

고 효율 LED를 이용한 LCD 패널 구동회로의 설계 및 제작

류장렬^{1*}

¹공주대학교 전기전자제어공학부

The Fabrication and Design of Driving Circuit for LCD panel using the high efficiency LED

Jang-Ryeol Ryu^{1*}

¹Division of Electrical, Electronic & Control Engineering Kongju National University

요 약 LED가 의료장비용 LCD 패널의 광원으로 사용되는 경우, 밝기, 휘도 균일성, 고출력, 백색의 조절 능력, 온도 등을 고려한 우수한 광학 기구의 설계 및 제작이 필요하다. 본 논문에서는 휘도 및 균일도, dimming 범위의 증대, 잡음 발생 억제 등에서 측면발광 방식의 45인치 의료기기 등의 LED 후면광 시스템 및 구동회로를 설계하고 그 시제품을 제작하였다. 시제품의 휘도, dimming 범위, flicker 잡음, black level, 온도 특성 등을 측정한 결과, 휘도의 범위는 $3,000 \sim 25,000[\text{cd/m}^2]$, 색 좌표는 x 좌표 0.3144, y좌표 0.3076의 평균값을 보였으며, 온도 특성은 휘도가 $20,000[\text{cd/m}^2]$ 이상의 제어에서 냉각 시스템이 필요한 것으로 나타났다. 한편, dimming의 범위는 $27.0[\text{cd/m}^2] \sim 515[\text{cd/m}^2]$, flicker noise는 80kHz에서 발생하지 않았고, black level $0.7[\text{cd/m}^2] \sim 0.1 [\text{cd/m}^2]$ 를 얻어 의료기기 등의 LCD 패널에 적용할 수 있을 것으로 판단되었다.

Abstract For using them as a optical source of inspections equipment for LCD panel, the design of excellent backlight system, brightness uniformity and high power and good protection against heat is essential. In this paper, backlight system which is built in the 45 inch side emitting LCD backlight by LED array structure and driving circuit were designed and developed. After that, their performances were measured. It showed the luminance from $3,000$ to $25,000[\text{cd/m}^2]$, the mean value $x:0.3144$, $y:0.3076$ of x-y chromaticity, dimming range of $27 \sim 515[\text{cd/m}^2]$, free flicker noise in the 80kHz and black level of $0.7 \sim 0.1[\text{cd/m}^2]$, thermal test of cooling system in $20,000[\text{cd/m}^2]$ over values.

Key Words : LCD, LED, Backlight Array, Side Emitting, Medical Display Equipment

1. 서 론

후면광 시스템(BLU: backlight unit)이 필요한 LCD의 일반적인 후면광 시스템의 구조는 광원(light source), 반사막, 도광판, 확산판, 프리즘 등으로 구성되며, 광원의 종류에 따라 액정을 통과하는 빛의 균일도 및 휘도, 시야각 등이 다르다[1,2].

최근 각종 전자기기의 slim화 추세, 저소비전력, 고 명암비, 색재현성, 환경 요인에 따라 친환경 부품인 LED로

전환되고 있다[3-5]. LED를 이용하는 경우 광변환 효율이 높고 낮은 전압을 사용하기 때문에 소비전력이 적으며 소형화, 박형화, 경량화, 장수명 등의 장점을 갖고 있다. 그러나 전류 및 온도변화에 따라 휘도, 발광파장 및 순방향 전압이 변화하고 방출되는 광도와 지향특성이 다르기 때문에 다량의 LED가 사용되는 BLU에서는 일정한 면적 내에서 균일한 휘도를 얻기가 어려워 광 효율이 떨어진다. 즉, 광원으로 변환되지 않는 에너지는 모두 열로 변하기 때문에 열 발생이 큰 문제점으로 대두되고 있다

*Corresponding Author : Jang-Ryeol Ryu

Tel: +82-10-8637-0733 email: jrryu@kongju.ac.kr

접수일 12년 03월 27일

수정일 (1차 12년 05월 11일, 2차 12년 06월 18일)

게재확정일 12년 07월 12일

[6-8].

