

통신기능이 부가된 LED Tile용 구동회로 개발

(Drive Circuit Development for LED Tile Which is Added the Communication)

천 우영* · 송 상빈 · 김 진홍 · 김 기훈

(한국광기술원)

(Woo-Young Cheon · Sang-Bin Song · Jin-Hong Kim · Gi-Hoon Kim)

Abstract

생활수준의 향상으로 인하여 조명 및 디스플레이 제품을 이용하여 건물 및 건축물에 대하여 장식을 하는 것이 일반화 되어가고 있다. 본 연구에서는 옥외 및 옥내에 사인물로 사용되어지고 있으며 설치가 간편한 디스플레이 조명기기인 LED Tile을 개발하여 옥내 및 옥외용 디스플레이 조명 시장의 시장성 확보하기 위하여, 광학설계를 통한 고휘도 LED의 선정 및 배치, 케이스 설계를 실시하고 LED모듈에 AC 220V 전원을 직접 인가할 수 있으며 효율이 높고 최적화된 구동회로를 설계하였다. 또한 One Chip 마이크로컨트롤러를 사용하여 RGB LED의 광색가변 및 점멸 제어회로를 설계하고, LED 모듈간에 2개의 제어선만을 연결하여 다양하고 다이내믹한 패턴 동작(점멸, 광색가변)이 가능하도록 펌웨어를 설계하였다. 그 결과, 설계된 LED Tile은 전체 크기가 D130×W130×H50mm로 매우 컴팩트하고 LED 배치 및 광학설계를 통하여 최대광도 60cd를 실현하였으며, LED Tile의 동작개수에 관계없이 설치가 간단하며 10개 이상의 디스플레이 패턴 제어가 가능하였다.

1. 서론

본 논문에서는 기존의 건물 및 건축물의 디스플레이용 조명기기를 대체할 수 있는 LED Tile에 적합한 고휘도 LED를 선택하고, 디스플레이 조명에 적합한 LED모듈의 배광 및 광출력을 나타내는 RGB LED의 배치를 설계 하였다. 특히 RGB LED의 광색혼합과 휘도균일을 위한 LED 배열 및 배치와 케이스 설계를 실시하고, AC 220V 전원을 직접 인가할 수 있으며 효율이 높고 최적화된 구동회로를 설계하였다.

또한 One Chip 마이크로컨트롤러를 사용하여 RGB LED의 광색가변 제어회로 개발하고, 모듈간의 2개의 제어선에 의한 디스플레이 패턴 동작, 통신회로를 설계하여 설치가 간단하고 다양하고 다이내믹한 패턴 동작(점멸, 광색 가변)이 가능하도록 설계하였다. 또한 주위온도에 따른 광출력변화를 최소화하기 위하여 LED를 주위온도에 따라 듀티비를 변화시켜 온도보상을 하였으며, 디스플레이용 단색 LED모듈과 광색가변 LED모듈 등 2종 이상 제품을 개발하였다.

가져야 한다. 사용된 5mm 포탄형 LED는 칩의 성능 및 배광분포에 따라 그 종류가 매우 다양하고 제조회사에 따라 전기적·광학적 특성이 다르기 때문에, LED Tile에 적합한 LED의 선정이 매우 중요하다. 따라서 총 4개회사의 샘플에 대한 전기적·광학적 특성을 측정 분석하여 LED Tile에 적합한 LED를 선정하였다. 선택 시 중요시된 항목으로는 총광속과 가시각으로 가시각이 25° 정도의 LED를 사용하였다.

표1은 본 연구에서 LED Tile용으로 선정된 5mm 포탄형 고휘도 LED의 전기적·광학적 특성을 나타낸 것으로, 광색에 따른 배광분포와 발산각이 일정하여 RGB LED를 이용한 광색가변 LED 모듈에 적합함을 알 수 있다.

