

DESARROLLO DE UN MODELO DE ADAPTACIÓN LUMINOSA PARA LA MEJORA DEL RANGO DINÁMICO DE UN SISTEMA DE IMAGEN BASADO EN UNA CÁMARA CCD

de Lasarte M., Pujol J., Arjona M. y Vilaseca M.

Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6),
Universidad Politécnica de Cataluña. Rambla de Sant Nebridi, 10. 08222 Terrassa (Barcelona)

Palabras clave: adaptación luminosa, medida del color, cámaras CCD.

INTRODUCCIÓN

Debido a sus características, los sistemas optoelectrónicos de imagen son especialmente útiles en áreas como la fotometría y la radiometría. Recientemente, las cámaras CCD también se han empezado a utilizar en la medida del color y en sistemas multispectrales de imagen. En trabajos previos de nuestro grupo [1] se han utilizado sistemas de este tipo y se ha evaluado su eficiencia aplicando diversos métodos matemáticos y configuraciones para el cálculo de los valores triestímulo XYZ a partir de los niveles digitales asociados a cada canal de adquisición. Aunque los resultados obtenidos son aceptables, estos sistemas presentan un rango dinámico limitado, lo que implica que si se quieren medir de forma simultánea colores muy diferentes en luminancia, como suele suceder en imágenes reales, no es posible obtener niveles digitales de respuesta dentro del rango de respuesta lineal del sistema para todos los píxeles de la imagen. Esto limita la aplicación de estos sistemas como instrumentos de medida del color de una imagen real.

En este trabajo se muestra un modelo de adaptación luminosa ('Luminance Adaptation Model', LAM) con el objetivo de optimizar las condiciones de captura de un sistema de imagen basado en una cámara CCD. La aplicación de este modelo permite superar la limitación de estos sistemas obteniendo niveles digitales útiles, es decir, dentro del rango de respuesta lineal del sistema, para un cierto tiempo de exposición, que puede ser diferente para píxeles diferentes. Estos niveles digitales útiles se transforman a un tiempo de exposición de referencia definido para cada canal de adquisición y común para todos los píxeles de la imagen. De esta forma, todos los niveles digitales finales considerados se encuentran dentro del rango de respuesta lineal del sistema y son comparables, incrementándose así el rango dinámico del sistema. Esto hace posible la medida de todos los colores de una imagen, independientemente de las diferencias en luminancia existentes entre los mismos.

MATERIAL Y MÉTODO

El sistema utilizado en este trabajo está constituido por una cámara CCD monocromática de 12 bits refrigerada con un objetivo y dos conjuntos de filtros que permiten realizar las medidas de color mediante dos configuraciones distintas: un filtro RGB sintonizable (configuración colorimétrica) y un conjunto de siete filtros interferenciales con una FWHM de aproximadamente 40nm, cubriendo por

completo el rango visible del espectro (configuración multispectral). Para ambas configuraciones, los valores XYZ se calculan mediante una transformación directa de los niveles digitales correspondientes, obtenida mediante un ajuste matemático que utiliza la pseudo-inversa de Moore-Penrose (PSE).

Se ha empleado la carta GretagMachbeth ColorChecker DC (CCDC) para calibrar el sistema y ésta junto con la carta GretagMachbeth ColorChecker Color Rendition (CCCR) para validarlo. Se han capturado diversas imágenes utilizando diferentes tiempos de exposición para cada muestra de color de la carta CCDC y para cada canal de adquisición. El tiempo de exposición de referencia se determina para cada canal como el tiempo para el que todas las muestras tienen niveles digitales dentro del rango lineal. Para todos los tiempos de exposición se representan los niveles digitales útiles de las muestras respecto a los niveles digitales de las mismas medidas con el