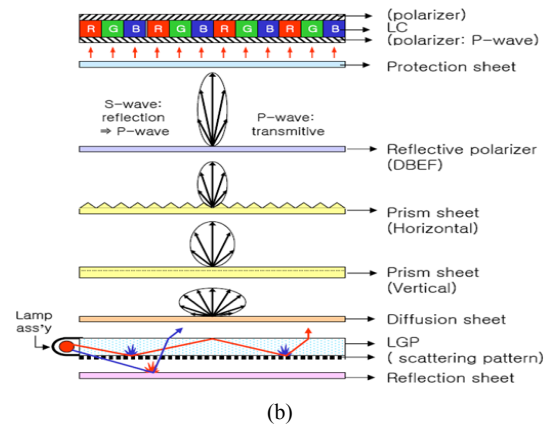
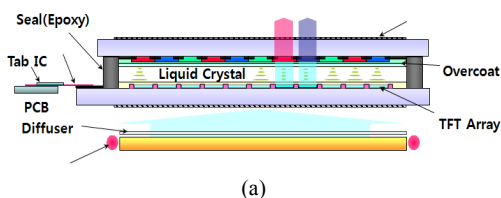
LED가 의료기기 등의 LCD 패널의 광원으로 사용되는 경우 휘도 및 균일성, 온도 등을 고려한 광학 기구의 설계 및 제작이 필요한데, 15inch 이하의 소규모 패널의 경우, 휘도 등이 큰 문제가 없으나, 45inch 이상 대면적 패널에서는 이들의 개선이 중요하다[9].

본 연구에서는 45inch 이상의 대면적에 적용할 수 있는 패널 개발에 목표를 두었다. 대면적 패널의 특성 향상을 위하여 발광면 전체를 18개 영역으로 나누어 휘도를 조정할 수 있도록 하여 휘도 균일도가 향상되고, 디지털 값으로 밝기를 표시하여 쉽게 원하는 휘도를 설정하며 점등시 비디오 신호를 동기화하여 점등하므로 flicker noise의 문제점을 제거하고, 모듈 단위의 부품으로 구성하여 고장시에도 쉽게 교체가 가능하도록 하며 빠른 응답시간을 갖는 장수명의 LCD 후면광 용 LED 배열과 구동회로의 시제품을 제작하였다. 시제품의 휘도 범위, 색 좌표, dimming 범위, flicker noise, black level, 온도의 범위 등을 측정한 결과, 휘도의 범위는 $3,000 \sim 25,000[\text{cd}/\text{m}^2]$ 로 균일하였으며, 색 좌표는 x 좌표 0.3144, y좌표 0.3076의 평균값을 보였다. 온도 특성은 $20,000[\text{cd}/\text{m}^2]$ 이상의 휘도 제어에서 냉각 시스템이 필요한 것으로 나타났다. dimming의 휘도 범위는 $27.0[\text{cd}/\text{m}^2] \sim 515[\text{cd}/\text{m}^2]$, flicker noise는 80kHz에서 발생하지 않았고, black level $0.7[\text{cd}/\text{m}^2] \sim 0.1[\text{cd}/\text{m}^2]$ 의 범위를 보여 의료기기 등의 LCD 후면광 시스템에 적용할 수 있을 것으로 판단되었다.

2. LCD의 구조

2.1 LCD 및 후면광 시스템

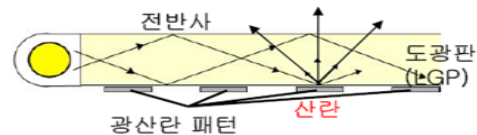
그림 1(a)에서는 LCD의 기본 구조를 보여 주고 있는데, 액정, TFT, 배향막, 컬러 필터, 편광막, 투명전극(ITO) 등으로 구성된다. 그림 (b)에서는 광원(light source), 도광판(light guide plate), 확산판(diffuser), 프리즘 등으로 구성되는 후면광 시스템의 각 부품의 구성과 그 기능을 보여 주고 있다. 그림1에서는 edge type BLU의 예를 보였



[그림 1] (a)후면광 시스템 (b) 후면광 시스템의 구성
[Fig. 1] (a) Backlight unit (b) components of BLU

2.2 후면광원

그림 2에서는 일반적인 도광판을 보여 주고 있는데, LED가 측면에 배치한 경우 빛이 도광판과 반사판을 거쳐 확산판으로 진행하는 과정을 보여 주고 있다.



