

백라이트 소비전력 저감을 위한 스마트 디밍 알고리즘 개발

류제승, 박주희, 임성호, 김태우, 박신균
LG 디스플레이

Smart Dimming Control Algorithm for reducing Backlight Power Consumption

Je-Seung Ryu, Ju-Hee Park, Seong-Ho Lim, Tae-Woo Kim, Sin-Kyun Park
LG Display

ABSTRACT

본 논문은 LED Driver 휘도(Luminance) 제어 방식인 펄스폭 변조(PWM), 진폭변조 방식(PAM)을 조합한 스마트 디밍 알고리즘에 대해 제안한다. 제안된 방식은 LED 구동 순방향 전류(I_f)양에 따라 순방향 전압(V_f)이 비례적으로 변화되는 특성을 이용한 것으로, LED Backlight 적용 LCM의 소비전력을 저감할 수 있다. 본 논문에서는 스마트 디밍(CPWAM=Conditional Pulse Width Amplitude Modulation) 알고리즘에 대해 소개하고 실험을 통해 제안된 알고리즘의 타당성을 검증한다.

1. 서론

현재 산업계에 LCM 백라이트(Backlight)의 휘도를 제어하기 위해 사용하는 방법은 펄스폭 변조방식(PWM)^[그림1]과 진폭 변조 방식(AM)^[그림2] 두 가지 방식이 있다. 기존 램프(EFL, CCFL)에서는 펄스폭 변조가 휘도의 선형성(Linearity) 확보에 용이하다는 이점 때문에 주류를 이뤘고, LED로 대체되는 현시점에도 낮은 시비율(<5%)에서 휘도의 선형성 확보를 위해 대부분 펄스폭 변조방식을 취하고 있다. 그리고 LED Driver 제어 IC의 기능도 대부분 펄스폭 변조에 의해서만 휘도가 제어된다. 두 방식은 모두 평균 시간 동안 LED의 순방향 전류(I_f)를 제한한다는 공통점이 있지만, 진폭 변조방식은 LED의 순방향 전류(I_f)의 크기가 감소하면 순방향 전압(V_f)도 낮아져 소비전력이 감소하는 이점이 있다. 추가적으로 펄스폭 변조에 비해 소음과 EMI 및 wavy 노이즈 특성에서 우수함을 보인다.

본 논문에서는 기존의 펄스폭 변조와 진폭변조 방식의 장점들만을 취합하여 최적의 디밍 제어 알고리즘을 구현하고, LED 구동 Driver에 적용하여 LCM 백라이트의 소비전력 저감효과를 검증하고자 한다.

2. 제안하는 스마트 디밍(CPWAM) 알고리즘

2.1 전류량에 따른 LED 광도 특성

그림 3과 그림 4에서 보듯이 일정 범위 안에서의 평균 순방향 전류(I_f)는 LED 휘도와 순방향 전압(V_f)에 비례 함수 관계를 보인다. 하지만 순방향 전류가 선형영역을 넘어서게

되면 출력 전력이 LED에서 열로 손실되는 영역이 증가 하게 된다. 이와 같은 특성을 고려 할 때 LED 디밍 방식은 전류를 고정시키고 Duty의 변화를 주는 펄스폭 변조 방식 보다 전류를 가변하여 디밍을 조절하는 진폭 변조방식이 에너지 효율 면에서 더 유리하다고 할 수 있다.

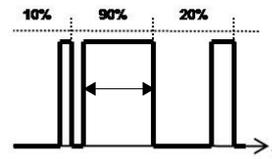


그림 1. 펄스폭 변조 디밍

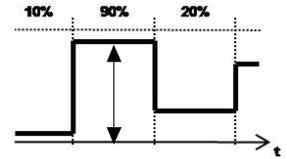


그림 2. 진폭 변조 디밍

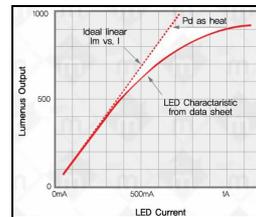


그림 3. I_f 에 따른 광도 특성

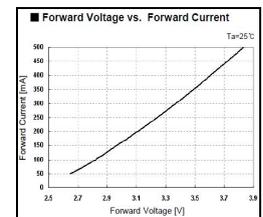


그림 4. I_f 에 따른 V_f 특성

2.2 스마트 디밍(CPWAM) 알고리즘

제안된 스마트 디밍 제어방식은 다채널 LED 구동 시 LED를 개별로 디밍 컨트롤 하기 위한 PWM 방식과, 에너지 효율 면에서 유리한 PAM 방식을 조합하는데 있다.

