

카메라 영상 촬영시 적합한 DMX512을 이용한 다중채널의 LED 디밍용 디머 개발에 관한 연구

*이장원

스타 L.V.S, 국제대학

*jwlee02@unitel.co.kr

A Study on the Development by LED Dimming Dimmer of Mutiple Channel used Suitable DMX512 by Camera Imaging

*Lee, Jang-Weon

STAR L.V.S, Kookje College

요약

카메라 촬영시 LED방송조명 등기구를 조도 디밍하는 경우에 카메라 셔터속도가 빨라 질 경우, 카메라가 신호를 감지하며 카메라 영상에 플리커 현상이 생기게 된다. 그 현상을 없애기 위하여 LED 디머의 PWM속도를 충분히 높여주어서 카메라 셔터속도가 빨라져도 어느 정도 범위에서 감지하지 못하도록 하였다.

1. 서론

무대방송용 조명기기 중 색을 연출하기 위한 LED 조명기기는 R(RED), G(GREEN), B(BLUE), W(WHITE) 각각의 LED를 이용하여 색을 혼합하여 사용한다. 또한 할로겐 무대방송용 조명기구 대신 전체 (WHITE) LED를 사용하여 색온도 조절이 될 수 있도록 LED를 배열하여 사용한다.

LED 조명등기구를 사용하는 경우 카메라 오토 아이레스 설정이 되면 환경에 따라서 카메라의 셔터속도가 빨라지게 되면서 플리커 현상이 발생하는 것을 볼 수 있다.

본 연구에서는 LED 디머 시스템에서 PWM속도를 충분히 높여 주어서 카메라 셔터속도가 빨라져도 어느정도 범위에서 감지하지 못하도록 프로그램을 수정하여 속도를 조절하였다.

2. LED제어 구동회로 설계

1. 모듈의 구성

LED의 제어 구동회로는 그림 1-1과 같다.

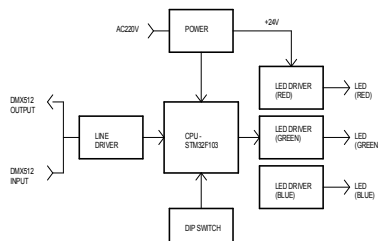


그림 2-1 모듈의 구성

Fig. 2-1. Modul Construction

2-1. CPU

본 모듈의 전반적인 제어를 수행하는 마이크로 컨트롤러로는 ST사의 ARM 32-BIT CortexTM-M3 MCU STM 32F103을 사용한다. STM32F103 은 72[MHz] CLOCK ON 90 연산속도를 갖는 고성능 마이크로 컨트롤러로서 PWM 구현에 필수적인 고속타이머를 7개 내장하고 있을 뿐만 아니라, 7채널의 DMA, 9가지 방식의 통신방식 등 여러 장점을 갖고 있다.

2-2. 덤스위치

다수의 DMX512와 통신을 구현하기 위해 각 장치의 고유번호 (1-512)를 부여한다. 그림 2-2와 그림2-3 회로도과 같이 본 모듈은 10비트 덤 스위치를 이용하여 장치번호 설정에 9비트를 사용하고 나머지 1비트는 "LOCAL / DMX512모드 선택에 사용할 수 있도록 설계하였다.

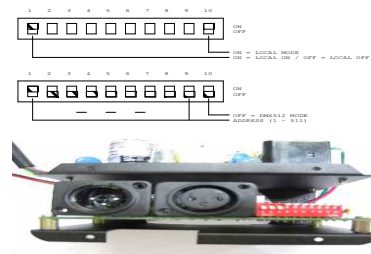


그림 2-2 덤스위치

Fig. 2-2. Dip Switch

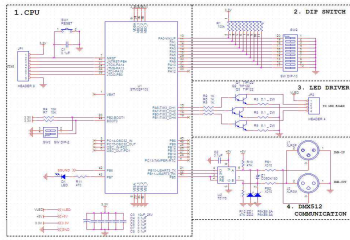


그림 2-3 DMX512회로도

Fig. 2-3. DMX512 Schematic Diagram

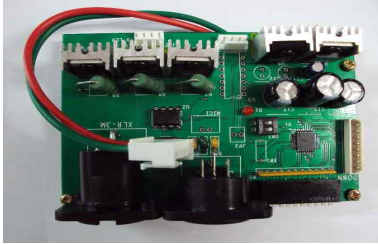


그림 2-4 DMX512 회로기판

Fig. 2-4. DMX512 PCB

3. PWM 제어

그림 3-1과 3-2의 사진을 LED LAMP의 밝기를 제어하기 위해 PWM방식을 사용한다.

