

Fuente de luz espectral sintonizable basada en diodos emisores de luz (LEDs)

Fco. Javier Burgos Fernández^{1*}, Meritxell Vilaseca Ricart¹, Jaume Pujol Ramo¹

¹Centro de Desarrollo de Sensores, Instrumentación y Sistemas (CD6), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

*francisco.javier.burgos@cd6.upc.edu

Resumen: Los sistemas de iluminación utilizados habitualmente en sistemas multiespectrales están formados por una fuente de luz blanca más un conjunto de filtros. Sin embargo, gracias a los diodos emisores de luz (LEDs) es posible construir fuentes de luz formadas por estos en montajes multiespectrales. En este trabajo se presenta una fuente de luz basada en LEDs espectral y sintonizable, es decir, que permite escoger las longitudes de onda que emite. Para ello, se han escogido 35 LEDs visibles (400-700nm, en pasos de 10nm) con una anchura a media altura promedio de 22nm y una intensidad luminosa media de 6728mcd. En un futuro cercano, se pretende acoplar esta fuente de luz a un sistema multiespectral.

1. Introducción

Los sistemas multiespectrales están en el punto de mira de muchos grupos de investigación desde hace algunos años [1-4]. Dichos dispositivos permiten caracterizar espectral y colorimétricamente un objeto determinado a través de distintos canales de adquisición de una cámara. El número de canales suele oscilar entre cuatro y algunas decenas, pero la mayoría de estudios demuestran que son necesarios menos de diez a causa de las relativamente suaves propiedades espectrales de la mayoría de superficies [5,6]. Otra ventaja de estos sistemas es su capacidad de obtener información espectral de elevada resolución espacial (píxel a píxel) de una escena siempre y cuando se aplique el algoritmo de reconstrucción adecuado. Ejemplos de estos son el método de la pseudoinversa de Moore-Penrose, el análisis de los componentes principales, etc [1,3].

Existen principalmente dos configuraciones distintas según el método de muestreo espectral utilizado para la captura de las imágenes a través de los distintos canales de un sistema multiespectral. La primera utiliza una fuente de luz aproximadamente blanca (halógena, de descarga, etc.), cuyo espectro de emisión es bastante uniforme, combinada con distintos filtros de diferentes transmitancias espectrales y con un ancho de banda generalmente estrecho (filtros interferenciales, acustoópticos, de cristal líquido, etc.) [7,8]. Alternativamente, se podría emplear una fuente de luz blanca y una cámara con un sensor RGB y así disminuir la batería de filtros. La segunda configuración posible está formada por fuentes de luz con diferente emisión espectral, es decir, coloreadas. Esta opción ha cobrado más fuerza desde la introducción de los diodos emisores de luz (LEDs) en el mercado [9,10].

La tecnología LED gana adeptos día tras día debido a su eficiencia, su elevada esperanza de vida, su bajo coste y su constante evolución. Sin embargo, presentan algunos inconvenientes que no se deben menospreciar: tienen problemas de consistencia del color y de estabilidad en el tiempo. Estos son algunos de los motivos por los cuales su uso en sistemas multiespectrales aún es muy limitado.

El objetivo de este trabajo es construir una fuente de luz espectral y sintonizable basada en LEDs que cubra el rango visible del espectro con una elevada resolución espectral, superando las limitaciones citadas. Posteriormente, se prevé implementarla en un sistema multiespectral.

2. Método

Hoy en día, el mercado ofrece infinidad de LEDs con una amplia variedad de parámetros (longitud de onda de pico, anchura a media altura, intensidad etc.) y tipos de geometría (redondos, hexagonales, montados sobre superficies con y sin lente, etc.), pero no todos los diodos poseen las características requeridas para la fuente de luz que estamos construyendo.

En este trabajo, para la construcción de la fuente de luz espectral y sintonizable, se han tenido en cuenta varios aspectos. En primer lugar cabe remarcar que se pretende construir un sistema de iluminación que ofrezca una elevada resolución espectral en el rango visible del espectro, por ese motivo, se ha llevado a cabo una búsqueda exhaustiva para encontrar un conjunto de LEDs que cubra desde 400 a 700nm en pasos de 10nm. Los LEDs escogidos presentan un ancho de banda más bien limitado para obtener la resolución espectral deseada. En segundo lugar, se han escogido LEDs que permitan obtener una iluminación aproximada sobre la muestra de 200lx a una distancia de 30cm, utilizando uno o un número pequeño de los mismos. Una iluminación muy inferior no permitiría una buena relación señal-ruido en la posterior adquisición de la muestra mediante un sistema multispectral. Los LEDs se pueden encender y apagar secuencialmente, de modo que la emisión espectral de la fuente es sintonizable.

Además, uno de los inconvenientes que presentan estos dispositivos es la baja uniformidad de la luz que emiten. Como solución a este problema, se utilizará una esfera integradora para así conseguir una iluminación uniforme sobre la escena.

3. Resultados

Para la construcción de la fuente se han utilizado finalmente 35 LEDs, los parámetros de los cuales se presentan en la Tabla 1. Tal y como se puede observar, el promedio de la anchura a media altura de todos ellos es de 22nm; la intensidad luminosa media es de 6728mcd, siendo solo las tres longitudes de onda más cercanas al UV las que presentan una intensidad inferior a las 1000mcd. En todos los casos, el número de LEDs necesario para cada longitud de onda será variable según la intensidad luminosa correspondiente, pero se espera obtener un valor que oscile entre 1 y 15 diodos para cada longitud de onda. En las Fig. 1 y 2 aparece la distribución espectral de los LEDs según su intensidad luminosa normalizada y absoluta, respectivamente.

