

wwMD 프로젝션 TV 의 명암비 향상 액츄에이터 개발 Development of a Contrast Enhancer for MD Projection TV

김재은†·윤기탁*·이종진*·홍삼열*·고의석*·주채민**·양상식***

Jae Eun Kim, Gi-Tak Yun, Jongjin Lee, Sam-Nyol Hong, Eui-Seok Ko, Chae Min Ju, Sang Sik Yang

Key Words : Contrast Enhancer, Digital Micro-mirror Device(DMD), Digital Light Processing(DLP), Liquid Crystal on Silicon (LCoS), Contrast ratio, Rear Projection TV, Micro Display (MD)

ABSTRACT

MD (DLP, LCoS) Projection TV is appropriate for large screen display with high definition at a relatively low price and thus, has been popular in the digital TV market. In order to realize high resolutions in the DLP projection TV, we successfully developed the Pixel Enhancement Actuator. Furthermore, it is also required that the contrast ratio of projected video signals onto a large screen should be improved. Therefore, we propose a contrast enhancer which adjusts the amount of projected lights by a dynamic aperture and a attached position sensor.

1. 서론

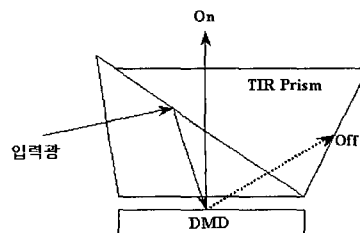
최근 생활 수준의 변화와 더불어 홈씨어터 및 DVD 플레이어의 보급이 증가하고, HD 방송이 활성화 되면서 대형 화면, 고화질 디스플레이 장치의 보급이 증가되고 있다.⁽¹⁾ 대형 화면 디스플레이 장치 중 Plasma Display Panel (PDP)과 Liquid Crystal Display (LCD) 방식의 경우 박형의 대형 화면을 구성할 수 있으나, 아직은 가격이 높은 편이다. 이에 반해 프로젝션 TV는 기존의 브라운관 TV보다 가볍고 얇으면서도 비교적 저렴한 가격에 대형 화면을 고화질로 구현할 수 있는 장점으로 초기 디지털 TV시장에서 독보적 위치를 차지하고 있었다. 비록, LCD 및 PDP TV의 가격 인하에 따른 약진으로 시장 점유율이 감소 추세에 있으나 여러 기술의 발전으로 인한 MD 프로젝션 TV 제품 (LCD, DLP, LCoS 방식)의 등장으로 기존 프로젝션 TV(CRT 방식)를 대체하면서 여전히 디지털 TV의 보급에 몫을 다하고 있다.

MD 프로젝션 TV의 화질 향상을 위한 여러 기술 중 하나로서, DLP 방식에서 DMD 반도체 칩에

반사되어 화면으로 투사되는 영상의 해상도를 높이기 위해 DMD 반도체 칩에 실장된 미세거울의 수를 유사한 수준으로 유지하면서도 full HD를 구현할 수 있도록 하는 화소 증진 액츄에이터를 개발한 바 있다.⁽²⁾

본 논문에서는 대형 화면에 투사된 영상 신호의 블랙 레벨 (black level) 및 명암비 (Contrast ratio) 개선을 위한 명암비 향상 액츄에이터를 제안하고자 한다. 명암비 향상 액츄에이터는 DMD 소자에서 반사된 영상 신호로 구성되어지는 화면의 정보가 분석된 후 그 정보에 따라 빛의 양을 조절하기 위해 위치에 대한 정보를 센서로부터 입력 받은 aperture (카메라의 셔터와 같은 역할)의 움직임으로 광량을 조절하는 장치이다.

Fig. 1 과 2 는 각각 실제 명암비 향상 액츄에이터가 적용된 DLP 및 LCoS 방식 중 DLP 프로젝션 시스템을 나타내며, 광원에서 투사된 영상 신호가 수십만에서 백만개 이상의 미세 구동 거울이 집적된 DMD 반도체 칩에서 반사되어 화면으로 확대 투사되는 방식이다. 개발된 명암비 향상 액츄에이터는 효율상 빛이 DMD 반도체 칩에 반사된 후의 위치인 투사렌즈 이전에 놓이게 된다.



