

## Dot-Matrix 디스플레이의 PWM방식과 PAM방식의 혼합 계조표현 법

황선남<sup>†</sup> · 정용민 · 이준영

<sup>†</sup>단국대학교 전자공학과

### Composition Modulation of Dot-matrix Display Grayscale

Seon Nam Hwang<sup>†</sup>, Yong Min Jung and Jun Young Lee

<sup>†</sup>Dept. of Electronic Engineering, Dankook University

#### ABSTRACT

In this paper, a composition modulation of Dot-matrix display grayscale is presented. There's two method of expression of Dot-matrix Display grayscale. One is PWM by controlling pulse width. The other is PAM by controlling pulse amplitude. Composition modulation of Dot-matrix use PWM and PAM together. Composition modulation shows the number of grayscale as number of grayscale of PWM × number of grayscale of PAM and have the effect of reduced size than existing single modulation

**Key Words :** Grayscale, Dot-matrix display Composition modulation

#### 1. 서 론

LED란, 빛을 발하는 반도체 소자인 발광 다이오드를 말한다. 전류를 보내면 전자가 일정한 파형으로 나오는 현상을 이용한 반도체 소자이다. LED의 탄생배경은, 과거 1세대 광원이었던 필라멘트 선을 가열하여 발생하는 빛을 발하였던 방전등 세대, 2세대인 진공관 속에 형광 물질을 발라서 방전을 시켜줌으로써 빛을 발하였던 방전등 세대, 이를 이어서 차세대 광원으로 쓰일 목적으로 개발된 반도체 소자의 종류이다. 아직까진 흔하지 않은 특수한 용도로 쓰이는 광원이나 반도체정도로 여겨져 왔던 소자이지만, 우리의 생활을 밝혀주는 중요한 광원으로 자리매김하고 있다. 이 LED 소자의 특징은 우수하다. 기존 세대의 광원들의 단점을 보완하면서, 대체하기 위해 개발되어졌기 때문이다. 이러한 LED의 특징 중 몇 가지 장점은 우선 저 전력 소비소자인 것에 비해 고효율 광원이다. 연색성이 매우 뛰어나 실내등에서 보았던 상품의 색상이 외부에서는 왜곡되는 현상을 보완해 줄수 있다. 내구성이 뛰어나 10만시간 이상의 내구성을 가지고 있어 교체비용에 대

한 절감효과를 가지고 있다. 안정적인 전원인 DC전원을 사용한다. 발열량이 적고 친환경적인 광원소자이다. 또한 Red, Blue, Green의 빛의 3원색을 사용할 수 있어 필요로 하는 색상을 연출하는데 탁월함을 보인다. OLED는 형광성 유기화합물에 전류가 흐르면 빛을 내는 전계 발광현상을 이용하여 스스로 빛을 내는 ‘자체 발광형 유기물질’을 말한다. 즉 유기물박막에 양극과 음극을 통하여 주입된 전자와 정공이 재결합하여 여기자를 형성하고, 형성된 여기자로부터의 에너지에 의해 특정한 파장의 빛이 발생하는 현상을 이용한 자체 발광형 디스플레이 소자이다. 낮은 전압에서 구동이 가능하고 얇은 박형으로 만들 수 있고, 넓은 시야각과 빠른 응답속도를 갖고 있어 일반 LCD와 달리 바로 옆에서 보아도 화질이 변하지 않으며 화면에 잔상이 남지 않는 점이 장점이다. 또한 소형 화면에서는 LCD이상의 화질과 단순한 제조공정으로 인하여 유리한 가격 경쟁력을 갖는다. 컬러 표시 방식에 3색독립화소방식, 색변환 방식(CCM),컬러 필터방식이 있으며 디스플레이에 사용하는 발광재료에 따라 저분자 OLED와 고분자 OLED, 구동방식에 따라 수동형 구동방식과 능동형 구동방식으로 구분한다. OLED의 Datasheet를 보면 전류에 따라 휘도가 달라짐을 보인다[2]. 이런 특징을 가지

