

DLP 프로젝션 TV 의 화소 증진 액추에이터 개발

Development of Improved Pixel Enhancement Actuator for DLP Projection TV

윤기탁*·김재은**·이경택**·홍삼열**·고의석**·한상훈***·구희술***

Gi-Tak Yun, Jae Eun Kim, Kyung Taek Lee, Sam-Nyol Hong, Eui-Seok Ko, Sang-Hoon Hahn and Hee Sool Koo

Key Words : Pixel Enhancement Actuator(PEA), Digital Micromirror Device(DMD), Digital Light Processing(DLP) Transmission Type Actuator, Improvement of Resolution, Rear Projection TV

ABSTRACT

While recent display devices are becoming light and slim, the size of a screen is especially the important issue in the field of display devices. Furthermore, it is also required that the projection TV, a large screen display device, be able to represent higher resolutions as the digital broadcasting is set off. In order to realize high resolutions in a DLP projection TV, the number of pixel on DMD should be increased. However, a large number of pixels make it difficult to realize resulting small sized pixels and this cause the increase in cost. Therefore, we propose a simple and improved pixel enhancement actuator using the existing DMD by offsetting half pixels repeatedly in the vertical direction.

1. 서론

최근 생활 수준의 변화와 더불어 홈씨어터 및 DVD 플레이어의 보급이 증가하고, HD 방송이 활성화 되면서 대화면, 고화질 디스플레이 장치의 보급이 증가되고 있다.⁽¹⁾ 대화면 디스플레이 장치 중 Plasma Display Panel(PDP)과 Liquid Crystal Display(LCD) 방식의 경우 박형의 대화면을 구성할 수 있으나, 가격이 높은 편이다. 이에 반해 프로젝션 TV의 경우 기존 브라운관 TV보다 가볍고 얇으면서도 저렴한 가격에 대화면을 구성할 수 있다는 장점이 있다. 이러한 프로젝션 TV에서 사용되는 영상 프로젝션 시스템은 크게 CRT 방식, LCD 방식, DLP 방식 그리고 LCoS 방식의 4 가지로 구분할 수 있다. 이 중 CRT 방식과 LCD 방식은 부피와 재현성의 단점 때문에 시장 경쟁력이 많이 감소하였고, LCoS 방식의 경우 아직 대량 양산 이전 단계라 최근에는 DLP 방식이 시장의 가장 큰 주목을 받고 있다.

DLP 방식은 Texas Instruments 사에 의해 개발된 영상 프로젝션 시스템으로 수십만에서 백만

개 이상의 미세 구동거울이 집적된 DMD 반도체 칩을 이용하여 영상신호를 확대 투사하는 형태이다(Fig. 1 참조). 이러한 DLP의 영상 프로젝션 방식은 영상을 투과하여 투사하는 LCD 방식과 달리 초소형 거울에 빛이 반사되는 시간을 제어하여 투사함으로써 빛의 이용효율이 높다는 장점과 각각의 미세거울을 디지털 방식으로 제어함으로써 아날로그 방식과 달리 Gamma 신호 등을 변환하거나 영상 처리된 디지털 신호를 D/A 변환기를 거치는 과정들이 불필요하여 신호의 손실이나 왜곡이 현저히 감소한다는 장점을 가지게 된다.

이러한 DLP 방식의 경우 DMD 반도체 칩에 실장된 미세거울의 수가 영상 해상도 그 자체였다. 기존의 가격 수준에서 실장된 미세거울의 수는 1280×760 개로 약 100 만개 수준이 된다. 따라서, full HD 화, 즉 1920×1080 픽셀 1대1 대응을 위해서는 DMD 반도체 칩에 약 200 만개의 미

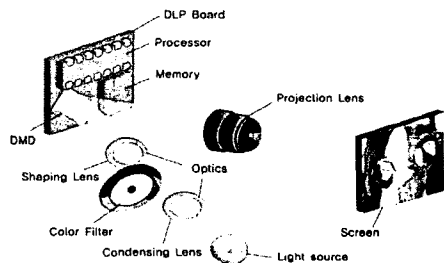


Fig. 1 Composition of DLP Projection TV

* LG 전자 DS 연구소 DCT 그룹
E-mail : gitak_yun@lge.com
Tel : (02) 526-4950, Fax : (02) 526-4801

** LG 전자 DS 연구소 DCT 그룹

*** LG 전자 DD 연구소 OS 그룹

세거울 화소를 형성시켜야 한다. 하지만, 이는 각 미세 거울의 크기가 작아져 화소를 형성하기 어렵게 되어 불량률의 증가, 그리고 가격의 상승으로 이어지게 되고, 이는 제품의 경쟁력 저하를 불러오게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 DMD 반도체 칩에 실장된 미세거울의 수와 유사한 수준으로 유지하면서도 full HD 를 구현할 수 있는 방안이 요구되어 진다. 본 논문은 이러한 요구를 만족시킬 수 있도록 해주는 화소 증진 액추에이터를 제안한다.

