

Robot Controlador de Tráfico

Rubén Posada Gómez¹, Luis Humberto Sánchez Medel²
Francisco Rafael García Monterrosas³

^{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.
³ Universidad del Valle de Orizaba, Calle Vicente M. Corona s/n entre Priv. de los Censos Col. El Espinal,
Orizaba, Ver.

ruben.posadagomez@gmail.com¹, lsmedel@gmail.com², rmonterrosas@univo.edu.mx³

Resumen

La robótica y el campo de interfaz hombre máquina se hallan en continua evolución, no es raro pensar robots en las industrias, capaces de tomar decisiones y realizar tareas propias.

Los robots de servicios se hallan generalmente en empresas, sin embargo es posible emplear los avances que se han hecho en desarrollarlos para dar otro rubro a dichos robots, como robots vigilantes, capaces de detectar a personas, identificarlas e inclusive determinar las intenciones de dichas personas, con el objetivo de dar una alarma que alerte a las autoridades; robots asistentes o guías, que permitan una interface natural al ser humano al momento de pedir información mediante voz y que se encuentre en funcionamiento las 24 hrs.

El presente artículo muestra los avances en el desarrollo de un robot de servicio, que funge como controlador de tránsito, sus principales objetivos son detectar a una persona en una escena compleja, y realizar un seguimiento sobre dicha persona, deteniendo el tráfico y permitir de esta forma que pase la persona.

Palabras clave: Robot de servicio, servoing, detección de personas, visión por computadora.

1. Introducción

La ciencia dedicada al diseño de los robots los clasifica en diversas categorías: investigación, exploración ó de servicio por citar algunas. Los robots de servicio se hallan principalmente en industrias que manufacturan vehículos, cuentan con algoritmos que les permiten controlar sus movimientos e inclusive tomar decisiones sobre que ruta es asequible a tomar

para colocar una parte del vehículo. Actualmente existen en el mercado diversos robots de servicios orientados al contacto directo con el hombre como asistentes personales, un ejemplo de estos son los robots bípedos ASIMO, que es capaz de reconocer rostros y ayudar en tareas básicas, como un asistente personal. Existe otro terreno en el cual los robots de servicio pueden ayudar al ser humano directamente en su vida diaria: robots al servicio público, como vigilantes automatizados que reconozcan personas perdidas ó peligrosas las 24 hrs; robots que proporcionen información a personas perdidas, y que la interacción se realice mediante detección y reconocimiento de frases; robot controlador de tránsito, que permita detener el tráfico para que una persona pueda pasar de forma segura, que detecte velocidad y las placas de un vehículo si este se ha infringido la ley ó si ha pasado un alto. Si bien los robots personales tienen un alto precio, un robot al servicio del público en general podría justificar dicho coste. El presente artículo muestra los avances en el desarrollo de un robot controlador de tránsito, cuyo primer objetivo ha sido la detección y seguimiento de personas en un fondo complejo a luz ambiente.

2. Diseño del Hardware

El robot debe de ser capaz de emular los movimientos humanos con el fin de facilitar la interacción natural con el usuario que desee cruzar la calle.

Nuestro robot cuenta con 12 grados de libertad, 5 grados por brazo y 2 en el cuello; se tomo la decisión de dichos grados de libertad debido a que permite un movimiento fluido en el tronco superior con el objetivo de indicar una señal de alto o siga. El robot diseñado se puede observar en la Fig. 1.

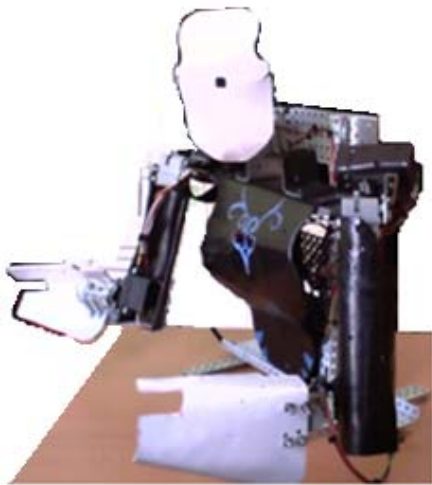


Fig. 1 Robot controlador de tránsito con 12 GDL

El circuito empleado para el control de servos es realizado mediante un microcontrolador PIC16F877A a 20 Mhz, el cual emplea el protocolo RS-232 para recibir la información de la computadora sobre la dirección en que debe voltear la cabeza, y posición de los brazos puesto que es en ella donde se halla el sensor webcam. El diagrama a bloques que detalla la construcción se muestra en la Fig. 2. Los datos son enviados en el orden mostrado por la Tabla 1.

