

PROTOTIPO DE INTERFAZ HUMANO- COMPUTADORA CONTROLADA A TRAVÉS DE GESTOS FACIALES

HUMAN-COMPUTER INTERFACE PROTOTYPE CONTROLLED THROUGH FACIAL GESTURES.

Fernando Octavio Reynoso Martínez¹
iscferhogan@gmail.com

María Antonieta Abud Figueroa¹
mabud@itodepi.edu.mx

Silvestre Gustavo Peláez Camarena¹
sgpelaez@itodepi.edu.mx

Lisbeth Rodríguez Mazahua¹
lrodriguez@itodepi.edu.mx

Ulises Juárez Martínez¹
ujuarez@itodepi.edu.mx

¹*División de Estudios de Posgrado e Investigación
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Orizaba
Orizaba, Ver., México*

RESUMEN

Las interfaces humano-computadora se basan principalmente en el modelo de ventanas, punteros y ratones como paradigma dominante para la interacción con las aplicaciones. El uso de gestos es una adición valiosa al repertorio de técnicas de interacción humano-computadora, sin embargo, requieren tiempo para desarrollarse mejor. Como toda nueva tecnología presenta nuevos desafíos, entre los cuales se encuentra el contar con herramientas que soporten el desarrollo de aplicaciones que incluyan este tipo de interacción. Esto conlleva a la necesidad de desarrollar la infraestructura de soporte para el manejo de interfaces a través de gestos. Por lo que se propone un prototipo para el manejo de interfaces humano-computadora a través de gestos faciales, con la finalidad de establecer una base que permita desarrollar a futuro una biblioteca que permita a los desarrolladores desarrollar interfaces gestuales de manera fácil.

PALABRAS CLAVE

Interfaces-Humano-Computadora, Gestos faciales, Arquitectura.

ABSTRACT

Human-computer interfaces are mainly based in the window, pointer, mouse model as a dominant paradigm for the interaction with applications. The use of gestures is a valuable addition to the repertoire of human-computer interaction techniques, however, they require time to develop better. Like every new technology it presents new challenges, among the which it is to have tools that support the development of applications that include this type of interaction. This leads to the need of developing the support infrastructure for the managing of interfaces through gestures. So it is proposed a prototype for the managing of human-computer interfaces through facial gestures, with the purpose of establishing a base that will allow in the future the creation of a library that allows developers to develop gestural interfaces in an easy way.

KEYWORDS

Human-Computer-Interface, Facial Gestures, Architecture.

INTRODUCCIÓN

Las interfaces humano-computadora tiene gran repertorio de técnicas para la interacción, una de ellas es el uso de gestos faciales, esta técnica presenta un crecimiento lento, ya que su implementación depende de diversos factores y aún no se tienen estándares que regulen su significado de modo que los mismos gestos signifiquen lo mismo en diferentes sistemas. Esto conlleva a la necesidad de desarrollar la infraestructura de soporte para el manejo de interfaces a través de gestos. Los sistemas gestuales son uno de los caminos futuros importantes para una interacción más holística y humana de las personas con la tecnología, representando un gran potencial para mejorar la interacción. Sin embargo, como toda nueva tecnología presenta nuevos desafíos, entre los cuales se encuentra la necesidad de herramientas que soporten el desarrollo de aplicaciones que incluyan este tipo de interacción. Por esta razón, en este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo de una interfaz humano-computadora controlada a través de gestos faciales utilizando la diadema Emotiv EPOC+. El artículo se organiza de la siguiente forma: en la sección II se presentan los trabajos relacionados con la interacción humano-computadora; en la sección III se describe la parte metodológica, la cual contiene la descripción de la arquitectura y de los módulos que conforman el prototipo; por último, en la sección IV se mencionan las conclusiones generadas con base en los resultados obtenidos y el trabajo a futuro.

1.1 TRABAJOS RELACIONADOS

Varios autores han realizado trabajos en el área de las interfaces controladas por gestos. Los principales trabajos se mencionan a continuación:

Hawkes et, al. [1] establecieron como propósito probar la confiabilidad y utilidad de la diadema Emotiv EPOC para determinar si se debe utilizar en el campo médico ya que se piensa que una Tecnología como ésta ayudará a aquellos que sufren de parálisis debidas a enfermedades tales como la ALS (Esclerosis lateral amiotrofia), ya que la enfermedad no tiene cura es importante una solución que ayude a mejorar las necesidades médicas. Para la solución se propuso contemplar el uso de la diadema Emotiv EPOC, para el control de robot Finch mediante expresiones faciales, se concluyó que la diadema Emotiv EPOC tuvo éxito al ser conectada y controlar al robot Finch, pero con algunas fallas el dispositivo reconoció los movimientos de las personas, así como también que la diadema no es médicamente funcional o confiable.