<표 1> 선정된 LED의 전기적, 광학적 특성

구분	Green LED	Blue LED	Red LED
정격전압 [V]	3.36	3.18	2.08
정격전류 [A]	19.9	19.9	19.9
총방사선속 [mW]	3.1	8.8	9.6
총광속 [lm]	1.43	0.64	1.83
발광효율 [lm/W]	21.40	10.09	44.41
최대광도 [cd]	3.52	1.31	3.64
가시각 [°]	24.60	28.50	20.70

2. 본론

2.1 고휘도 LED 배열 설계

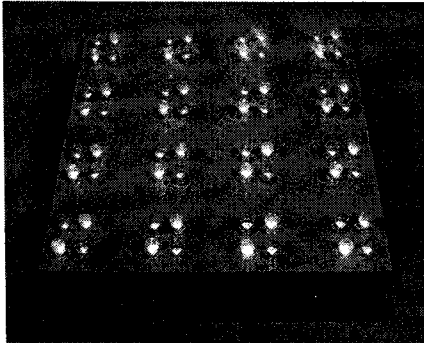
2.1.1 고휘도 LED의 특성 및 선정

옥내 및 옥외 디스플레이용 LED Tile에 적합한 LED는 가격이 저렴하고 온도에 민감하지 않으며 비교적 신뢰성이 좋으며 적절한 휘도 및 광도를

2.1.2 고휘도 LED의 배열

광색가변을 위한 RGB LED 배열은 총 64개의 RGB LED를 직병렬 구조로 구성하였다. RGB LED 배열은 광색에 따라 각각 Red 32개, Green 16개, Blue 16개의 LED를 사용하였으며, Red LED는 32개의 LED를 4개의 스트링으로 구성하여

각 스트링에 8개 LED가 직렬 연결된 4개의 병렬 구조로 되어 있다. Green LED는 16개의 LED를 4개의 스트링으로 구성하여 각 스트링에 4개의 LED가 직렬 연결된 4개의 병렬 구조로 되어 있다. Blue LED는 Green LED와 같은 구조로 되어 있다. 스트링은 LED 각각에 대하여 직병렬로 연결되어 있어서 각 요소의 LED가 단선되더라도 다른 LED에 영향을 주지 않는 구조로 구성하였다. 그림1에 LED를 배치한 모듈의 그림을 나타내었다.



<그림 1> LED의 배열

실제 RGB LED 배열의 전체 크기는 L130×W130mm로 구성하였으며, LED의 배치는 광색혼합이 잘 될 수 있도록 RGB LED를 순차적으로 3~5mm LED 간격과 사각형 형태로 하였다. 이러한 RGB LED로 구성된 하나의 Pixel은 4x4열로 구성하였고, 각 열은 16개의 LED로 되어 있다.

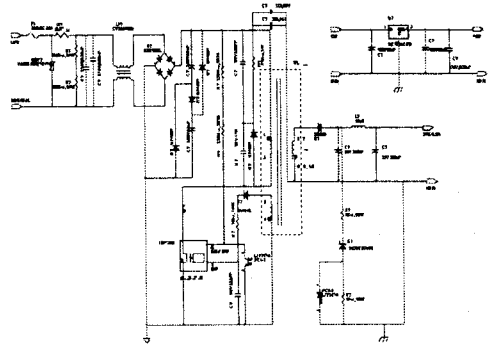
2.2 고휘도 RGB LED 구동회로 설계

광색가변용 RGB LED 구동회로는 고효율 및 고효율의 특성을 나타내야 하고, 약 10W이하의 저전력에서도 안정적인 RGB LED 안정적인 동작 특성을 제공해야 한다. 그림 1은 광색가변용 RGB LED 구동회로에 대한 블록다이어그램을 나타내고 있다.

FAN7527 PFC IC 사용한 역류개선부는 80V~250VDC/ 90~240VAC 입력전압에 대하여 서지전압 보호와 EMI 제거를 위한 필터회로부가 있고, 브리지 전파정류 회로를 거쳐 전파정류된 전압이 발생된다. 이러한 능동형 PFC IC를 사용하여 95% 이상의 역률을 나타낼 수 있었다.

광색가변용 RGB LED 경우에는 적색, 청색, 녹색 LED에 대한 각각의 동작 전압을 충분히 만족하는 출력전압을 나타내는 PWM 정전압 제어 방식이 적합하다. 그리고 청색 LED의 동작전압이 높기 때문에 출력전압은 청색 LED 배열 동작전압에 맞추어서 조절하였으며, 청색 LED 배열에 따

른 동작전압이 12.55V이므로 출력전압을 약 13V로 조절하였다. 이러한 정전압 회로부는 비교적 설계가 간단하여 컴팩트한 크기로 회로를 구성할 수 있는 PWM 제어 IC TNY 268을 사용하였으며, LED 배열에 매우 안정적인 DC 전압과 전류를 공급하였다.

