

Diseño de un mouse óptico facial para pacientes que presentan discapacidad parapléjica

A. Torres, S. Gamboa, O. Hernández, A. Martínez, A. Pérez, W. Torres, J. Camas, M. Pérez y H. Castañón

Depto. de Posgrado en Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México;
jcamas@ittg.edu.mx[†]

[†] Autor para la correspondencia

Recibido el 15/04/2009. Aprobado en versión final el 22/03/2010.

Sumario. En este trabajo se presenta un diseño de un Mouse Óptico Facial con una interfaz electrónica basada en dispositivos optoelectrónicos, utilizando un microcontrolador con módulo USB. Se ha implementado el desarrollo de un dispositivo y un software que permite acceder y utilizar una computadora a las personas con discapacidades motrices severa en extremidades superiores, en especial las que presentan cuadrapléjica. Se ha implementado un protocolo de comunicación mediante luz infrarroja (IR) para tener control inalámbrica del cursor de la computadora. Se ha diseñado un dispositivo mecánico capaz de ajustarse a los diferentes contornos faciales. Con este diseño, se aprovecha de forma óptima los movimientos faciales de una persona cuadrapléjica. Cabe mencionar que en este diseño es necesario un software que emule un teclado físico en la pantalla de la computadora, el cual, permite la escritura de caracteres en cualquier procesador de textos.

Abstract. In this work, we present a Facial Optical Mouse with an electronic interface based on optoelectronics devices. A microcontroller with an USB module was used. Development of a device and software have been implemented. This device allows using a computer to the people with severe motor incapacity in extremities superiors, especially those that present quadriplegia. Communication protocol using infrared (IR) to have wireless control of computer cursor have been implemented. A mechanical device have been designed. This design is capable of adjusting to different facial contours, and it takes advantage of optimal facial movements of a quadriplegic person. Software that emulates a physical keyboard on the computer screen allows the character writing in any text processor.

Palabras clave. Optoelectronic Devices, 85.60.-q, Computer Interfaces, 07.05.WR, Infrared detectors, 07.57.Kp

1 Introducción

Actualmente, el uso de una computadora es parte importante de cada ser humano, ya que actividades como: escribir con la ayuda de un teclado, navegar por Internet, jugar o aprender con programas multimedia, leer textos en pantalla o simplemente desplazar el Mouse de la computadora son actividades sencillas y en la mayoría de los casos hasta rutinario. Sin embargo, no todas las per-

sonas tienen acceso a manejar una computadora de manera fácil y rápida, ya que existe un grupo de nuestra sociedad que se encuentra afectado por alguna discapacidad física, psíquica o sensorial, el cual, es un problema que dificulta el desarrollo personal y la integración social, educativa o laboral de dichas personas.

La discapacidad en un ser humano es una realidad, ya que puede presentarse durante el trayecto de la vida. Actualmente, la mayoría de los países están preocupados por estudiar la forma de cómo se debe disminuir la des-

ventaja en la que se encuentra una persona con discapacidad, ya que debemos estar conscientes que un discapacitado presenta limitaciones al interactuar en un ambiente específico. En Chile, crearon un novedoso sistema domótico para discapacitados, el cual, al ser conectado con una computadora, puede tener el control de todo equipo de aparato mediante envío de señales infrarrojo (<http://diario.elmercurio.com/2007/01/14/propiedades/propiedades/noticias/impresionD7C...> 16/01/2007). En Argentina, reportan una batería de dispositivos tecnológicos el cual permite a los cuádruplécicos escribir y moverse y a los sordos comunicarse por teléfono

(<http://www.diariohoy.net/interésgeneral>, Universidad Tecnológica Nacional (UTN), 2003). Además de este avance tecnológico, también existen en Argentina otros desarrollos para ayudar a personas que presentan alguna discapacidad (<http://www.diariohoy.net/interésgeneral>, Universidad Nacional de la Plata (UNLP), 2004) [1]. En 1998, la Universidad de Costa Rica presentó un informe por solicitud de la UNESCO en la Asamblea Legislativa sobre el estudio y problemática de discapacidades enfocado a un modelo más tradicional a una visión de Derechos Humanos e igualdad de oportunidades [2].