PWM방식은 디밍을 짧은 시간동안 LED 전류를 켜다 끄다 반복하는 것이다. 이처럼 켜고 끄는 시작-재개 사이클의 주파수는 깜박거림 효과를 피하기 위해 육안으로 감지 할 수 있는 사이클보다 빨라야 하며 LED의 제어하는 식(3-1)과 식(3-2)에 적용되는 제어 파형의 통류율 사이클에 비례한다.

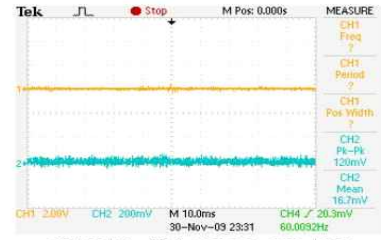
$$I_{DIM} \leq D = D_{DIM} \times I_{LED} \quad (3-1)$$

$$dutyrate(\%) = \frac{\text{positive signaltime}}{\text{zero signaltime}} \quad (3-2)$$

여기서 $I_{DIM-LED}$ 는 평균 $\leq D$ 전류, D_{DIM} 은 디밍 파형의 통류율 사이클 I_{LED} 는 R_{SNS} 선택으로 설정되는 공칭 LED 전류이다.

그림 3-1는 PWM 제어방식으로 LED에 인가되는 직류전원이 제어되는 내용이다. CH1은 스위칭 소자에 인가되는 PWM신호이고 CH3은 그 때에 흐르는 전류값이다. CH3의 전류는 100[mV/A]의 전류 프로브를 사용하여 측정하였다. 제어 신호의 파형이 (a)식 3-2로 정의되는 통류율(duty rate)가 0[%]인 경우, (b)25[%]인 경우, (c)50[%]인 경우, (d)70[%]인 경우, (e)100%인 경우 출력 전원 또는 PWM과 정확하게 동기되어 출력되는 것을 보여주고 있다.

인간의 눈에 LED의 깜박임이 보이지 않도록 하기 위해서는 한 주기를 1초에 120회 이상 보아 안정적으로는 300회 이상으로 충분히 짧게 할 필요가 있다. 본 논문에서 사용되는 PWM의 주파수 신호는 737.5[Hz]를 사용하였으며 이는 주기값이 1.35[m/sec]이다.



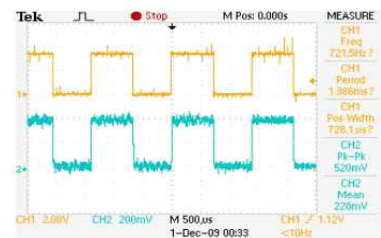
(a) 통류율 0[%] 일 때 PWM 파형
그림 3-1 PWM파형의 예 (계속)

Fig. 3-1. PWM Waveform Examples.(continue)



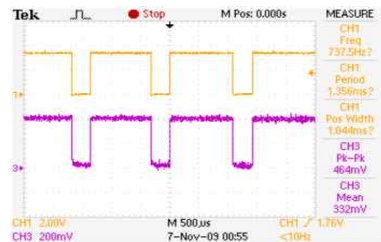
(b) 통류율 25[%] 일 때 PWM 파형
그림 3-1 PWM파형의 예 (계속)

Fig. 3-1. PWM Waveform Examples.(continue)



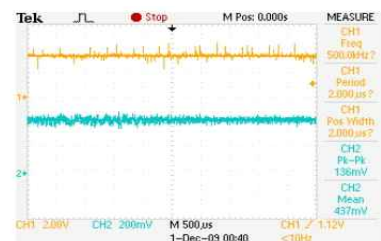
(c) 통류율 50[%] 일 때 PWM 파형
그림 3-1 PWM파형의 예 (계속)

Fig. 3-1. PWM Waveform Examples.(continue)



(d) 통류율 75[%] 일 때 PWM 파형
그림 3-1 PWM파형의 예 (계속)

Fig. 3-1. PWM Waveform Examples.(continue)



(e) 통류율 100[%] 일 때 PWM 파형
그림 3-1 PWM파형의 예 (계속)

Fig. 3-1. PWM Waveform Examples.(continue)

표 3-1과 그림 3-2의 그래프를 보면 부하에 흐르는 전류의 값이 PWM 출력의 통류율에 비례하는 것을 볼 수 있다. 선형그래프가 완전한 직선을 보이지 않는 것은 노이즈 등으로 인해 스코프에서 보이는 값이 오차를 갖는 것이 가장 큰 이유라고 할 수 있다.