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

* LG 전자 DS 연구소 DCT 그룹

** LG 전자 DS 사업부

*** 아주대학교 전자공학부

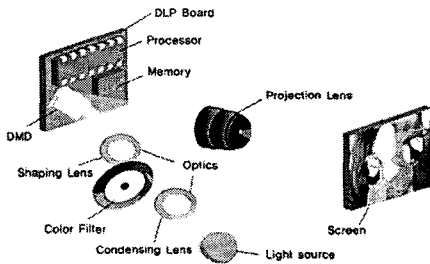


Fig. 1 MD projection system (DLP).

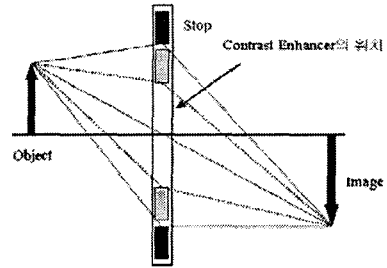


Fig. 2 Stop의 위치 및 그에 따른 광량 조절: Stop의 위치에 명암비 향상 액츄에이터가 놓인다.

2. 명암비 향상 액츄에이터

2.1 명암비 향상 액츄에이터의 개념

명암비 (Contrast ratio)는 가장 밝은 화면과 가장 어두운 화면의 차이를 뜻하는 것으로 예를 들어 1500:1의 명암비라는 것은 밝은 곳과 어두운 곳이 1500 단계로 나뉘어져 있음을 말한다. 명암비가 높으면 색상을 보다 쉽고 뚜렷하게 구분할 수 있어서 전체적인 화질에도 영향을 미친다. 그런데, 이 명암비는 백색의 휘도를 높이는 것보다 흑색의 휘도를 낮추는 것이 더욱 효과를 준다고 알려져 있다.

명암비 향상 액츄에이터는 투사되는 상을 완전히 보전하면서 빛의 광량만을 조절함으로써 블랙 레벨 (black level)을 낮추고 제한된 색 심도 (bit depth per color)로 인한 윤곽선 결함 (contouring artifact)을 보정하여 어두운 장면에서 보다 섬세하고 조밀한 영상을 표현할 수 있게 해준다.

Fig. 2는 명암비 향상 액츄에이터가 광로의 stop 위치에 놓임으로써 상 (Image)은 가리지 않고 빛의 광량만을 조절할 수 있음을 보이고 있다.

위와 같은 조건하에서 액츄에이터는 프로젝션 TV 시스템에서 조명계 또는 투사계 어디에든 놓일 수 있으나 조명계에 놓이면 빛에너지에 과도하게 노출되어 aperture의 재질 선정 및 신뢰성 문제가 생긴다. 따라서, 개발된 명암비 향상 액츄에이터는 Fig. 3과 같이 DMD (혹은 LCoS) 반도체 칩에 빛이 반사된 후의 위치에 놓인다.

명암비 향상 액츄에이터는 부착된 위치 센서로부터 위치에 대한 정보를 입력 받아 구동계를 이용, 화면 영상 신호에 따라 aperture로 광량을 조절하게 된다.

2.2 Aperture 및 구동 자기 회로 설계

본 연구에서 개발한 명암비 향상 액츄에이터의 aperture는 빠른 응답 (15ms 이내의 여닫는 속도)

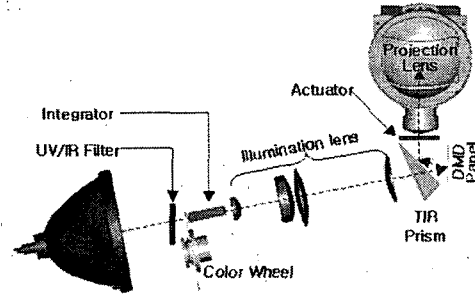


Fig. 3 The location of the contrast enhancer in an optical system of MD projection TVs.