Hornero et, al. [2] mencionaron la existencia de soluciones previas para ayuda de la discapacidad utilizando TIC'S, a pesar de contar con soluciones existentes sus costos son elevados, requieren de procesos de calibración por cada usuario, lo que limita su usabilidad, por lo que su propuesta usa un acelerómetro ADXL345, el microcontrolador ATmega328A, el driver FTDI232RL, una placa de circuito impreso, cinta elástica, Bluetooth (módulo RN41-XV), Labview para desarrollar un módulo de modo Ratón y modo Teclado. El modo Ratón asocia cada movimiento del usuario a las direcciones del ratón. El modo Teclado se presenta en dos opciones de funcionamiento.

En la primera se asocian cuatro movimientos escogidos con anterioridad por el usuario y en la segunda opción, si el usuario presenta una mayor habilidad motora, se asocian los diferentes movimientos que el usuario haya escogido.

Melodie Vidal et, al. [3] resaltaron la importancia de tomar en cuenta las características de los ojos cuando se busca detectar si se sigue un objeto en movimiento, sobre todo el hecho de que esta característica de la orientación de objetos en movimiento es más difícil explotar que la orientación de objetos estáticos, por lo que se necesita un método diferente a los anteriores. Su propuesta usó una pantalla grande (89x50 cm, 1920x1080px) y un seguidor ocular remoto Tobii X300. Se obtuvo como resultado final el método Pursuits y tres aplicaciones interactivas.

Liang et, al. [4] resaltaron que es importante contar con una solución de tecnologías de seguimiento de manos y reconocimiento de gestos para simplificar las operaciones y proporcionar una interfaz intuitiva, en la que los niños utilicen gestos con la mano para manipular marionetas virtuales para realizar historias. Propusieron usar el controlador Leap Motion, el Leap Motion SDK proporcionado por Leap Motion como dispositivo sensor *HCI (Human-Computer Interaction, Interacción Humano-Computadora)* para rastrear gestos con las manos, Leap Motion SDK como *API (Application Programming Interface, Interfaz de Programación de Aplicaciones)* para acceder a los datos de movimiento de las manos y los dedos del dispositivo, Maya 2014 para crear todos los modelos y animaciones 3D y Unity3D Pro V4.2 para integrar y desarrollar todo el sistema. La arquitectura del sistema se compone principalmente de tres partes: entrada, control de movimiento y salida.

McAdam et, al. [5] discutieron la importancia que tiene el movimiento humano de forma natural para resolver problemas complejos en la dinámica del movimiento; por lo cual se indicó la importancia de representar un entorno virtual multisensorial donde el espacio de fase 3D del problema sea asignado a un sistema de coordenadas visuales en 3D, propusieron usar una computadora Dell T3400 de doble núcleo a 3.00 GHz, un monitor de 120Hz de 22 pulgadas y una pluma háptica Phantom Omni 6 grados de libertad para la entrada. La visualización 3D se implementó utilizando Microsoft DirectX en Windows 7 con renderización estereoscópica y efectos de sonido 3D para reforzar la posición y el movimiento de la bola en el espacio, la bola en el espacio 3D representa el estado actual del sistema. Como resultado final se obtiene la simulación de un sistema de bastón de carga.

Hayashi et, al. [6] resaltaron las características de las interfaces naturales de usuario resaltando la modalidad de gestos físicos. Los autores indicaron la importancia de contar con un sistema que no requiera ninguna memorización, ya que a pesar de existir trabajos anteriores la capacidad de recordar estos gestos no está clara, por lo que su propuesta usa "Microsoft Kinect SDK 1.5", Kinect, Matlab, Weka. Macbook Pro con Intel Core i7 a 2,6 GHz. Se obtiene como resultado final la identificación del usuario basada en el cuerpo: una nueva forma de identificación del usuario basada en las longitudes del segmento del cuerpo y un gesto de agitar la mano.

Heijboer et, al. [7] resaltaron que el puntero de luz es un dispositivo adecuado para estudiar la viabilidad de las interacciones periféricas con una interfaz gestual. El objetivo de este experimento exploratorio fue rediseñar los estilos de interacción del puntero de luz de tal manera que potencialmente podría interactuar con la periferia de la atención. Por lo tanto, se exploró qué gestos y qué tipo de comentarios serían los más adecuados para la interacción periférica. El puntero de luz y una lámpara estuvieron controlados por un Phidget Interfacekit1 que está conectado a un Apple iMac ejecutando el software Max / MSP / Jitter.

De Carolis et al. [8] resaltaron la importancia de las características *NUI (Natural User Interface, Interfaz Natural de Usuario)*, por lo tanto, el objetivo fue proporcionar a los usuarios una interfaz natural para acceder a información adicional sobre las prendas que se muestran en los maniquíes desde el exterior, incluso cuando la tienda está cerrada. El prototipo se desarrolló utilizando un dispositivo comercial popular que permite la interacción sin contacto: Microsoft Kinect 21.

