

Descripción de tres desarrollos de aplicaciones de bajo costo para ayuda a personas con discapacidad

Three Low cost development applications descriptions to aid disable people

Aguirre, Iñaki*; Justo, Francisco; Amaro, Manuel y Ramírez, Alejandra

Escuela de Ingeniería de Sistemas. Facultad de Ingeniería. ULA
Especialización y Maestría en Ingeniería de Control y Automatización
Mérida 5101, Venezuela
*iaguirre@ula.ve

Resumen

En este trabajo se presentan tres desarrollos implementados para la ayuda a usuarios que poseen un problema de discapacidad física. Los sistemas implementados poseen dos características fundamentales, el bajo costo y alto potencial de réplica. El primer sistema descrito es una prótesis de una mano que permite realizar diversas tareas. El segundo sistema es la creación de una herramienta computacional basada en técnicas de visión artificial que permiten, a través del movimiento ocular de un individuo, mover el cursor del computador. La tercera aplicación mostrada es el control de un vehículo móvil a partir de un sistema de visión artificial. Los sistemas descritos en el artículo presentan un buen desempeño y son de gran utilidad.

Palabras clave: Aplicaciones, discapacidad física, ayuda a discapacitados.

Abstract

In this paper, three developments are described to aid users who have a physical disability problem. The implemented systems have two fundamental characteristics, low cost and high replication potential. The first system described is a prosthetic hand that can perform various tasks. The second system is the creation of a computational tool based on artificial vision techniques that allows moving the computer cursor by eye movement. The third application is the control of a moving vehicle from an artificial vision system. The systems described have good performance and are very useful.

Key words: Applications, physic disability, aid to disable people.

1 Introducción

En la actualidad existen en el mercado diversos dispositivos, desarrollados con la finalidad de ayudar a personas con discapacidad en las diferentes tareas del día a día. La utilización de distintos dispositivos, por parte de los usuarios, les permite tener un cierto grado de autonomía para realizar algunas tareas. Esto trae como consecuencia una mayor independencia y mayor autoestima por parte de los usuarios que hacen uso de estos dispositivos.

En este artículo se presentan tres sistemas diferentes que ayudan al desenvolvimiento de personas con discapacidad. El primer desarrollo consiste en una prótesis de una mano que permite realizar tareas de agarrar, escribir, teclear y sujetar (Ramírez, 2008). El segundo desarrollo consiste en el desarro-

llo de un sistema de visión artificial para el movimiento del cursor en un computador a través del movimiento ocular (Justo y Aguirre, 2009). La tercera aplicación consiste en la elaboración de un sistema de direccionamiento amigable y fácil de utilizar, que permite al usuario trasladarse de un lugar a otro en un vehículo seguro y sin la ayuda de otra persona (Amaro, 2010). Estas aplicaciones ayudan a la integración de las personas con discapacidad en los diversos espacios sociales como es señalado en (Pestana, 2005).

2 Diseño e implementación de un prototipo de una prótesis de mano de bajo costo

La mano humana tiene en su haber alrededor de cuarenta músculos y veinte grados de libertad de movimiento.

Es el órgano prensil por excelencia y se le asocia un simbolismo de fuerza y poder, la capacidad de trabajo, fabricación y manipulación de objetos. El ser humano puede carecer de una o ambas manos, debido a una deficiencia congénita o a una amputación adquirida por algún traumatismo, accidente o enfermedad. En la actualidad los sistemas protésicos avanzan vertiginosamente, favoreciendo la estética y la reincorporación de funcionalidades a la persona con discapacidad. La propuesta de un tipo de prótesis liviana y de fácil manipulación, sin complicaciones relevantes para su buen desempeño, crea un buen sustituto del miembro necesario para el ser humano que la adquiere.

En la actualidad los sistemas protésicos representan grandes avances a nivel tecnológico, pero a muy altos costos. El sistema de prótesis propuesto permite desarrollar una alternativa necesaria y funcional, que a un precio significativamente bajo, provee una opción para las personas que requieren de un mecanismo artificial a fin de mejorar su calidad de vida.