과 정확한 구동을 해야 하므로 이의 구동을 위해 HDD에 사용되는 것과 유사한 VCM 형식의 구동계를 적용하였다 (Fig. 4).

광량을 조절하는 aperture는 구동 각도 대비 면적이 선형성을 확보하도록 형상이 설계되어야 한다. Fig. 5(a)는 설계된 aperture의 형상 및 구동 각도에 따른 조절되는 광량을 표시하고 있으며, Fig. 5(b)는 구동 각도 대비 aperture에 의한 빛가림 면적 변화율을 나타낸다.

또한, 명암비 향상 액츄에이터의 개념을 제시한 TI (Texas Instruments)사의 settling time 및 overshoot 사양을 참고하여 개발된 모델을 개선 후 실험 측정하여 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다.

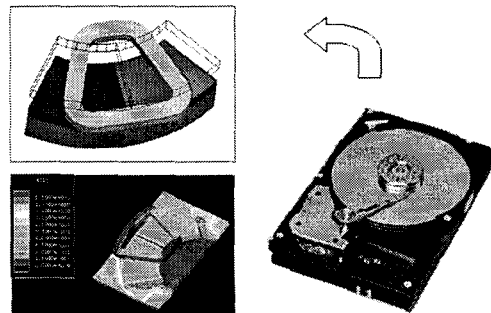


Fig. 4 2극 상하 magnet 구조 적용

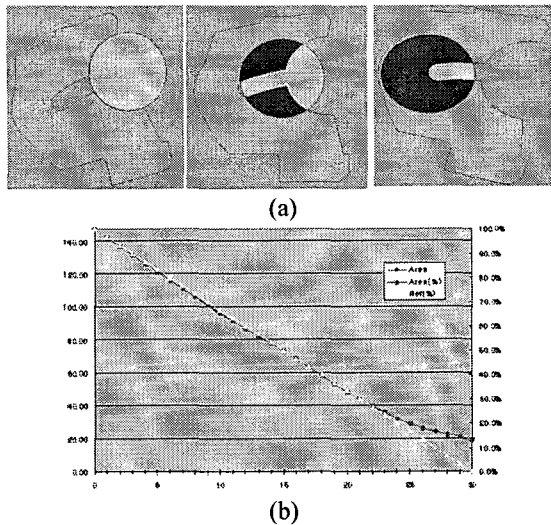


Fig. 5 (a) Aperture 의 구동에 의한 광량 조절 mechanism, (b) 각도 대비 면적의 변화율

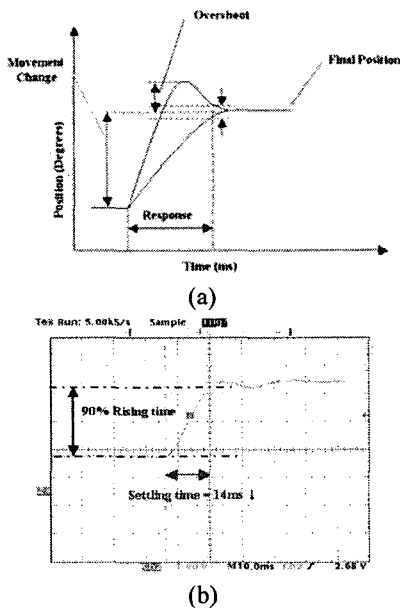


Fig. 6 (a) TI 사가 제시한 명암비 항상 액츄에이터 사양, (b) 개발된 모델의 실험 측정값 (settling time/overshoot)

2.3 Hall 효과를 이용한 위치 센서 설계

MD 프로젝션 TV 의 화면에 투사되는 빛의 양을 조절하기 위해서 명암비 항상 액츄에이터의 센서는 aperture 에 부착되어 있는 자석과의 상호 위치 (각도)에 대한 정보를 출력 전압으로 feedback 하게 된다. 위치 정보를 이용하여 aperture 를 제어하기 위해서는 출력 전압이 aperture 의 위치에 대해서 선형적인 관계를 이루어야 하며 작동 영역에서 어느 정도 이상의 위치에 대한 출력 전압의 민감도가 확보되어야만 한다.

