

## SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA ASISTIR LA CONDUCCIÓN DE UNA SILLA DE RUEDAS

### ARTIFICIAL VISION SYSTEM TO GUIDE THE MOVEMENT OF A WHEEL CHAIR

**M.Sc. César Augusto Peña Cortés**

**Departamento de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica e Industrial**  
Universidad de Pamplona, Norte de Santander, Colombia  
Tel. 0975685303, Fax. 0975685303 Ext. 163  
e-mail: cesarapc@unipamplona.edu.co

**Abstract:** This document is the development of an algorithm of detection of doors from images taken with one webcam, with the purpose of obtaining excellent data that it allows to guide a wheel chair whose object is the attendance in the conduction to incapacitated children

**Resumen:** En este documento se muestra el desarrollo de un algoritmo de detección de puertas a partir de imágenes tomadas con una webcam, con el fin de obtener información relevante que permita guiar una silla de ruedas cuyo objeto es la asistencia en la conducción a niños minusválidos

**Keywords:** Pattern Recognition, Imaging processing, four wheels

#### 1. INTRODUCCIÓN

Conciencias junto con el instituto Roosevelt y la universidad de los Andes se encuentra desarrollando una silla de ruedas la cual brinda una ayuda de asistencia en su conducción para ser usada por niños minusválidos con diferentes tipos de incapacidades. Entre las principales asistencias están: Seguimiento de muros, evitar colisiones contra obstáculos como paredes y columnas, evadir los grandes huecos en el piso, diferenciar las rampas de las escaleras y asistir al paso a través de puertas

La silla de ruedas posee varios sensores de ultrasonido e infrarrojos los cuales aportan información de distancias a objetos de su entorno según su ubicación. También tiene una cámara digital. Este proyecto tiene como objetivo primordial generar información útil con la cámara permitiendo complementar los datos obtenidos por otros sensores con el fin de guiar la silla de ruedas hacia una puerta.

A través del artículo se describen las alternativas utilizadas para la detección de puertas indicando las ventajas y desventajas de cada una de ellas finalizando con la explicación de la opción elegida. También se menciona la creación de una posible trayectoria que debe seguir la silla, una vez la cámara detecte una puerta.

## 2. DETECCIÓN DE PUERTAS POR CUASIRANGOS

Los cuasirangos son estadísticas en las cuales se analizan las muestras de datos en ventanas, para determinar la existencia de cambios de intensidad en una señal, razón por la cual se pueden detectar los bordes de una imagen.

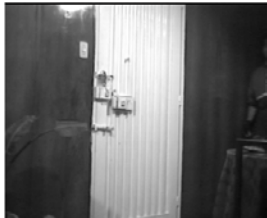


Fig. 1. Imagen en escala de grises.

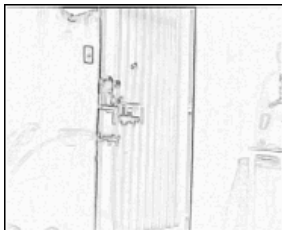


Fig. 2. Imagen de cuasirangos.

Una vez se tiene la matriz de la imagen de cuasirangos se analizan sus columnas seleccionando solamente las de mayor peso lo que nos proporciona en la mayoría de los casos los bordes de las puertas por ser los bordes de mayor longitud.

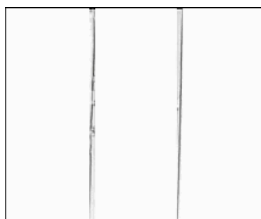


Fig 3. Imagen de las columnas de mayor peso de la matriz de cuasirangos.

Este algoritmo es relativamente rápido sin embargo presenta enormes inconvenientes entre los cuales están: Lo afecta terriblemente los cambios de luminosidad, los objetos al otro lado de la puerta en especial los pliegues de las cortinas, las pequeñas diferencias de color entre las puertas y sus marcos y/o paredes, sombras, paredes de ladrillo o que contengan varios colores creando varios bordes inexistentes o eliminando los bordes de vital importancia.

Por estas razones se decidió crear un algoritmo que utilice un método más efectivo de reconocimiento de bordes.

## 3. DETECCIÓN DE PUERTAS POR MEDIO DE LOS BORDES DE UNA IMAGEN.

Se realizaron varias pruebas en las que se sacaban por diferentes métodos los bordes encontrados en imágenes de puertas, corredores, ventanas, etc. Realizando videos que simulaban el movimiento de la silla en diferentes entornos, se optó por el método de (Canny,1995) como el mejor para la detección de los bordes debido a su eficiencia en la detección de objetos, filos en las paredes, puertas, y otros en comparación con los otros métodos.