<sup>†</sup>E-mail : sacheonsa@dankook.ac.kr

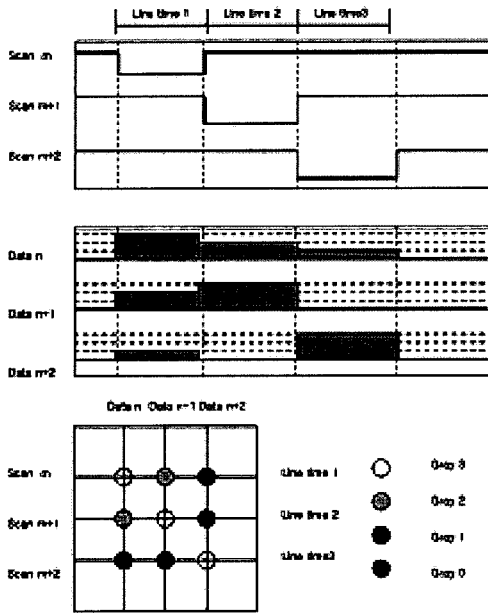


Fig. 1. PAM Method and its grayscale expressions.

고 있는 LED/OLED를 이용하여 Dot-matrix를 구성하고 이에 계조표현을 하는 것을 본 실험에서 재현해 보았다.

### 2. 이론적 배경

LED/OLED의 경우 소자에 유입되는 전류량에 따라 표현하는 휘도가 달라진다. RGB color LED/OLED를 이용하여 Display를 구성하였을 경우에는 각각의 전류량을 조절함으로써 색상의 채도가 달라지고 이의 색조합에 의해 Full color구현이 가능하다. 이렇듯 전류의 크기에 따라 휘도가 달라지는 성격이 있기에 이를 이용하여 계조표현하는 방식이 Pulse Amplitude Modulation 즉 PAM을 이용하는 것이 효과적인 방법이다. PAM을 간략하게 설명하자면 Fig. 1에서 보는 바와 같이 한 line time동안에 Data signal의 전류 크기를 변화시킴으로써 해서 밝기가 달라짐을 볼 수 있다. PAM을 이용하여 계조표현을 할 경우, 장점으로는 전류를 보존할수 있는 시간이 길다는 것이다. 이는 한 line time동안에 data를 입력할 수 있다는 것이다. 단점으로는 Current level이 많이 필요하다는 것이다. 만약 256계조를 표현한다면 Current level이 256단계가 필요하다[1]. PWM은 Pulse Width Modulation이라 하여 말 그대로 Pulse 폭을 변화시키는 방식으로 Fig. 2에 표현하였다. 이를 간략히 설명하면 한 line time에 유입되는 data

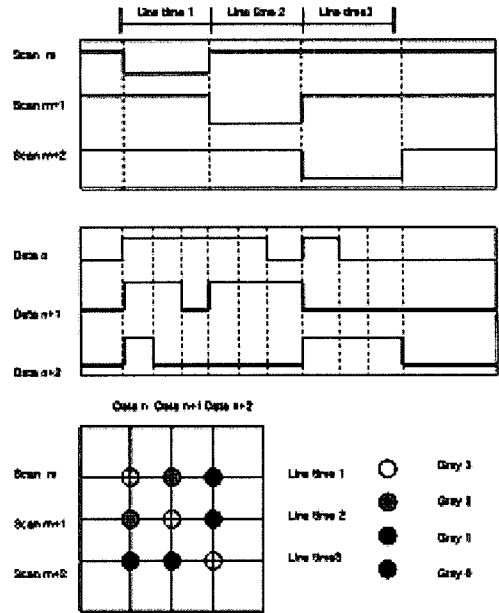


Fig. 2. PWM Method and its grayscale expressions.

signal의 폭을 변화시키는 방식으로 시간에 따른 전류량으로 계조표현을 하게 된다. PWM의 사용에 있어서 Current level이 단일 기준만 있으면 되는 장점이 있지만 Current Charge time이 짧아서 Flicker가 발생할 수 있다는 단점이 있다[3]. 또한 256계조 표현을 해야 할 경우 data signal time을 256단계로 분할해야 하는 경우가 발생한다. 현재 OLED의 계조표현에서 많이 사용되고 있는 방식이 위에서 설명한 두가지 방식이다. 두 방식을 서로 비교해보면 PAM는 Current level이 많이 요구되며 PWM은 Current Charge time이 짧은 것이다.

