

LED 면광원의 부분 조광제어 특성 평가

박환은, 권용강, 염정덕
 송실대학교 전기공학부

A Characteristics Appraisal of Local Dimming Control for Flat LED Lamp

Hwan-Eun Park, Yong-Kang Kwon, Jeong-Duk Ryeom
 Soong Sil University School of Electrical Engineering

Abstract - 조명용 전기 에너지의 효율적인 이용을 위해서는 사용 환경에 따라 조명 기구를 부분 조광(local dimming) 제어할 필요가 있다. 본 연구에서는 LED 면광원의 부분 디지털조광 시스템을 개발하고 부분 조광된 면광원의 발광영역 및 밝기와 조명 대상물의 조도 분포와의 관계를 측정하고 평가하였다. LED 면광원을 16개의 구역으로 나누고 FPGA와 FET 스위치를 이용하여 각 구역의 점등 및 광량을 디지털 제어하였다. 또한 실험용 암실을 만들어 암실 바닥면을 91등분하고 각 지점의 조도를 측정하여 부분 조광제어에 따른 조도 분포를 평가하였다.

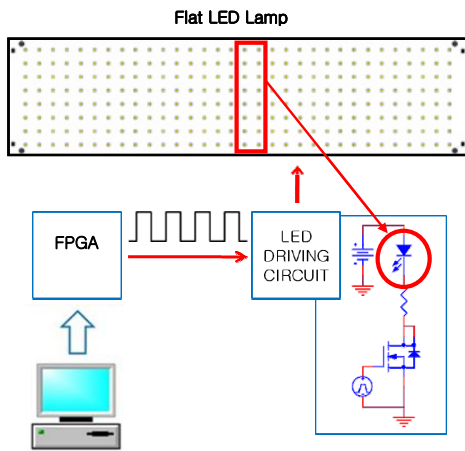
1. 서 론

전기에너지 중 조명에 사용되는 비율은 약 20%를 차지하므로 전기 에너지의 효율적인 이용을 위해서는 조명에 사용되는 전기 에너지의 절감이 필요하다.[1] 조명 에너지의 절감은 조명환경을 최적화함으로써 얻는 것이 바람직하고 이를 위해서 사용 환경에 따른 조명 기구의 부분조광(local dimming) 제어가 필요하다. LED 면광원은 다수의 LED가 평면상에 배열하고 있어서 부분조광 제어에 적합한 광원이다. 이러한 LED 광원의 조광 방법에는 광원의 점등 시비율을 바꾸는 PWM 제어나 PDP의 sub-frame 개념을 응용한 디지털 제어가 있다[2],[3] 본 연구에서는 LED 면광원의 부분 디지털조광 시스템을 개발하고 부분 조광된 면광원의 발광영역 및 밝기와 조명 대상물의 조도 분포와의 관계를 측정하고 평가하였다.

2. 본 론

2.1 실험 장치의 구성

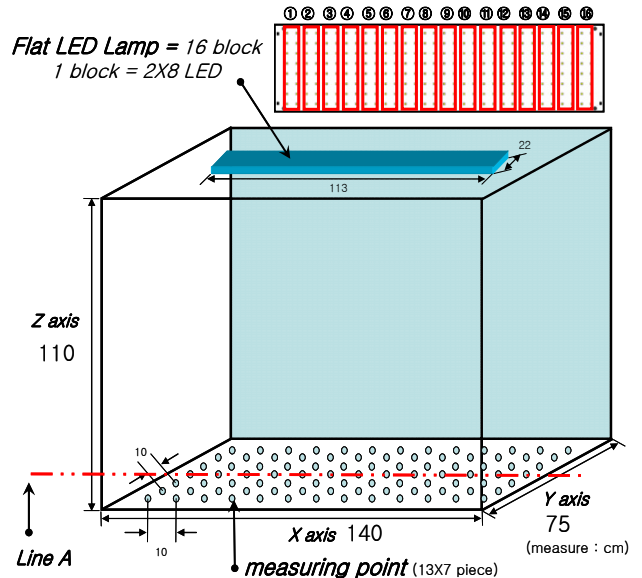
<그림 1>은 실험장치의 구성도이다. 본 연구에서 사용한 LED 면광원 부분 디지털조광 시스템은 FET 스위치와 전류제한 저항으로 이루어진 LED 점등회로, 이 구동회로의 FET 스위칭 타이밍을 제어하는 FPGA 회로로 구성되어 있다. FET에 인가하는 조광 펄스는 2진 가중치를 가지는 8개의 sub-frame으로 구성되며 8bit 256단계의 조광단계를 가진다. LED의 선택적 점등과 조광 타이밍은 PC에서 프로그래밍되며 Altera사의 FPGA를 사용하여 FET의 스위칭 타이밍 펄스를 발생시켰다.