Una vez se obtuvieron los bordes se pasó a la detección de las líneas rectas que los componían con el fin de parametrizarlas y así determinar cuales podían ser las pertenecientes a los bordes de la puerta.

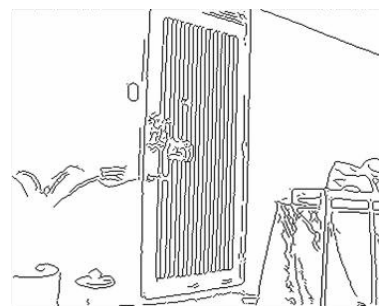


Fig. 4. Bordes obtenidos por Canny

Para esto se utilizó la transformada de Hough (Varas, Burrel R,1999, I.D. Svalbe,1989 ) la cual contaba el número de píxeles en una dirección determinada en la imagen y asignaba un valor que representaba el nivel de posibilidad de existencia de una línea recta en dicha dirección.

En la figura 5 se muestra el resultado de la transformada de Hough de una imagen de bordes de Canny, donde los puntos que tuvieran un color más claro representaban más una mejor opción de un posible línea recta. El eje de las abscisas representa la inclinación de las presuntas líneas y el eje de las ordenadas representa la menor distancia desde un punto de estas líneas al centro de la imagen.

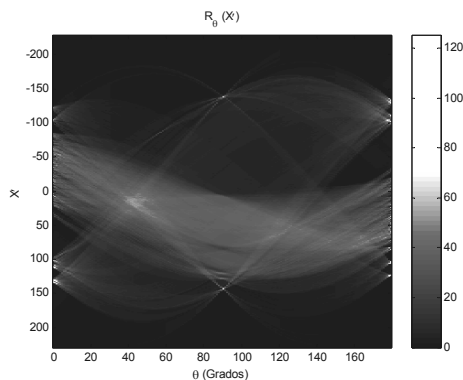


Fig. 5. Resultados de Hough

Como se observa en la figura anterior el número de posibles líneas detectadas es demasiado alto por lo que fue necesario realizar una depuración para seleccionar las líneas que realmente existían en la figura.

Se comenzó con la selección de los puntos picos (máximos locales) que representaban mayores posibilidades de encontrar una línea recta sin embargo se seguían encontrando cantidades excesivas de presuntas líneas (del orden de 1500).

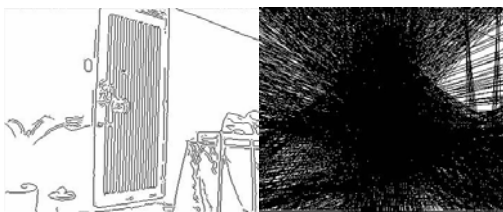


Fig. 6. Puntos de líneas detectadas.

Se crearon una serie de algoritmos que se encargaban de eliminar las líneas con características muy parecidas dándole prioridad a las líneas verticales. También se creó un algoritmo que delimitaba la longitud de las líneas.

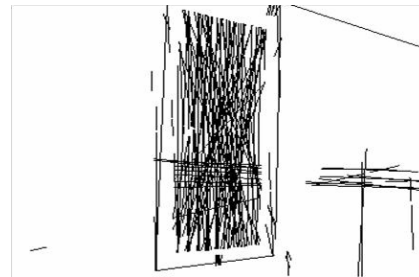


Fig. 7. Principales líneas detectadas y parametrizadas

Aún cuando este algoritmo va bastante adelantado tiene la enorme desventaja de ser muy lento, pues tarda aproximadamente 60 segundos en ejecutarse (en Matlab, en un computador de 1.4 GHz). Se calcula un tiempo de ejecución de 15 segundos en un lenguaje de programación de menor nivel como C++, tiempo que aumentaría al solucionar problemas implícitos en el algoritmo los cuales son muy parecidos a los problemas del algoritmo anterior.

Debido a que el computador implementado en la silla es de aproximadamente la cuarta parte de velocidad y teniendo en cuenta que el cálculo de las distancias hacia la puerta requiere del análisis de más de una imagen, se optó por utilizar otro algoritmo que fuera significativamente más rápido.