[그림 2] 광원과 도광판
[Fig. 2] Light source and light guide plate

3. LED 후면광 시스템

3.1 LED 모듈 배치

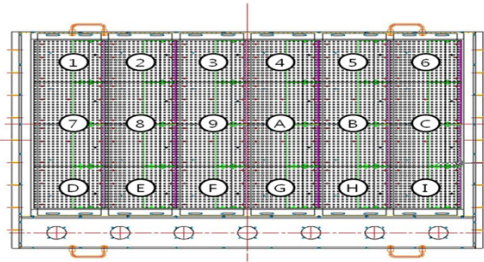
LED 후면광 시스템을 개발하기 위해서는 LED로부터 나오는 광원의 효율을 높여야 한다. LCD의 윗면으로 나오는 빛의 균일도 및 휘도를 높이기 위해서는 LED를 광원으로 이용하는 후면광 시스템의 경우, 여러 개의 LED로부터 방출되는 빛의 점광원을 이용하는데, 이 때 전류 및 온도변화에 따라 휘도, 발광광장 및 순방향 전압이 변화하고 LED에 따라 방출되는 광도와 지향 특성이 다르기 때문에 다량의 LED가 사용되는 BLU에서 LED의 배열방식은 광균일도와 휘도에 많은 영향을 미친다. 따라서 본 논문에서는 줄무늬형(stripe type) LED의 배열방식에 따른 휘도 및 균일도, 온도 등의 성능을 평가하고 그 시제품을 제작하였다. 구현하고자 하는 시제품의 목표 성능은 표 1과 같다.

[표 1] 시제품의 사양

[Table 1] Specification of prototype

항 목	규 격	허용오차
luminance range	3,000~25,000[cd/m ²]	±5 %
LED module	16ea x 16줄	
소모전력	0.5[W]	-
dimming level	27~515[cd/m ²]	±5 %
휘도 균일도	100[max. %]	±5 %
flicker noise	0.1[cd/m ²]	max.
power	4[kW]	max.
color	white(x:0.30,y:0.31)	±0.03

LED 배열구조를 갖는 의료기기에 장착하는 LCD용 후면광 배열 및 구동회로를 제작하고 휘도, 색좌표, 온도 등을 측정하였다. 그림 3에서는 직하형 LCD 후면광 LED 배열의 시제품을 보여 주고 있는데, LED의 기본 모듈은 6x4=24개로 구성하고 이것을 16개씩 16줄로 구성하여 6,144개의 LED를 18개 영역으로 나누어 배치하였다.

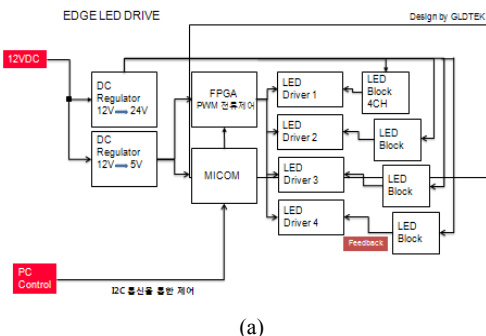


[그림 3] LED 배열 구성도

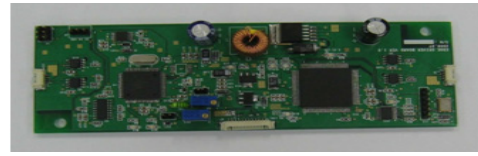
[Fig. 3] LED array diagram

3.2 LCD 구동회로

그림 4에서는 LCD에 장착하는 LED 배열의 후면광 시스템의 구동회로에 대한 구성도를 보여주고 있다. DC 전원부, PWM 전류제어를 위한 FPGA, I2C통신을 위한 마이크로프로세서, LED 구동기 등으로 구성하였다. 그림 4(b)에서는 제작된 구성회로의 외양을 보여 주고 있다.



