

Interacción Humano Computadora para personas con capacidad motriz disminuida mediante un dispositivo Wiimote

Brian Emmanuel Magario¹, Matias Nicolás Selzer¹, Martín L. Larrea¹,
Cristina Manresa-Yee², Ramón Mas-Sansó².

¹Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica (VyGLab), Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur, Argentina.
{matias.selzer, brian.magario}@gmail.com
mll@cs.uns.edu.ar

²Universitat de les Illes Balears. Unidad de Gráficos, Visión por Computador e Inteligencia Artificial, España.
Ed. Anselm Turmeda, Crta Valldemossa km 7.5, 07122 Palma, España.
{cristina.manresa, ramon.mas}@uib.es

ABSTRACT. En nuestra era moderna, las computadoras son la base fundamental para poder estar conectados con el resto del mundo. Este derecho no se le debe privar a nadie, ni siquiera a aquellas personas con capacidades motrices disminuidas. En los últimos años, interfaces de todo tipo han sido desarrolladas en el área de la Interacción Humano Computadora para ayudarles a acceder a una computadora de la forma más segura y eficiente posible.

En este artículo se presenta una interface cómoda y sobre todo económica para que personas con capacidad motriz disminuida en sus brazos y manos puedan controlar satisfactoriamente el mouse del ordenador, abriéndoles paso a un mundo infinito de posibilidades.

Palabras Clave: Head Tracking, Interacción Humano Computadora, Wiimote, Discapacidad Motriz.

1. Introducción

Las personas que poseen algún tipo de discapacidad motriz a menudo tienen grandes dificultades para comunicarse o interactuar con los dispositivos electrónicos y tecnológicos de la actualidad. Existen herramientas de asistencia tecnológica que se han desarrollado para ayudarlos a superar este tipo de situaciones, brindándoles la posibilidad de comunicarse mediante programas y hardware especializados. De esta forma, este tipo de usuarios pueden beneficiarse del acceso a una computadora, ya sea para obtener conocimientos, actividades recreacionales y uso de internet.

Para las personas con capacidades motrices disminuidas o nulas en brazos o manos, el uso de los movimientos de la cabeza, de ser posibles, abre un abanico de posibilidades.

El principal medio de interacción con una computadora es el ratón y el teclado. Hoy en día coexisten muchas alternativas para el control del mismo. Por ejemplo, es posible encontrarse con algunos sistemas que usen tecnología infrarroja; u otros, en donde el usuario pueda mover el cursor mediante movimientos de su cuerpo. Una dificultad o desventaja de estos dispositivos es que, en muchos casos, existen usuarios que poseen impedimentos propios de la discapacidad que traen aparejados movimientos involuntarios, provocando la necesidad de una recalibración, siendo necesaria la presencia de otro individuo para poder realizar dicha actividad. Para controlar esto se utilizan sitios donde apoyar la pera, que pueden ser incómodos. Desafortunadamente los dispositivos existentes a la fecha suelen ser extremadamente caros o con un funcionamiento ineficiente o inexacto.

Nuestro objetivo ha sido desarrollar un dispositivo confiable, económico y cómodo de usar para que personas con incapacidad motriz en los brazos o manos puedan hacer uso de una computadora.

En este artículo se presentará una descripción de las diferentes alternativas existentes hasta la fecha, seguido de nuestra propuesta, y posteriormente su implementación. Concluiremos el artículo realizando comparaciones correspondientes y una conclusión al respecto.

2. Trabajos Relacionados

Existen diversos dispositivos y sistemas en el mercado para tratar la comunicación entre personas con alguna discapacidad y las computadoras.

Dispositivos de adquisición y procesamiento de señales neurológicas ([1,2]), como el Emotiv EEG Neuroheadset (Figura 1.a) pueden utilizarse para el control del mouse del ordenador. Estos dispositivos censan las señales eléctricas producidas por el cerebro del usuario para detectar sus pensamientos y expresiones. Como estos dispositivos no fueron creados para simplemente controlar un mouse, la desventaja es que mucho de su poder computacional se desperdicia. Son dispositivos altamente sofisticados y costosos (alrededor de u\$s750.00). Además, es mucho el tiempo que requiere el usuario para adaptarse al mismo y aprender a utilizarlo correctamente.