#### 4. DETECCIÓN DE PUERTAS POR MEDIO DE LA SEÑALIZACIÓN.

La idea de este algoritmo es utilizar señales compuestas de trozos de cintas de colores para establecer la posición de las puertas de una forma rápida.



Fig. 8. Imagen con dos señales

Se escogieron los colores amarillo y azul puesto que estos presentaban la propiedad de ser opuestos en los modelos de colores RGB (Red, Green, Blue) y HSV (Hue, Saturation, Value).

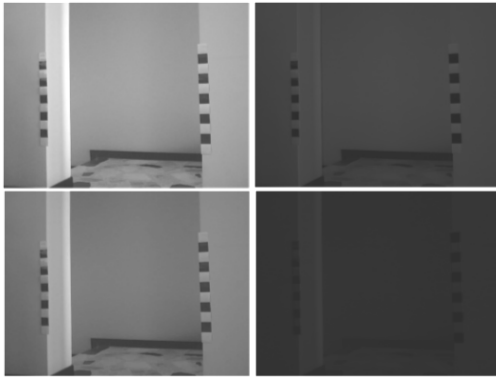


Fig. 9. Imagen y sus componentes RGB

En el modelo RGB la componente amarilla (Y) de una imagen se obtiene promediando las componentes R y G.

Debido a que el número de datos que representan una imagen (640x480 píxeles) utilizando el modelo RGB es muy grande (921600), el algoritmo comienza creando una matriz que representa una nueva componente, la cual simboliza la diferencia entre el color amarillo menos el color azul y así se disminuye a la tercera parte el número de datos. Si la diferencia de estos colores es positiva se dice que el color es amarillo de lo contrario es azul.

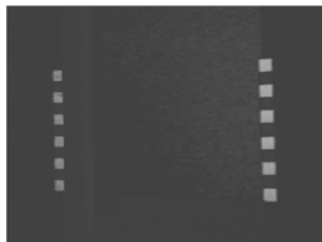


Fig. 10. Componente Y-B

Como segundo paso se realiza una binarización de la última matriz obteniéndose un uno si el valor es positivo, de lo contrario un cero.

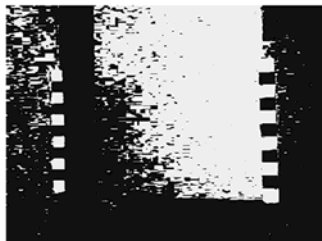


Fig. 11. Imagen binarizada.

Posteriormente se realiza una selección y un conteo

del número de trazos (píxeles seguidos del mismo color en una columna) de longitud aproximadamente igual como se aprecia el la figura 12.

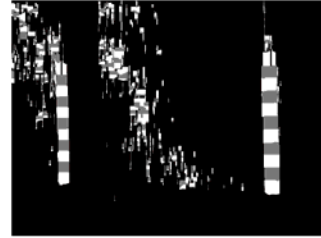


Fig. 12. Trazos seguidos de longitud aproximadamente igual.

Una vez se tienen estos trazos se realiza una clasificación de estos formando grupos que representan las posibles cintas en una imagen teniendo en cuenta características como lo son: la columna a la que pertenece, la posición vertical, el color y el número de trazos seguidos en una columna, entre otras.

Estos grupos son analizados por medio de la formación de cuadros (conjunto de trazos seguidos con la misma posición vertical y el mismo color) y si cumplen con las características de los cuadros de una señal real, se reconoce como tal. La principal característica de las señales es que tienen varios cuadros seguidos de longitud y ancho aproximadamente igual.

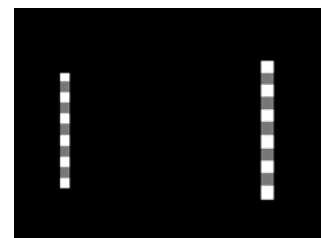


Fig. 13. Señales detectadas en la imagen.

Una vez se tienen las señales detectadas, se realiza un cálculo de la distancia y la orientación a la que se encuentran con respecto a la cámara.

Para realizar este cálculo se tiene en cuenta características como la longitud vertical promedio de los cuadros y la posición horizontal del centro de cada señal en una imagen con el fin de que no afecte la perspectiva, la cual puede hacer ver las señales más anchas o más delgadas según la posición de la cámara.