통류율[%]	평균전압[mV]	전류[A]
0	16	0.16
10	56	0.56
20	107	1.07
30	144	1.44
40	183	1.83
50	228	2.28
60	275	2.75
70	323	3.23
80	365	3.65
90	394	3.94
100	437	4.37

표 3-1 통류율에 따른 전류량

Table. 3-1. Current Rate Of Duty

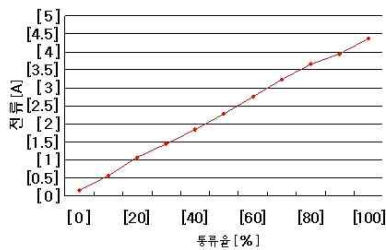


그림 3-2. 통류율에 따른 전류량

Fig. 3-2. Current Rate Of Duty

4. PWM 프로그램 수정

LED디머는 PWM을 사용하여 밝기를 조절하기 때문에 LED 디머를 사용한 조명 하에 카메라 촬영을 하게 되면 셔터의 속도에 따라서 플리커 현상이 생길 수가 있다. 이 문제를 해결하기 위해서 LED 디머의 PWM 속도를 충분히 높여 줄 필요가 있다.

PWM 속도는 펌웨어에서 정해지는 것으로 'software'에서 TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_Prescaler의 값을 수정하여 속도를 조절 할 수 있다. 원래의 값인 599에서는 120[Hz] 정도, 175에서 400[Hz], 25에서 2.7[KHz] 정도의 주파수가 된다.

다음 그림 4-1. 펌웨어에서 주파수 조절을 위해 수정되어야 하는 부분을 붉은색으로 표시한 것이다.

```
void Timer_Configuration(void)
{
    TIM_TimeBaseInitTypeDef TIM_TimeBaseInitStruct;
    TIM_OCInitTypeDef TIM_OCInitStructure;

    TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_Period = 254;
    TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_Prescaler = 599;
    TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_ClockDivision = 0;
    TIM_TimeBaseInitStruct.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
    TIM_TimeBaseInit(TIM3, &TIM_TimeBaseInitStruct);

    TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode = TIM_OCMode_PWM1;
    TIM_OCInitStructure.TIM_OCPolarity = TIM_OCPolarity_Low;

    /* PWM1 Mode configuration: Channel1 */
    TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState = TIM_OutputState_Enable;
    TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse = 0;
    TIM_OC1Init(TIM3, &TIM_OCInitStructure);
    TIM_OC1PreloadConfig(TIM3, TIM_OCPreload_Enable);

    /* PWM1 Mode configuration: Channel2 */
    TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState = TIM_OutputState_Enable;
    TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse = 0;
    TIM_OC2Init(TIM3, &TIM_OCInitStructure);
    TIM_OC2PreloadConfig(TIM3, TIM_OCPreload_Enable);

    /* PWM1 Mode configuration: Channel3 */
    TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState = TIM_OutputState_Enable;
    TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse = 0;
    TIM_OC3Init(TIM3, &TIM_OCInitStructure);
    TIM_OC3PreloadConfig(TIM3, TIM_OCPreload_Enable);

    /* TIM3 enable counter */
    TIM_ARRPreloadConfig(TIM3, ENABLE);
    TIM_Cmd(TIM3, ENABLE);
}
```

그림 4-1. 소프트웨어 펌웨어

Fig. 4-1. Software Firmware

5. 실험결과

제작 LED디머 시스템을 카메라 SONY사 PD-175와 LED드라이버 120[Hz]와 2.7[KHz]로 제작하여 그림 5-1과 같이 설치하고, 카메라 PD-175의 셔터속도를 조절하여 카메라가 신호를 감지하여 플리커 현상이 어느 범위에서 발생하는지 표 5-1과 그림 5-2를 같이 확인하였다.