Con esto, nos damos cuenta que en los países latinoamericanos y no solo en ellos, sino también a nivel mundial, existe preocupación porque cada persona discapacitada se incorpore a un entorno social difícil en estos días.

En México, existe un manual cuyo principal objetivo es integrar a una persona discapacitada a Instituciones de Educación Superior [3], elaborado por la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), apoyado por la Secretaría de Educación Pública (SEP).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen más de 10 millones de personas que presentan un tipo o grado de discapacidad en México. De los cuales según el XII censo general de población y vivienda del año 2000, elaborado por el INEGI, tan solo 397,183 personas con algún tipo o grado de discapacidad se encuentran económicamente activas. Según este censo, las discapacidades de tipo motriz ocupan el primer lugar tanto a nivel nacional como en el Estado de Chiapas con 45.3% y 40.3% respectivamente. Además, dicha institución asegura que en Chiapas existen 61,597 habitantes con al menos una discapacidad.

Un tipo de discapacidad motriz es la cuádruplécia, que es una lesión en la porción superior medular que se refiere a la parálisis que afecta las cuatro extremidades. El resultado es la parálisis total de las extremidades inferiores, causando en forma parcial o completa las superiores, dependiendo del nivel neurológico afectado.

En este trabajo se presenta un Mouse Óptico Facial (MOF). Este proyecto es multidisciplinario donde se involucran las áreas de mecánica, electrónica, optoelectrónica y sistemas computacionales. Se desarrolla un prototipo que permite a las personas con discapacidad parapléjica (el cual proviene ya sea por nacimiento, enfermedad o accidente) interactuar con una computadora con el

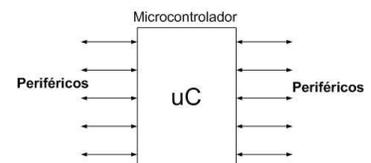
objeto de mejorar su calidad de vida ofreciéndoles un cierto grado de autonomía en su vida cotidiana. El MOF está compuesto por un diseño de una interfaz electrónica basada en sensores óptoelectrónicos, utilizando un microcontrolador con módulo USB (Universal Serial Bus) para la comunicación y conectividad del MOF con una computadora. Se utiliza e implementa un protocolo de comunicación con luz infrarroja (IR) para establecer comandos de control de tal manera, que se pueda manipular el cursor de la computadora sin la necesidad de utilizar cables de conexión. Se presenta el diseño de un dispositivo mecánico terminado, el cual, puede ajustarse a los diferentes contornos faciales, aprovechando de manera óptima cada uno de los movimientos gestuales del rostro.

2 Marco teórico

2.1 Microcontrolador. El sistema desarrollado, consta de hardware y software. En la parte del hardware se utilizan microcontroladores PIC18F2550 y PIC16F84 (Microchip Company). El primer modelo tiene un módulo USB interno que se configura como un Dispositivo de Interfaz Humana (Human Interface Device, HID), el cual, es una clase de dispositivo a la que pertenece un Mouse para computadora con conexión USB. Por otro lado, parte del mismo microcontrolador se implementa al módulo de recepción de la señal codificada con el protocolo SIRC (Serial InfraRed Control). Es importante describir que el microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica le confiere la denominación de «controlador incrustado» (*embedded controller*) [4].

En la memoria de un microcontrolador sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada

Figura 1. Diagrama de bloque del microcontrolador.



Las partes principales de un microcontrolador son: 1. Procesador, 2. Memoria no volátil para contener el programa, 3. Memoria de lectura y escritura para guardar los datos, 4. Líneas de entrada y salida (E/S) para los controladores de periféricos: a) Comunicación paralela, b) Diversos puertos de comunicación (BUS I2C, USB,

RS-232, etc.), 5. Recursos auxiliares: a) Circuito de reloj, b) Temporizadores, c) Perro Guardián («watchdog»), d) Conversores Analógico-Digital (AD) y Digital-Analógico (DA), e) Comparadores analógicos, f) Protección ante fallos de la alimentación, g) Estado de reposo o de bajo consumo.

2.2 USB (Universal Serial Bus). USB es una interfaz para la transmisión de datos y distribución de energía que ha sido introducida en el mercado de Computadoras Personales (PC's) y periféricos para mejorar las lentas interfaces series (RS-232) y paralelas. A nivel eléctrico, el cable USB transfiere la señal junto con la alimentación en 4 hilos. La versión utilizada fue la 2.0 ya que considera una alta velocidad de 480 Mbits/s, además, con esta velocidad es comparable al puerto FireWire desarrollado por la empresa Apple.

