

IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE SEÑALES DE TRÁFICO

Albertina Castro^a, Elisabet Pérez^b, Bahram Javidi^c

^a Coordinación de Optica, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, Apdo. Postal 216 Puebla, Puebla, 72000, betina@inaoep.mx

^b Optica y Optometría, Universidad Politécnica de Cataluña, Violinista Vellsola 37, 08222, Terrassa, España.

^c Electrical and Computer Engineering, University of Connecticut, U-2157, Storrs, Connecticut, 06269, USA.

RESUMEN

Se presenta un sistema de reconocimiento de señales de tráfico basado en un procesador de correlación no-lineal y un banco de filtros compuestos. Es un estudio realizado en la Universidad de Connecticut para el Departamento de Tránsito del estado de Connecticut, EE.UU. El sistema fue probado con imágenes fijas, así como con una secuencia de video. Los resultados obtenidos muestran que el sistema reconoce adecuadamente a una señal de tráfico aun si ha variado en escala por efectos de movimiento, si está parcialmente obstruida, en malas condiciones de iluminación, o si está distorsionada por rotación.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, dada las altas velocidades que pueden alcanzar los vehículos automotores, la seguridad es uno de los puntos más importantes en el diseño de éstos. Consecuentemente es altamente deseable poder incluir en los vehículos dispositivos que permitan identificar obstáculos peligrosos, caminos o carreteras intransitables, así como identificar señales de tráfico en carretera que nos permitan tomar las precauciones requeridas por la ocasión. El dispositivo que a continuación se presenta es un sistema de reconocimiento tolerante a distorsiones que reconoce automáticamente señales de tráfico, aquí se presenta específicamente la señal de velocidad máxima permitida o *speed limit*, pero el principio puede ser aplicado a cualquier señal de tráfico, o cualquier otro objeto que pueda ser contenido en imágenes y que se desee reconocer aún con distorsiones.

2. IDENTIFICACION DE LA SEÑAL DE TRÁFICO: VELOCIDAD MAXIMA PERMITIDA

Los procesadores de correlación miden el grado de similitud de una señal presentada con respecto a una señal de referencia. Entre más agudo sea el pico en el plano de correlación, mayor será la similitud entre los objetos comparados. Una ventaja que tienen los correladores, con respecto a otros métodos de comparación es su invariancia al desplazamiento, es decir, es posible localizar al objeto bajo estudio en cualquier parte de la escena o imagen analizada, sin tener necesariamente que ubicarlo en el centro de la imagen. Pero, desafortunadamente tienen la desventaja de ser sensibles a distorsiones. Es decir, si el objeto que se presenta corresponde al mismo de referencia pero con un cambio de escala, con una rotación -como puede ocurrir con las señales de tráfico que deseamos reconocer- entonces el valor del pico de correlación puede bajar abruptamente, dependiendo de la severidad de la distorsión. La manera más simple de solucionar este problema es tener un conjunto de imágenes del objeto por reconocer con las distorsiones esperadas, y posteriormente efectuar la correlación de la escena de entrada con cada una de estas imágenes de referencia.

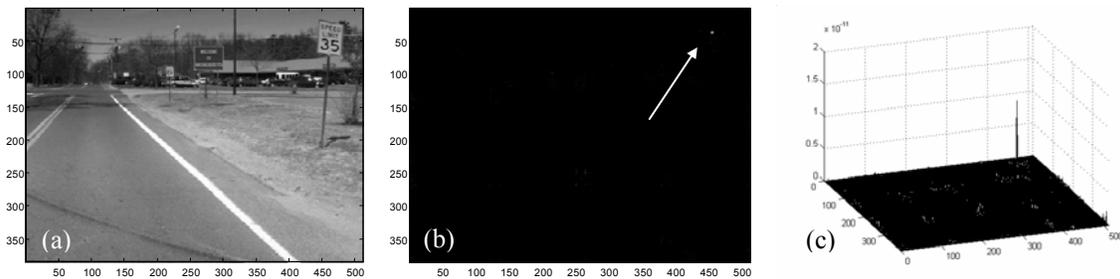


Figura 1. Reconocimiento de la señal limite de velocidad –35 millas por hora- distorsionada por rotación a) Escena de entrada b) Representación en 2D y c) representación en 3D del plano de correlación.