Tabla 1. Protocolo de envío de datos

Secuencia	1	2	3
Valor	oxFF	No. De servo	Posicion (0-180)

2.1 Algoritmos de visión

La detección de piel nos permite ubicar en una imagen sea fija o continua (video) las regiones de pixeles que tienen una semejanza al color de la piel. La etapa de detección de piel puede ser realizada por diversas técnicas, entre ellas: movimiento [1] y umbralización, en este último caso se emplean técnicas posteriores como algoritmos genéticos [2], tablas normalizadas de operaciones de búsqueda o "look up table" (LUT) [8], clasificadores Bayes [3] etcétera, con el objetivo de identificar áreas de píxeles piel; sin embargo todas estas etapas funcionan con la

imagen binarizada a partir del color. Existe un problema en la umbralización de la imagen en color principalmente por los límites que se deben de tomar, debido que son constantes tomadas manualmente [4] mediante prueba y error, además de ser valores continuos entre límites.

El algoritmo diseñado emplea la detección de piel mediante el procesamiento de color de imágenes continuas, apoyándose en 6 planos de detección: RGB, HSL, HSV, HSI, YCrCb y el movimiento, los cuales en su suma determinarían la probabilidad de obtener un píxel piel, basándose en su medida previamente registrada manualmente en valores promedios. Posteriormente se utilizan filtros morfológicos para discernir áreas de píxeles piel del fondo de la imagen, los resultados de este artículo se evaluarán en la rapidez y correcta detección de un gesto en una mano descubierta. El resultado de la clasificación es asignada como positivos verdaderos (PV), positivos falsos (PF) y falsos negativos (FN). La detección de piel propuesta por este artículo se basa en 2 etapas, almacenamiento de la selección manual valores promedio de píxeles y la detección en base a los valores promedios almacenados. Fue necesario crear una base de datos de imágenes para seleccionar las regiones de piel y obtener de esta forma el valor promedio de la medida. La forma que se creó la base de datos fue tomando imágenes fijas (fotos) en secuencias de videos captadas por una cámara web separadas por espacios de 50 milisegundos con diversas personas, condiciones de luz y fondo complejo.

La selección del área de tono de color piel se baso en que la iluminación no saturara la cámara en brillo y no contenga ojos, dientes, barba o bigote, siendo la selección de piel con sombras optativas bajo condiciones de luz que permitan la discreción de piel. En la Fig. 3 se muestra imágenes de la base de datos y las regiones que se tomaron en cuenta para la selección de valores promedio. La ecuación 1-10 muestra la forma correcta de convertir una imagen del plano de color los planos empleados para la detección de piel.

$$r = \frac{R}{R+G+B}, g = \frac{G}{R+G+B}, b = \frac{B}{R+G+B} \quad (1)$$

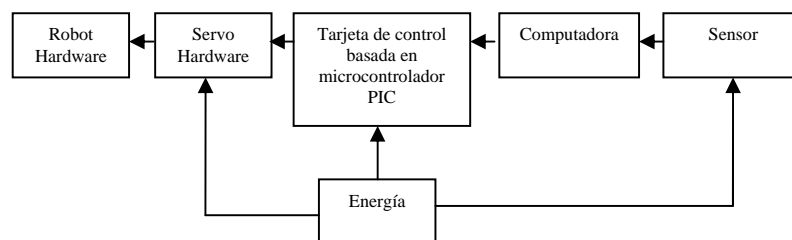


Fig 2. Diagrama a bloques del robot controlador de tráfico

$$h = \cos^{-1} \left\{ \frac{0.25 \cdot [(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)^2 + (g-b)^2]^{1/2}} \right\}, \quad h \in [0, \pi] \text{ para } b \leq g \quad (2)$$

$$H = 2\pi - \cos^{-1} \left\{ \frac{0.25 \cdot [(r-g) + (r-b)]}{[(r-g)^2 + (r-b)^2 + (g-b)^2]^{1/2}} \right\}, \quad h \in [0, 2\pi] \text{ para } b > g \quad (3)$$