El prototipo de prótesis propuesto ha de cumplir con funciones básicas, sin dejar de lado la estética. Ha de poseer la capacidad de asir objetos, capacidades prensiles y una adaptación para apuntar con uno de sus dedos, para la escritura sobre un teclado de un computador personal o bien de un dispositivo telefónico (Ramírez, 2008).

2.1 Construcción del prototipo

Se utilizó como base para la construcción del prototipo el kit de LEGO® denominado Lego Mindstorm NXT. El kit contiene sensores, actuadores, engranajes y diversas piezas que permiten construir gran variedad de sistemas. Adicionalmente, el sistema trae un microcontrolador con su interfaz, quien es el encargado de recibir la información de los sensores, procesarla y enviar las señales de control a los actuadores en función del algoritmo de control programado. En la Figura 1 se puede apreciar el prototipo de la prótesis construido y modelado en 3D.

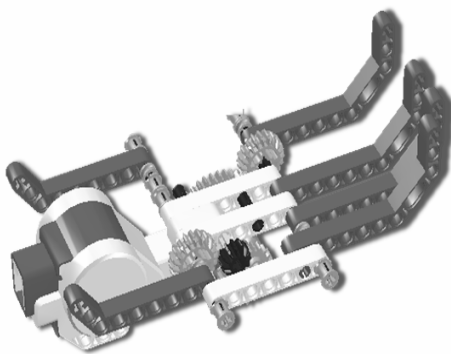


Fig. 1. Prototipo con piezas lego

El funcionamiento del sistema se basa en la señal tomada por el sensor de sonido, el cual al activarse envía la señal co-

rrespondiente al microcontrolador, quien procesa la información y manda al actuador (servomotor) la acción de cerrarse y mantener la presión en el agarre. Para abrir la pinza, nuevamente se dice un comando, se activa el sensor de sonido, se procesa la información y el actuador suelta el objeto volviendo a la posición inicial.

En la Fig. 2 se puede apreciar la sujeción del microcontrolador y el sensor de sonido al brazo del usuario. El desarrollo detallado del prototipo se describe en (Ramírez, 2008).

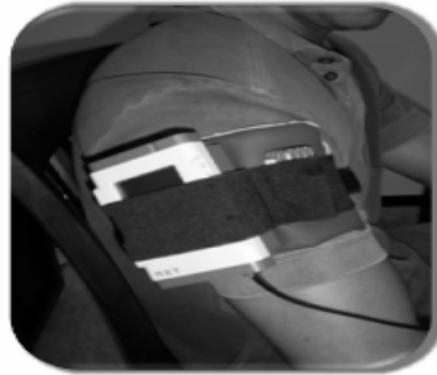


Fig. 2. Sujeción del controlador Lego Mindstorm NXT al usuario

En la Fig. 3 se aprecia la prótesis de la mano fijada a la extremidad que se va a utilizar.



Fig. 3. Prótesis en usuario

En la Fig. 4 se muestra la prótesis en labores de agarre de una taza.



Fig. 4. Utilización de la prótesis en labores de agarre

En la Fig. 5 se muestra como se puede escribir en el computador mediante la prótesis.



Fig. 5. Escritura en el computador mediante la prótesis

En la Fig. 6 se muestra como se puede escribir en el teléfono mensajes o marcar un número telefónico.



Fig. 6. Escritura en el teléfono móvil

Este prototipo desarrollado representa una alternativa económica, que a un costo considerablemente pequeño (300 dólares), permite al paciente recobrar libertades de acción de movimiento y de ejecución de actividades, que anteriormente le eran imposibles o difíciles de realizar.

El proceso de diseño, creación y puesta en marcha del sistema protésico, fue desarrollado en un ámbito en el cual la funcionalidad y la economía eran factor fundamental al momento de lograr el producto final. Se ha logrado la construcción de un sistema de prótesis que le otorga al individuo la posibilidad de efectuar tareas básicas, sobre todo en el ámbito laboral y en el desempeño de funciones cotidianas, que regularmente suelen ser del todo complicadas para una persona que no cuente con alguna de sus manos.