Otro tipo de sistemas utilizan la cámara web de la computadora para procesar la imagen del usuario y que éste pueda así controlar el mouse de la computadora mediante movimientos de su cabeza ([3,4]). La ventaja de esto es que no se requiere de hardware adicional, más que la cámara web integrada en cualquier notebook de hoy en día. Además, existen sistemas como Camera Mouse que son totalmente gratis.

El problema en estos sistemas es la poca precisión de los mismos, el usuario debe tener mucha precaución a la hora de mover su cabeza si desea un correcto movimiento del mouse en la pantalla, por lo que no está pensado para todo el público. Además necesita condiciones externas muy estrictas para funcionar adecuadamente, como por ejemplo una luz adecuada y ningún obstáculo entre el usuario y la cámara en ningún momento, ya que esto último desconfigura la calibración del sistema completamente. El SINA ([5]) es un sistema que utiliza una cámara web y mediante avanzadas técnicas de software realiza el seguimiento del usuario.

Existen también sistemas con cámaras especiales con la capacidad de detectar

pequeños puntos infrarrojos que el usuario debe colocarse en la frente o en los anteojos. Estos sistemas, como Madentec Tracker 2000 o Tracker Pro poseen un buen desempeño a la hora de controlar el mouse ya que fueron diseñados para eso. Al utilizar hardware adicional, el alto costo de estos dispositivos (u\$s 950.00) se convierten en su mayor desventaja. Además, el hecho de tener que pegarse unos pequeños puntos en la frente no suele ser de mucha comodidad para el usuario.

Los Sistemas de Visión por Computadora Centralizados en el Usuario utilizan la última tecnología en cuanto a cámaras y métodos de procesamiento de imágenes y calibración muy sofisticados. Estos sistemas suelen ser más caros ya que poseen un hardware especial, pero la ventaja es su funcionalidad, ya que pueden detectar perfectamente la pupila del usuario para que el mismo pueda mover el mouse en su computadora con tan solo mover el ojo ([6,7]). Estos dispositivos están pensados para personas con un muy bajo grado de movilidad, pero puede ser utilizado por todo el público en general.

Existen otros sistemas, como Jouse 2 (Figura 1.b), el cual utiliza un joystick para que el usuario pueda controlar el mouse de su computadora mediante su boca. Aunque el precio sea extremadamente alto (u\$s 1,499.99) y la comodidad para el usuario no sea la mejor, es uno de los dispositivos más precisos a la hora de controlar el mouse. Otros dispositivos como NoHands Mouse™ consiste en dos pedales separados operados con los pies, con uno se controla el puntero y con el otro los clicks. El precio de este dispositivo no es muy alto (u\$s 360.00), pero la adaptación que debe hacer el usuario para acostumbrarse a utilizarlo suele ser tediosa y poco intuitiva. Además, los resultados no son tan buenos ni precisos, como otros dispositivos existentes en el mercado.



(a) Emotiv EEG Neuroheadset



(b) Jouse 2

Figura 1. Ejemplos de productos existentes.

Tras haber analizado todas las propuestas existentes, nuestro enfoque se basa en la creación de un dispositivo económico y óptimo, con completa funcionalidad y comodidad para todo tipo de usuarios, pero enfocándonos especialmente en aquellas personas con alguna discapacidad física que les impida utilizar un ratón común para el uso cotidiano del ordenador.

3. Nuestra Propuesta

El objetivo general de nuestro trabajo fue desarrollar un dispositivo que sirva como interfaz entre el usuario y la computadora permitiéndole de esta manera controlar la misma de una forma análoga a la utilización física del mouse. Principalmente el dispositivo debe ser cómodo de utilizar, eficiente, intuitivo, robusto, y económico.

Nuestra idea se enfoca en que el usuario, para poder mover el puntero del ratón, deba rotar levemente la cabeza hacia la dirección deseada. Se han elegido movimientos de rotación por ser más suaves y más intuitivos y requieren menos esfuerzo que los movimientos de desplazamiento.

El dispositivo Wiimote está provisto de una cámara infrarroja con la que puede detectar la posición de puntos infrarrojos. Utilizando este dispositivo y unas gafas especiales provistas de tres LEDs infrarrojos colocados estratégicamente, se detectan los movimientos de la cabeza del usuario para poder mover el cursor en la pantalla del ordenador. Mediante una conexión Bluetooth se envía luego la posición relativa de dichos LEDs a nuestra aplicación corriendo en el ordenador. En la figura 2 podemos apreciar la posición de dichos LEDs infrarrojos sobre las gafas.