$$L = \frac{1}{2}(\max + \min) \quad (4)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{si } \max = \min \\ \frac{\max - \min}{\max + \min} = \frac{\max - \min}{2L}, & \text{si } t \leq 1/2 \\ \frac{\max - \min}{2 - (\max + \min)} = \frac{\max - \min}{2 - 2L}, & \text{si } t > 1/2 \end{cases} \quad (5)$$

$$V = \max \quad (6)$$

$$I = \frac{(R+G+B)}{3+229}, \quad t \in [0, 1] \quad (7)$$

$$Y = 0.297R + 0.504G + 0.098B + 16 \quad (8)$$

$$Cb = -0.148R - 0.291G + 0.439B + 128 \quad (9)$$

$$Cr = 0.439R - 0.368G - 0.071B + 128 \quad (10)$$

$$I_{prom} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [(x_i y_j) + (x_i - 1) y_j]}{|x_i - x_j| + |y_i - y_j|} \quad (11)$$

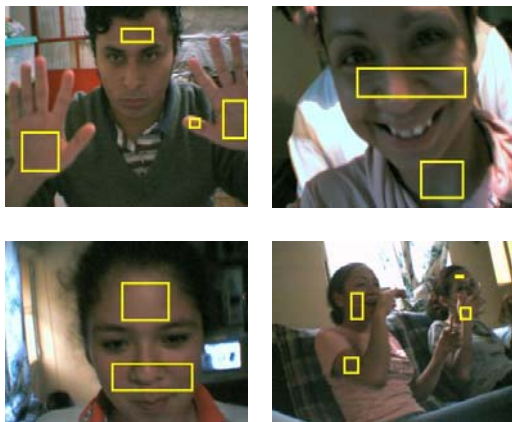


Fig. 3 Base de datos creada para que el algoritmo aprenda a identificar los pixeles de color piel

Con la selección de área de piel se obtienen los valores promedio en los diversos planos RGB, HSL, HSI, HSV y YCrCb por vectores separados y estos son almacenados en archivos de texto, con el objetivo de ser cargado posteriormente, la ecuación 11 muestra la forma de realizar el promedio de una región de una imagen. Para esta etapa se seleccionaron 502 muestras de piel en diversas condiciones de luz, tono de piel y persona.

Se tomaron 502 muestras para la detección de piel, como se muestra en la Fig. 4, el eje correspondiente a la abscisa representa la intensidad del píxel de 0 a 255 y el eje de la coordenada representa el número de veces que se repite la medida en esa intensidad en particular. Las 502 muestras reflejan la repetición sobre la intensidad de colores piel, sin embargo aplicar 502 valores de umbralización disminuiría la velocidad de detección en cada plano, por esto se optimizan los valores promedio para eliminar los repetidos y estos son almacenados en un archivo de texto para ocuparlos en la aplicación del detector de piel.

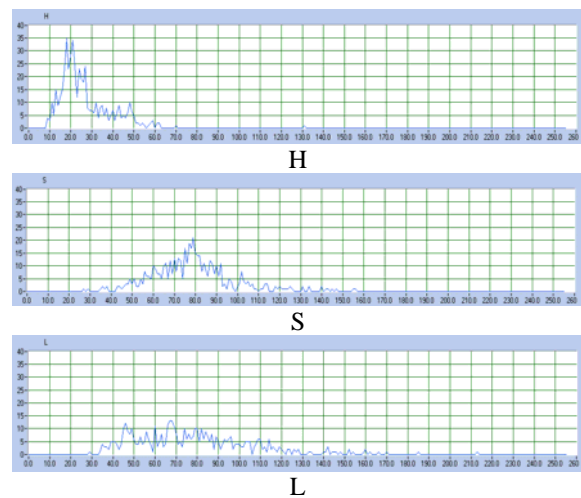


Fig. 4 Base de datos de intensidades de pixeles piel

El color de un objeto es un fenómeno perceptivo, es decir depende de la iluminación sobre el mismo, esto hace en la detección por color un problema cuando la iluminación cambia. Sin embargo aceptando que una diferencia en iluminación (cuando la luz es blanca) es similar a otro tono de piel, es posible detectarlo debido a que a pesar de que nuestra piel es de distinto color, la cromancia es un factor que no varía en gran cantidad [1]. La solución propuesta se basa emplear los valores umbrales promedio no continuos entre si obtenidos en el entrenamiento que permitan la detección de piel en cada plano de los distintos espacios ocupados (siempre y cuando se cumplan los 3 píxeles de cada plano en el espacio del color), sustituyendo en la imagen binaria un color en escala de gris equivalente a 42, el cual se refiere al número máximo de intensidad entre numero de detectores, en este caso $255/6 = 42.5$. Una vez obtenido cada plano en negro y gris se suman entre si para lograr una imagen en escala de grises, donde el color mas cercano al blanco tiene más probabilidad para ser considerado un píxel piel

El ser humano normalmente esta en continuo movimiento, es por esto que es un método utilizado que ayuda a centrar la atención en un área en específico de la imagen.