El diseño permite que un sólo puerto maneje hasta 127 dispositivos conectados en él. Además, se diseñó el soporte Plug-and-Play (P&P) con lo que cada conexión USB puede ser configurada de manera automática por la computadora sin necesidad de reiniciar todo el equipo de computo. El diseño incluye una función opcional de alimentación del dispositivo desde la computadora, a través del cable de conexión. Para conectar varios dispositivos a un solo puerto se utiliza un concentrador, el cual ofrece múltiples conectores para conectar una función en cada uno de ellos o incluso otro concentrador. Esto crea un sistema jerárquico o de árbol. Esta jerarquía de conexiones forma una topología de estrella, la cual permite monitorear la energía de los dispositivos conectados e incluso apagar alguno si existe una condición de sobrecorriente sin afectar a los demás dispositivos que se encuentren conectados.

2.3 Periférico de Interfaz Humana (HID). La clase de dispositivos de interfaz Humana (HID) incluye teclados, dispositivos señaladores y controles para juegos. Con estos dispositivos, la computadora actúa a partir de entradas humanas tales como presionar una tecla y mover el Mouse.

La computadora debe responder rápidamente para que los usuarios no noten un retardo entre la acción y la respuesta en la computadora [5].

El descriptor de esta clase de interfaz identifica que otros descriptores están activados para indicar su tamaño aportando datos descriptivos de la estructura de datos que el dispositivo genera y los datos que en ese momento está aportando o extrayendo. Describe en qué posición o estado se encuentra un determinado conmutador e identifica para que esta siendo utilizada esta posición con el fin de coordinar su acción desde el dispositivo sobre el sistema y conocer a que entrada atender de todas las posibles que se encuentran activas en ese momento. También, pueden estar varios dispositivos o que un dispositivo complejo debe ser atendido en cada uno de sus puntos finales. Así mismo, controla el software que rige la funcionalidad para esa entrada. Esta información se denomina *Descriptor de Informe*.

Por otro lado el descriptor informa acerca de la parte

o partes del cuerpo humano que esta activando los controles del dispositivo, describiendo tres campos:

a) Designador: identifica que parte efectúa la acción (una mano)

b) Calificador: identifica cual de las dos manos (derecha o izquierda)

c) Esfuerzo: identifica el esfuerzo que debe efectuarse para aportar este dato. A esta información se le denomina descriptor físico.

2.4 Mouse para computadora. El mouse, inventado por Douglas Engelbart en el Stanford Research Center en 1963, e impulsado por Xerox en 1970, es uno de los más grandes inventos en la ergonomía de computadoras porque eso libra a los usuarios de la gran proporción en el uso del teclado. Cuando se patentó recibió el nombre de "X-Y Position Indicator for a Display System" (Indicador de posición X-Y para un sistema con pantalla).

El Mouse es importante para la interfaz gráfica de usuario, porque uno puede simplemente apuntar hacia opciones, objetos y seleccionar en el botón del mouse. Tales aplicaciones se les llaman programas "point-and-click" (apuntar y teclear). El Mouse es un dispositivo que controla el movimiento del cursor o apunta en una pantalla. Un mouse es un objeto pequeño que se puede rodar a lo largo de una superficie sólida y plana. Su nombre se deriva de su forma que se parece un poco a un ratón siendo la cola el cable que se conecta con la computadora. Cuando se mueve el Mouse, el apuntador en la pantalla se mueve en la misma dirección. El mouse contiene por lo menos un botón y en algunos casos tiene tres, la cual, tienen diferentes funcionalidades dependiendo del programa que se esté utilizando. Algunos ratones incluyen una rueda de desplazamiento para desplazarse en documentos largos.

2.5 Protocolo SIRC (Serial Infra-Red Control). El protocolo SIRC, generalmente se utiliza en equipos electrodomésticos para enviar y recibir datos mediante un control remoto.

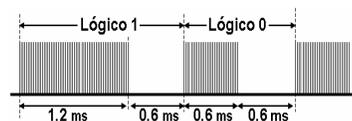


Figura 2. Paquete de datos recibidos por un receptor con protocolo SIRC.