(a)



(b)

[그림 4] (a)구동회로의 구성도 (b)구동회로

[Fig. 4] (a) driver diagram (b) driver

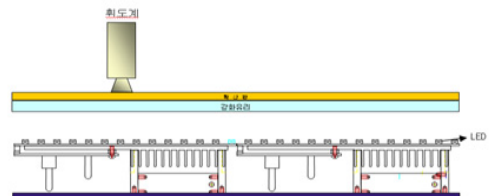
시제품을 제작하여 측정한 결과를 표 2에서 보여 주고 있는데, dimming 범위의 최대는 500[cd/m²] 이상 재현되나, 최소값은 115[cd/m²]로 너무 높은 문제가 발생하였다. 이것은 최소 휘도값의 프로그램 제어를 통하여 낮추는 방법으로 조절하여 27[cd/m²]의 값을 얻었다. 또한 flicker noise의 경우, 전체적인 dimming의 범위에서 발생하였는데, 이는 LED 구동 주파수가 56[kHz]에서 영향을 준 것으로 판단되어 80[kHz]로 바꾸어 해결하였다. black level은 어두운 부분의 화면에 대한 휘도를 나타내는 것으로 최대 0.1[cd/m²]로 나타났다.

[표 2] 시제품의 측정결과

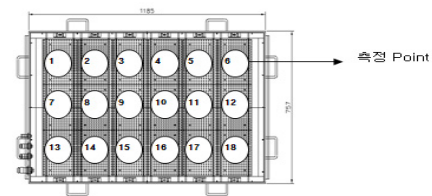
[Table 2] Result of prototype

항 목	규 격
luminance range	3,000~25,000[cd/m ²]
LED module	16ea x 16줄
dimming level	27~515[cd/m ²]
평균 색좌표	x:0.3144, y:0.3076
flicker noise	0.7~0.1[cd/m ²]
temperature	20,000[cd/m ²]이상 냉각 필요

3.3 후면광의 색좌표



(a)



(b)

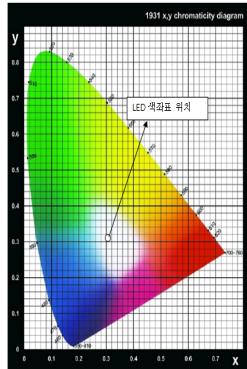
[그림 4] (a)후면광 모듈 (b) 측정 위치

[Fig. 4] (a) BLU module (b) measurement point

그림 4(a)에서는 후면광 모듈, 그림(b)는 색 좌표의 측정을 위한 위치를 보여주고 있으며, 그림 5(a)에서는 측정 장비를 이용하여 측정한 측정값을 나타낸 것인데, x좌표 0.3144, y좌표 0.3076의 평균값을 나타내 의뢰기기의 LCD 후면광에 적용할 수 있을 것으로 판단되었다 [10]. 그림 (b)는 x, y 색도도를 나타낸 것이다.

번호	X	Y
1	0.3166	0.3288
2	0.3144	0.3279
3	0.3139	0.3281
4	0.3140	0.3290
5	0.3137	0.3278
6	0.3135	0.3290
7	0.3143	0.3256
8	0.3140	0.3277
9	0.3138	0.3267
10	0.3141	0.3299
11	0.3176	0.3233
12	0.3154	0.3199
13	0.3169	0.3200
14	0.3170	0.3210
15	0.3132	0.3275
16	0.3133	0.3257
17	0.3099	0.3255
18	0.3138	0.3233
평균	0.3144	0.3076

(a)



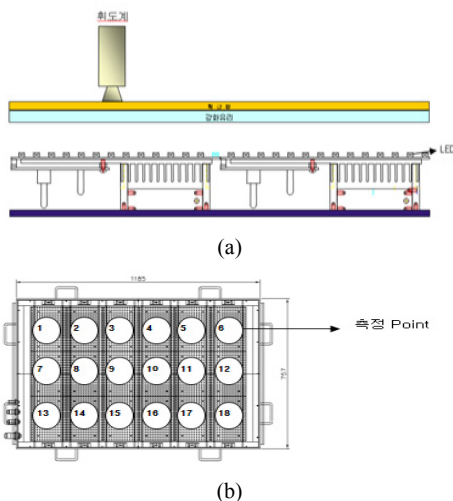
(b)