3 Herramienta que permite mover el cursor de un computador a partir del movimiento ocular, utilizando técnicas de visión artificial

En este apartado se describe una herramienta que permita mover el cursor de un computador, mediante el movimiento ocular, utilizando técnicas de visión artificial. La herramienta creada trae grandes beneficios a personas con capacidades reducidas, ofreciéndoles la oportunidad de interactuar con el mundo exterior y, de esta manera, elevar su

autoestima, proporcionándoles la máxima funcionalidad posible a pesar de la lesión que hayan sufrido. El estudio realizado afirma la utilidad que tienen las técnicas de visión artificial, en el desarrollo de herramientas que pueden mejorar la calidad de vida de un ser humano.

La disposición de una herramienta que permita controlar el cursor del ratón a través del movimiento ocular es, sin duda alguna, un gran avance tecnológico que permite ampliar el tipo de usuarios de los computadores personales. Esto hace posible que con recursos relativamente económicos y sin la necesidad de someter al usuario a una intervención médica, cualquier persona discapacitada pueda interactuar con el computador y de esta manera tener acceso a tareas que le asegurarán un mejoramiento en su calidad de vida. Entre la variedad de oportunidades que brinda la herramienta está la comunicación, entretenimiento, acceso a diversidad de información, estudios o trabajar, dependiendo de las condiciones del usuario (Justo, 2009).

3.1 Construcción del prototipo

El prototipo construido está basado en la modificación de una cámara Web convertida a cámara infrarroja. Una luz infrarroja y una gorra que sirve para sujetar la cámara y la luz. En la Fig. 7 se muestra la cámara utilizada y la incorporación del filtro para convertirla en cámara infrarroja.



Fig. 7. Cámara utilizada, incorporación del filtro

En la Fig. 8. se aprecia una toma realizada con la cámara antes de ser modificada y otra imagen luego de haber realizado las modificaciones.



Fig. 8. Imagen normal e imagen filtrada

En la Fig. 9. se muestra todo el prototipo instalado en una gorra.



Fig. 9. Prototipo

El sistema desarrollado en el computador captura la imagen del ojo y la compara con una imagen de referencia, ver Fig. 10.

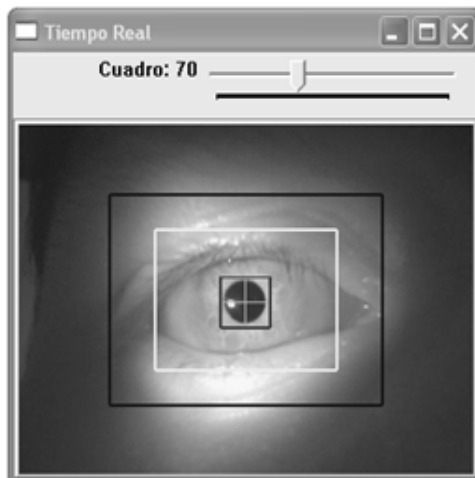


Fig. 10. Imagen calibrada ubicada en el centro

Si el centro del ojo se sale en una dirección, el sistema compara las imágenes y como resultado de esta comparación, producirá un desplazamiento del cursor del computador en el mismo sentido del movimiento ocular realizado (Justo y Aguirre, 2009). Ver Figs. 11 y 12.