2. 화소 증진 액추에이터

2.1 화소 증진 액추에이터의 동작 개념

화소 증진 액추에이터는 근본적으로 1 개의 미세거울 화소로부터 2 개의 미세거울 화소를 만들어 내는 기술이다. 이는 DMD 반도체 칩을 Fig. 2 와 같이 기존의 직사각형 형태의 미세거울 배열에서 Fig. 3 과 같은 다이아몬드 형태의 미세거울 배열로 변경한 다음 미세거울로부터 나오는 영상을 중방향으로 반복 진동시켜 수평방향의 화소와 화소 사이에 하나의 화소를 추가로 형성(Pixel

Doubling) 시키는 것이다(Fig. 4 참조). 이를 이용해 full HD 화면, 즉 1920×1080 해상도를 가지는 영상을 960×1080 의 미세거울이 실장된 DMD 반도체 칩으로도 구현할 수 있는 것이다. 이는 약 100 만개의 미세거울 수, 즉 1280×760 의 미세거울이 실장된 기존 DMD 칩과 거의 동일한 화소수로서, DMD 반도체 칩의 가격 상승 없이 보다 고화질의 영상을 구현할 수 있게 된다.

2.2 화소 증진 액추에이터의 종류와 특성 비교

화소 증진 액추에이터는 수평방향의 화소와 화소 사이에 추가의 화소를 구현하는 방식에 따라 크게 반사형과 투과형의 2 가지 종류로 구분할 수 있다(Fig. 5 and Fig. 6 참조).

Table 1 에서 보는 바와 같이 반사형의 경우 구동각(Peak to Peak 기준)이 매우 작아 낮은 구동전압에서도 동작이 가능하지만, 이로 인해 피드백 시스템을 필요로 하고 제작 단가가 높은 단점이 있다. 반면 투과형의 경우 구동각이 커 구동전압

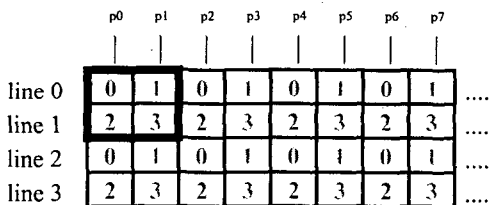


Fig. 2 Square type array of pixel

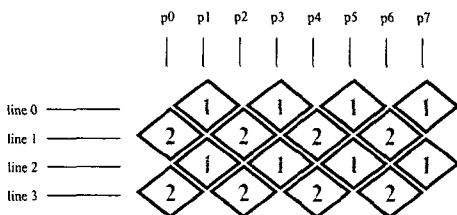


Fig. 3 Diamond type array of pixel

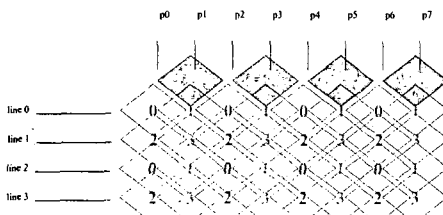


Fig. 4 Vertical offset by half pixel

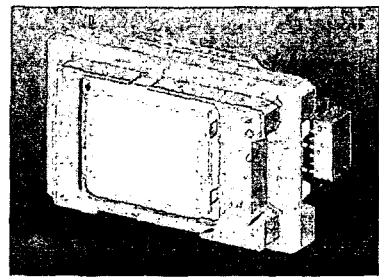


Fig. 5 Reflection type PEA

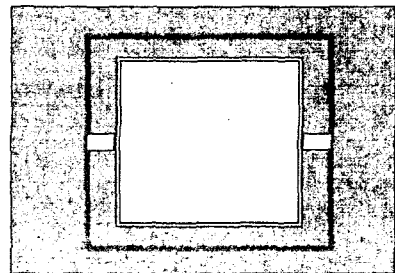


Fig. 6 Transmission type PEA

Table 1 Two types of PEA

	반사형	투과형
구동각(Peak to Peak)	0.05 도 이하	0.5~1 도
구동각공차	20%	20%
피드백시스템 여부	Yes	Yes or No
제작단가	High	Low
구동전압	Low	High

이 큰 반면에 제작단가가 저렴하며 반사형과 동일한 구동각 공차라 하더라도 구동각 절대값이 크므로 어떤 환경영향이나 외란(Noise)에 비교적 둔감하다는 장점이 있다. 또한 신뢰성 높은 square wave solution 이 제공될 경우 피드백 시스템을 생략할 수 있어 더욱 간단한 화소 증진 액추에이터를 구성할 수 있게 된다. 이에 본 논문에서는 투과형 화소 증진 액추에이터의 기구적 구성과 구동과형에 대해 기술하고자 한다.

