

CARACTERIZACIÓN ESPECTRAL DE CÁMARAS CCD PARA APLICACIONES DE VISIÓN EN COLOR EN EL INFRARROJO

Vilaseca, M.; Pujol, J.; Arjona, M.

Centre de Desenvolupament de Sensors, Instrumentació i Sistemes (CD6).
Departament d'Òptica i Optometria, Universitat Politècnica de Catalunya,
Rambla Sant Nebridi 10, 08222 Terrassa, Spain

Palabras clave: Cámaras CCD, caracterización espectral, infrarrojo cercano.

INTRODUCCIÓN

La respuesta espectral de cámaras CCD convencionales se extiende más allá de la región del visible siendo significativa hasta 1000 nm. Actualmente se fabrican cámaras CCD con respuesta mejorada en el infrarrojo cercano (800 nm - 1000 nm). Las ventajas de estos detectores frente a las limitaciones de otras tecnologías que son utilizadas típicamente en esta región generan interés en trabajar con este tipo de cámaras. La proximidad del infrarrojo cercano (NIR) al visible permite la aplicación de métodos de visión en color en esta región, obteniendo una pseudo-colorimetría del NIR, técnica que permite aumentar el contraste entre objetos que presentan reflexión en esta zona del espectro. Para ello es necesario conocer exactamente sensibilidad espectral de la cámara CCD.

En este trabajo proponemos un sistema experimental para obtener la sensibilidad espectral de cámaras CCD convencionales en la región del infrarrojo cercano (800 nm - 1000 nm) (Vilaseca et al. 2002). Los métodos existentes de determinación de sensibilidad se pueden clasificar en dos grupos. La primera clase de métodos (Verdú et al. 2002) está basada en medidas espectrales directas y utilizan las funciones espectrales de conversión optoelectrónica (OECSFs). Estas funciones relacionan la respuesta de la cámara CCD (NDL, nivel digital normalizado) con la exposición (H) para diferentes longitudes de onda y con ellas se puede calcular la sensibilidad espectral de la cámara CCD. La segunda clase de métodos (Hardeberg et al. 2000; Pratt, Mancill 1976) implica realizar una estimación de la sensibilidad espectral relacionando las respuestas de la cámara para algunas muestras y su reflectancia o transmitancia espectral conocida. Algunos de estos métodos son: método de la pseudoinversa de Moore-Penrose, estimación de Wiener y análisis de componentes principales (PCA). Aunque estos últimos métodos pueden dar buenos resultados, los primeros son más fidedignos ya que en ellos no se realiza ninguna estimación.

MÉTODO Y MATERIAL

Para la determinación de la sensibilidad espectral de la cámara CCD se han calculado las OECSFs en la región del infrarrojo cercano. El montaje experimental utilizado (Fig.1) está compuesto de una cámara CCD JAI CV-M10 conectada a una tarjeta digitalizadora Matrox IP8. Se han medido la respuesta digital de la cámara (NDL) y la radiancia (H) para una imagen uniforme y monocromática obtenida mediante una lámpara halógena acoplada a un monocromador, a intervalos de 10 nm. Se han configurado los parámetros de la cámara CCD (gain y offset) para obtener una respuesta lineal a la radiancia. A partir del ajuste de las OECSFs a funciones matemáticas como por ejemplo la sigmoide simétrica o asimétrica (ec.1), dependiendo del comportamiento de la cámara, se pueden calcular la responsividad espectral $r(\lambda, H)$ y el espectro de acción $a(\lambda, NDL)$ para diferentes valores de exposición y nivel digital relativo, respectivamente. A partir del escalado relativo de estas dos funciones se calcula la sensibilidad espectral de la cámara CCD.