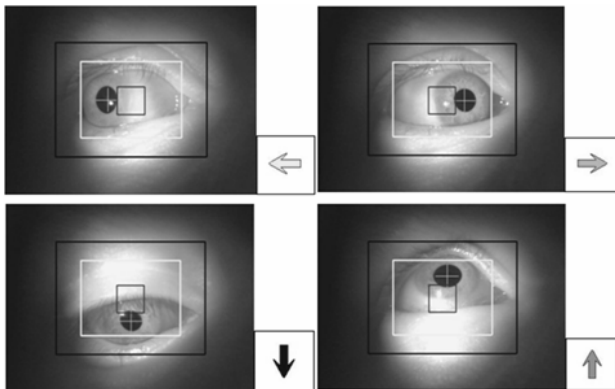


Fig. 11. Diversos movimientos del cursor en función del movimiento ocular

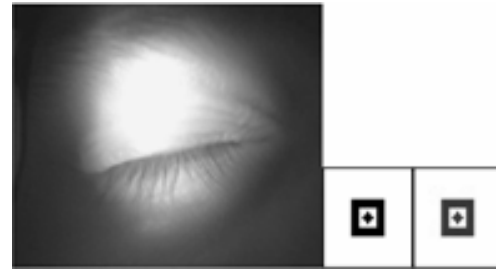


Fig. 12. Imagen que hace referencia al click del ratón

El prototipo construido brinda a personas con capacidades reducidas la posibilidad de interactuar con el mundo exterior, con lo cual podrán valerse por sí mismos para realizar diversas tareas. En este sentido, la herramienta desarrollada permite mejorar la calidad de vida de dichas personas y, con esto, ayudar a motivarlas y elevar su autoestima.

El sistema desarrollado posee una gran rentabilidad económica, resultando mucho menos costoso que productos similares que se encuentran en el mercado en la actualidad. Esto permite afirmar que el prototipo construido tiene un gran potencial a réplica.

4 Control de la trayectoria de un vehículo mediante un sistema de visión artificial

En la actualidad existen vehículos para el desplazamiento de personas con discapacidad que incorporan gran tecnología, haciéndolos complejos y costosos. Una importante cantidad de personas con discapacidad no pueden utilizar estos aparatos convencionales, debido a que su discapacidad física produjo una disfunción en las partes que usualmente se utilizan para dirigir estos vehículos.

El sistema de direccionamiento resulta atractivo si éste no requiere de un esfuerzo excesivo al momento de producir el movimiento, pues existen personas con discapacidades físicas severas que no pueden mover completamente un brazo, pero si pueden mover la muñeca o solamente un dedo. El sistema desarrollado permite la adaptación a un sistema móvil para que personas con poca movilidad puedan desplazarse de un sitio a otro.

El sistema está concebido para trabajar bajo un esquema maestro-esclavo. Los ajustes del sistema teleoperador (maestro), hacen necesario la construcción hardware de una estructura que soporte la cámara. La cámara Web modificada convertida en cámara infrarroja, es el sensor encargado de capturar los desplazamientos que van a ser procesados por el sistema de visión para luego enviar la orden al dispositivo móvil (esclavo) (Gómez y Ollero, 2006). La construcción de esta estructura permite que la cámara quede en una posición totalmente vertical, apuntando hacia abajo. En la base de la estructura se coloca un material de color blanco con una cruz de color azul (la cual no interfiere con la calibración del sistema) y sobre la cual irá el dedo del usuario. El propósito de la cruz es el de ajustar la cámara en una

posición central. El dedo es cubierto con un material de color oscuro. En este caso se puede utilizar una cinta de tela o adhesiva, un guante de color oscuro, o algún tipo de pintura sobre la uña del usuario. El dedo que hará las veces de teleoperador, solo necesitará desplazarse hasta un máximo de 0.5 cm. para mover el vehículo móvil en la dirección deseada. Ver Fig. 13.

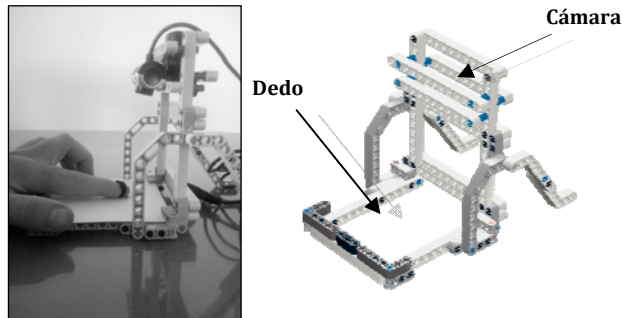


Fig. 13. Estructura que soporta la cámara

4.1 Diseño del vehículo

El vehículo diseñado posee características bastante notables en cuestiones de maniobrabilidad y seguridad. Creado con el producto LEGO® Mindstorm NXT 2.0, está basado en un vehículo de dos ejes con tracción delantera, el cual es impulsado por dos servomotores, ubicados uno a cada extremo del eje delantero. De esta manera, es posible direccionar el vehículo a través de sus motores. Cuando se desea mover el vehículo hacia adelante o hacia atrás, se accionan ambos servomotores en la dirección deseada. No obstante, para girar el vehículo es necesario activar uno de los motores hacia delante y el otro en reversa según la dirección en que se desee girar.