<그림 1> 실험장치의 구성

또 면광원에 의한 조도 분포를 측정하기 위해 실험용 암실을 <그림 2>와 같이 제작하였다. 암실의 크기는 가로×세로×높이, 140×75×110[cm]의 크기이며 암실의 위, 아래 및 3개의 측면은 검게 칠하고 측정을 위하여 한쪽 측면을 개방하였다. 암실의 윗면에는 LED 면광원을 고정시켰

다. 실험에 사용된 LED 면광원은 가로×세로, 113×22[cm]로 전체 점등 시 전력 55[W]이고, 256개의 백색 LED로 구성되어 있다. 실험에서는 2열×8개의 LED를 하나의 구역으로 하여 전체 면광원을 16개의 구역으로 나누었다. 한 구역의 16개의 LED는 20[Ω]의 저항과 함께 직렬로 연결되며, 16개의 구역의 LED들은 각각 16개의 FET와 직렬로 연결된다. 각 구역마다 16개의 LED에는 47[V]의 전압을 인가하여 33.5[mA]의 전류를 흘렸다. 암실의 바닥에는 13열×7개의 측정점을 X축 방향, Y축 방향으로 10[cm]씩 이격하여 표시하였다. 그리고 <그림 2>에서 보인 것과 같이 Y축 방향의 가운데 지점을 'Line A'로 선정하고 이 지점의 조도를 측정하여 조도 분포를 평가하였다. 조도측정에는 Minolta(사)의 조도계 T10을 사용하였다. 본 실험에서는 암실 벽면의 반사특성은 무시하였다.