Mehler et al. [9] resaltaron que cada vez más interfaces humano-computadora (HCI) son diseñadas para incorporar medios de comunicación no verbal. La escritura gestual se centra principalmente en el nivel perceptual de las descripciones de las imágenes. WikiNect se propuso como un sistema que permite autoría de hipertextos mediante escritura gestual. Para la propuesta se usó la tecnología Kinect y como es un prototipo no se mencionó algún lenguaje de programación, dividiendo su arquitectura en segmentación, vinculación, descripción y calificación de imágenes. El resultado final fue el módulo de gestión de sesión.

Barrón et al. [10] discutieron la importancia de los entornos de aprendizaje tradicionales, los cuales no proporcionan un modelo de aprendizaje individual. Para superar este problema se propuso un sistema que utilice expresiones faciales y señales de EEG (*Electroencephalography Signals, Señales Electroencefálicas*) para el reconocimiento de la emoción. El sistema utilizó la diadema Emotiv EPOC para registrar las señales de EEG del estudiante y Motor de Lógica Difusa, el cual es el responsable de evaluar emociones cognitivas y afectivas.

Las propuestas revisadas aunque utilizan interfaces naturales, la minoría incluyen gestos faciales para la interacción, por lo que en la presente propuesta se busca cubrir este punto.

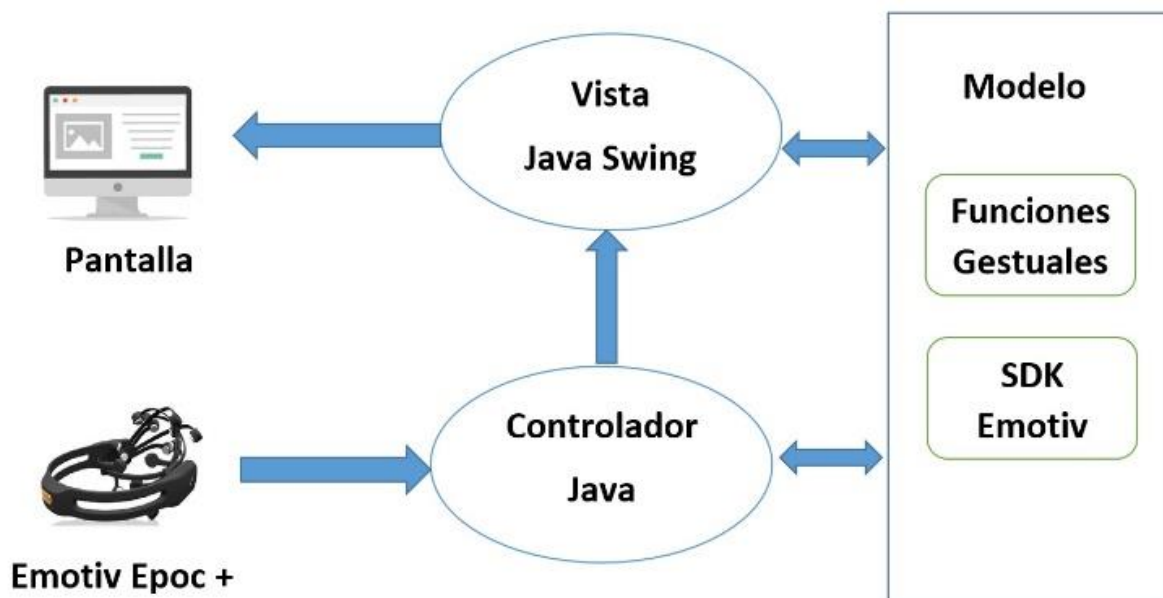
MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se presenta la descripción de la arquitectura y los módulos que conforman el prototipo para el manejo de interfaces humano-computadora a través de gestos faciales.

El patrón arquitectónico elegido para la arquitectura del prototipo es el patrón *MVC (Model-View-Controller, Modelo-Vista-Controlador)*, como se muestra en la Figura 1, contiene tres componentes:

1. **Vista:** Este componente presenta la interfaz gráfica la cual en este caso es Java Swing, interfaz que será controlada por medio de gestos faciales.
2. **Controlador:** Este componente contiene la lógica necesaria para la interacción entre el modelo y la vista, así como para manejar las interacciones del usuario.
3. **Modelo:** Componente que contiene la definición de las funciones que permitirán el control del apuntador de ratón a través de gestos faciales como son sonrisa, guiño derecho, guiño izquierdo, mirada derecha y mirada izquierda y se integran los flujos de datos al dispositivo y proporciona acceso a la API del mismo.

Fig. 1. Arquitectura del prototipo.



El patrón arquitectónico MVC ha tenido una gran influencia en el desarrollo de diseño de interfaces gráficas de usuario.

Su objetivo principal es promover la independencia de desarrollo de sus componentes, si se desea hacer un cambio en algún componente no afectará a los demás y viceversa.

El componente modelo encapsula la información utilizada por la aplicación; el componente vista encapsula la información elegida y necesaria para la representación gráfica de esa información; el componente controlador encapsula lo lógico necesario para mantener el buen funcionamiento entre el modelo y la vista y maneja los eventos de entrada del usuario [11].