256계조를 표현한다면 위 두 가지 방식은 256계조 단계에 맞는 256단계의 Current level이나 256단계의 time분할이 필요하다. 그만큼 많은 단계의 level이 필요하다면 회로 구성 또한 복잡해지고 커진다.

### 3. PAM과 PWM의 혼합 방법

PAM과 PWM을 혼합하기에 앞서 먼저 필요한 것은 Pulse의 Amplitude와 Width를 제어하는 것이다. Amplitude를 제어하는 방식은 Current Mirror 회로를 응용하여 Current Level을 생성한다. Current Mirror의 Bias단에 연결된 Transistor와 저항으로 Current Level을 생성하는데 이때 Transistor는 Current level을 조절하기 위해 저항 합성을 위한 switch역할을 한다. 이렇게 생성된 전류량을 Current Mirror와 Pixel사이에 연결된 Transistor

를 거쳐 pixel로 유입되게 되는데 이때 Transistor의 Turn on time을 조절한다. Transistor의 on time에 따라서 픽셀로 유입되는 전류량이 달라진다. 이때의 Transistor는 PWM 방식으로 제어를 한다. 즉 PAM방식으로 생성된 각각의 Current Level을 PWM방식으로 조합 한다. Fig. 3에 조합방법을 표현하였다.

#### 4. 설계 및 제작

본 연구에서는 PAM과 PWM을 조합하여 LED및

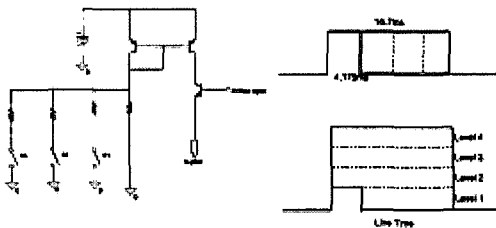


Fig. 3(a) 1 Gray scale

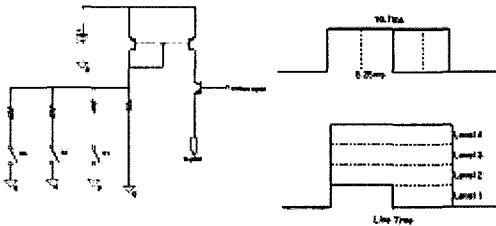


Fig. 3(b) 2 Gray scale

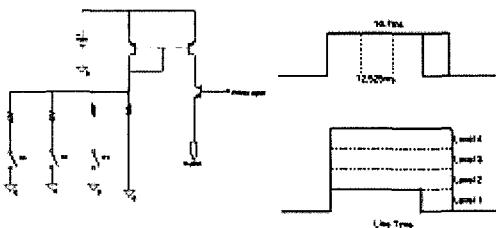


Fig. 3(c) 3 Gray scale

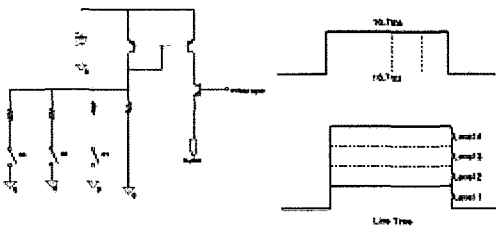


Fig. 3(d) 4 Gray scale

Fig. 3. Composition Method Grayscale.