El control remoto emite una señal infrarroja codificada. Esta señal es una especie de tren de pulsos, los cuales a su vez son una ráfaga de pulsos más pequeños, a una frecuencia de 40 KHz. La señal viene modulada con el objetivo de evitar las interferencias entre el emisor y el receptor.

Este protocolo generalmente está conformado por 12 pulsos: a) un pulso de inicio, b) siete pulsos de comando, donde viene codificada la tecla que fue pulsada y c) finalmente cinco pulsos de dirección, que corresponden al aparato utilizado. El protocolo SIRC primero envía da-

tos de Base Estándar de Linux.

En la figura 2 se muestra un paquete de datos. Este protocolo codifica un bit de inicio como un pulso con una duración de 2.4 ms, un nivel lógico "1" como un pulso en alto de 1.2 ms seguido por un pulso en bajo 0.6ms; y un nivel lógico "0" como un pulso con duración de 0.6 ms seguido por otro pulso con la misma duración.

3 Diseño del mouse optico facial

Las personas que presentan cuádrupléjia tienen un amplio control del movimiento facial, por lo que es posible monitorear puntos estratégicos de dichos movimientos para utilizar una computadora con el mínimo esfuerzo. Debido a esto, el dispositivo propuesto es un Mouse Óptico Facial, manipulado con los siguientes gestos y sus respectivas funciones (figura 3):

- Inflar la mejilla derecha permite desplazar el cursor de la computadora hacia el lado derecho.
- Inflar la mejilla izquierda permite desplazar el cursor de la computadora hacia el lado izquierdo.
- Levantar el labio permite desplazar el cursor de la computadora hacia arriba.
- Abrir un poco la boca permite desplazar el cursor de la computadora hacia abajo.

Inflar ambas mejillas al mismo tiempo permite realizar con el cursor la acción de selección o tecleo. Este mecanismo es ideal, ya que no se requiere de atención total para manejar el dispositivo como los sistemas basados en soplidos o en movimientos de la cabeza. Para que el dispositivo funcione sin necesidad de instalar drivers, se utilizó el soporte Plug and Play del bus USB descrito anteriormente; es importante hacer mención que el Sistema Operativo usado es el que provee dicho reconocimiento ya que selecciona los drivers genéricos para dispositivos HID.

3.1 Diseño del Sistema Mecánico. En la figura 4 y 5 se muestra el Sistema Mecánico. Este diseño contiene a los sensores ópticos que se encargan de registrar los movimientos faciales de la persona con cuádrupléjia. El mecanismo se apoya sobre las orejas del individuo, con la finalidad de que sea más confortable para el discapacitado. El mecanismo se diseñó tomando en cuenta las diferentes formas de rostro, así que el dispositivo cuenta con mecanismos de desplazamiento para tener la posibilidad de ajustarse al rostro adecuadamente y de manera fácil. El peso del mecanismo es de 200 gr. El MOF es un sistema compuesto de hardware y software, que permite el uso de una computadora sin necesidad de utilizar las manos.

La parte de hardware se coloca en el rostro de la persona, esto permite el uso del cursor de una computadora mediante un conjunto de 4 sensores ópticos colocados en forma estratégica en el rostro de una persona de tal manera que ciertos gestos le permitan desplazar el cursor de la computadora así como también realizar las acciones conocidas como tecleo y doble tecleo de selección.

El movimiento del cursor es generado por reflexión

de luz producido por un LED infrarrojo y recibido por un fototransistor.

Figura 3. Puntos de interés para poder manejar Facial Mouse.

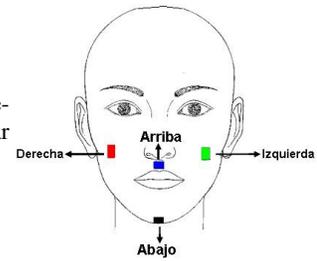


Figura 4. Desplazamientos posibles del Sistema Mecánico del MOF.