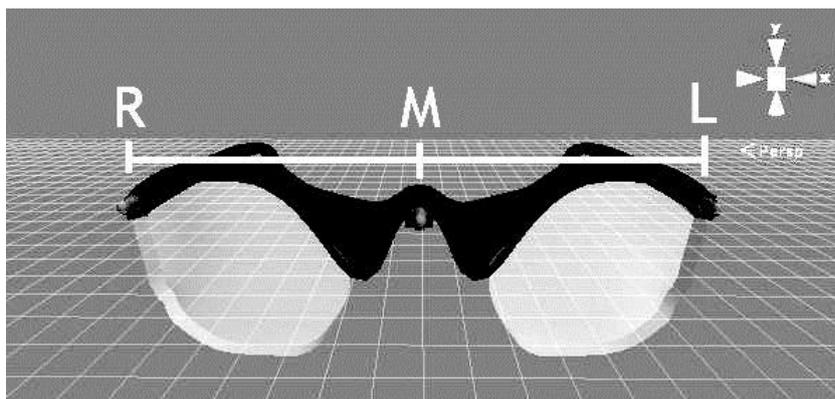


Figura 2. Imagen frontal del dispositivo

Llámesse L al LED izquierdo, R al derecho y M al del centro. Podemos obtener la siguiente expresión matemática referida a las distancias entre los LEDs:

$$|R - M| \cong |L - M| \quad (1)$$

Aprovechando la facilidad del Wiimote para capturar la emisión de los LEDs infrarrojos, se procesa el movimiento del puntero según las distancias relativas entre los LEDs de la siguiente forma:

Cuando el usuario gire la cabeza hacia la izquierda o hacia la derecha, la distancia entre L e R con respecto a M variarán. Si el usuario gira su cabeza hacia la izquierda,

$$|R - M| > |L - M| \quad (2)$$

Análogamente, cuando el usuario gire su cabeza hacia la derecha,

$$|R - M| < |L - M| \quad (3)$$

De esta forma podremos conocer cuándo mover el puntero hacia la izquierda o hacia la derecha. En la figura 3 se puede apreciar claramente la diferencia de distancias entre los distintos LEDs cuando el usuario gira su cabeza hacia la izquierda.

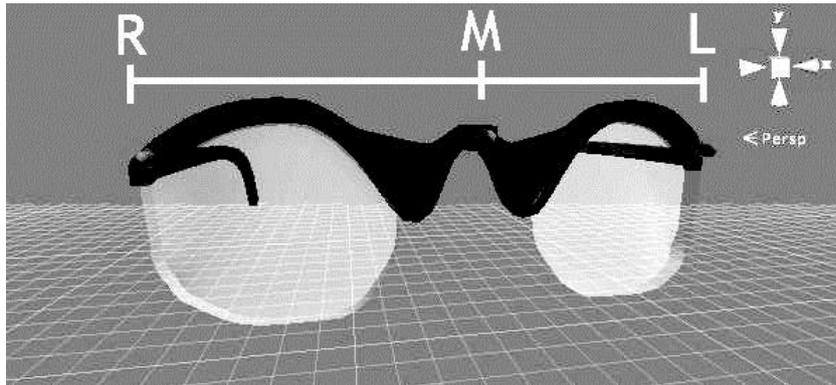


Figura 3. Apreciación del dispositivo rotado hacia la izquierda

Si siguiéramos el mismo criterio, serían necesarios dos LEDs más situados arriba y abajo del LED central para poder diferenciar los movimientos del usuario hacia arriba y hacia abajo respectivamente. Esto puede ser una solución válida, pero poco práctica teniendo en cuenta el poco espacio físico del dispositivo. Para evitar este problema, se plantea la siguiente solución: el LED del medio se ubicará unos centímetros más adelante que los LEDs de los extremos, como se puede ver en la figura 4.