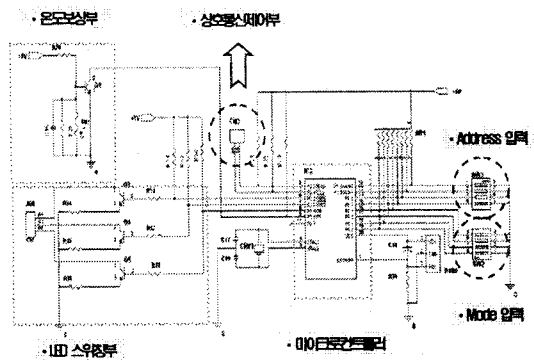


<그림 2> 광색가변용 RGB LED 구동회로 회로도

2.3 네온사인 동작 제어회로 설계

2.3.1 제어회로 하드웨어 구성

LED Tile의 제어회로는 마이크로컨트롤러를 사용하여 I/O포트에 입력부(Address/Mode/온도보상), LED 스위칭부, 상호통신 제어부로 구성하였다. 사용된 마이크로컨트롤러는 2 Group의 I/O포트와 16비트 타이머/카운터를 가지고 있어서 펌웨어에 의해 다양한 제어가 가능하고, 비교적 적은 수의 고휘도 RGB LED의 제어회로 소자가 소요되기 때문에 한정된 면적에 사용하는 데 적합하다.



<그림3> LED Tile의 제어회로 회로도

그림3에 LED Tile의 제어부분에 대한 회로도를 나타내었다. 마이크로컨트롤러의 I/O포트를 통한 3개의 출력 신호는 각각의 고휘도 RGB LED 스위칭부와 연결되어 있어서 각각의 고휘도 RGB LED를 점등 제어하도록 설계되어 있다. 또한 각각의 RGB LED가 정격전류에서 동작할 수 있도록 저항을 사용하여 전류를 제어하였고, 마이크로컨트롤러

의 PWM 스위칭신호에 의하여 고휘도 LED의 밝기가 조절되도록 하였다.

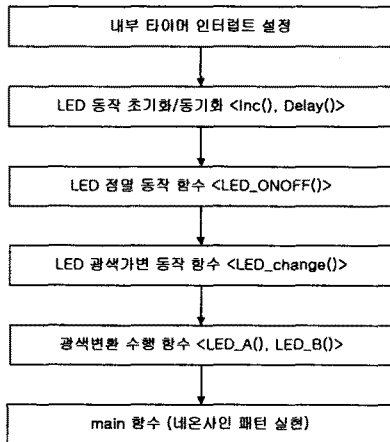
마이크로컨트롤러의 I/O포트 8개 핀에 Address 입력 선택스위치(디스플레이 동작 순서 주소)와 동작 모드입력 선택스위치를 연결하여 LED Tiler의 Address와 광색가변 모드를 선택하도록 하였다. 따라서 사용자가 LED Tile모듈에 원하는 동작 순서를 나타내는 Address와 동작 모드를 자유롭게 선택하도록 하여 다양한 디스플레이 동작 및 응용 분야에 적합하도록 설계하였다.

그리고 주위온도(-30℃~40℃)에 따라 광출력 변화를 최소화하기 위하여, 써미스터 NTC와 저항의 전압 분배원리를 이용하여 설정된 주위온도에 따라 스위칭 소자를 ON/OFF할 수 있다. 마이크로컨트롤러의 1개 핀에 High/Low신호를 인가하여 마이크로컨트롤러의 프로그램에서 광출력(LED Duty 비율 조절)을 조절하도록 하였다.

그리고 LED Tile의 모듈간 상호통신에 의한 디스플레이 동작을 실현시키기 위하여, 마이크로컨트롤러내 2개 핀에 상호통신 제어선을 입출력 할 수 있도록 하는 상호통신 제어부를 구성하였다.

2.3.2 제어회로 하드웨어 구성

그림4에 마이크로컨트롤러의 내부구성을 위한 순서도를 나타내었다.