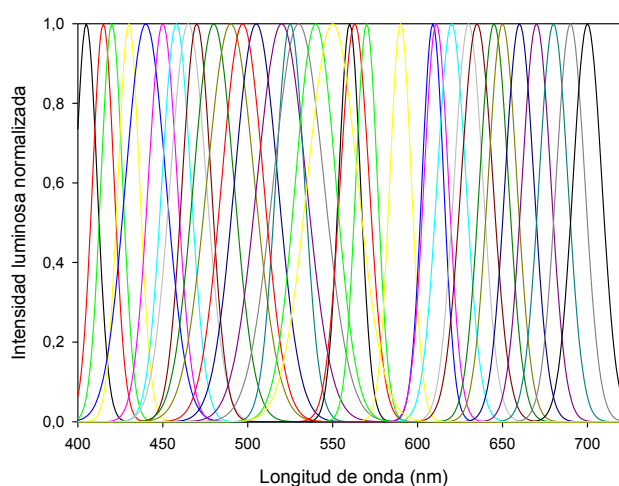


Figura 1: Distribución espectral de los LEDs considerando su intensidad luminosa normalizada.

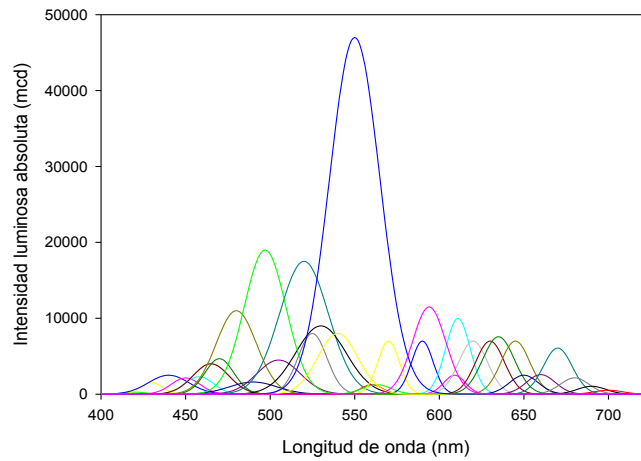


Figura 2: Distribución espectral de los LEDs considerando su intensidad luminosa absoluta (mcd).

<i>Longitud de onda de pico (nm)</i>	<i>Ancho de banda a media altura (nm)</i>	<i>Intensidad luminosa (mcd)</i>	<i>Longitud de onda de pico (nm)</i>	<i>Ancho de banda a media altura (nm)</i>	<i>Intensidad luminosa (mcd)</i>
405	15	26	560	15	1250
415	15	80	563	20	1250
420	15	264	570	15	7000
430	15	1500	590	15	7000
440	28	2500	594	23	11500
450	20	2138	609	15	2500
458	20	2300	611	17	10000
465	25	4000	620	20	7000
470	20	4674	630	20	7000
480	28	11000	635	22	7570
490	33	1600	645	20	7000
497	29	19000	650	20	2500
505	30	4500	660	20	3042
520	34	17500	670	20	8083
525	20	8000	680	20	5389
530	35	9000	690	20	2827
540	28	8000	700	20	1502
550	35	47000			

Tabla 1: Parámetros de los LEDs utilizados.

4. Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten poner de manifiesto la potencialidad de los LEDs para ser utilizados en fuentes de luz espectrales y sintonizables. En el trabajo futuro, esta fuente de luz será integrada en un sistema multispectral que permitirá la medida de la escena utilizando diferentes geometrías de iluminación y de medida.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto del Ministerio de Educación y Ciencia nº DPI2011-30090-C02-01.

Fco. Javier Burgos Fernández agradece a la Generalitat de Catalunya la concesión de una beca predoctoral del programa de Formación de Investigadores (FI).

Bibliografía

- [1] J. Y. Hardeberg, *Acquisition and Reproduction of Colour Images: Colorimetric and Multispectral approaches* (PhD Thesis, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications, Paris, 1999).
- [2] B. Hill, "(R)evolution of color imaging systems", 1st European Conference on Colour in Graphics, Imaging and Vision, Proc. IS&T, pp. 473–479 (2002).
- [3] M. Vilaseca, J. Pujol, M. Arjona, M. Lasarte, "Multispectral system for the reflectance reconstruction in the near-infrared region", *Appl. Opt.* 45, 4241–4253 (2006).
- [4] J. Herrera, M. Vilaseca, J. Pujol, "Automatic multispectral ultraviolet, visible and near-infrared capturing system for the study of art work", *Computer Vision and Image Analysis of Art II*, Proc. SPIE vol 7869, 78690B (2011).
- [5] F. H. Imai, D. R. Wyble, R. S. Berns, D. Tzeng, "A feasibility study of spectral color reproduction", *J. Imaging Sci. Technol.* 47, 543–553 (2003).
- [6] M. J. Vhrel, H. J. Trussell, "Filter considerations in color correction", *IEEE Trans. Image Process.* 3, 147–161 (1994).
- [7] M. de Lasarte, M. Vilaseca, J. Pujol, M. Arjona, "Color measurements with colorimetric and multispectral imaging systems", *Proc. SPIE* vol. 6062, 60620F (2006).
- [8] M. A. López-Álvarez, J. Hernández-Andrés, J. Romero, "Developing an optimum computer-designed multispectral system comprising a monochrome CCD camera and a liquid-crystal tunable filter", *Appl. Opt.* 47, 4381–4390 (2008).
- [9] E. F. Schubert, *Light-emitting Diodes* (Cambridge University Press, Cambridge, 2006).
- [10] M. Brydegaard, Z. Guan, S. Svanberg, "Broad-band multispectral microscope for imaging transmission spectroscopy employing an array of light-emitting diodes", *Am. J. Phys.* 77(2): 104-110.