

Resultados del Prototipo de Silla de Ruedas Inteligente Controlada por Medio de Instrucciones Gestuales Faciales

Rubén Posada Gómez¹, Luis Humberto Sánchez Medel²

^{1,2} Departamento de Postgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Orizaba
Av. Instituto Tecnológico No.852, Col. Emiliano Zapata C.P. 94320, Orizaba Veracruz México.
ruben.posadagomez@gmail.com¹, lsmedel@gmail.com²

Resumen

Cuando un acontecimiento desafortunado afecta las capacidades motoras de una persona, es necesario recurrir a dispositivos tales como las sillas de ruedas que permiten brindar un medio de desplazamiento a pacientes con problemas de parálisis, principalmente en los miembros inferiores.

Los pacientes que no pueden manipular la silla de ruedas con sus brazos por falta de fuerza o problemas psicomotores en los miembros superiores, recurren a sillas de ruedas eléctricas manipuladas con joysticks, sin embargo este tipo de interfaz de control resulta poco práctica debiendo recurrir frecuentemente al control del joystick mediante la boca. Cuando a una silla de ruedas eléctrica le es agregado un computador, esta evoluciona a una silla de ruedas inteligente. La interacción humano-computadora es un campo en constante evolución y nuevas formas de comunicarse se están desarrollando como el control por voz o imagen.

El presente artículo expone los resultados de la investigación en el desarrollo de una silla de ruedas robótica inteligente controlada mediante instrucciones gestuales faciales, cuya interfaz emplea algoritmos de visión por computadora que determinan la dirección y establecen comunicación con un microcontrolador PIC.

Palabras clave: Silla de ruedas inteligente, visión por computadora, interfaz hombre maquina, detección de gestos faciales, microcontrolador.

1. Introducción

La libertad de movimiento es un hecho para la mayoría de las personas desde el momento en que nacemos, sin embargo la pérdida del mismo por enfermedad o causas externas nos conduce a emplear

diversas formas de tecnología asistencial ó T.A. para trasladarnos.

La pérdida de movimiento en las extremidades inferiores es conocida como parálisis tipo paraplejia, o desde el nivel de cuello hacia los pies, llamada cuadriplejia [1]. Usualmente la solución a un problema del tipo paraplejia es el uso de una silla de ruedas, las cuales asisten al desplazamiento del individuo siendo este quien controla el dispositivo, no obstante la falta de fuerza en algunas personas de mayor edad o con problemas psicomotores en sus miembros superiores ha llevado a la creación de las sillas de ruedas eléctricas ó EPWs. Si a una EPW se le incorpora un microcontrolador, sensores y algoritmos de dirección, se le otorga cierta inteligencia, por lo que es conocida como sillas de ruedas inteligentes ó IWs.

Las IWs han sido de gran interés en investigaciones recientes, tratando de incluir mejoras en diversos aspectos tanto de su diseño como en su interacción con sus usuarios. En lo que concierne a la inclusión de algoritmos capaces de controlar una silla de ruedas prescindiendo de la utilización de las manos por parte de los usuarios, se han efectuado trabajos, que incluyen el control de la silla de ruedas mediante instrucciones por voz [2], ó la identificación de forma y posición de los labios [3, 4]; sin embargo ambos sistemas son susceptibles a movimientos indeseados de la IWs durante una conversación mientras se opera la silla adicionalmente este tipo de IWs, no son suficientemente robustas o dependen de componentes complejos, además de imposibilitar su uso en personas cuadripléjicas con daño a nivel de cuello.

El campo de interacción hombre-máquina se halla en continua evolución; en los últimos años ha sido evidente sus resultados: cámaras inteligentes que detectan el rostro ó toman fotos con una sonrisa, sistemas que detectan las manos y nos permiten controlar un sistema señalándolo, como el proyecto NATAL de Microsoft [5].

El presente artículo muestra los resultados obtenidos de la investigación del desarrollo de una silla de ruedas inteligente controlada por gestos faciales que emplea un sistema de visión máquina. La Fig. 1 muestra la IW's desarrollada para probar los algoritmos de control de dirección.



Fig. 1. IW's prototipo para prueba de algoritmos de visión máquina.

Los algoritmos de visión diseñados se centran en el uso de imágenes diferenciales que permiten el procesamiento de datos independientemente de la iluminación solar (sin que esta llegue a saturar el sensor CMOS).