Para el desarrollo del prototipo se eligieron las siguientes tecnologías:

Emotiv Epoc + por su característica de reconocer expresiones faciales y su SDK (*Software Development Kit, Kit de desarrollo de software*) brinda las herramientas que se necesitan para administrar y escalar aplicaciones. Java se escogió por su buena integración con el SDK de Emotiv Epoc +, todo esto utilizando el entorno de desarrollo NetBeans.

La decisión está determinada por la conjugación de las tecnologías de la información descritas a continuación:

- **Lenguaje de programación:** Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, distribuido, interpretado, robusto, portable, multihilo, dinámico e independiente de arquitecturas [12].
- **Dispositivo:** Se eligió Emotiv EPOC + dado que es un electroencefalograma multicanal y está diseñado para la investigación del cerebro humano escalable y contextual y para aplicaciones avanzadas de interfaz cerebro-computadora y brinda acceso a datos cerebrales de grado profesional, su plataforma de desarrollo es compatible con Java y a diferencia de otras cuenta con reconocimiento de expresiones faciales (parpadeo, guiño, sorpresa, fruncir el ceño, sonreír, apretar, reír, sonreír), dada la naturaleza del proyecto son necesarias [13].
- **Entorno de desarrollo:** Se eligió NetBeans debido a su gran interfaz de desarrollo y amplio soporte para hacer aplicaciones gráficas [14].

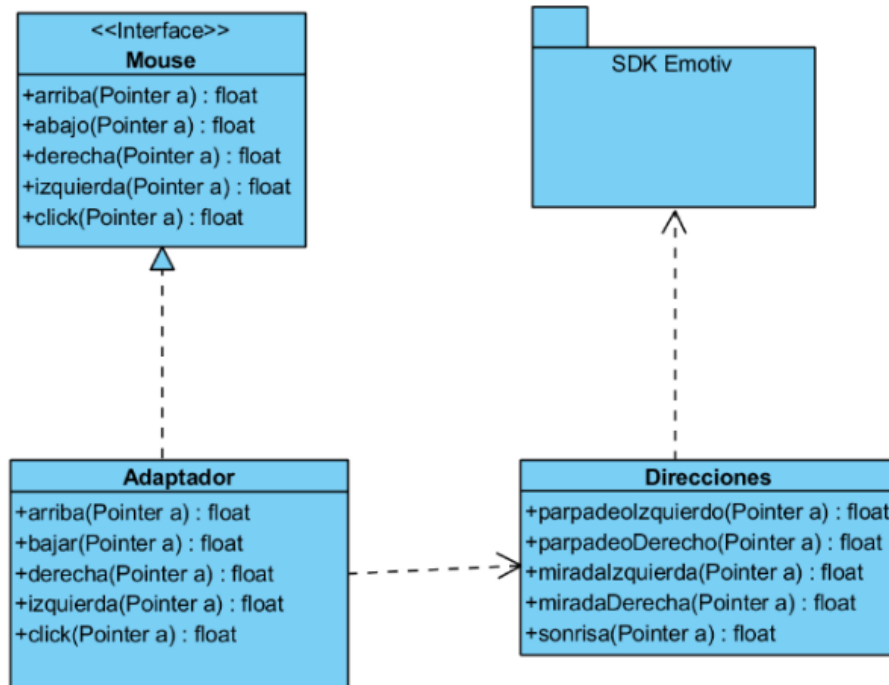
METODOLOGÍA

El prototipo permite mostrar el control del *ratón* a través de gestos faciales. Utilizando el SDK de Emotiv se detectan los gestos, los cuales se mapean a comandos ejecutables en el prototipo. Los comandos utilizados son:

- **Parpadeo Izquierdo:** Cuando la persona hace un parpadeo con el ojo izquierdo, el *ratón* se mueve con dirección hacia arriba.
- **Parpadeo Derecho:** Cuando la persona da un parpadeo con el ojo derecho, el *ratón* se mueve con dirección hacia abajo.
- **Mirada a la izquierda:** El *ratón* se mueve hacia la izquierda cuando la persona lleva su vista hacia el lado izquierdo.
- **Mirada a la derecha:** El *ratón* se dirige hacia el lado derecho cuando la persona cambia la mirada hacia el lado derecho.
- **Sonrisa:** Cuando la persona sonríe, la acción corresponde a dar un clic izquierdo al *ratón*.

En la Figura 2 se muestra la estructura de clases para el mapeo de los comandos basándose en el patrón de diseño Adapter.

Fig. 2. Diagrama de clases del prototipo.

