

LED 휘도의 디지털 제어 방식에 관한 연구

(A Study on Digital Control Method of LED Luminance)

강신호*, 한진호, 이정섭, 염정덕

(Shinho Kang*, Jinho Han, Jeongseop Lee, Jeongduk Ryeom)

충실대학교 전기공학부

요 약

종래의 LED 휘도를 제어하는 방식은 PWM방식이 주로 사용되었다. PWM방식은 지극히 아날로그적인 방식으로 통신 등의 디지털 방식과는 호환이 어려운 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 디지털 방식으로 LED의 휘도를 제어하는 실험을 하였다. LED구동회로와 디지털논리회로를 제작하여 임의의 디지털 값을 입력한 후 휘도와 CIE x,y좌표를 cs-200으로 측정하여 측정한 색의 x,y좌표가 원하는 색의 x,y좌표영역에 포함될 수 있도록 디지털 입력 값을 최적화시키는 실험을 진행하였다. 본 연구에서 얻은 결과 값을 통하여 디지털 제어로 LED의 휘도를 제어하여 풀 컬러 구현의 가능성을 분석하였다.

1. 서 론

근래에 들어 전 세계적으로 대두되고 있는 화석 연료(석유, 석탄, 천연가스)의 고갈이 에너지생산비용을 증가시키는 원인이 되고 있다. 따라서 일상생활에 사용되는 제품들 중 소비전력이 적은 고효율 제품들이 각광을 받고 있다. 또한 환경문제가 민감한 사항이 되면서 친환경 제품들의 개발이 요구되고 있는 실정이다.[1]

이와 같은 추세는 조명기구의 분야에서도 적용되고 있다. 우리나라에 설치되어 있는 가로등의 나트륨 램프는 LED램프로 점차 교체되고 있다. 일상 조명기구로도 형광램프보다는 LED램프를 이용하고자 하는 움직임이 보이고 있다. LED램프는 납, 수은, 나트륨등 유해물질을 사용하지 않고, 효율 또한 높아서 차세대 조명기구로 인식되어 많은 기관이나 분야에서 연구, 개발이 한창이다.[2]

종래의 LED의 휘도를 제어하는 방식은 주로 PWM(Pulse Width Modulation)방식이 사용되었다.[3] PWM방식은 지극히 아날로그적인 방식으로 통신 등의 디지털방식과 호환하기 위해서는 디지털에서 아날로그로 변하는 과정을 거쳐야 하므로 디지털방식과 직접 호환이 어렵다는 단점이 있다. 본 논문에서는 LED의 휘도를 제어하는 방식으로 디지털방식을 채용하였고, LED구동회로와 디지털논리회로를 개발하여 LED의 휘도를 제어하였다. 실험을 통하여 얻은 결과 값을 분석하여 디지털 제어방식의 가능성을 확인하였다.

2. 디지털방식 LED 휘도 제어 실험

그림 1은 이번 디지털논리회로의 블록 다이어그램이다. 먼저 이번 실험의 디지털 비트수는 8비트로 정하였다. 8비트의 디지털 값을 입력하면 그에 상응하는 펄스가 LED 구동회로의 FET gate단에 입력되어 FET의 스위칭을 제어한다. 구동회로에 펄스가 입력된 시간동안만 LED는 점등한다. LED는 1개의 LED가 red, green, blue의 3가지컬러를 동시에 낼 수 있는 제품을 사용하였다. LED의 지름은 5mm이고 16개의 LED를 병렬로 연결하여 LED광원을 만들었다. LED광원의 CIE x,y좌표와 휘도를 측정하기 위하여 Konica minolta사의 cs-200을 사용하였다. 또한 광원의 분광 스펙트럼을 측정하기 위하여 Ocean optics사의 s2000을 사용하였다.