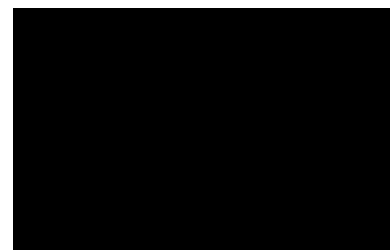


그림 5-1 LED 디머 비교 실험

Fig. 5-1. LED DIMMER Comparative Experiment,

Shutter속도	LED디머 120[Hz]	LED디머 2.7[KHz]
60	플리커현상 없음	플리커현상 없음
100	플리커현상 있음	플리커현상 없음
250	플리커현상 있음	플리커현상 없음
350	플리커현상 있음	플리커현상 없음
500	플리커현상 있음	플리커현상 없음
725	플리커현상 있음	플리커현상 없음
1000	플리커현상 있음	플리커현상 없음

(a) 디밍 50[%] 일 때 플리커현상 발생유무
표 5-1 Shutter 속도에 따른 LED 디머 차이

Table. 5-1. LED DIMMER Difference Of Shutter Speed

Shutter속도	LED디머 120[Hz]	LED디머 2.7[KHz]
60	플리커현상 없음	플리커현상 없음
100	플리커현상 없음	플리커현상 없음
250	플리커현상 없음	플리커현상 없음
350	플리커현상 없음	플리커현상 없음
500	플리커현상 없음	플리커현상 없음
725	플리커현상 없음	플리커현상 없음
1000	플리커현상 없음	플리커현상 없음

(b) 디밍 100[%] 일 때 플리커현상 발생유무
표 5-1 Shutter 속도에 따른 LED 디머 차이

Table. 5-1. LED DIMMER Difference Of Shutter Speed

6. 결론

LED 조명등기구를 100% 켜줄 때는 120[Hz] 나 2.7[KHz]에서는 거의 플리커 현상이 일어나지 않았다.

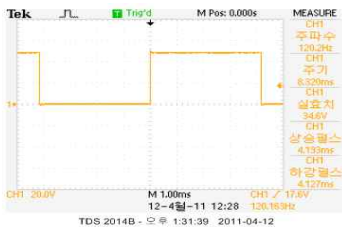
LED 조명등기구를 50% 디밍시에는 2.7[KHz]에서는 플리커 현상이 일어나지 않았지만, 120[Hz]에서는 셔터 속도가 100, 250, 350, 500, 725, 1000에서 플리커 현상이 일어났다.

그리하여 카메라 촬영시에는 오토아이레스 설정으로 LED 디밍을 한다면, 120[Hz] LED 디머는 100 이상의 셔터 속도에서 적합하지 않다는 것을 알았으며, 2.7[KHz] LED 디머를 사용하여야만 플리커 현상이 일어나지 않는 촬영을 할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] 서복일, 김재인, 황부현, "DMX512 프로토콜을 이용한 LED 무선 제어 시스템 설계", 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, Vol.37, NO.1 pp. 442-445, 2010.
- [2] 정광현, 김평무, 박종연, "LED 무대조명용 정전류 구동회로의 설계", 전력전자학술대회 논문집, Vol.2010, NO.7 pp. 546-547, 2010.
- [3] 이규민, 최왕섭, 박종연, "LED 무대조명의 조도제어기법", 전력전자학술대회 논문집, Vol.2010, NO.11 pp. 300-301, 2010.
- [4] 김재인, 황부현, "DMX512 프로토콜 기반의 ZDMX 모듈을 이용한 광대역 LED 조명 시스템 구현", 한국콘텐츠학회논문지, Vol.10, NO.11 pp. 38-47, 2010.
- [5] 이상원, "무대방송용 LED스팟 조명기구 개발에 관한연구", 호서대학교 대학원 박사논문, pp.66-85, 2009.

이 논문은 특허를 출원한 논문입니다.
특허 출원번호 10-2011-0110261



(a) 120[Hz] PWM 파형

그림 5-2 LED 디머 PWM 파형

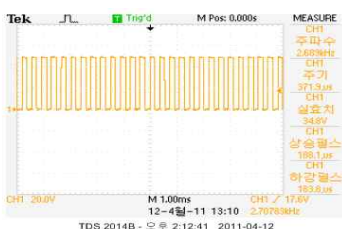
Fig. 5-2. LED DIMMER PWM Waveform



(b) 400[Hz] PWM 파형

그림 5-2 LED 디머 PWM 파형

Fig. 5-2. LED DIMMER PWM Waveform



(c) 2.7[KHz] PWM 파형

그림 5-2 LED 디머 PWM 파형

Fig. 5-2. LED DIMMER PWM Waveform