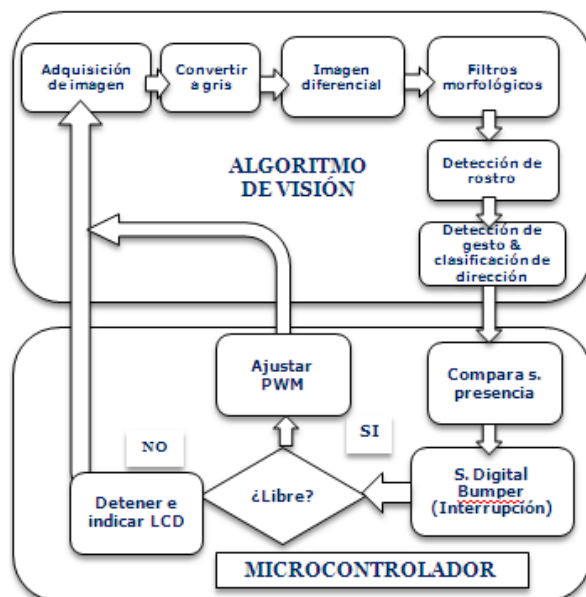


Fig. 2. Diagrama a bloques empleado para el control de velocidad

2. Desarrollo

El prototipo consta de dos partes, control en Hardware y Software, de igual forma el desarrollo de este artículo se halla dividido en el hardware del robot en el cual se describe los diversos sensores utilizados y la lógica de control, así como la transmisión con la computadora; en cuanto al software se muestra los diversos pasos para realizar el sistema de visión máquina.

2.1 Hardware de la silla IWOOG

El hardware del prototipo robótico fue diseñado empleando un microcontrolador PIC16F877A como dispositivos de control, el algoritmo de control se muestra en la Fig. 2, el cual consta de un control basado en reglas, donde la repetición de las instrucciones de dirección incrementa ó decrementa el PWM aplicado a los motores, de esta forma es posible controlar la velocidad.

El microcontrolador PIC16F877A procesa la señal de dirección propuesta, sensores analógicos y digitales en base al diagrama a bloques mostrado en la Fig. 2, este tipo de control permite un cambio de velocidad incrementando o decrementando el PWM aplicado a los motores, evitando de esta forma un alto abrupto.

Los sensores a empleados se muestran en la Fig. 1, estos son:

- *Sensores de presencia analógicos.*- Mide la distancia de la silla a un objeto próximo, si la silla se acerca se decrementa la velocidad de la misma. El sensor es reprogramable en su distancia de detección vía microprogramación por la computadora.
- *Sensor de detección de borde.*- Su función es detectar si la silla se halla próxima a un borde, de esta forma evita que caiga al vacío.
- *Sensores de contacto digitales.*-Su función es detectar si la silla golpea contra un objeto, la respuesta de la silla es el decremento de la velocidad de los motores.
- *Sensores de Luz analógicos.*- Su función es detectar cuando es necesario encender las luces de la silla, esta acción es automática.
- *Sensor webcam digital.*- Adquiere la imagen en color que será analizada por el algoritmo de visión por computadora diseñado.

La comunicación entre la tarjeta diseñada y la computadora es mediante el protocolo RS-232 en half-

dúplex, el orden del envío y recepción de los bytes se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.1 Protocolo de comunicación con la computadora.

B#	Byte transmitido	Byte recibido
B0	S. presencia frontal	Dirección
B1	S. presencia trasero	PWM 1
B2	S. presencia izquierdo	PWM 2
B3	S. presencia derecho	Sin uso
B4	S. digital frontal	Sin uso
B5	S. digital trasero	Sin uso
B6	S. Luz 1	Sin uso
B7	S. Luz 2	Sin uso

2.2 Algoritmo de visión por computadora

El algoritmo de visión por computadora diseñado se muestra en la Fig. 2. La ubicación de la webcam se halla frente al usuario, por lo que la detección del rostro que contenga los gestos a detectar será aquella que este al centro de la imagen.

Primero se adquiere la imagen por medio de la webcam y se emplea el plano de luminiscencia, la cual es una imagen a escala de grises a partir de la imagen en color, posteriormente se genera la imagen diferencial de la figura original, esta técnica nos permite:

- *Eliminar el efecto cambios del color.*- La imagen puede ser captada en diversas condiciones de iluminación (solar, luz incandescente ó luz blanca) sin embargo no afectara los siguientes pasos, pues se basa en los bordes de la imagen, (sin llegar a saturar el sensor CMOS).
- *Emplear diversas webcam.*- La imagen podrá ser captada por diferentes tipos de webcam.
- *Eliminar información innecesaria.*- Los gestos son determinados por la posición de los ojos, cejas y boca, por lo que se convierten en nuestros objetos de interés (ODI).

Los gestos son determinados por la posición de las cejas, ojos y boca; la imagen diferencial permite detectar los bordes de la imagen y mediante filtros morfológicos es posible eliminar información innecesaria y centrar el análisis en los ODI, como indica la Fig. 3.