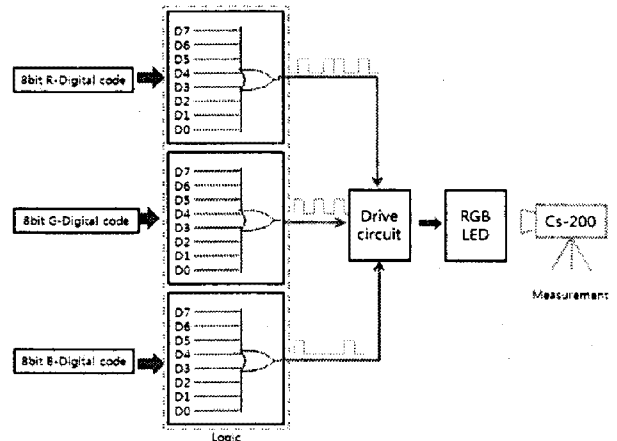


그림 1. 디지털제어방식의 블록 다이어그램

이 실험은 디지털제어를 통하여 LED의 휘도를 제어하고, LED로 풀 컬러를 구현하는 것이 목적이다.

LED의 점등주기는 8.3ms로 설정하였다. 16.6ms로 주기를 설정했을 때 광원에 펄락이는 현상이 발생하여 16.6ms보다 짧은 8.3ms로 정하였고, 그 결과 광원이 펄락이는 현상은 없어졌다. R,G,B의 디지털 입력 값은 동시에 입력된다. 그림 2는 6500K의 백색광을 만들기 위해 입력된 디지털 입력 값이다. 한주기를 255등분하였을 때 1개에 해당하는 펄스의 시간은 약 32.549us이다. 디지털 입력 값의 비트는 각각의 펄스에 대응된다. 예를 들어, 디지털 입력 값이 0000,0001일 때는 1개의 펄스에 대응되고, 0000,0010일 때는 2개의 펄스에 대응된다. 1000,0000일 때는 128개의 펄스에 대응된다. 비트가 1일 때는 대응되는 시간동안 펄스가 입력되고, 비트가 0일 때는 펄스는 입력되지 않는다. 여기서는 red에 0111,1011의 디지털 값을 입력하였다. 입력된 펄스는 굵은 선으로 표시하였다. 그림과 같이 1,2,8,16,32,64개의 펄스가 각각의 할당된 시간동안 한주기에 입력되어, 123개의 펄스가 한주기에 입력되었다. green에도 역시 0111,1011의 디지털 값을 입력하였고, 123개의 펄스를 인가하였다. blue에는 0100,0101의 디지털 값을 인가하였고, 마찬가지로 한주기를 255로 봤을 때 69개의 펄스를 인가하였다. 정확하게 6500K의 백색광을 얻지는 못했지만, 6500K에 근접한 6515K의 백색광을 실험을 통하여 얻을 수 있었다.

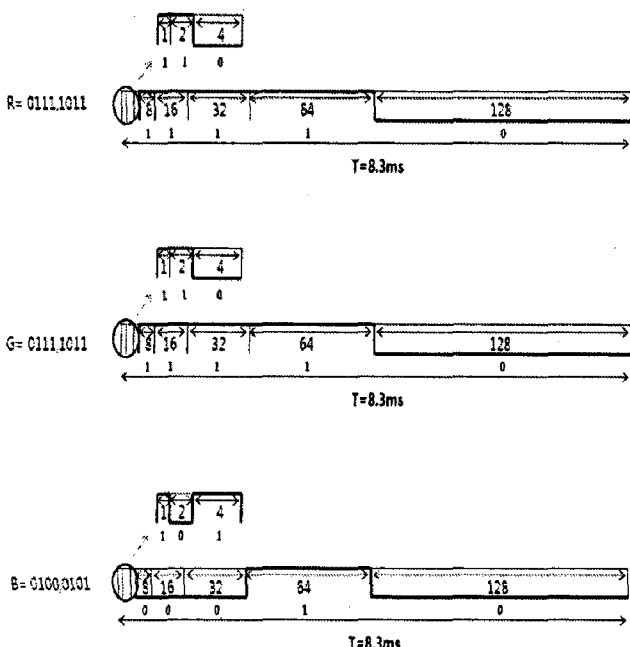


그림 2. 6500K white의 디지털 입력 값

그림 3은 실험에 사용한 Red, Green, Blue LED의 분광 스펙트럼이다. 분광 스펙트럼의 측정을 위하여 ocean optics의 s2000을 사용하였다. 이 장비는 200nm~1100nm까지의 파장범위를 측정할 수 있다. optical resolution은 0.3~10.0nm이다. s2000의 광량 측정치는 절대적인 값이 아니라 상대적인 값이다. R,G,B에 디지털 입력 값을 각각 1111,1111을 입력하였을 때 분광스펙트럼을 측정하였다. LED광원에 확산판을 설치하여 R,G,B가 잘 섞이도록 하였다. 그림 3을 보면 실험에서 사용한 LED의 광 특성을 확인할 수 있다. Red는 633.76nm에서, Green은 512.2nm에서, Blue는 470.01nm에서 최대 값을 갖는다.