<그림4> 펌웨어 제작을 위한 순서도이러그림

LED Tile을 제어하는 프로그램을 작성하기 위하여 제일 먼저 LED의 최소 점멸주기 및 Duty 비율 시간, 점등시간, 지연시간(Delay Time)을 고려하여 마이크로 컨트롤러의 내부 타이머/카운터를 이용한 전체 프로그램의 기본 시간 주기를 설정하였다.

그리고 LED의 동작의 초기화할 수 있는 함수를 설정하여 LED 점멸 및 광색가변 동작의 시작점과

끝점을 동기화[Inc()]시키고, LED 동작 신호를 상호 교환하기 위한 시간 지연 함수[Delay()]를 설정하여 각각의 LED Tile의 동작 시간을 동기화시켰다.

그리고 LED 점멸 동작 함수와 LED 광색가변 동작 함수를 설정하여 LED의 점멸 및 광색동작을 할 수 있도록 하였다. LED의 온도변화에 따른 광출력 변화를 최소화하기 위한 온도보상을 시행하기 위하여, 주위온도에 따른 온도보상부의 제어신호에 따라 점멸 동작시의 ON 동작과 광색가변 동작시의 최대 Duty 비율을 90%와 100%로 설정될 수 있도록 하여 온도보상이 이루어질 수 있도록 하였다. 또한 광색가변 동작의 경우, Duty 비율의 분해능이 256 Step으로 변화되도록 하여 광색가변의 목표치인 16.7백만 칼라의 광색을 연출하였다.

2.3.2 내온사인 점등 패턴

표 2는 16개의 LED Tile의 기본 내온사인 모드를 나타낸 것으로, 크게 2등 단위, 4등 단위, 8등 단위, 16등 단위의 LED 모듈 동작개수 동작과, LED 점멸 및 점등과 광색가변 동작으로 LED 동작 패턴으로 나눌 수 있다.

이러한 동작 개수는 16개 이하 LED 모듈의 개수에 관계없이 다양한 응용분야에 적용할 수 있도록 격등 점멸, 짝수 단위의 단계적 내온사인 동작을 실현하기 위하여 짝수로 단위로 설정하였다. 그리고 점멸과 광색가변 동작 시 해당 LED 모듈에 대한 디스플레이 동작이 이루어진 다음, 타 LED 모듈이 디스플레이 동작 시에 해당 LED의 동작 상태를 그대로 유지할지(점등) 아니면 OFF 상태(점멸)일지를 설정할 수 있도록 하였다. 또한 표 2를 응용하여 사용자가 요구하는 다양한 동작 모드를 설정할 수 있다.

<표 2> 기본 내온사인 모드(16개 LED Tile)

구분	LED Tile의 디스플레이 패턴 동작
모드1, 2, 3	1등에서 16등까지 순차적 점멸/점등/광색가변 동작
모드4, 5	2등 단위로 격등 점멸/광색가변 동작
모드6, 7	4등 단위로 격등 점멸/광색가변 동작
모드8, 9	8등 단위로 격등 점멸/광색가변 동작
모드10	전체 점멸/광색가변 동작

2.4 실험 결과 및 고찰

2.4.1 LED Tile의 특성

표 3은 LED Tile의 특성을 나타낸 것으로, RGB LED Full Color 동작 시 약 4.67W 동작되어 발광 효율은 14.8lm/W이다. LED Tile이 청색을 나타낼 경우에 가장 낮은 효율을 나타내고 있다.

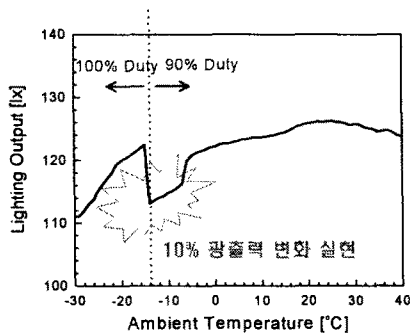
그리고 LED Tile 모듈의 발산각은(1/10)이 전면 케이스의 모양에 관계없이 목표값 60~100°내에 있어서 디스플레이 효과를 극대화할 수 있다.