상기 목적을 달성하기 위하여 위치 센서로서 Hall 센서와 Optical 센서를 고려할 수 있지만 (Table 1), 고려 대상의 작동 영역에 대한 선형성을 감안하여 Hall 센서를 선택하였다. 따라서, 목적함수는 aperture 혹은 자석의 위치에 따른 출력 전압의 기울기 및 자석의 좌우 이동 최대 위치에서의 출력 전압간의 차이 (민감도)가 된다. 설계 변수는 원통형 자석의 직경, 길이 및 센서와 자석간의 수직, 수평거리로서 총 4 개를 고려하였으며 이를 Fig. 7 에 도시하였다.

Hall element가 위치한 지점에서의 자속 분포는 Biot-Savart의 법칙을 이용한 해석해로 구하였으며,⁽³⁾ Fig. 8 및 식 (1) 에 관련 그림 및 그 결과를 나타내었다. 출력 전압은 각 Hall 센서 제조 회사의 사양에 있는 센서 민감도 (mV/G) 및 주변 자기장이 없을 때의 출력 전압값 (quiescent voltage) 을 이용하여 선형 함수의 식을 구할 수 있다.

Table 1. Hall 센서와 Optical 센서의 비교

구분	Hall sensor	Optical sensor	
		Reflection Type	Transmission Type
장점	<ul style="list-style-type: none"> 온도특성 우수 민감도/선형성 우수 이물에 의한 Data 왜곡 없음 사용가능영역 (선형구간) 우수 	<ul style="list-style-type: none"> 온도특성 매우 우수 민감도 매우 우수 선형성 우수 단가 낮음 	<ul style="list-style-type: none"> 온도특성 매우 우수 민감도 매우 우수 선형성 우수
단점	<ul style="list-style-type: none"> 단가 높음 ?Hall Sensor 용 별도 Magnet 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 사용가능영역 (선형구간) 협소 이물에 의한 Data 왜곡 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ?Sensor 용 별도 공간 필요 이물에 의한 Data 왜곡 발생

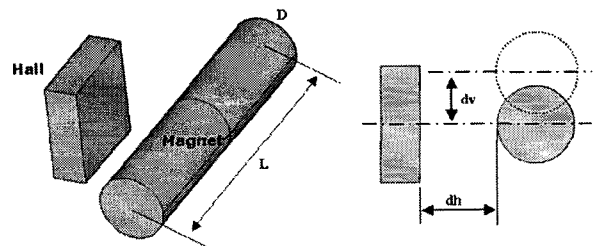


Fig. 7 Hall sensor 와 자석간의 상대 위치 (dv: 수직 거리, dh: 수평 거리) 및 자석의 치수 (D: 자석의 직경, L: 자석의 길이)

$$B_x = \frac{2B_r a}{4\pi} \int_0^\pi \left\{ \frac{1}{\sqrt{(z-h^2)+(x^2+a^2-2ax\cos\phi)}} - \frac{1}{\sqrt{(z+h^2)+(x^2+a^2-2ax\cos\phi)}} \right\} \cos\phi d\phi \quad (1)$$