[그림 5] (a) 측정 값 (b)x,y 색도도

[Fig. 5] (a)Measured value (b)x, y chromaticity diagram

3.4 LCD용 후면광의 휘도

성능평가를 위해 시제품의 18개의 위치에서 광 및 광 균일도를 최종 확산판 위에서 측정하였다. 측정은 그림 6에서와 같이 18지점에서 이루어졌으며, H는 304.128mm, V는228.096mm이고, A:H/4mm,B:V/4mm 차원을 갖는 LCD 화면에서 측정한 것이다.



(b)

[그림 6] (a) 휘도 측정 모듈 (b) 측정 위치

[Fig. 6] (a) Measurement module (b) points

표 3에서는 홀수 번 위치의 각 지점에서 광원에 따른 최소 휘도와 최대 휘도를 측정한 결과를 보여 주고 있는데, 3,000~25,000[cd/m²]의 범위를 보였다.

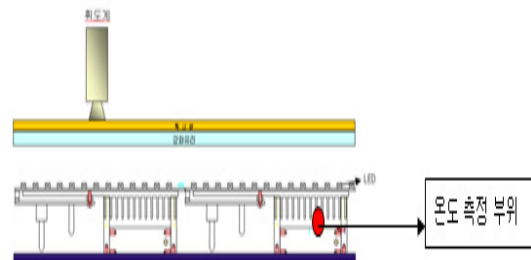
[표 3] 시제품의 휘도

[Table 3] brightness of prototype

측정 위치	휘도[cd/m ²]	
	최소	최대
①	3,000	25,000
②	3,000	25,000
③	3,000	25,000
④	3,000	25,000
⑤	3,000	25,000
⑥	3,000	25,000
⑦	3,000	25,000
⑧	3,000	25,000
⑨	3,000	25,000
⑩	3,000	25,000
⑪	3,000	25,000
⑫	3,000	25,000
⑬	3,000	25,000
⑭	3,000	25,000
⑮	3,000	25,000
⑯	3,000	25,000
⑰	3,000	25,000
⑱	3,000	25,000

3.5 방열온도

제작된 LED 모듈의 방열 온도를 측정하기 위하여 그림 7에서 보여 주고 있는 바와 같이 최종 확산판 위에서 측정하였다. 표 4에서는 그 측정 결과를 보여 주고 있는데, 냉각하지 않은 경우와 냉각한 경우 두 가지로 측정하였다. 냉각하지 않은 경우, 20,000 [cd/m²] 이상의 제어가 필요할 때, 이 시점에서 냉각 시스템을 가동해야 할 것으로 나타났다. 냉각을 한 경우는 모든 광량의 범위에서 우수한 방열 특성을 나타냈다.



[그림 7] 측정 모듈

[Fig. 7] Measurement module

[표 4] 시제품의 방열 특성

[Table 4] Radiant heat of prototype

휘도	냉각하지 않은 경우	냉각한 경우
10,000	23℃, 10분	23℃, 10분
13,000	26℃, 20분	23℃, 20분
15,000	36℃, 20분	25℃, 20분
17,000	47℃, 20분	26℃, 20분
20,000	50℃, 15분	27℃, 15분
23,000	65℃, 15분	28℃, 15분
25,000	70℃, 30분	29℃, 15분

이상의 측정으로 완성된 시제품의 외관을 그림 8에서 보여 주고 있다.