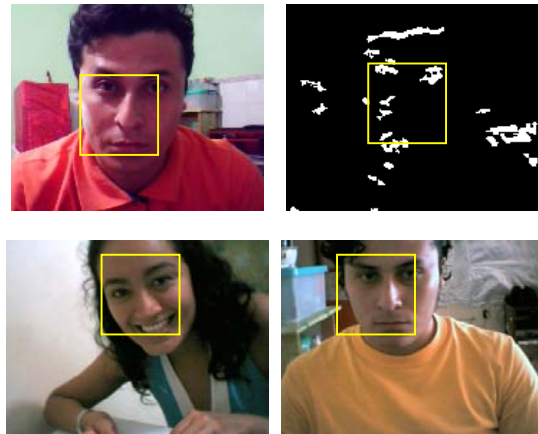


Fig. 3 Detección de rostro empleando método de imagen diferencial

Mediante un proceso de ventaneo se busca en la imagen regiones candidatas a ser un rostro, basándose en la ventana que se halle más cerca del centro y cuyos valores de intensidad de pixeles se hallen contenidos dentro los límites descritos en el algoritmo de aprendizaje Adaboost es posible determinar la posición del rostro. El método empleado para generar la imagen diferencial a partir de una sola imagen es dado por la ecuación 1.

$$Dif = \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} |I(x, y) - I(x-1, y)| + \sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} |I(x, y) - I(x, y-1)| \dots(1)$$

La ecuación 1 es empleada para obtener la imagen diferencial de la figura original, dicha imagen es procesada mediante filtros morfológicos de eliminación de partículas y proximidad, los cuales suprimen todo contenido de la imagen excepto los ojos y boca.

Los filtros morfológicos empleados son: eliminación de partículas y eliminación de regiones que se hallen cerca de los bordes de la imagen, como muestra la Fig. 4. La remoción de partículas solitarias es un proceso realizado por la función de erosión el cual es dado por la ecuación 2, e indica que A por B es el ajuste de todos los puntos Z tales que B trasladados en Z contengan A.

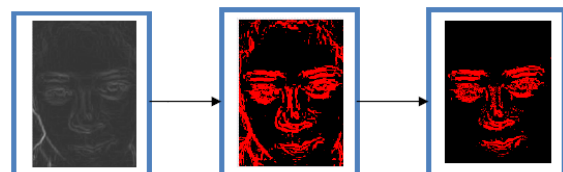


Fig. 4 Imagen diferencial generada por medio de la ecuación 1.

$$(A \ominus B)^c = \{Z \setminus (B) \cap A^c = \emptyset\}^c \quad \dots(2)$$

El proceso de detección de gestos faciales se realiza una vez detectado el rostro a procesar; mediante la ubicación de cuadros que miden la intensidad de los píxeles que contienen el posible ubicar la boca, los ojos y las cejas como lo muestra la Fig. 5. La distancia entre la boca y las cejas determina el gesto producido.

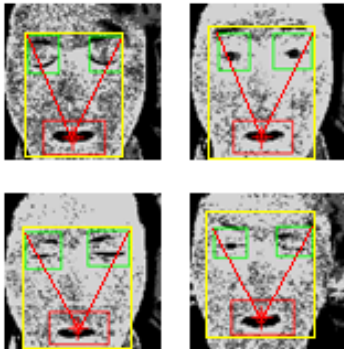


Fig. 5 Resultado del proceso de detección de gestos faciales.

3. Resultados

La correcta detección del rostro es el primer paso para detectar los gestos faciales por parte del usuario, sin embargo las condiciones de iluminación afectan la imagen tomada por la cámara web.

El algoritmo propuesto se basa en la forma del rostro y no en su color, lo cual nos permite tener mayor porcentaje de éxito en la detección de gestos faciales, de esta forma es posible controlar la IW's, la Tabla 1.2 muestra el porcentaje de resultados verdaderos en diversas condiciones de luz. La Fig. 6 muestra la interfaz al usuario creada para el control de la silla de ruedas inteligente.

Tabla 1.2 Tabla de resultados

Condición de luz	TP	FP	% resultados verdaderos	Tiempo promedio
OSCURO	50	186	72%	134
NORMAL	67	21	97%	123
SATURADO	420	280	60%	138



Fig. 6 Interfaz al usuario

Referencias

- [1]. Wylie EJ, Chakera TM. "Degenerative joint abnormalities inpatients with paraplegia of duration greater than 20 years" .Paraplegia 1988;26:101-6.
- [2]. Pacnik, G., K. Benkic and B. Brecko, "Voice operated intelligent wheelchair — VOIC", Proc. of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics, vol.3, pp.1221-1226, 2005.
- [3]. P. Jia and H. Hu (2005), "Head Gesture Based Control of an Intelligent Wheelchair", p.1, The 11th Annual Conference of the Chinese Automation and Computing Society in the UK (CACSU05), Sheffield, UK, 10 September 2005.
- [4]. Ulrico Canzler, Karl-Friedrich Kraiss, "Person-Adaptive Facial Feature Analysis for an Advanced Wheelchair User-Interface", Conference on Mechatronics & Robotics 2004, Volume Part III, pp. 871-876, September 13-15, Aachen, Sascha Eysoldt Verlag.
- [5]. Microsoft, Project NATAL
<http://www.xbox.com/en-US/live/projectnatal>