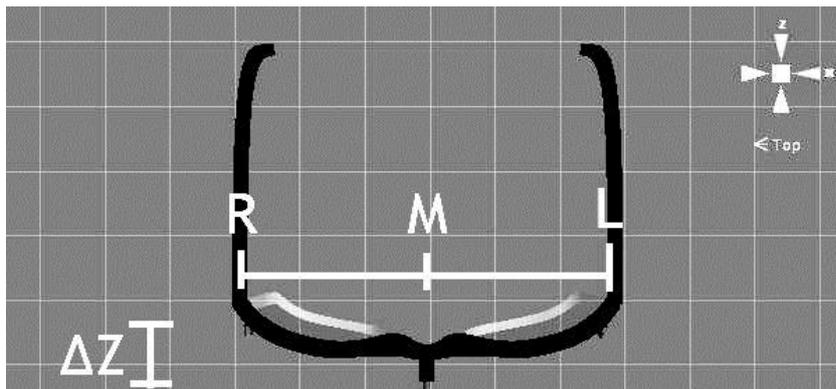


Figura 4. Vista superior del dispositivo

Para medir los movimientos hacia arriba o hacia abajo, se calcula un promedio entre la posición de los LEDs de los extremos sobre el eje Y, y éste valor se compara

con el valor sobre el eje Y del LED central. El promedio del valor de los LEDs de los extremos se realiza porque se asume que, cuando el usuario inclina su cabeza hacia arriba o hacia abajo, la posición de éstos será aproximadamente la misma, y no estaremos discriminando entre uno u otro.

Entonces, si

$$\frac{(R_y + L_y)}{2} < M_y \quad (4)$$

Esto es, si el LED central está más arriba que el promedio entre los LEDs de los extremos, el usuario está inclinando su cabeza hacia arriba y por lo tanto el puntero se moverá hacia esa dirección. Podemos ver esto en la figura 5.

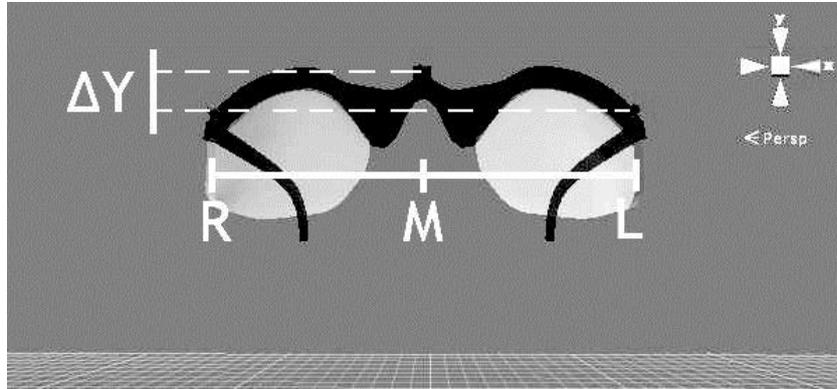


Figura 5. Movimiento hacia arriba del dispositivo

$$\Delta Y = \left| \frac{(R_y + L_y)}{2} - M_y \right| \quad (5)$$

Caso contrario, si

$$\frac{(R_y + L_y)}{2} > M_y \quad (6)$$

El usuario está inclinando su cabeza hacia abajo, moviendo el puntero respectivamente. Aprovechando la facilidad de que el LED central se encuentra más adelante que los otros, este generará un ángulo de giro más grande con un movimiento más leve por parte del usuario, es decir, se acercará más rápidamente a los LEDs de los extremos y por ende, las distancias entre los mismos serán más notorias, facilitando su obtención y la realización de cálculos.

En nuestra implementación, la velocidad con la que se moverá el puntero por la pantalla no será siempre la misma, sino que será relativa a las distancias entre los LEDs. Es decir, cuanto más incline la cabeza el usuario, más rápido se moverá el puntero. Esta aceleración será verdaderamente intuitiva para el usuario, ya que deberá realizar un mayor movimiento para generar una mayor velocidad.

Por último, para que el puntero no esté siempre moviéndose por la pantalla y el usuario pueda dejarlo quieto, se plantea un umbral a la hora de comparar las

distancias entre los LEDs. Por ejemplo, si la distancia entre L y M es casi la misma que la distancia entre R y M, o la diferencia de esas distancias es menor al umbral, significa que el usuario tiene su cabeza situada prácticamente de frente, por lo que el puntero no se moverá. Analíticamente, el puntero se mantendrá quieto siempre que se cumpla:

$$|(|R - M| - |L - M|)| < \textit{umbral} \quad (7)$$

Con respecto a los eventos del mouse, se quiso llegar a una solución en donde no se deba utilizar absolutamente nunca los brazos o las manos, por lo que se optó por utilizar comandos de voz. El usuario podrá realizar los eventos típicos del mouse, como lo son el click, click derecho, doble click, arrastrar y soltar, mediante comandos simples de voz.