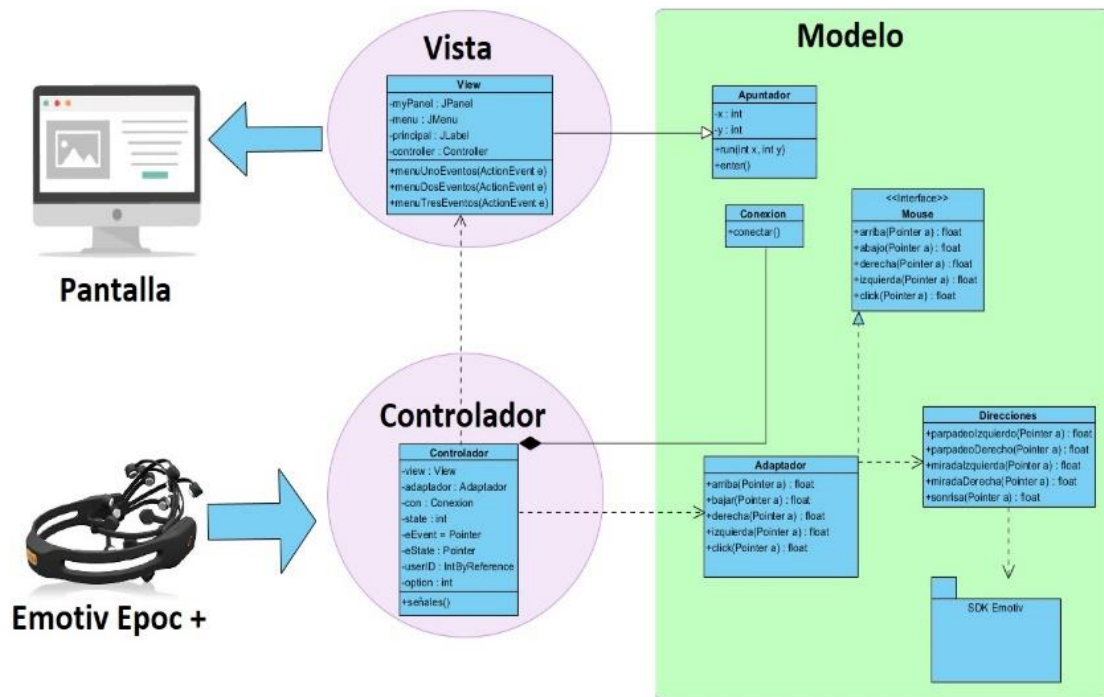


En la interfaz *Mouse* se definen los métodos a implementar para reemplazar el uso directo del ratón como lo son, arriba, abajo, derecha, izquierda y clic, los cuales son implementados en la clase *Adaptador*. La clase *Direcciones* contiene los métodos de los gestos de la cara que serán utilizados y que se basan en el uso de las funciones proporcionadas por el SDK de Emotiv.

El diagrama de clases del prototipo resultante se muestra en la Figura 3. El prototipo se diseñó bajo el modelo MVC. En la Vista se tiene la clase *View* que hereda de la clase *Apuntador*, la cual siempre debe integrarse en todos los programas en el modelo puesto que contiene las coordenadas de donde se quiere inicializar el apuntador del *ratón* al comenzar a utilizar la aplicación y el manejo del clic izquierdo.

En la parte del modelo se encuentran las interfaces y la clase mostrada en el diagrama de clases del prototipo presentado anteriormente. Todo esto es implementado en la clase controlador.

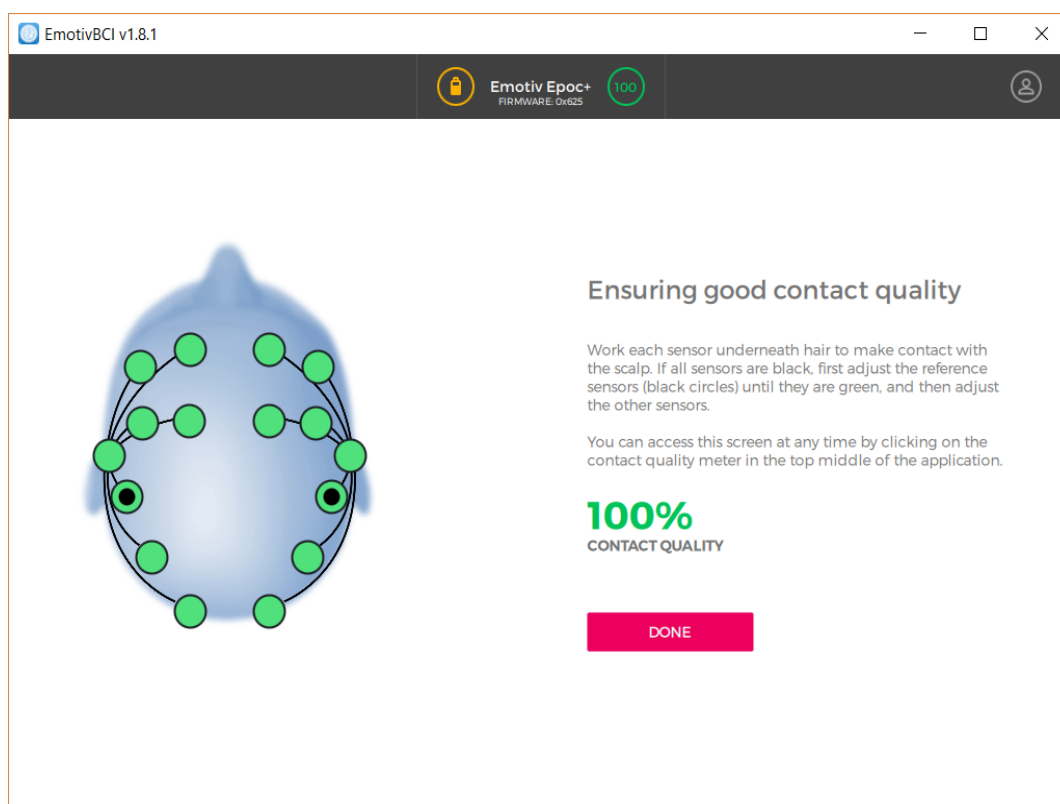
Fig.3. Diagrama de clases de la implementación del prototipo.