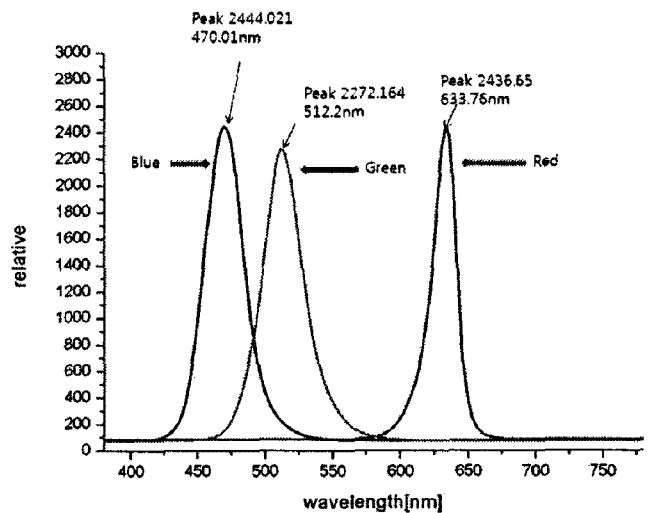


그림 3. R,G,B LED 분광 스펙트럼

3. 실험결과

표 1은 실험을 통하여 얻은 컬러의 x,y좌표와 휘도의 데이터 값이다. 풀 컬러를 구현하기 위해 디지털 코드를 입력 후 cs-200으로 색도좌표를 측정하고 CIE x,y좌표를 결정하였다. 휘도의 최고값은 yellowish green에서 23171[cd/m²]이고, 최저값은 purple에서 9407[cd/m²]인 것을 확인하였다. CIE 색도좌표에서 정의된 색의 x,y좌표영역에서 중앙의 x,y좌표를 기준으로 색을 만들었다. reddish orange같은 경우 blue가 포함이 되지 않아도 만들어질 수 있으나, reddish orange의 색도좌표 영역에서 중앙에 위치시키기 위하여 blue의 입력 값을 주었다.

그림 4는 색에 따른 디지털 입력 값을 십진수로 변환하여 막대그래프로 표현한 것이다. 색을 구현할 때 R,G,B가 각각 얼마나 섞였는지를 한눈에 확인할 수 있다. purple의 경우 R이 108, B가 193이

섞여있다. white 의 경우 R이 123, G가 123, B가 69 섞여있다.

Color	Luminance [cd/m ²]	x	y	R-digital code	G-digital code	B- digital code
Purple	9407	0.249	0.119	0110,1100	0000,0000	1100,0001
Greenish blue	14900	0.128	0.209	0000,0000	1000,0110	1011,0000
Yellowish green	23171	0.293	0.551	0101,0101	1110,1100	0000,0000
Yellow	20045	0.459	0.450	1011,0000	1001,0011	0000,0000
Orange	17252	0.525	0.379	1101,0011	0101,1011	0000,0110
Reddish orange	15129	0.589	0.350	1110,0000	0011,0110	0000,0100
White (6515k)	17488	0.314	0.315	0111,1011	0111,1011	0100,0101