La solución anterior no es muy práctica porque consume tiempo y recursos de almacenamiento. Para solventar este problema se sintetizaron filtros compuestos, conocidos como filtros sintetizados de función discriminante –*Synthetic Discriminant Function filters, SDF*-. Estos combinan de manera lineal en una sola imagen las distintas versiones distorsionadas del objeto de referencia. Se realizó un estudio de los diferentes filtros compuestos^{1,2}. Los mejores resultados para esta aplicación específica se obtuvieron con el filtro de igual pico de correlación –ECP-, el cual por diseño asigna el mismo valor al pico de correlación cuando se presente cualquiera de las imágenes que componen el filtro. En un solo filtro se incluyeron rotaciones fuera de plano (cambios en el ángulo azimutal). Concretamente se combinaron un total de nueve imágenes rotadas de -12 a 12 grados en pasos de tres grados. Hay que mencionar que el número de imágenes que es posible incluir en un filtro es finito, generalmente alrededor de 12. Por lo tanto, adicionalmente se creó un banco de filtros para incluir la distorsión ocasionada por cambios de escala. La distorsión por rotación en plano (rotación x-y) se realizó rotando digitalmente la propia escena de entrada.

Existen otras señales de tráfico, que poseen igual razón de aspecto y una energía promedio similar. Una de ellas es la señal de no rebasar (*do not pass*). Para atacar a este problema se utilizó un procesador de correlación no-lineal de la ley k-ésima.³ Éste, además de ser altamente discriminante ante objetos similares, también fue muy eficiente para reconocer señales con mala iluminación. Esta última dificultad se presentaba frecuentemente debido a las sombras producidas por los árboles a los costados de las carreteras, y a las condiciones climatológicas, como lluvia y nieve.

La decisión de rechazo o de reconocimiento de objetivos se tomó en base a una métrica que compara la energía total del plano de correlación con respecto al valor del pico de correlación (PCE de las siglas en inglés *Peak-to correlation energy*). De acuerdo a las necesidades del Departamento de Tránsito del estado de Connecticut^{4,5} para ellos era preferible aceptar objetivos falsos que rechazar objetivos verdaderos. Entonces, se entrenó al sistema presentándole escenas con objetivos verdaderos –*true target*- así como objetivos falsos –*false target*- para determinar el valor PCE umbral o mínimo para aceptar o identificar a un objetivo de la clase verdadera.

Se analizaron con satisfactorios resultados imágenes fijas, así como imágenes de una secuencia de video de formato .cjl (*Compressed JPEG Library*). Este formato es utilizado por el Departamento de Transito para compactar las imágenes capturadas en un vehículo especial que transita por las carreteras del estado, para posteriormente analizar la condición de las señales de tráfico en carretera. En la Fig. 1(a) la señal de *speed limit* de 35 millas por hora –mph- se encuentra en un fondo o ambiente real, distorsionada por rotación y en presencia de otras señales de tráfico, en la Fig. 1(b) se presenta la imagen aérea o bidimensional del plano de correlación, indicando con un punto blanco la localización del pico de correlación del objetivo reconocido. La Fig. 1(c) presenta una vista tri-dimensional del plano de correlación. El pico de correlación mostrado supera el umbral previamente establecido y por lo tanto, el sistema genera la bandera de reconocimiento. Otro interesante resultado se obtuvo al analizar la escena mostrada en la Fig. 2(a). Una señal de *speed limit* de 50 mph de la cual se tiene información parcial, y se encuentra bajo la sombra producida por las hojas de los árboles. Fue adecuadamente reconocida y localizada como se muestra en la Fig. 2(b), a pesar de todas las distorsiones anteriormente comentadas.