Para realizar la ecuación que describe esta distancia con base en estos parámetros fue necesario tomar varias mediciones con el montaje que se muestra en la figura 14 donde se ubicaba la señal en diferentes posiciones relativas a la cámara (por medio de una cuadrícula dibujada) y se tomaban los valores obtenidos de los parámetros, con los cuales se hacía una regresión para obtener la ecuación:

$$D = \frac{-5.067LCP + 4132}{LCP + 0.02302}$$

$D$  = Distancia perpendicular de la señal con respecto a la cámara (cm).

$LPC$  = Longitud promedio de los trozos de cinta de una señal (en píxeles)

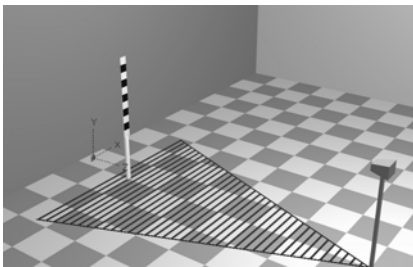


Fig. 14. Ubicación espacial de la señal.

Como el ángulo de visión de la cámara es de aproximadamente  $43^\circ$  la máxima distancia lateral que puede cubrir una foto a una distancia  $D$  (figura 15) esta dada por la ecuación:

$$MDL = 0.793 \cdot D$$

$D$  = Distancia perpendicular de la señal con respecto a la cámara (cm).

$MDL$  = Máxima distancia lateral que puede cubrir una foto a una distancia  $D$  (cm)

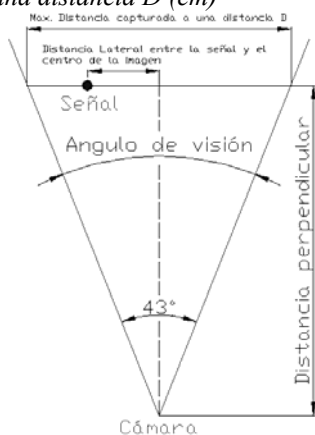


Fig. 15. Diagrama de posición de la señal

Teniendo la cobertura de la cámara a una distancia perpendicular  $D$  podemos obtener la distancia lateral entre el centro de la señal y el centro de la imagen.

$$DL = NPCC \cdot \frac{MDL}{640}$$

$NPCC$  = N° píxeles entre el centro de la señal y el centro de la imagen.

$DL$  = Distancia lateral entre la señal y el centro de la imagen (cm)

Con estas distancias completamos el cálculo de las posiciones de las señales con respecto a la cámara, lo cual permite la agrupación de dichas señales, determinando las posibles puertas que existan en una imagen.

En caso que la imagen capture dos o más puertas, se creo un algoritmo de selección con el cual el conductor puede elegir si desea cruzar la puerta más a la derecha, la puerta más a la izquierda o en su defecto la puerta más cercana

Una vez seleccionada la puerta se procede a realizar el cálculo de la trayectoria que debe seguir la silla para poder cruzarla. Para esto se planteo una trayectoria de la forma que se representa en la figura 16, donde el objetivo es hacer llegar la silla hasta un punto donde ella puede girar quedando enfrentada a la puerta y así darle la orden de andar en línea recta para cruzarla.

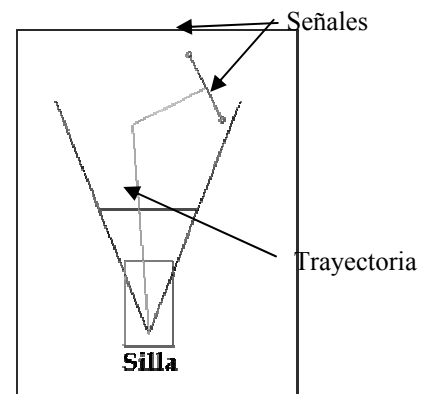


Fig. 16. Forma de la trayectoria a seguir

Realizando cálculos elementales de geometría se obtienen los ángulos y las distancias que debe seguir la silla de ruedas para cruzar la puerta, con lo que se procede a determinar los ordenes a dar a los motores con el fin de ejecutar estos movimientos.

## 5. MEJORAS REALIZADAS AL ALGORITMO DE DETECCIÓN DE PUERTAS CON SEÑALIZACIÓN.

Se encontró el problema que la luminosidad de los entornos de trabajo puede afectar tanto al algoritmo que en algunas ocasiones las señales no se detectan, razón por la cual se implementó un algoritmo que creaba la matriz binaria mencionada en la sección anterior con base en el modelo de colores HSV (Hue, Saturation, value) el cual brinda una mayor robustez ante este problema. La matriz binaria se crea a partir de la componente H (Hue) la cual representa los diferentes tonos (colores puros) que definen la imagen. Se realiza una aproximación de los tonos transformándolos en el color más parecido entre el amarillo y el azul.