El prototipo construido posee una base ubicada en la parte de arriba del eje delantero, en la cual se posicionan los sensores de ultrasonido y el sensor de luz. El detector de obstáculos es representado por el sensor de ultrasonido y se encuentra en la zona superior de la base, en una posición que permite la emisión de señales ultrasónicas hacia delante con un ángulo casi vertical al eje delantero, lo cual optimiza considerablemente la detección de cualquier obstáculo en frente del vehículo. El detector de suelo, representado por el sensor de luz, se encuentra en la parte inferior de la base, aproximadamente a un centímetro del suelo y en una posición que permita la emisión de luz directamente hacia él, con un ángulo de unos 60°. De esta manera se asegura una correcta emisión y reflexión de la luz sobre el suelo, siempre y cuando el suelo posea una estructura totalmente plana.

El vehículo tiene la capacidad de conectarse a otro dispositivo utilizando la tecnología Bluetooth, permitiendo llevar a cabo acciones de control sobre él desde un computador.

Es importante destacar que el diseño del vehículo se realizó basándose en las condiciones de seguridad neces-

rias para una persona con discapacidad, y en las condiciones de maniobrabilidad utilizando dos motores.

En la Fig. 14 se observa el prototipo construido y se indican las características más relevantes del mismo (Amaro, 2010).

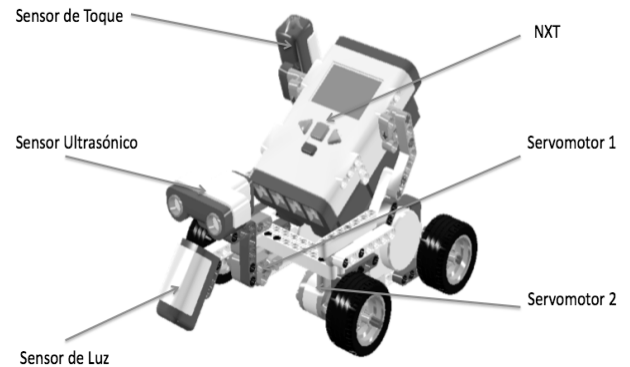


Fig 14. Prototipo construido

4.2 Capacidades del vehículo

Entre las capacidades implementadas en el prototipo se encuentran:

4.2.1 Algoritmo de direccionamiento

Genera el movimiento del vehículo.

4.2.2 Algoritmo de detección de obstáculos

Está conformado por una función que monitorea constantemente el valor enviado por el sensor ultrasónico. De esta manera, si se detecta que un obstáculo se encuentra muy cerca, el vehículo se detiene inmediatamente y se deshabilita totalmente el movimiento hacia adelante. En este caso, el vehículo solo podrá moverse hacia atrás y hacia los lados, hasta que el valor del sensor ultrasónico determine que no hay obstáculos cercanos.

4.2.3 Algoritmo de detección de ausencia de suelo

El algoritmo se basa en una función que utiliza el valor proporcionado por el sensor de luz a fin de verificar el índice de reflexión del suelo. Si la reflexión es muy baja o nula entonces se encuentra en ausencia de suelo y es llamada una rutina de seguridad para evitar que el vehículo siga hacia adelante.

4.2.4 Algoritmo de detección de emergencia

El algoritmo se encarga de monitorizar constantemente el valor del sensor de toque. En caso de presionarse en algún momento, el vehículo se detiene inmediatamente y se

inhabilita el teleoperador hasta que el botón de toque sea presionado nuevamente.

Los algoritmos de direccionamiento, detección de ausencia de suelo, detección de obstáculos cercanos y detección de emergencia, se ejecutan continuamente al igual que se refrescan los datos de los sensores y servomotores. Estos datos son exportados a un archivo, el cual es utilizado para conectar la información proveniente del microcontrolador NXT con el módulo supervisor y mostrarla en pantalla.