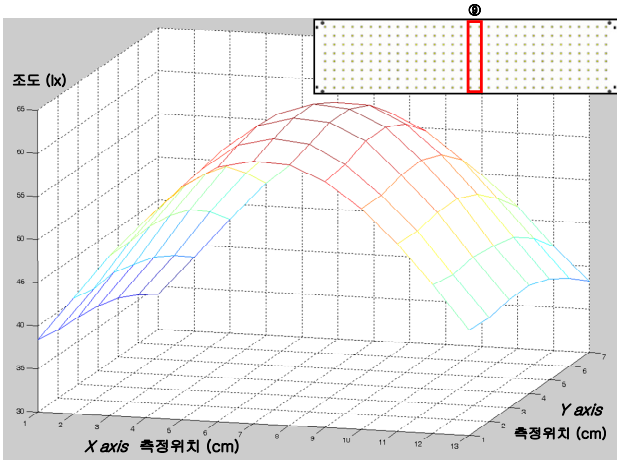


<그림 2> 암실의 구조

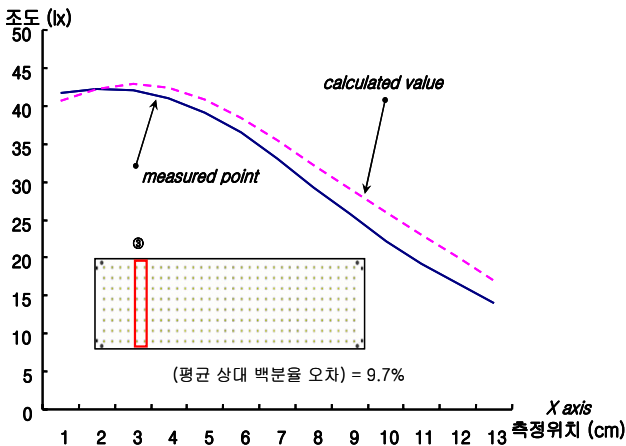
2.2 LED 면광원의 조도 분포 측정

본 연구에서는 기본 단위가 되는 한 구역의 LED를 점등하였을 때 얻어지는 조도 분포를 측정하여, 부분 조광된 면광원에 의한 암실 바닥면의 조도 분포를 측정하는 실험을 하였다. 기본 데이터로 사용한 조도분포는 <그림 3>에 나타낸 LED 면광원의 ⑨번 구역만 점등(255/255)한 경우이며, 이때 얻어진 바닥면의 조도 분포를 3차원 그래프로 나타내었다. 이 그래프의 X, Y좌표는 암실의 가로, 세로 위치를 나타내며 Z좌표는 조도를 나타낸다. 이 측정 데이터와 1차 근사를 사용하여 면광원의 다른 구역의 LED를 점등했을 때의 조도 분포를 계산하고 여기에 조광 조건에 해당하는 bit값을 곱해주어 이를 모두 더하면 부분 조광된 면광원에 의한 조도 분포의 데이터가 얻어진다.

<그림 4>는 부분 조광의 한 가지 경우를 선정하여 추정한 값과 실제 측정된 값을 비교하여, 추정 값의 정확성을 평가한 것이다. 여기서는 ③번 구역을 점등(178/255)하였을 경우, <그림 2>에 나타낸 'Line A'선 상의 조도 분포를 비교 평가하였다. 이때 평균 상대 백분율 오차는 9.7%로 그래프가 대체적으로 비슷한 모양을 가지고 있지만 오른쪽 부분이 조금 더 높은 추정값을 나타내었다. 그 이유는 벽면의 반사율을 무시한 것이 가장 큰 요인으로 작용한 것으로 보이며 위에서 측정했던 ⑨번 구역이 암실의 정중앙이 아니라 오른쪽으로 치우쳐져 있어서 점등 부분이 왼쪽 영역으로 갈수록 추정값의 오른쪽 가장자리는 근사값에 의존하여 야 하기 때문에 오차가 누적된 것으로 보인다.



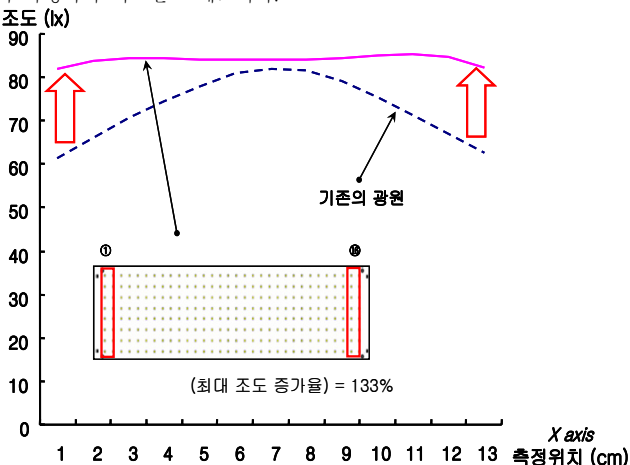
〈그림 3〉 기본 단위 구역 LED의 조도 분포



〈그림 4〉 추정 조도 분포와 실제 측정 조도 분포의 비교

2.3 부분 조광된 면광원의 조도 분포 평가

본 연구에서는 동일한 전기 에너지를 사용하면서 부분 조광이 다르게 제어된 면광원에 의한 조도 분포를 비교하여 부분 조광과 에너지의 효율적인 사용과의 관계에 대하여 실험하였다. <그림 5>는 면광원의 ①번과 ⑩번 구역을 1의 밝기 (=255/255)로 부분 점등하였을 때의 바닥면 조도 분포와 2/16의 밝기 (=32/255)로 면광원 전체를 균일하게 조광 점등하였을 때의 바닥면 조도 분포를 <그림 2>에 나타난 'Lain A' 선을 따라 측정하여 비교한 그래프이다.