Sigmoide simétrica :

$$NDL_{\lambda} = a_{\lambda} + \frac{b_{\lambda}}{1 + \exp\left[\frac{(H_{\lambda} - c_{\lambda})}{d_{\lambda}}\right]}$$

Sigmoide asimétrica :

$$NDL_{\lambda} = a_{\lambda} + \frac{b_{\lambda}}{\left\{1 + \exp\left[\frac{(H_{\lambda} - d_{\lambda} \ln(2^{1/e^{\lambda}} - 1) - c_{\lambda})}{d_{\lambda}}\right]\right\}^{e_{\lambda}}}$$

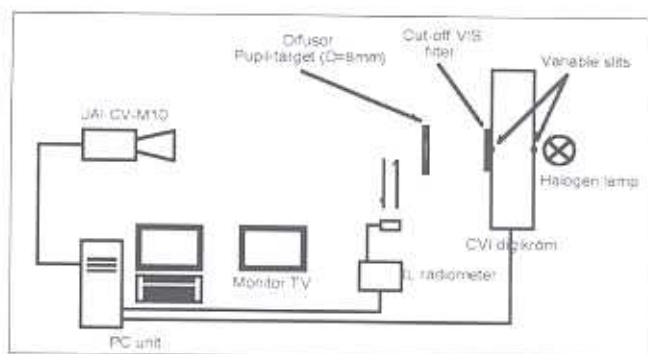


Fig. 1. Montaje experimental para la medida de las OECSFs.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La Figura 2 muestra la responsividad espectral y el espectro de acción de la cámara para $\lambda=900$ nm, así como la sensibilidad espectral obtenida experimentalmente y la proporcionada por el fabricante. Tanto la responsividad espectral como el espectro de acción muestran el comportamiento no lineal de la cámara. El escalado relativo de estas funciones es constante para diferentes perfiles espectrales. Promediando los perfiles de responsividad espectral relativa (espectro de acción) para diferentes valores de exposición (NDL) se obtiene la sensibilidad espectral de la cámara. La curva de sensibilidad obtenida experimentalmente es menos lineal que la proporcionada por el fabricante.

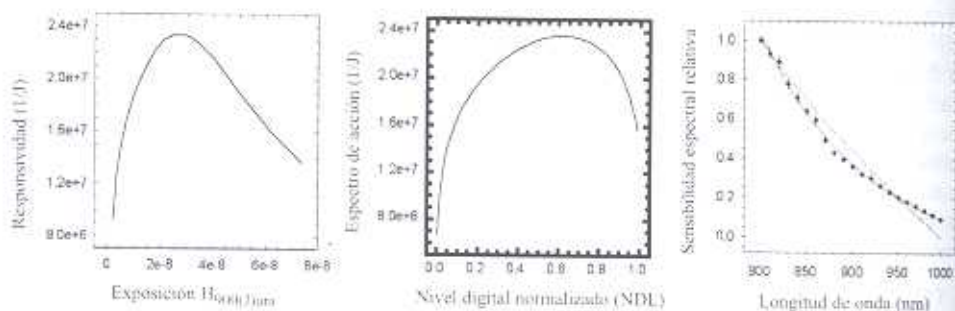


Fig. 2. Responsividad espectral y espectro de acción para $\lambda=900$ nm, Sensibilidad espectral obtenida experimentalmente (línea continua y puntos) y sensibilidad proporcionada por el fabricante (línea discontinua).

AGRADECIMIENTOS A la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT) por la financiación del proyecto TAP-99-0856.

BIBLIOGRAFÍA

- Hardeberg, J.Y.; Schmitt, F.; Brettel, H. (2000). Multispectral image capture using a tunable filter. Conference on Color Imaging (San José, California), Proc. SPIE 3963, 77-88.
- Martinez-Verdú, F.M.; Pujol, J.; Capilla, P. (2002). Calculation of the color matching functions of digital cameras from their complete spectral sensitivities. *J. Imaging Sci. Techn.*, 46, 15-25.
- Pratt, W.K.; Mancill, C. (1976). Spectral estimation techniques for the spectral calibration of a color image scanner. *Appl. Opt.* 15, 73-75.
- Vilaseca, M.; Pujol, J.; Arjona, M. (2002). Spectral reflectance reconstruction in the NIR region using conventional CCD camera measurements, (enviado a *Appl. Opt.* en abril de 2002).