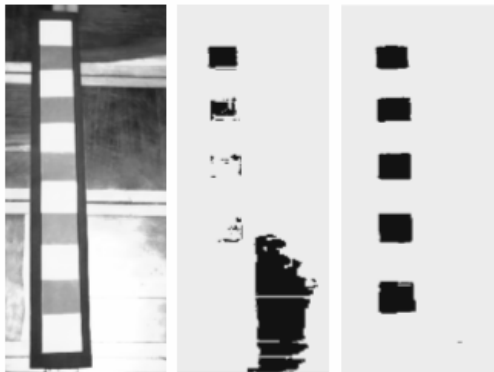


Imagen Original; I. Binaria (RGB); I. Binaria (HSV)

Fig. 17. Obtención de la matriz binaria con base en los modelos RGB y HSV

Otro problema encontrado era la no detección de las señales cuando la silla de ruedas se encontraba paralela y muy cerca de la pared que contenía la puerta, haciendo que las señales en la imagen capturada se vieran muy delgadas por los efectos de la perspectiva.

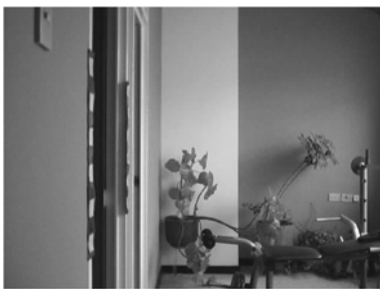


Fig. 18. Señal plana en una puerta que esta casi de perfil con respecto a la cámara.

Para solucionar esto se planteó la utilización de señales cilíndricas de 1.25 cm de radio (alto relieve), la cuales podían ser detectadas a una distancia de 5 m de la cámara.

Al implementar los algoritmos descritos anteriormente se obtuvieron resultados muy satisfactorios en cuanto al cálculo de las distancias entre las señales y la cámara, lográndose un error promedio de solo 2 cm en distancias menores a 350 cm, al igual que el cálculo de las distancias y ángulos a recorrer. Sin embargo se encontró que la silla sufría pequeñas desviaciones en el recorrido de la trayectoria como producto de factores mecánicos entre los cuales se destaca la fricción producida en las ruedas delanteras.



Fig. 19. Señal cilíndrica en una puerta que esta casi de perfil con respecto a la cámara.

Con el fin de disminuir las desviaciones con respecto a la trayectoria planteada se decidió crear un algoritmo que detectara las situaciones en que la silla de ruedas esta alejada de la puerta y creara dos trayectorias: la primera para acercarse a la puerta conservando una distancia prudente para que esta no saliera de su ángulo de visión y así tomar otra imagen para trazar la segunda trayectoria la cual recorre una distancia menor y corrige las desviaciones producidas en la primera.

## 6. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta el tiempo de ejecución de los diferentes algoritmos realizados y de la efectividad de estos se selecciono como más conveniente el algoritmo que utiliza señalización. Se creo un algoritmo que se encarga de detectar puertas por medio de una webcam utilizando señalización y establece una trayectoria con el fin de cruzar una de las puertas detectadas y así calcular las órdenes que se le dan a los motores de la silla de ruedas.

La utilización del modelo de HSV de colores aumenta notablemente la efectividad del algoritmo.

#### REFERENCIAS

- Ruzon M. (1995), Early Vision Using Distributions.  
Dirección de Internet:  
<http://www.robotics.stanford.edu/~ruzon/compass/canny.html>.
- Varas Martines Raúl. "Extracción de contornos rectos". GCII-FAIS-UPM, pags 25-29
- Burrell R. (1999), Generalized Hough Transform.  
Dirección de Internet:  
[www.enetis.net/~rburrell/hough.html](http://www.enetis.net/~rburrell/hough.html).
- Pascual Pedro. (2000), Escuela Técnica Superior de Informática de la Universidad Autónoma de Madrid, "Apuntes de Gráficos Luz y color"  
<http://www.aulagratis.com/articulos/LuzYcolor/LuzYcolor.htm>.
- I.D. Svalbe, (1989). "Natural representations for straight line and the Hough transform on discrete arrays" IEEE Trans. PAMI, PAMI-11, No.9, pp.941-950.
- J. Canny, (1986), "A computational Approach to edge detection," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, pp. 679-698.