Los cambios en la intensidad de un píxel en la imagen pueden ser causados por el movimiento, ruido y cambio de iluminación. Una forma de extracción del movimiento puede realizarse mediante la ecuación 12.

$$\partial I(x, y, t) / \partial t \approx I(x, y, t) - I(x, y, t-1) \quad (12)$$

La ecuación 12 se refiere a la diferencia de intensidades entre dos imágenes consecutivas, sin embargo al tomar cada píxel sin un preprocesado de imagen da lugar a diversos falsos positivos, los cuales pueden ser en su mayoría eliminados si se aplica un filtro espacial sobre la imagen antes de detectar el moviendo. Mediante la ecuación 13 es posible implementar un filtro que suavice la imagen, con el fin de disminuir el efecto sal y pimienta, cambios bruscos de iluminación.

$$\partial I(x, y, t) / \partial t \approx \partial / \partial t (G(x, y, t)) \otimes I(x, y, t) \quad (13)$$

Una vez que los píxeles cuyo cambio después del filtro espacial se ven afectados, se binariza la imagen tomando como píxel cambio un color gris equivalente al número 42, siendo el movimiento el sexto plano. La Fig. 5 muestra la detección de piel obtenida en escala de grises de una imagen continua tomada por la cámara web, los píxeles mas blancos tienen más probabilidad de ser píxeles piel. Los

píxeles piel son determinados por la ecuación 14.

$$skin_{std} = RGB + HSI + HSL + HSV + YCbCr + MOV \quad (14)$$

Una vez que las regiones de piel son detectadas se localiza el centroide de la imagen para determinar el región de la imagen en que se halle el mayor cúmulo de personas; posteriormente se realiza el seguimiento midiendo la distancia del centroide de piel al centro de la imagen, corrigiendo de forma continua la posición del cuello del robot para centrar a la persona. El robot inicia una secuencia para levantar los brazos cuando la región de píxeles cruce el umbral marcado por los extremos de la calle, por lo que el algoritmo es capaz de detectar líneas rectas.

3. Conclusiones

La detección de piel mediante el uso de diversos planos de color es un método fácil de implementar, de alta velocidad debido a que es una técnica basada en el procesamiento de color.

El problema de la iluminación se resuelve aplicando distintas combinaciones de planos debido a que unos dependen menos de la luz y otros son más sensibles a la detección de piel con una luz específica. Debido a que no son continuos los valores promedios entre límites máximos y mínimos como se demostró con es necesario utilizar múltiples valores de umbralización. La Fig. 6 muestra el resultado de proceso de detección de piel.



Fig. 5 Píxeles de piel detectados en diversos planos de color



Fig. 6 Resultado del detector de piel

4. Trabajo a futuro

Se está estudiando actualmente la detección de piel en diversos ambientes de luz, como oficina y luz de día y se ha percibido que la detección basándose en valores tomados en luz de oficina no funcionan completamente en otro tipo de ambientes cuyo cambio de iluminación es muy drástico, por esto se está estudiando cómo clasificar los tipos de iluminación para cargar los vectores más apropiados para detectar la imagen.

Referencias

- [1] Shaogan Gong, “*Dynamic vision: from images to face recognition*”, imperial college press, 2005.
- [2] Francesca Gasparini et al, “*Skin segmentation using multiple thresholding*”, proceeding of SPIE, DISCO, Milano Italia, 2006.
- [3] Vladimir Vezhnevets, “*A survey on Pixel-based skin color detection techniques*”, 13th International Conference on the computer Graphics and vision, Graphic and media laboratory, Moscow Rusia, 2003.
- [4] Sanjay Kr. Singh et al, “*A robust color based face detection algorithm*”, department of computer science and engineering and technology, India, 2003