4.2.5 Módulo de supervisión

El módulo de supervisión es el encargado de mostrar al usuario todas las acciones que se llevan a cabo en el vehículo. La aplicación toma los datos del vehículo exportados desde el módulo de conexión y del archivo de datos y los muestra gráficamente, de manera que sea más fácil su observación.

La dirección del vehículo por su parte se muestra a través de un conjunto de flechas y símbolos posicionados en la parte derecha de la aplicación. Ésta es la zona donde el usuario se concentra más al momento de utilizar el sistema. Ésta le indica de una forma rápida el movimiento actual del vehículo.

En la Fig. 15. se puede observar la interfaz del módulo de supervisión realizado, donde se destacan los iconos indicadores de activación de sensores, el icono indicador del estado de la comunicación, la información general y la zona donde se muestra gráficamente el estado del vehículo (en la Fig. 15 se muestra la imagen del estado “Detenido”).

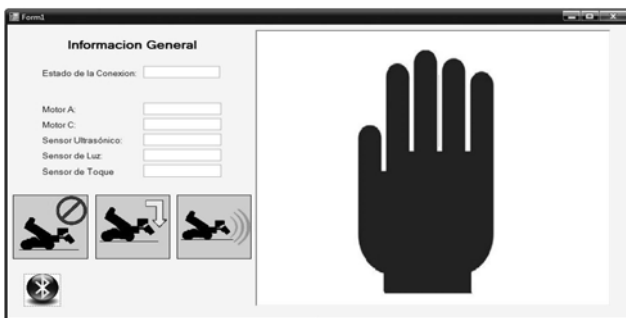


Fig. 15. Interfaz del módulo de supervisión

El sistema de direccionamiento diseñado e implementado posee un buen desempeño. Permite controlar la trayectoria del vehículo de forma eficiente utilizando pocos recursos de procesamiento y una interfaz bastante funcional y agradable para el usuario. Ver Fig. 16.

El sistema desarrollado brinda a personas con discapacidades físicas severas, la posibilidad de maniobrar un vehículo, de una forma cómoda y segura, utilizando solamente el movimiento de un dedo. Esta acción requiere mucho menos esfuerzo en comparación con los actuales métodos existentes de direccionamiento para personas con discapacidad. Para mayor detalle del desarrollo del sistema ver (Amaro, 2010).

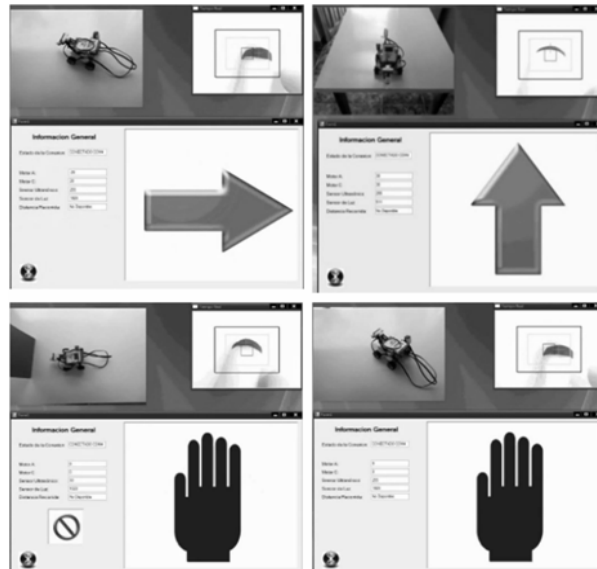


Fig. 16. Interfaz del módulo de supervisión con diversos movimientos

5 Modelado del sistema

Las Redes de Petri son una herramienta matemática que puede utilizarse para el modelado de sistemas de diversa naturaleza. La misma fue desarrollada por Carl Adam Petri en su tesis doctoral como un modelo de propósito general para la descripción de las relaciones existentes entre condiciones y eventos. De manera general, la herramienta consiste en un grafo orientado formado por dos tipos de nodos, los lugares y las transiciones, los cuales están unidos alternativamente por arcos orientados. Cada lugar representa el estado al que puede llegar el sistema, mientras que la transición indica la posibilidad de que ocurra un evento que altere el estado del sistema. Por otro lado, los arcos, representados por líneas rectas dirigidas, se utilizan para unir los estados con transiciones y viceversa (García, 2004; David y Alla, 1997).