OLED를 이용한 Dot-matrix에 계조표현을 하는 것을 목표로 하였다. 본 연구를 위해 LED를 이용하여 PM 방식의 Dot -matrix를 설계하였다. 설계 블록도는 Fig. 4 에서 보는 바와 같다. 블록도에서 보는 바와 같이 본 연구의 구성은 크게 구동회로와 패널부로 나눌수 있다. 패널부는 LED를 이용하여 Passive Matrix형태로 구성하였다. 구동 회로는 크게는 PAM과 PWM, Scan signal Part, Scan signal과 data를 제어하기 위한 MCU 로 나누어 볼수 있다. PAM은 Pulse의 Amplitude를 쉽게 제어 할 수 있는 Current Mirror 회로를 이용하여 Current Bias를 저항과 Transistor를 이용하여 Pulse의 Amplitude를 제어한다. 이때 Transistor는 스위치 역할을 한다. Transistor가 스위치 역할을 함으로써 on이 될 경우는 Transistor의 Emitter부에 연결된 저항들의 병렬 합성으로 Pulse의 Amplitude를 증가시키거나 감소시키는 기능을 한다.

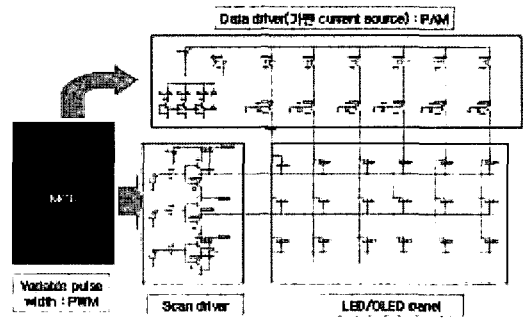


Fig. 4. Block Diagram.

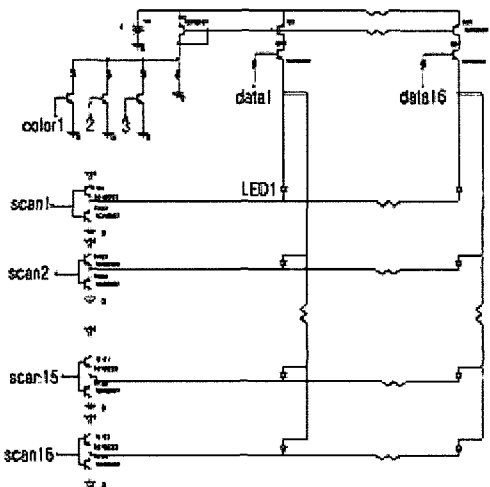


Fig. 5. Design Circuit : Micro controller Unit part is not included.

PWM은 MCU(Micro Controller Unit)을 이용하여 제어한다. PWM은 보통 Count timer를 이용하나 본 연구에서는 MCU를 이용하였다. MCU를 사용하여 Pulse의 Width를 변화시키고 이때의 변조된 파형이 Select Transistor란 Transistor를 통하여 Pixel로 유입되게 된다. Select transistor의 역할은 트랜지스터의 Collect부에서 PAM으로 변조된 전류파형이 유입되게 되는데 이때의 전류를 Transistor의 Turn on Time을 변화시키면서 PWM의 Pulse를 만들게 된다. Fig. 5은 본 연구를 위해 구성된 회로도이다.

#### 4. 실험 측정 및 결과

앞서 설명한 설계를 바탕으로 회로를 구성하고 MCU를 이용하여 PAM과 PWM에 맞는 signal을 제현하였다. PAM 부분은 Current Mirror의 Current Bias를 조절함으로 해서 쉽게 얻을 수 있었다. PAM의 전류는 Fig. 6에서 보는 바와 같이 전류의 변화를 보인다.

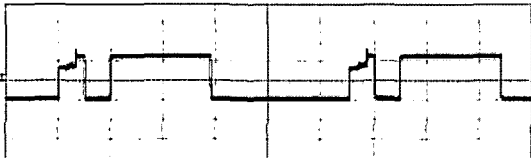


Fig. 6. PAM Experimental Waveform.