Para la ejecución del programa es necesario humectar con una solución salina las almohadillas que contienen los electrodos de la diadema Emotiv Epoc +.

Después de esto se debe conectar el receptor USB a la computadora e iniciar al programa EmotivBCI para verificar que todos los electrodos estén funcionando correctamente y que la carga de la batería es adecuada. La Figura 4 muestra la imagen de la diadema funcionando en forma correcta.

Fig. 4. Imagen del programa EmotivBCI, el cual muestra el estado de los electrodos de la diadema Emotiv Epoc + y el estado de la batería.



Una vez verificado el buen funcionamiento de la diadema Emotiv, inicia el funcionamiento del prototipo. Como se muestra en la Figura 5, el prototipo presenta del lado derecho, los gestos que pueden utilizarse para mover el apuntador del *ratón* y en qué dirección se dirigen, de modo que al realizar el parpadeo con el ojo izquierdo, el apuntador se moverá hacia arriba, mientras que al parpadear con el ojo derecho se moverá hacia abajo; al dirigir la mirada hacia la izquierda, el apuntador se moverá hacia la izquierda; dirigiendo la mirada a la derecha, el apuntador se mueve a la derecha; la activación del clic ocurrirá cuando se realiza una sonrisa. Al dar clic teniendo el apuntador sobre alguno de los botones, aparecerá en la caja de texto titulada “Acciones de botones” un texto indicando el número de botón seleccionado.

De igual manera, en la parte superior de la pantalla se encuentran cuatro menús, los cuales contienen submenús, y presentan un funcionamiento similar, indicando su nombre en la pantalla cuando son seleccionados.

Para iniciar el programa se debe realizar cualquier gesto, lo que producirá que el apuntador del *ratón* aparezca en la pantalla, como muestra la Figura 6.

Fig. 5. Pantalla de la implementación del programa de prueba del prototipo de la capa de funciones gestuales.

