y los subsiguientes circuitos de amplificación y procesamiento (este último paso no se implementó para este prototipo).

III. RESULTADOS

El procesamiento de la señal resultó adecuado para la recepción de datos en el microcontrolador. Sin embargo, el nivel de la línea de base (*offset*) no se logró estabilizar, lo que complicó un funcionamiento estándar para el *mouse ocular*. El hecho de utilizar un segundo paciente de prueba constituyó una fuente de variabilidad evidente, puesto que los intervalos de voltaje considerados por el microcontrolador cambiaban notablemente. No obstante, el programa del microcontrolador permite realizar ajustes para diferentes individuos, y así disminuir un poco la variabilidad.

El proceso de identificación de la dirección de la mirada (derecha-izquierda), con base en las amplitudes características obtenidas, presentó un buen desempeño. Sin embargo, hubo algunos problemas con la detección del centro porque, como puede observarse en la Tabla 1, había poca diferencia entre los valores de centro e izquierda; además, estos valores se alteraban a causa de las distintas angulaciones que podía sufrir la mirada.

No hubo problemas con la activación del motor ni con el acoplamiento al *encoder* del *mouse* (Fig. 6). Sin embargo, la velocidad de movimiento del cursor obtenida no fue tan constante como se deseaba.

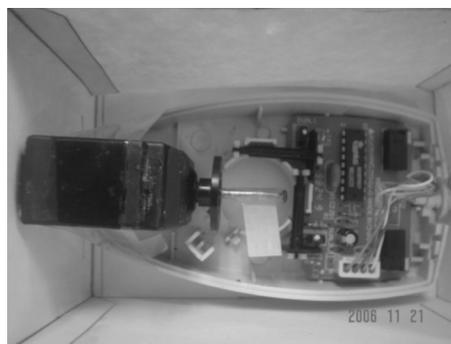


Fig. 6. Acople del servomotor al *encoder* del *mouse*.

En la fig. 7 se muestra el prototipo final del *mouse*.

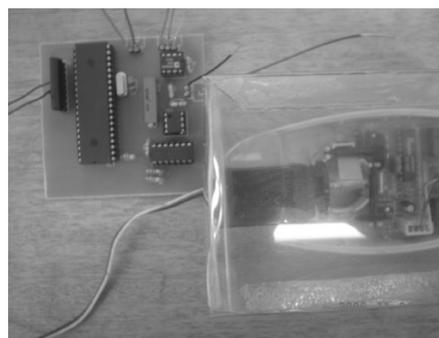


Fig. 7. Prototipo final del *mouse* (derecha: *mouse* con motor; izquierda: circuito de captura y procesamiento de la señal).

IV. CONCLUSIÓN

La lectura de la señal es un procedimiento que requiere nuevas mejoras, debido a su gran variabilidad misma. Por esto la implementación de un software, como LabVIEW [10], para el estudio completo de dichas señales, se hace necesaria para evolucionar en el manejo preciso de estas. Es decir, el software que se aplica debe contar con herramientas que permitan una visualización amplia y detallada de la señal electrooculográfica, además de permitir la interacción con ella, de modo que

puedan establecerse parámetros estadísticos o probabilísticos característicos de la señal y, posteriormente, incorporarlos al dispositivo.

Por otro lado, se planea incluir el módulo PWM (*Pulse Width Modulation*) en la programación del dispositivo, para conseguir que la velocidad del movimiento del motor sea más constante y precisa.

El mejoramiento de la calidad de vida a un bajo costo es el impacto que sobresale de este proyecto, el cual recaerá sobre aquellas personas que posean algún tipo de discapacidad que les impida el movimiento de equipos electrónicos con las manos.

Este proyecto como primera etapa investigativa, da una luz para mejoras y acoplamiento de más funciones para el *mouse*, es decir, en trabajos futuros se espera implementar el mismo procedimiento para los movimientos en sentido vertical (arriba-abajo); además del clic, el cual posiblemente se logre utilizando otras señales bioeléctricas del cuerpo, como las provenientes de los músculos mandibulares.

AGRADECIMIENTO

Las autoras agradecen la colaboración del profesor Juan Carlos Ramírez Giraldo, en el diseño del circuito para el procesamiento de la señal y la asesoría prestada durante todo el desarrollo del proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Schweibenz W. Accessibility – Why and how to include people with disabilities. *Proceedings of the 14th International BOBCATSSS Symposium information, innovation, responsibility*. Estonia, 2006.
- [2] Lamus C. G. H., Meza C. B. Diseño y construcción del prototipo de un sistema electrónico intraoral como apoyo a pacientes con discapacidad de miembro superior. Tesis de Grado, Ingeniería Biomédica, EIA-CES, junio 2005.
- [3] Lamus C., Meza C.B., Moreno F. Diseño y construcción del prototipo del control remoto Intraoral como apoyo a pacientes con discapacidad de miembro superior. *Memorias del II Congreso Colombiano de Bioingeniería e Ingeniería Biomédica*, Bogotá, Octubre de 2005.
- [4] Tirso D. Tecnología, Mouse Visual. Universidad. Enero 2007. Disponible en: http://www.integrando.org.ar/datosdeinteres/mouse_ojos.htm
- [5] Gips J. The eagle eyes project, Boston College. Octubre de 2006. Disponible en: <http://www.bc.edu/schools/csom/eagleeyes/>
- [6] Webster J. G. *Medical Instrumentation, application and design* Ed Wiley, 1998. Capítulo 3, 89-132; capítulo 4, 138-139 y 151-155; capítulo 5, 183-226; capítulo 6, 233-281; capítulo 14, 623-656.
- [7] Guyton A.C., Hall J.E. *Tratado de Fisiología Médica*. Ed. McGraw-Hill, 2001. Capítulo 10, 129- 136.
- [8] Electrooculografía. Octubre 2007. Disponible en: <http://electronica.eia.edu.co/PROYECTOS/Electrooculografia/introduccion.htm>
- [9] Porrero J. A. *Anatomía Humana*. Ed. McGraw Hill-Interamericana, 2005. Capítulo 8, 337-348; capítulo 20, 855-870.
- [10] Olansen J. B, Rosow E. *Virtual Bio-instrumentation, biomedical, clinical, and healthcare applications in LabVIEW* National Instruments Prentice Hall, 2002 Capítulo 3, 58-75.