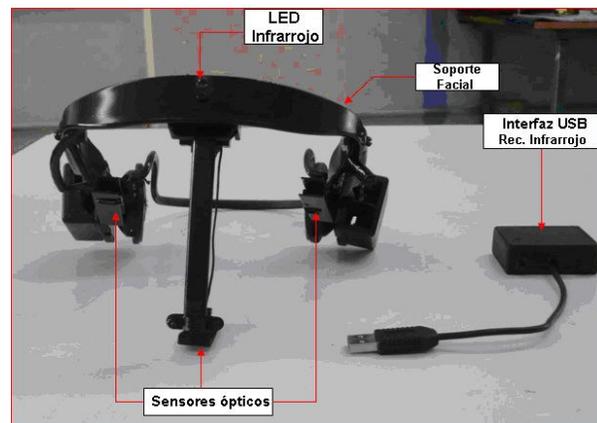
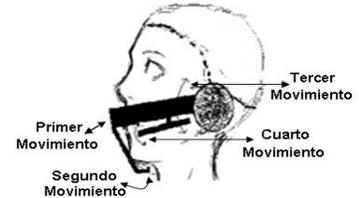


Figura 5. Prototipo del sistema mecánico del MOF.

Figura 6. Sensor óptico reflectivo CNY70.

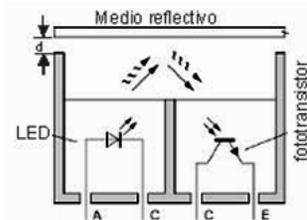


Figura 7. Teclado virtual del Software para el MOF.

Tanto el LED como el fototransistor vienen incluidos en un diseño compacto. El modelo que se utilizó fue el CNY70 de la marca VISHAY TELEFUNKEN. La longitud de onda central del LED y del fototransistor es de 950 nm. En la figura 6 se muestra un diagrama de este modelo en particular.

La parte del software es la implementación de un teclado en el monitor de la computadora (figura 7), es decir, un teclado virtual, que le servirá al discapacitado cuadrapléjico para poder escribir, manifestar sus ideas y tener comunicación constante. Cabe mencionar, que cada botón en el teclado virtual al ser pulsado, enviará el respectivo carácter a la aplicación activa de la computadora. Además, El software cuenta con un editor que sirve para almacenar temporalmente información digital, con la finalidad, de que si se escribe un texto, se almacena y se envía todo el texto a la aplicación activa de la computadora. El lenguaje de programación que se utilizó para elaborar el teclado virtual, es el Visual C#, utilizando con ello el entorno de desarrollo de Microsoft Visual C# 2005 Edición Express, debido a que es una versión disponible de forma gratuita.

4 Conclusiones

Se ha diseñado un prototipo de un Mouse Óptico Facial, proporcionando una alternativa para involucrar a actividades a través de una computadora a personas con cuadrapléjia. El MOF puede ser utilizado por personas con discapacidad severa en extremidades superiores, tales como: parálisis cerebral, distrofia muscular, mal de parkinson esclerosis lateral amiotrófica, o por personas sin extremidades superiores. El diseño final es bastante confiable, robusto y barato para su construcción, ya que to-

dos los dispositivos electrónicos utilizados son comercialmente disponibles en cualquier comercio de electrónica en México. Este proyecto, es base fundamental para desarrollar interfaces optoelectrónicas para personas que cuenten con otras discapacidades que no se encuentren al alcance de este prototipo.

La versión utilizada en el USB es la versión 2.0, compatible con el tipo de concentrador que se utilizó. El protocolo SIRC permite diseñar un dispositivo de bajo costo, inalámbrico, fácil de usar en la computadora sin necesidad de instalar ningún driver.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), al COCYTECH y al Gobierno del Estado por el apoyo otorgado.

Referencias

1. Pablo Daniel Agüero, y Juan Carlos Tulli, Electrooculografía de Nuevas Perspectivas para Discapacitados Motrices, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Mar de Plata, Argentina, (2004).
2. Roxana Stupp Kupiec, Identificación, Estudio, Educación Superior, Personas con Discapacidad, Universidad de Costa Rica, (2005).
3. Manual para la Integración de Personas con Discapacidad en las Instituciones de Educación Superior, ANUIES, SEP, (2000).
4. Angulo Martínez Ignacio, & Maria Usategui José, "Microcontroladores PIC Diseño práctico de aplicaciones", Ed. McGraw-Hill, (2003).
5. Axelson Jan, "USB COMPLETE", Ed. Lakeview Research LLC, (2005).