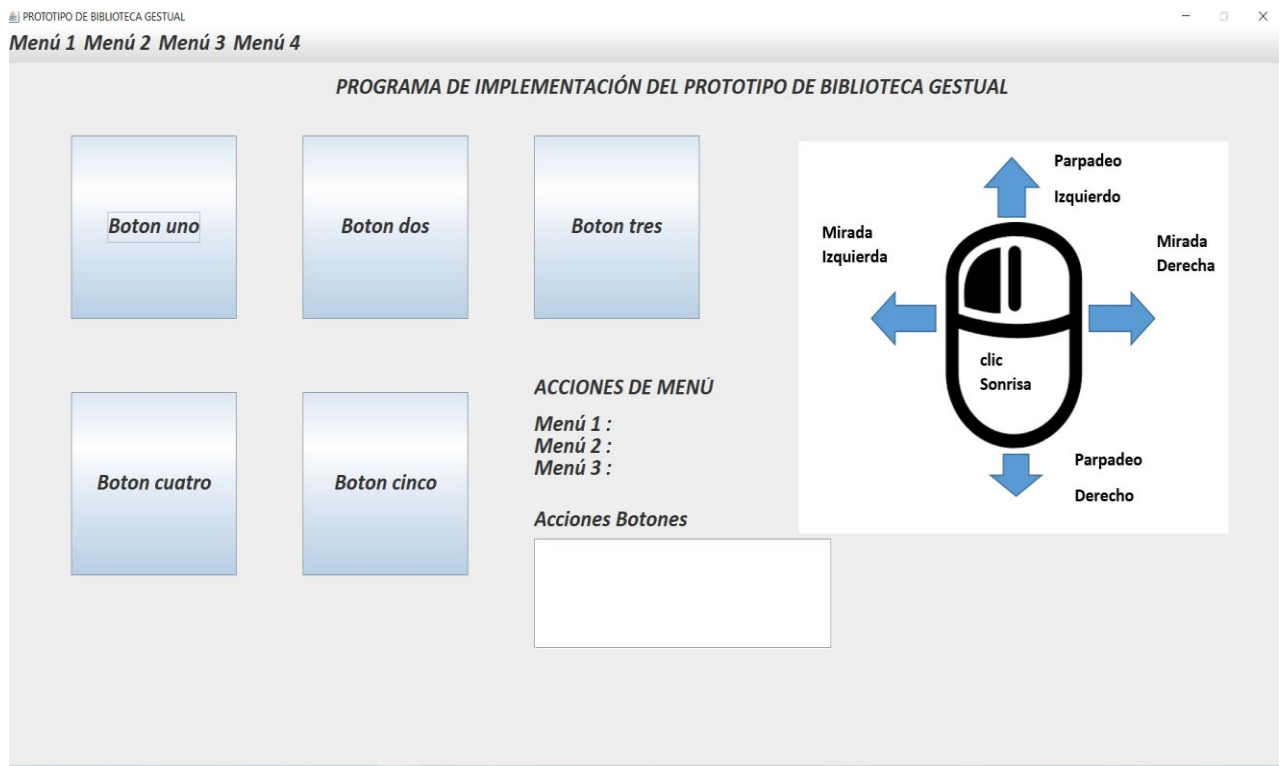


Fig. 6. Ejemplo de inicio de aplicación con gesto.



Como resultado del uso del prototipo se encontró que tuvieron un 90 % de efectividad las interfaces gestuales que fueron configuradas en el prototipo ya que en de diez veces que se probó su funcionamiento fallaron una vez al ser solicitadas. Sin embargo, se presentan algunos problemas en el funcionamiento ya que existe un desfase debido a los movimientos involuntarios de la cara, porque algunas veces al realizar un gesto involuntariamente se activa otro que no se quiere y algunas veces la reacción de la diadema se retrasa. También se encontró que el cabello abundante dificulta el reconocimiento de los electrodos de la diadema.

CONCLUSIONES

Las interfaces humano-computadora son muy usadas hoy en día en muchos sectores de la sociedad, tanto en la industria como en la vida diaria de las personas. Actualmente se observan una gran cantidad de tecnologías con las cuales el ser humano interactúa de diferentes formas, muchas aplicaciones sirven para mejorar la vida diaria de muchas personas o simplemente de ocio.

El desarrollo del prototipo para control del apuntador del *ratón* a través de gestos faciales demostró que es factible el uso de la diadema Emotiv en una interfaz gestual.

Se demostró que Java Swing es una tecnología la cual permite trabajar el uso de interfaces diferentes al *ratón* y al teclado de la computadora. Igualmente se demostró que el patrón de diseño adapter es útil para enlazar el api de la diadema con las clases creadas en el prototipo; se demostró que trabajar con un el patrón arquitectónico MVC promueve la independencia en el desarrollo de componentes; por otra parte, se concluyó que la diadema Emotiv Epoc + es un gran avance tecnológico para el uso de interfaces gestuales, pero aún no es del todo precisa al obtener las señales de interfaces gestuales mediante Java.

4.1 TRABAJOS A FUTURO

Como trabajo futuro se propone la creación de una biblioteca para el manejo de interfaces humano-computadora a través de gestos faciales, que permita la estandarización de gestos faciales, lo cual será una herramienta importante para trabajos futuros de programadores, ya que habrá más infraestructura, que en estos momentos es escasa, la importancia de estas bibliotecas radica en que pueden ser usadas tanto para el desarrollo de aplicaciones para ayudar a comunicar personas con dificultades físicas, hacer aplicaciones domóticas, juegos y muchas aplicaciones más.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo cuenta con apoyo por parte del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