3. 투과형 화소 증진 액추에이터

3.1 투과형 화소 증진 액추에이터의 기구적 구성

투과형 화소 증진 액추에이터는 빛이 방출되는 램프와 영상정보가 디스플레이되는 스크린 사이의 광 경로상 중 DMD 반도체 칩을 지난 위치에 고정되며, 고정부에 회전 가능하게 결합되어 동일한 영상신호가 시간의 변위에 따라 1/2 화소를 이동하여 디스플레이 되도록 변위판이 형성된 가동부, 상기 가동부를 지지하며 원활한 회전될 수 있도록 적당한 탄성력을 부여하는 회전축 그리고 상기 가동부가 제어신호에 따라 회전되도록 하는 자기부로 구성된다(Fig. 7 참조).

3.2 투과형 화소 증진 액추에이터의 구동과형

본 연구에서는 Fig. 8 과 같은 이상적 출력과형에 근접하는 구형파를 구현하기 위한 방법으로 구동시스템의 특성을 반영한 Fourier 급수를 이용한

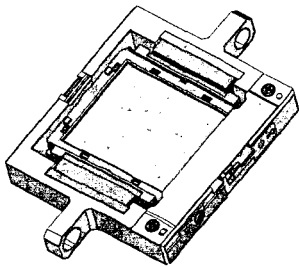


Fig. 7 Design of PEA

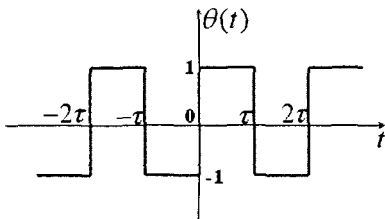


Fig. 8 Ideal output of PEA

다. 이러한 과정을 통해 목표 출력이 구현될 수 있는 입력과형을 도출하고 이를 적용함으로써 피드백 시스템이 없이도 구형파를 구현할 수 있는 시스템을 구현하였다. 이러한 구형파를 적용하면 2.2 절에서 언급했던 외란에 둔감한 투과형 화소 증진 액추에이터의 특성을 효과적으로 이용하여 간단한 시스템을 구현할 수 있다.

(1) 이론적 배경

Fig. 8 과 같은 이상적은 출력과형을 수학적으로 나타내면 식(1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\theta(t) = \begin{cases} I & 0 \leq t \leq \tau \\ -I & -\tau \leq t \leq 0 \end{cases} \Rightarrow \text{and } \theta(t+2\tau) = \theta(t)$$

$$\theta(t) = \frac{4I}{\pi} \left(\frac{\sin \frac{\pi}{\tau} t}{1} + \frac{\sin \frac{3\pi}{\tau} t}{3} + \frac{\sin \frac{5\pi}{\tau} t}{5} + \dots \right) \quad (1)$$

$$= \frac{4I}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin \frac{n\pi}{\tau} t$$

where, $n = 2m - 1$ (m 은 자연수)

액추에이터의 운동방정식은 식(2)와 같으며,

$$J\ddot{\theta}(t) + c_{\theta}\dot{\theta}(t) + k_{\theta}\theta(t) = T(t) \quad (2)$$

이때 $\theta(t) = \Theta \sin \omega t$, $T(t) = T \sin(\omega t + \phi)$ 라 하면 주파수 응답은 식(3)과 같이 표현된다.

$$\frac{\Theta}{T} = \frac{1/k_{\theta}}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2\right\}^2 + \left(2\zeta \frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}}, \phi = \tan^{-1} \frac{2\zeta \frac{\omega}{\omega_0}}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2} \quad (3)$$

where, $\omega_0 = \sqrt{\frac{k_{\theta}}{J}} \sqrt{1 - \zeta^2}$ and

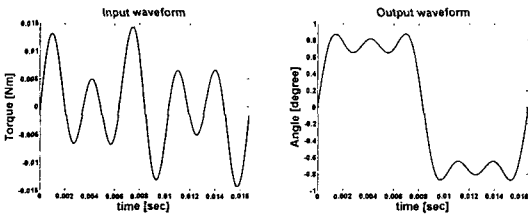
damped natural frequency : $\zeta = \frac{c_{\theta}}{2\sqrt{Jk_{\theta}}}$

전체의 출력은 식(1) 각 항의 단순 선형 합으로 볼 수 있다. 이 각 항의 출력에 대한 입력은 식(3)에 의해 다음과 같이 식(4)로 표현된다.