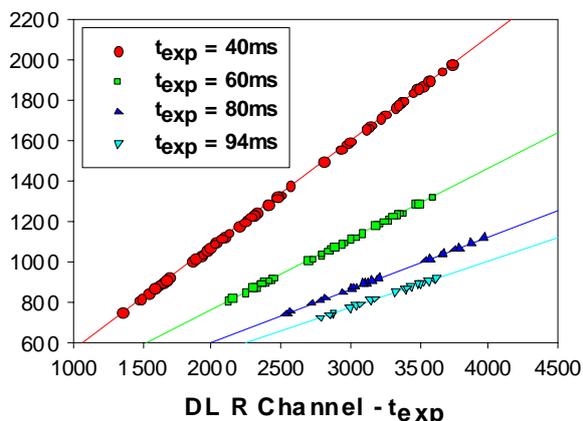


Figura 1.- Niveles digitales útiles (DL) de la carta CCDC obtenidos utilizando un tiempo de exposición de referencia (20ms) versus los DL obtenidos con otros tiempos de exposición (canal R, configuración colorimétrica). Cada punto representa una muestra de la carta CCDC.

tiempo de exposición de referencia. Un ajuste lineal de estos valores permite obtener, para cada canal de adquisición, los coeficientes de regresión que relacionan cada tiempo de exposición con el de referencia, y que se utilizarán para aplicar el LAM. (Figura 1.).

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La validez del modelo de adaptación luminosa se comprueba utilizando las cartas de color GretagMacbeth ColorChecker DC (CCDC) y GretagMacbeth ColorChecker Color Rendition (CCCR), para las que es posible obtener niveles digitales útiles para todas sus muestras con un único tiempo de exposición. Se obtienen los conjuntos de coeficientes de regresión asociados a cada tiempo de exposición, para cada canal, mediante ajustes lineales de alta calidad ($r^2 > 0.998$) de los niveles digitales útiles (DL) de las muestras de la carta CCDC. Se compara la precisión de la medida del color llevada a cabo sin aplicar el LAM (NO-LAM) y aplicando el LAM, tanto para la configuración colorimétrica como para la multispectral del sistema (Tabla 1.). La elevada similitud entre los resultados obtenidos sin y con la aplicación del LAM, para todas las combinaciones de las cartas CCDC y CCCR y para ambas configuraciones del sistema, prueba la validez del modelo propuesto cuando se aplica a las medidas de color llevadas a cabo.

Tabla 1.- Comparación entre las medidas del color llevadas a cabo utilizando las configuraciones colorimétrica (COL) y multispectral (PSE), aplicando el LAM y sin aplicarlo (NO-LAM), para las diversas combinaciones de las cartas CCDC y CCCR como conjuntos de entrenamiento (Entren.) y prueba del sistema.

CONFIG. COL.			Entren.	CCDC	CCDC	CCCR	CCCR
			Prueba	CCDC	CCCR	CCCR	CCDC
CONFIG. COL.	NO-LAM	ΔE promedio	4.2	6.3	5.2	5.4	
		ΔE mín.	0.6	0.8	0.8	0.6	
		ΔE máx.	11.8	12.8	12.5	16.6	
	LAM	ΔE promedio	4.2	5.9	5.1	4.9	
		ΔE mín.	0.6	0.4	0.9	0.8	
		ΔE máx.	11.8	13.5	12.3	13.6	
CONFIG. PSE.	NO-LAM	ΔE promedio	3.0	4.7	3.9	4.8	
		ΔE mín.	0.5	1.9	0.5	0.9	
		ΔE máx.	9.7	16.6	14.9	11.1	
	LAM	ΔE promedio	3.1	5.1	3.5	4.3	
		ΔE mín.	0.2	1.7	0.2	0.8	
		ΔE máx.	10.7	22.0	11.8	9.7	

REFERENCIAS

[1].de Lasarte M., Vilaseca M., Pujol J., Arjona M., Color measurements with colorimetric and multispectral imaging systems Eighth International Symposium on Multispectral Color Science, Proc. of SPIE Vol. 6062, pp. 60620F1-60620F11, 2006.