REFERENCIAS

- [1] A. Hawkes, A. Liu, R. Tashakkori, E. Jackson, J. Tate, S. Tashakkori, D. Kale, M. Parry ,” Using the Emotiv EPOC Neuroheadset as an EEGControlled BrainComputer Interface”, in Summer Ventures in Math and Science 2015, pp 1–15, June 2015.
- [2] G. Hornero, E. Font, J. Tejedó, O. Casas, “Interfaz gestual para el acceso a plataformas digitales y control de plataformas para el ocio”, VI Congreso Internacional de Diseño, Redes de Investigación y Tecnología para todos (DRT4ALL), Madrid, 2015 pp. 667-692.
- [3] M. Vidal, K. Pfeuffer, A. Bulling, H. Gellersen,” Pursuits: Eye-Based Interaction with Moving Targets”, The ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Paris, 2013, pp. 3147-3050.
- [4] H. Liang, J. Chang, I. K. Kazmi, J.J. Zhang, P. Jiao,” Hand gesture-based interactive puppetry system to assist storytelling for children”, in The Visual Computer, vol 33, pp 517–531, Apr. 2017.
- [5] R. McAdam, K. Nesbitt, “Leveraging Human Movement in the Ultimate Display”, Proceedings of the Thirteenth Australasian User Interface Conference (AUIC2013), Melbourne, 2013, pp. 11-20.
- [6] E. Hayashi, M. Maas, Jason I. Hong,” Wave to Me: User Identification Using Body Lengths and Natural Gestures”, CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '14), Toronto,2014, pp. 3453-3462.
- [7] M. Heijboer, E. van den Hoven, B. Bongers, S. Bakker,” Facilitating peripheral interaction: design and evaluation of peripheral interaction for a gesture-based lighting control with multimodal feedback”, in Personal and Ubiquitous Computing, vol. 20, no 1, pp 1–22, Dec. 2015.
- [8] B. De Carolis, Giuseppe Palestra, “Gaze-based Interaction with a Shop Window”, International Working Conference on Advanced Visual Interfaces, Bari, 2016, pp. 304-305.
- [9] A. Mehler, A Lücking, G. Abrami, “WikiNect: image schemata as a basis of gestural writing for kinetic museum wikis” in Universal Access in the Information Society, vol. 14, no. 3, pp 333–349, Sep 2015.
- [10] M. Barrón-Estrada, R. Zatarain-Cabada, C. Aispuro-Gallegos, C. de la Luz Sosa-Ochoa, M. Lindor Valdez, “Java Tutoring System with Facial and Text Emotion Recognition”. International Journal of Advanced Research in Computer Science. 106. 49. 2015.
- [11] R.N. Taylor, N. Mendvidovic, E. M. Dashofy, “Software Architecture” Foundations, Theory and Practice, John Wiley & Sons, 2009, pp. 94-97.

[12] “¿Por qué los desarrolladores de software eligen Java?” [Online]. Available: <https://www.java.com/es/about/> [Accessed: 04/Abril/2018].

[13] “EMOTIV EPOC+ 14 Channel Mobile EEG”, [online]. Available: <https://www.emotiv.com/product/emotiv-epoc-14-channel-mobile-eeeg/>. [Accessed: 04/Abril/2018].

[14] “The NetBeans Platform”, [online]. Available: <https://netbeans.org/features/platform/index.html> . [Accessed: 04/Abril/2018].

NOTAS BIOGRÁFICAS



Fernando Octavio Reynoso Martínez es Ingeniero en Sistemas Computacionales del Instituto Tecnológico de Orizaba y actualmente es estudiante de la Maestría en Sistemas Computacionales en el Instituto Tecnológico de Orizaba. Su área de investigación es el desarrollo de aplicaciones de escritorio. Se ha desempeñado como desarrollador en el sector privado de México.



María Antonieta Abud Figueroa, nació en la ciudad de Orizaba, Ver. Es ingeniero en electrónica por la UAM-Iztapalapa, México DF en el año 1984, y maestra en ciencias en sistemas de información por el ITESM-Morelos, en la ciudad de Cuernavaca, Mor. en el año 1991

Ella fue profesora de tiempo completo en el ITESM Campus Central de Veracruz entre los años 1985 y 1993; desde el año 1995 es profesora-investigadora en el área de posgrado del Instituto Tecnológico de Orizaba, en la ciudad de Orizaba, Ver. México. Tiene reconocimiento de Perfil Deseable PRODEP desde el año 2005 y es líder del cuerpo académico en consolidación “CADAIMIS”. Sus áreas de interés son la Ingeniería de Software y las Interfaces Humano-Computadora. La M.C. Abud actualmente es miembro del ACM.



Silvestre Gustavo Peláez Camarena, Ingeniero Industrial en producción en el Instituto Tecnológico de Orizaba, maestro en ciencias especialidad en cómputo estadístico en el Colegio de Postgraduados de Chapingo y especialidad en Educación a Distancia en la Universidad Veracruzana. Actualmente es profesor-investigador de la División de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Tecnológico de Orizaba. Cuenta con reconocimiento de Perfil Deseable ante PRODEP. Publicaciones en congresos nacionales e internacionales y revistas con arbitraje estricto. Es miembro del cuerpo académico CADAIMIS reconocido por PRODEP como un cuerpo académico en formación. Miembro de ACM. Ha dirigido tesis a nivel maestría y proyectos de titulación a nivel licenciatura.



Lisbeth Rodríguez Mazahua, Doctora en Ciencias en Computación, egresada del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN). Es profesora de tiempo completo del Instituto Tecnológico de Orizaba. Ha dirigido más de cinco proyectos de investigación científica y aplicada financiados por CONACYT, el Tecnológico Nacional de México y PRODEP. Es autor de más de 50 publicaciones en revistas de reconocido prestigio y congresos especializados. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel Candidato.



Ulises Juárez Martínez, Doctor en Ciencias en la especialidad de Computación por parte del CINVESTAV. Sus áreas de interés comprenden la adaptación en vivo de sistemas de software, desarrollo de software orientado a aspectos, programación generativa, líneas de productos de software y lenguajes de programación. Actualmente es profesor investigador del Grupo de Ingeniería de Software en el TecNM/I. T. de Orizaba.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 2.5 México.