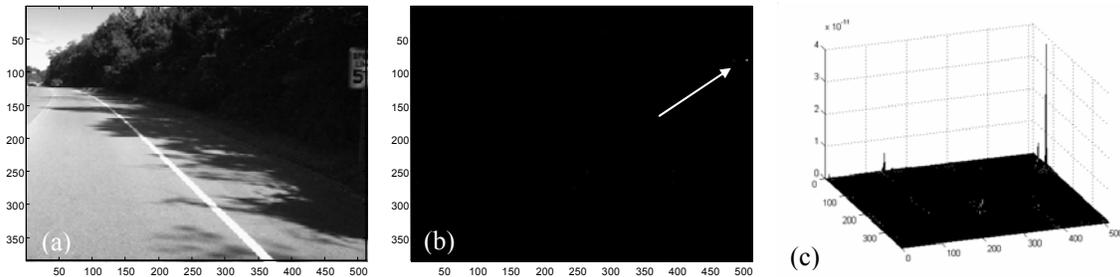


Figure 2. Reconocimiento de la señal de limite de velocidad de 50 millas por hora parcialmente obstruida y en malas condiciones de iluminación, b) Representación en 2D y c) representación en 3D del plano de correlación.

La Fig. 3(a) presenta una escena con un falso objetivo. Corresponde a un *do not pass*, el cual, como se mencionó anteriormente, es muy similar en forma y energía a nuestra señal objetivo: *speed limit*. Aun cuando

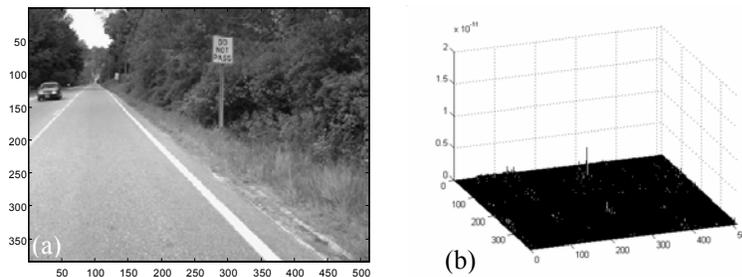


Figura 3. Prueba del sistema de reconocimiento usando una señal similar a la que se desea reconocer a) Escena de entrada b) Representación 3D del plano de salida.

la Fig. 3(b) presenta un pico en el plano de correlación, éste no supera el umbral previamente establecido y por lo tanto es rechazado por el sistema.

3. CONCLUSIONES

Se presentó un dispositivo que identifica automáticamente señales de tráfico. El sistema desarrollado utiliza un procesador de correlación no-lineal y un banco de filtros compuestos que lo hacen tolerante a distorsiones ocasionadas por rotación, cambios de escala, iluminación no uniforme y además es altamente discriminante ante objetos muy similares. Este dispositivo fue aplicado para identificar las señales de tráfico de velocidad máxima permitida, pero puede ser aplicado para identificar cualquier otra señal u objeto en una escena o imagen.

BIBLIOGRAFÍA

1. D. Casasent, "Unified synthetic discriminant function computational formulation," *Applied Optics*, 23, 10, 1984, pp 1620-1627.
2. A. Mahalanobis, B.V.K. Vijaya Kumar, D. Casasent, "Minimum Average Correlation energy filters," *Applied Optics*, 26,17, 1987, pp. 3633-3640.
3. B. Javidi, D. Painchaud, "Distortion invariant pattern recognition with Fourier-plane nonlinear filters," *Applied Optics*, 35,2, 1996, pp. 318-331.
4. B. Javidi, M. A. Castro, S. Kishk, E. Pérez, "Automatic Detection and analysis of speed limits signs", Technical Report Project 00-4, Responsible of the Project B. Javidi, JHR 02-285 (Publisher Connecticut Transportation Institute, School of Engineering, University of Connecticut, Storrs CT, 2002), http://ntl.bts.gov/lib/24000/24500/24576/JHR_02-285_P_00-4_Fin_Rpt.pdf
5. E. Perez, M. A. Castro and B. Javidi, "Strategies for detection of distorted road signs in background noise ", *Proc. SPIE*, 4471, 2001, pp. 90-104.