[그림 8] LCD LED 시제품

[Fig. 8] LCD LED prototype

4. 결 론

45inch 이상의 대면적 의료기기 패널에 장착하는 LCD 용 LED 후면광의 배열과 구동회로를 포함하는 시제품을 제작하였다. 이를 위하여 LED 배열구조는 줄무늬 배열 구조를 선택하였으며, x방향과 y방향 모두 휘도가 균일하게 나타났다. 이를 바탕으로 시제품을 제작하여 색좌표, dimming, flicker 잡음, 온도 등을 측정한 결과, 휘도의 범위는 최소 3,000 [cd/m²]에서 최대 25,000[cd/m²], 색좌표 특성은 x:0.30, y:0.31의 목표에서 x좌표 0.3144, y좌표 0.3076의 평균값을 나타내어 비교적 안정적인 특성을 보였다. 한편, 온도 특성은 20,000[cd/m²]이상의 휘도 제어에서 냉각 시스템이 필요한 것으로 나타났다. dimming의 범위는 최소 27.0[cd/m²] 최대 515[cd/m²], flicker noise는 80kHz에서 발생하지 않았고, black level은 최대 0.1[cd/m²]를 얻었다. 따라서 본 시제품의 성능은 의료기기, 군사용, 패널검사장비 등의 LCD의 후면광 LED 시스템에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

Reference

- [1] Y. J. Lee, H.C.Kuo, and S.C.Wang "Enhancing the Output Power of GaN-based LEDs Grown on Wet-Etched Patterned Sapphire Substrates", IEEE PHOTONIC TECHNOLOGY LETTERS, Vol. 18, No. 10, pp. 2289-2291, May, 2006.
- [2] S. Nakamura and G. Gasol, "The Blue Laser Diode", New York: springer, Vol. 10, No. 3,
- [3] Y.J.Lee,J.M.Hwang,T.C.Hsu and S.C.Wang, "Study of the Extraction Power Dependent Internal Quantum Efficiency in IngaN/gaN LEDs Grown on Patterned Sapphire Substrate", IEEE Journal of selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 15, No. 4, pp. 445-448, Nov., 2009.
- [4] C.S.Chang, et al, "Nitride-Based LEDs With Textured Side Walls", IEEE PHOTONIC TECHNOLOGY LETTERS, Vol. 16, No. 3, pp. 1152-1154, Mar., 2004.
- [5] Dang Hoang Long and In Kag Hwang, "Design Optimization of Photonic Crystal Structure for Improved light Extraction of GaN LED", IEEE Journal of selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 15, No. 4, pp. 1257-1263, July, 2009.pp. 223~226, May, 1997.
- [6] Jang-Ryeol Ryu, Boo-Hyung Lee, "Design and Implementation of High Luminous Line LED Illuminator", Journal of Korean Institute of Information technology, Vol. 6, No. 5, pp.161~169, 2008.
- [7] Jang-Ryeol Ryu, Boo-Hyung Lee, and Gu-Yuol Lee, "Comparative Analysis of LED Array methods to improve a Luminous Intensity Uniformity of LED back Light in BLU", Journal of Korean Institute of Information technology, Vol.7, No.1, pp.1~8, 2009.
- [8] Jang-Ryeol Ryu, Boo-Hyung Lee, Hyun-Sang Park, and Gu-Yuol Lee, "The Design and Development of LED Optical Engine Prototype for Large Size LCD panel inspection equipments", Journal of Korean Institute of Information technology, Vol.7, No.6, pp.17~26, 2009.
- [9] Jang-Ryeol Ryu, Boo-Hyung Lee, and Kwang-Kyu Lee, "The Fabrication and Design of LED Backlight Array and Driving Circuit for LCD panel equipped with Medical Instruments", Journal of Korean Institute of Information technology, Vol.8, No.4, pp.1~7, 2010.
- [10] H.J.Park, T.C.Kang, S.N.Hwang, H.J.Kim, J.U.Mun and J.R.Ryu,"The Design of Driving Circuit for LCD panel used LED", Journal of Korean Institute of Information Technology, Proceeding of the 2012 KIIT Summer Conference, pp.422~426, 2012. 6.

류 장 열(Jang-Ryeol Ryu)

[정회원]



- 1982년 2월 : 인하대학교 전자공학 학과 (공학석사)
- 1985년 2월 : 충남대학교 전자공학 학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 충남대학교 전자공학 학과 (공학박사)
- 1990년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 전기전자제어공학부 교수

<관심분야>

실리콘소자, LCD부품, LED광원