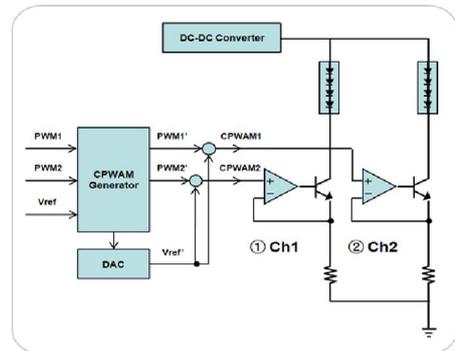
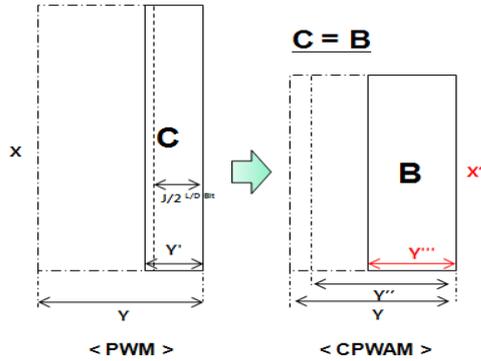


그림 5. CPWAM 구동 알고리즘

LED의 소비전력은 전류와 Duty의 곱인 면적과 같다. 다채널 LED 구동 시 PWM 방식은 각 채널 별로 전류를 고정시키고 Duty만 가변하여 개별 채널에 대한 휘도를 제어한다. 이

방식에 그림 5와 같이 CPWAM 알고리즘을 통하여 가장 면적이 큰 채널을 기준으로 모든 채널에 동일한 전류를 설정하도록 하고 개별 채널에는 Duty를 달리 함으로써 기존 PWM 방식과 동일한 면적을 유지하여 PWM 방식과 동일한 출력을 발생하게 한다. 매 주기마다 LED에 인가되는 전류를 변경해 주면 LED 구동 시 고정전류를 설정하는 PWM 대비 LCM 백라이트의 소비 전력을 저감할 수 있다.



■ CPWAM Concept Parameter

- Y : PWM Pulse Period.
- X : PWM Current(Amplitude).
- Y' : PWM Pulse HT(Width).
(※ Global Dimming Value)
- J : Local Dimming Value(8bit : 0~255).
- X' : CPWAM Common Current(Amplitude).
- Local dimming max 및 Y'''기준 필요한 Current Max값.
- Y'' : CPWAM Max Period.(Constant Value)
- Y''' : CPWAM Each Channel's HT(Width).

◆ CPWAM Equation 1

$$X' = \frac{X \times Y' \times \frac{L/D_{max}}{2^{L/D_{Bit}}}}{Y''}$$

◆ CPWAM Equation 2

$$Y''' = \frac{X \times Y' \times \frac{J}{2^{L/D_{Bit}}}}{X'}$$

그림 6. CPWAM 계산 알고리즘

< CPWAM Control Mode Pulse >

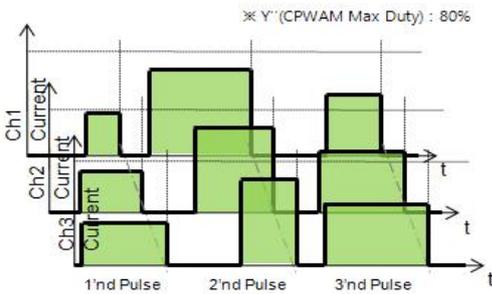


그림 7. CPWAM 다 채널 LED Control 방식

그림 6은 PWM 출력을 CPWAM 출력으로 변경 시키는 알고리즘 계산 방식이며, 전류를 낮추고 Duty를 늘려 동일한

면적을 발생시키게 된다. 다채널 LED에서는 그림 7과 같이 가장 넓은 면적의 출력을 기준으로 기존 전류를 설정 하고 개별 채널의 휘도는 Duty 가변으로 제어한다.

3 실험 결과

그림 8과 표 1은 위에서 설명한 CPWAM 방식과 기존의 PWM 방식의 소비 전력을 측정하여 비교한 결과이다. 실험 제품은 시중에 출시된 LED 백라이트 방식의 LCD TV로 표준 동영상을 10분 35초 구동 하였을 때 PWM 방식과 CPWAM 방식의 누적 소비전력을 비교하였다. 그 결과 본 논문에서 제안한 CPWAM 방식이 실 사용영역인 30~37[%] 영역에서 소비전력 10% 이상의 저감 효과가 있다는 것을 확인하였다.



그림 8. PWM, CPWAM 소비전력 그래프

표 1. 측정된 소비전력 비교 데이터

Option (OPC Off)	Global dimming	BLU			
		30%	37%	50%	70%
PWM 소비전력 [Wh]		30.18	37.28	49.31	68.41
CPWAM 소비전력 [Wh]		26.57 (3.61 ↓)	33.21 (4.07 ↓)	45.03 (4.29 ↓)	64.56 (3.84 ↓)
소비전력 개선(%)		11.96%	10.92%	8.69%	5.62%

4. 결 론

본 논문에서는 CPWAM 방식의 스마트 디밍 컨트롤 방식을 제안하였다. 제안된 알고리즘 적용으로 기존 PWM 디밍 방식대비 LED Backlight 구동 소비전력이 실 사용영역에서 10% 이상 저감됨을 실험을 통해 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Rich Rosen, "스위칭 모드 LED 드라이버 디밍 기법", 전자부품, 2009.9
- [2] 임수현, 임정규, 신휘범, 정세교, 신민재, 손승걸, "RGB형 LED Backlight의 전류 및 온도 변화에 따른 특성 분석", 전력전자학술대회 논문집, pp. 244-246, 2007.
- [3] 임수현, 임정규, 신휘범, 정세교, 신민재, 손승걸, "항공기 디스플레이용 LED 백라이트의 광대역 휘도 제어기 개발", 전력전자학회 논문지, 제13권, 제4호, pp. 287-294, 2008.