표 1. 색에 따른 디지털 입력과 휘도, xy좌표

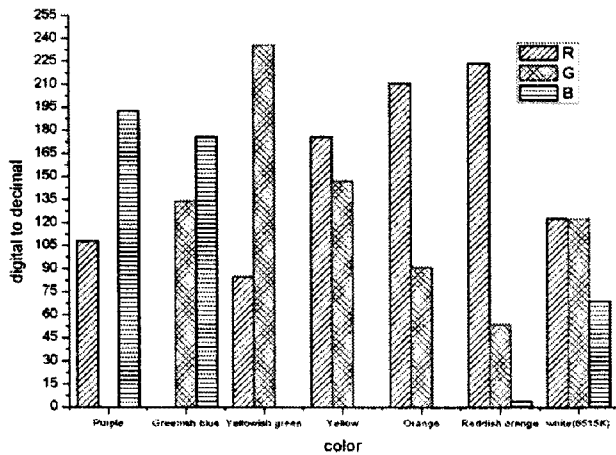


그림 4. 색에 따른 십진수 값

그림 5는 꺾은 선 그래프로 표현한 색에 따른 휘도와 x,y좌표의 변화를 나타낸 것이다. x좌표는 greenish blue를 기점으로 점차 장파장영역으로 증가하는 것을 볼 수 있다. y좌표와 휘도의 그래프는 거의 같은 모습을 나타내고 있다. 디지털 코드의 최대값인 1111,1111을 입력하였을 때 red의 휘도는12430[cd/m²], green의 휘도는 20908[cd/m²], blue의 휘도는 5926[cd/m²]이다.

휘도란, 광원을 볼 때 강하게 빛나 보이는데 이 빛나는 정도를 말한다.[4] 휘도는 눈이 느끼는 밝음을 수치화한 것이고, 비시감도에 의하여 가중치된 광량과 비례한다.[5] 그림 3은 비시감도가 적용되지 않은 수치로 분광스펙트럼 R,G,B의 최대치의 비가 R,G,B 휘도 최대치의 비와 다른 값을 나타낸다.

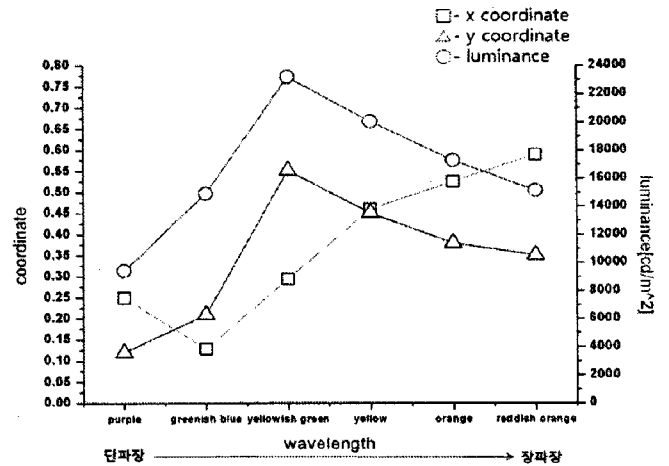


그림 5. 꺾은 선 그래프로 표현한 색에 따른 휘도, xy좌표

4. 결론

본 연구에서는 디지털 제어방식을 채용하여 RGB LED의 휘도를 제어하여 풀 컬러를 구현하는 실험을 진행하였다. 실험을 통하여 얻은 결과 값으로 LED의 휘도를 디지털 방식으로 제어가 가능하다는 것을 확인 할 수 있었다. 본 연구에서 채용한 디지털 제어방식을 사용한다면 컴퓨터나 휴대폰 등의 디지털 제어방식을 사용하는 기기를 통한 통신 등으로 LED의 휘도를 제어할 수 있는 장점이 있다고 생각된다.

참고 문헌

- [1] 장준호, 박병철, 최안섭, '시제품 조사를 통한 백색 LED의 기능적 특성에 관한 연구', 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집 pp.105-108, 5월 2007년..
- [2] 박창규, 조상묵, 이민진, 김진선, 김정수, 정희석, 이영주, 'Power LED의 신뢰성 평가 규격 비교 연구', 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집, pp216-219, 5월, 2008년.
- [3] L. Svilainis, 'Considerations of the Driving Electronics of LED Video Display' Proc. of ITI Int. Conf. on Information Technology Interface. pp431-pp436, June, 2007,
- [4] 장우진, 여인선, 김 훈, 이진우, 염정덕, 김수실, '최신 조명환경원론', 문운당, pp23, 2008
- [5] IES lighting Handbook Reference Volume, Illuminating Engineering Society of North America, pp1-21, 1984.