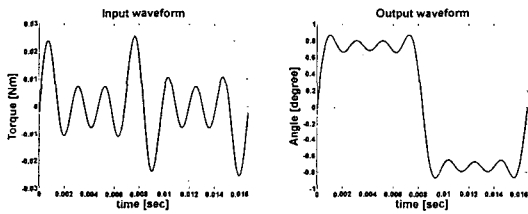
$$T_n(t) = T_n \sin(\omega_n t + \phi_n) \quad (4)$$

$$\text{where, } T_n = k_o \sqrt{\left\{1 - \left(\frac{\omega_n}{\omega_o}\right)^2\right\}^2 + \left(2\zeta \frac{\omega_n}{\omega_o}\right)^2} \Theta_n,$$

$$\omega_n = \frac{m\pi}{\tau}, \quad \phi_n = \tan^{-1} \frac{2\zeta \frac{\omega_n}{\omega_o}}{1 - \left(\frac{\omega_n}{\omega_o}\right)^2}$$



(a) Input (b) Output
Fig. 9 The 3rd order driving waveform



(a) Input (b) Output
Fig. 10 The 4th order driving waveform

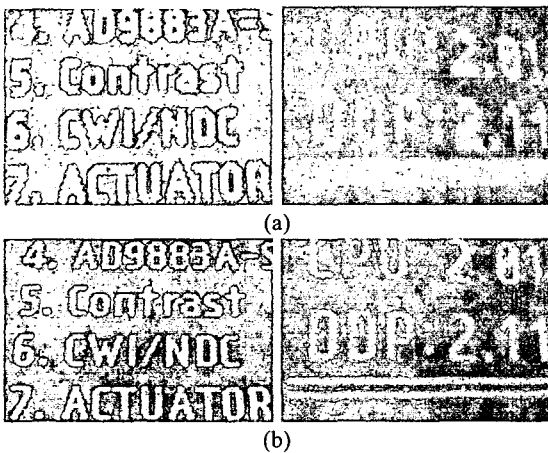


Fig. 11 Comparison of the image quality :
(a) Before using the present PEA and
(b) After using the present PEA

$$T(t) = \sum_{n=1}^{\infty} T_n \sin(\omega_n t + \phi_n) \quad (5)$$

where, $n = 2m - 1$ (m 은 자연수)

식(5)가 구형과 출력을 얻고자 할 때 필요한 입력 파형을 나타내는 정현파의 선형조합이 된다. 이상적인 구형과 출력을 얻기 위해서는 무한대 차수까지 계산해서 선형조합을 만들어야 하지만 고차항에서는 계수(T_n)가 매우 커질 것이고, 이는 바로 이 주파수에서의 입력성분, 즉 입력전압이 정도 이상으로 커지는 현실적으로 불합리한 결과를 초래하게 된다. 따라서, DLP projection TV set 에서 제공할 수 있는 입력전압의 범위를 만족하는 범위내에서 정현파를 선형조합(Fig.9~10 참조)하여 적용한 결과 화소 증진 액추에이터가 요구되는 특성을 모두 만족시킴을 확인하였다.

Fig. 9 와 Fig. 10 은 한 주기(16.67 msec) 동안을 계산한 것이며, 입력은 torque (Nm), 출력은 변위판의 회전각(deg)으로 표현하였다.

3.3 제안된 화소 증진 액추에이터의 적용결과

Fig. 11 은 DLP Projection TV 에 본 논문에서 제안된 화소 증진 액추에이터를 적용하기 전과 적용한 후의 스크린에 투사된 화면을 비교 촬영한 그림이다. 이를 통해 제안된 화소 증진 액추에이터를 DLP Projection TV 에 적용했을 때가 보다 고해상도의 화면을 보여줌을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 기존 DLP projection TV 의 DMD 반도체 칩과 유사한 수준으로 실장된 미세 거울 수로도 full HD 의 화면을 구현할 수 있게 해주는 화소 증진 액추에이터를 개발하였다. 이를 위해서 동일한 영상정보를 시간의 변위에 따라 1/2 화소만큼 반복적으로 이동시킬 수 있는 기구적 설계를 수행하고 피드백 시스템이 없이도 구현이 가능하도록 신뢰성 있는 구동파형을 도출하였으며, 이를 DLP Projection TV 에 적용하여 full HD 화질의 화면이 구현됨을 확인하였다.

참고문헌

- (1) 권용대 등, 2001, "3 판식 프로젝션 HDTV 의 기준백색 설정", 전자공학회논문집 제 38 권 SP 편 제 5 호, 한국전자공학회, pp. 77-85