Las Redes de Petri son una herramienta que se utiliza para modelar y estudiar sistemas de eventos discretos de manera formal. Utilizando esta técnica de modelado, es posible revelar información importante acerca del comportamiento dinámico del sistema y detectar posibles fallas (Moody y Antsaklis, 1988).

Los modelos de los prototipos mostrados se realizaron mediante Redes de Petri. Mediante esta técnica de modelado se estudiaron los diversos caminos o alternativas del funcionamiento de los sistemas (Ramírez, 2008; Justo, 2009; Amaro, 2010).

6 Conclusiones

En el presente artículo se describieron tres sistemas de ayuda a personas con discapacidad.

La prótesis descrita durante este trabajo, llega como una opción alternativa y económica, que a un costo consi-

derablemente pequeño, permite al paciente recobrar libertades de acción, de movimiento y de ejecución de actividades, que anteriormente eran imposibles o difíciles de lograr a lograr para él.

El proceso de diseño, creación y puesta en marcha del sistema protésico, fue desarrollado en un ámbito en el cual la funcionalidad y la economía eran factor fundamental al momento de lograr el producto final. Se ha logrado la construcción de un sistema de prótesis que le otorga al individuo la posibilidad de efectuar tareas básicas, sobre todo en el ámbito laboral y en el desempeño de funciones cotidianas. Tareas que regularmente suelen ser del todo complicadas para una persona que no cuente con alguna de sus manos.

El segundo desarrollo descrito brinda a personas con capacidades reducidas la posibilidad de interactuar con el mundo exterior a través del uso de un computador. En este sentido, la herramienta desarrollada permite mejorar la calidad de vida de estas personas y, con esto, ayudar a motivarlas y elevar su autoestima. El sistema desarrollado posee una gran rentabilidad económica, resultando mucho menos costoso que productos similares que se encuentran en el mercado en la actualidad. Este hecho permite afirmar que el prototipo tiene un gran potencial a réplica.

El sistema de control de un vehículo posee un buen desempeño. Permite controlar la trayectoria del vehículo de forma eficiente, utilizando pocos recursos de procesamiento y una interfaz bastante funcional y agradable para el usuario.

El sistema desarrollado brinda a personas con discapacidades físicas severas, la posibilidad de maniobrar un vehículo, de una forma cómoda y segura, utilizando solamente el movimiento de un dedo. Esta acción requiere mucho menos esfuerzo en comparación con los actuales métodos existentes de direccionamiento para personas con discapacidad.

Referencias

- Amaro M, 2010, Diseño e Implementación de un Sistema que permita el Control de la Trayectoria de un Vehículo, a través de Visión Artificial, Proyecto de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- David R y Alla H, 1997, Du GRAFCET aux réseaux de Petri, 2da. Edición. Éditions HERMES, París, Francia.
- García E, 2004, Automatización de Procesos Industriales. Alfa Omega. España.
- Gómez G, Ollero B y García C, 2006, Teleoperación y Telesrobótica. Editorial Prentice Hall. Madrid, España.
- Justo F y Aguirre I, 2009, Creación de una Herramienta que Permita Mover el Cursor de un Computador a Partir del Movimiento Ocular, Utilizando Técnicas de Visión Artificial, Seventh Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, LACCEI 2009, San Cristóbal, Venezuela.
- Justo F, 2009, Creación de una Herramienta que Permita Mover el Cursor de un Computador a Partir del Movimiento Ocular, Utilizando Técnicas de Visión Artificial, Proyecto de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Moody J y Antsaklis P, 1988, Supervisory Control of Discrete Event Systems using Petri Nets. Publicado por Kluwer Academic Publishers. Norwell, MA. Estados Unidos.
- Pestana L, 2005, Integración de personas con discapacidad en el educación superior en Venezuela, IESAL/UNESCO, Caracas, Venezuela.
- Ramírez M, 2008, Diseño e Implementación de un Prototipo de una Prótesis de Mano de Bajo Costo, Proyecto de Grado, Facultad de Ingeniería, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Recibido: 10 de octubre de 2010

Revisado: 31 de marzo de 2011