Fig. 7에서는 MCU를 사용하여 Select Transistor의 Turn on time을 제어함으로써 발광량과 비례관계에 있는 전류의 양을 가변하는 파형을 보이고 있다.

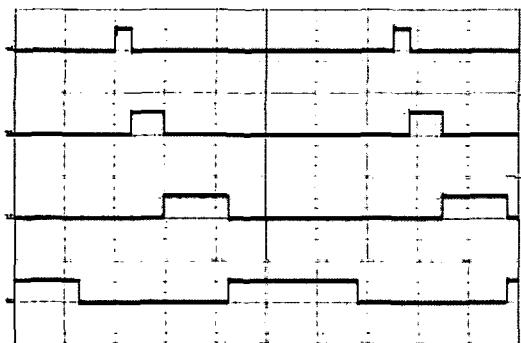


Fig. 7. PWM Experimental Waveform.

최종적으로 이를 조합하였을 경우에 나타내는 파형은 Fig. 8에서 보는 바와 같이 PAM에서 나온 전류를 PWM 즉, Select transistor의 Turn on time을 조절함으로써 pixel로 유입되는 전류량이 변화를 보였으며 실제

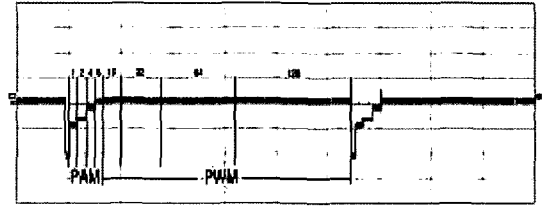


Fig. 8. Composition Experimental Waveform: This is waveform of sub field in TV frame.

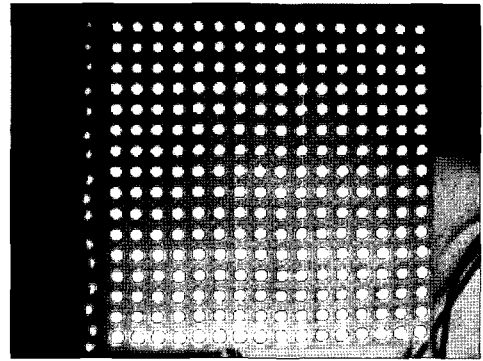


Fig. 9. Real Picture of PM LED panel.

구현된 시스템은 Fig. 9에서 보여주고 있다.

#### 5. 결 론

LED를 이용하여 패널을 제작하여 PAM과 PWM의 혼합 계조표현을 실험해 보았다. LED의 경우 초기에는 낮은 휘도의 LED를 사용하여 계조표현을 확인하지 못하였으나 이후 고휘도 LED 즉 Power LED를 이용하여 실험한 결과 충분한 계조표현력을 보였다. 빛의 밝기를 256단계로 나누어 표현하기 위해서 전류의 레벨 또한 256단계에 맞는 PAM과 PWM의 혼합으로 형성하여 각각의 파형을 확인할 수 있었다. 실험결과에서 보듯이 PAM과 PWM의 혼합계조표현 방식은 가능하다. OLED와 구동방식이 유사한 LED를 이용하여 PAM과 PWM의 혼합계조표현 방식을 실험하였으므로 OLED Display 또한 본 연구의 혼합계조표현 방식에 의해 계조표현이 가능하리라 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-02) 지원으로 수행되었음.

### 참고문헌

1. 권오경, “FPD 구동 LSI 설계 Workshop 제1권: OLED 구동 LSI 설계 Workshop”. p. 63 (2005).
2. 강정원, 김영섭, 오명환, 임성규, 장지근, 장진, 장호정, 허경무. “정보디스플레이공학” 청문각, p.133-193 (2005).
3. 김근배, 김상국, 권오경, 김지홍, 양홍근, 유재수, 박창배, 황기웅. “디스플레이공학II”. 청범출판사, p. 595-615 (2000).