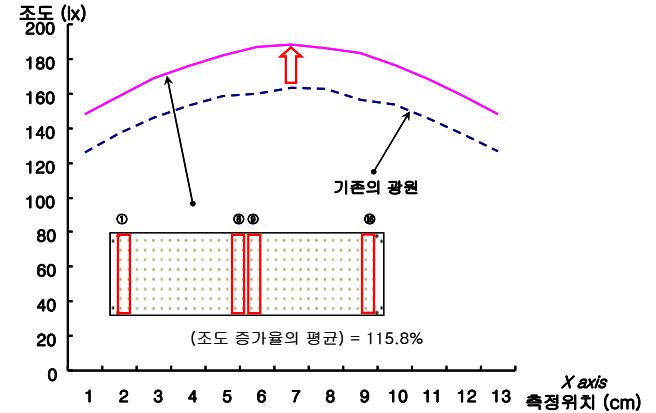


〈그림 5〉 LED 면광원 전체점등과 부분점등시의 바닥면 조도 분포

<그림 5>의 그래프에서 보인 것과 같이 LED 면광원 전체를 균등하게 점등한 경우는 중앙부가 밝고 주변부로 갈수록 점차 어두워지는 조도 분포를 가지나 동일한 전기 에너지를 가지고 면광원을 적절하게 부분 조광하면 바닥면 전체가 균일한 조도 분포를 얻을 수 있다. 이는 동일한 전기 에너지를 사용하면서도 면광원을 부분 조광하면 다양한 조도

분포를 얻을 수 있음을 나타낸 것이다. <그림 5>에서 바닥면의 중앙부는 조도가 같은 반면에 주변부에서는 전체를 점등하는 것 보다 부분 점등한 것의 조도가 최대 133% 정도 증가되었다.

<그림 6>은 LED 면광원의 ①번, ⑧번, ⑨번, ⑩번 영역을 1의 밝기 (=255/255)로 부분 점등할 때의 바닥면 조도 분포와 4/16의 밝기 (=64/255)로 면광원 전체를 균일하게 점등할 때의 바닥면 조도 분포를 'Lain A' 선을 따라서 측정하여 비교한 그래프이다.



〈그림 6〉 LED 면광원 전체점등과 부분점등시의 바닥면 조도 분포

<그림 6>의 실험에서는 동일한 전기 에너지를 사용하여 면광원 전체를 균일하게 점등한 경우보다 부분 점등한 경우가 전체적으로 바닥면 조도가 증가된 모양으로 나타났다. 평균적으로 바닥면 각 지점에서 115.8% 정도의 증가율을 보였다. 이 결과는 적절하게 부분 점등하는 것이 면광원 전체를 균일하게 조광 점등하는 것보다 광이용 효율을 크게 할 수 있음을 의미한다. 이 부분은 추후 조명 에너지 절감 측면에서 반사율 등 주변 조건을 고려하여 더욱 정량적으로 분석해봐야 할 것으로 생각된다. 또한 질적 조명의 척도인 불쾌 눈부심은 광원의 발광면적과 휘도가 요인이 되므로 면광원을 부분 조광 제어함으로써 불쾌 눈부심을 최소화 시키는 조명 환경의 연출도 가능할 것으로 사료된다.

3. 결 론

본 연구에서는 LED 면광원을 사용하여 기본 단위가 되는 한 구역의 LED만 점등하였을 때의 조도 분포를 측정하여 LED 면광원의 부분 조광에 의해 얻어지는 바닥면 전체의 조도분포를 추정하였다. 또한 동일한 전기 에너지 사용 환경에서 부분 조광된 면광원의 발광영역 및 밝기와 조명 대상물의 조도 분포와의 관계를 측정하고 평가하였다. 실험결과, 조도 분포의 추정치와 측정치는 10% 이내로 일치하였으며 동일한 전기 에너지를 사용하면서도 면광원을 부분 조광함으로써 다양한 조도 분포를 얻을 수 있다는 것을 알았다. 또한 부분 조광을 적절히 실시하면 같은 전기 에너지 사용 환경에서 전면 조광과 부분 조광이 동일한 조도 분포를 가지면서도 부분 조광이 더 높은 조도를 얻는 것도 가능하였다. 실험결과로부터 LED 면광원을 부분 조광 제어함으로써 다양한 조명 환경을 만들 수 있으며 광 이용효율도 향상시킬 수 있음을 알았다. 향후에는 암실 벽면의 반사율을 고려하여 더욱 정량적으로 조도 분포를 평가하고 조도 분포의 추정치와 측정치 사이의 오차를 감소시키는 연구가 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] Young-Chul Lee, et al., "Effect of Multiple Reflows on the Mechanical Reliability of Solder Joint in LED Package", 대한금속재료학회지, Vol.48, No.11, pp.1035-1036, 2010.
- [2] Sang-II Kim, et al., "Digital Dimmer for AC LED", 전력전자학회 2009년도 추계학술대회 논문집, pp.280-282, 2009.
- [3] Sin-Ho Kang, et al., "A Study on Digital Control Method of LED Luminance", 한국조명·전기설비학회 2009 춘계학술대회 논문집, pp.3-5, 2009.