<표3> LED Tile의 전기적,광학적 특성

광색	소비전력 [W]	출력전압 [V]	출력전류 [mA]	광속 [lm]	효율 [lm/W]
백색	4.67	15.86	240	69.259	14.8
적색	3.84	15.54	80	41.13	10.7
청색	2.01	12.56	80	9.02	4.5
녹색	2.07	11.81	80	23.47	11.3

2.4.2 온도 보상 특성

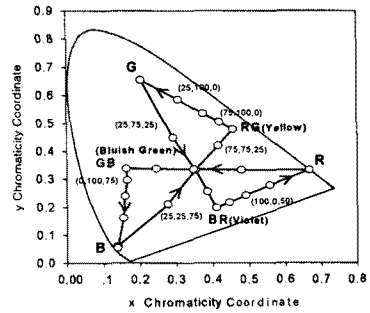
LED Tile은 주로 실외용으로 사용하기 때문에 주위온도 변화가 크게 나타나므로 주위온도에 따른 LED 배열의 광출력 감소를 보상해야 한다. 그림 2는 주위온도 -15℃ 기준온도보다 높을 경우에는 90% Duty 비율로 동작하고, 기준온도보다 낮을 경우에는 100% Duty 비율로 동작하도록 하였다. 이러한 온도보상은 주위온도의 변화에 따라 제어 회로 온도보상회로부의 써미스터와 저항의 분압에 의해 스위칭소자가 동작하게 되어 마이크로프로세서에 High/Low 신호가 입력되면 LED Array에 Duty 비율을 변경되도록 하였다. 이러한 온도보상에 의해 주위온도 -30 ~ 40℃ 내에 약 ±10%의 광출력 변화를 실현하였다.



<그림 5> Duty 비율의 변화에 따른 온도보상

2.4.3 LED Tile의 동작특성

그림 6은 LED Tile 디스플레이 보드의 시제품을 동작시켰을 경우의 광색변환 동작과 색도 좌표값의 변화를 보이고 있으며, 광색변환은 청색(B) → 백색(GB) → 노란색(R) → 녹색(G) → 백색(GB) → 보라색(BR) → 적색(R) → 백색(GB) → 청록색(BG) → 청색(B)으로 순차적 변화가 이루어짐을 알 수 있었다. 이러한 광색변환 패턴은 네온사인 동작이 부드러우면서도 다이내믹한 효과를 나타낼 수 있다.



<그림 6> LED Tile 광색변환에 의한 광색가변 색도좌표

3. 결론

본 연구는 옥내 및 옥외의 건축물의 조명연출 및 디스플레이가 가능한 LED Tile 조명 제품 개발에 관한 것으로, 이 연구에서 개발된 LED Tile 조명 제품을 시험 및 측정된 결과는 다음과 같다.

1. 다양한 종류의 고휘도 LED를 전기적·광학적 특성을 측정된 결과, 디스플레이 및 표시 광고 장치에 적합한 5mm LED를 선택하였고, 선정된 LED 특성에 적합하도록 동작 개수 및 광학적 배치, LED Array를 구성할 수 있었다.
2. 이러한 LED 배열에 적합하도록 광색가변 RGB LED Tile에 대한 구동회로(SMPS)를 개발하였으며, 개발된 구동회로는 동작전압이 80V~250VDC/90~240VAC이고, 허용전류가 1A 이상이며 95%이상의 고역률과 THD 40%이하로 실현할 수 있었다.
3. RGB LED 각각을 256단계로 0~100% 조광을 시행하여 16.7백만 광색의 표현이 가능하였다. 특히 LED 모듈의 동작개수에 관계없이 2개의 제어신호만으로 디스플레이 통신 동작을 가능하게 하였다
4. 개발된 LED Tile은 발산각(1/10)이 60 ~ 100° 내에서 60 cd 이상의 최대광도를 실현할 수 있었고 주위온도(-30 ~ 40℃)에 따른 광출력 변화가 ±10% 이내로 매우 양호한 특성을 나타냈다.

[참고 문헌]

- [1] Gerd O. Mueller, et al., "Light emitting diodes for solid state illumination," International Display Workshops 2000, pp.821-824, 2000.
- [2] S. Muthu, F. Schuurmans, and M. Pashley, "Red, green, and blue LEDs for white light illumination," IEEE Journal on selected Topics in Quantum Electronics 8(2), pp.333-338, 2002.
- [3] 송상빈, 강석훈, 여인선, "RGB 발광다이오드를 이용한 광색가변형 전구의 설계", 대한전기학회 학회논문집, 1730-1732, 2002.