4. Implementación

Se ha desarrollado una aplicación en C# para el análisis y procesamiento de los datos recolectados por dispositivo Wiimote, a partir de los cuales se realiza el cálculo correspondiente de la posición y velocidad del mouse en la pantalla. En la figura 6 puede verse una vista de la aplicación en cuestión, donde se aprecian los LEDs de las gafas encendidos; en la figura 7 puede verse a un usuario utilizando la aplicación.

Para facilitar la interpretación de dichos datos, el código provisto por Johnny Chung Lee ([8]) en sus investigaciones relacionadas a la interacción humano computadora con el dispositivo Wiimote, ha sido de gran utilidad.

Con respecto a los eventos del mouse realizados mediante comandos de voz, se hizo uso de la librería System.Speech provista por el sistema operativo Windows. Esta librería brinda la posibilidad de almacenar los comandos deseados en un archivo de texto para luego ser interpretados durante la ejecución de la aplicación.

Tanto el código de la aplicación como las instrucciones de armado de las gafas se encontrarán disponibles en el siguiente sitio web bajo licencia freeware:

https://docs.google.com/file/d/0Bynuc25YJ_y-Zm5hem55UU5GLTQ/edit?usp=sharing



Figura 6. Se aprecian los LEDs del dispositivo encendidos.



Figura 7. Usuario utilizando la aplicación.

5. Conclusión

Se ha desarrollado un dispositivo que, en conjunto con el existente Nintendo Wiimote y una aplicación de pc, permite a personas con cierto grado de discapacidad motriz en sus brazos y manos poder controlar el mouse, brindándole acceso a la tecnología mediante el uso de las computadoras. Las experiencias han sido muy alentadoras, demostrando que nuestro sistema puede proveer un adecuado y cómodo acceso a una computadora a personas con cierto grado de discapacidad motriz, de una forma muy satisfactoria.

6. Trabajo a Futuro

En un futuro se trabajará a nivel de implementación y algoritmo para generar un mejor movimiento del puntero del ratón, más suave y adecuado para el usuario.

Por otro lado, en cuanto a las conexiones entre el Wiimote y la computadora, se buscará que sean manejadas automáticamente por la aplicación en cuestión, evitando así la dependencia de aplicaciones externas.

Agradecimientos. Este trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto español MAEC-AECID FRIVIG A1/037910/11 y el proyecto argentino 24/N028 de la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur.

Referencias

1. Lusted, H. S., & Knapp, R. B. (1996). Controlling computers with neural signals. *Scientific American*, 275(4), 82-87.
2. Moore, M. M. (2003). Real-world applications for brain-computer interface technology. *Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, IEEE Transactions on, 11(2), 162-165.
3. Varona, J., Manresa-Yee, C., & Perales, F. J. (2008). Hands-free vision-based interface for computer accessibility. *Journal of Network and Computer Applications*, 31(4), 357-374.
4. Akram, W., Tiberii, L., & Betke, M. (2007). A customizable camera-based human computer interaction system allowing people with disabilities autonomous hands-free navigation of multiple computing tasks. In *Universal Access in Ambient Intelligence Environments* (pp. 28-42). Springer Berlin Heidelberg.
5. Cristina Suemay Manresa Yee, Junio 2009, Advanced and natural interaction system for motion-impaired users, Tesis Doctoral, Universitat de les Illes Balears, Departament de Ciències Matemàtiques i Informàtica, España.
6. Jacob, R. J., & Karn, K. S. (2003). Eye tracking in human-computer interaction and usability research: Ready to deliver the promises. *Mind*, 2(3), 4.
7. Kaufman, A. E., Bandopadhyay, A., & Shaviv, B. D. (1993, October). An eye tracking computer user interface. In *Virtual Reality, 1993. Proceedings., IEEE 1993 Symposium on Research Frontiers in* (pp. 120-121). IEEE.
8. Johnny Chung Lee, HCII, johnny@cs.cmu.edu, Website: <http://johnnylee.net/projects/wii/>.