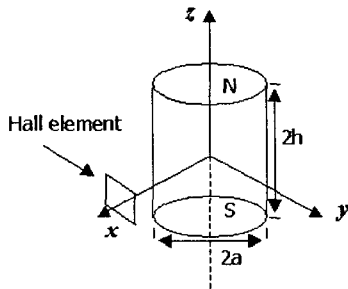


Fig. 8 식 (1)을 위한 Hall element에서의 원기둥 자석의 반경 방향 자속 분포

그런데, 개발된 명암비 향상 액추에이터의 aperture는 Hall element에 대해 각 운동을 하며 따라서, Hall element를 중심으로 하는 왕복 선형 운동을 가정하여 최적화하기 위해서는 실제의 각운동과 선형 왕복 운동 간의 자속 분포의 차이가 적어야 한다. Fig. 9는 자석의 각 운동에서 발생하는 위치 및 자세 변화를 나타내었으며 그림에서 보는 바와 같이 자세 변화로 인한 자속 분포의 차이는 없다. 또한, 고려 대상의 명암비 향상 액추에이터는 aperture의 작동 영역에서 무시할 만한 v (선형 운동과 각 운동의 거리 차)를 갖기 때문에 최적화 과정에서 선형 왕복 운동의 가정이 타당하다.

4개의 설계 변수를 조정하여 최대의 선형성 및 민감도를 갖도록 치수 최적화를 수행한 결과를 그래프로 나타내면 Fig. 10(a)와 같으며, 이 결과를 실제 명암비 향상 액추에이터에 적용한 후 작동 각도 대비 출력 전압을 Fig. 10(b)에 나타내었다. 그림에서 민감도는 0.1V/도, 선형성은 95% 이상이 확보되었다.

2.3 제안된 명암비 향상 액추에이터의 적용 결과

Aperture의 구동 각도에 따른 면적의 선형적 변화, 구동에 따른 settling time/ overshoot, 입력 전압에 따른 구동의 민감도, 위치 센서의 민감도 및 선형성 등을 고려하여 개발된 명암비 향상 액추에이터를 Fig. 11에 나타내었으며 현재 양산되고 있는 제품이다.

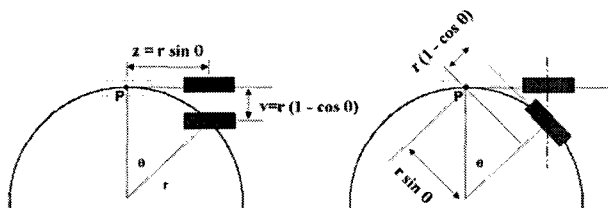


Fig. 9 선형 왕복 운동과 각 운동을 하는 자석으로 인한 P점의 자속 분포 차이

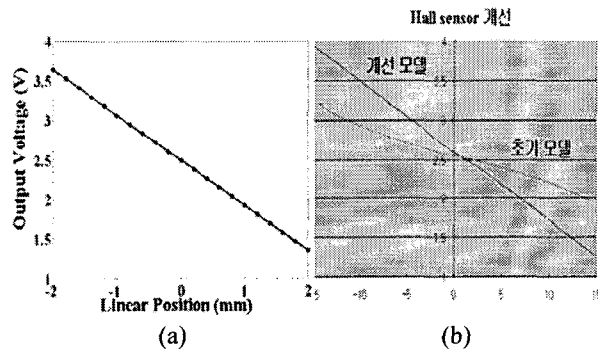


Fig. 10 총 4개 설계 변수 (자석의 길이, 직경, 자석과 Hall 요소와의 수직 및 수평 거리)에 대한 최적화 결과: (a) 해석 결과, (b) 실제 제품 적용 후의 실험 결과

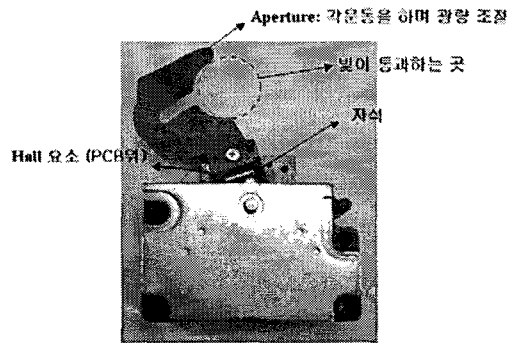


Fig. 11 The developed contrast enhancer

3. 결론

본 연구에서는 DLP 또는 LCoS 방식 MD 프로젝션 TV에서 대형 화면에 투사된 영상 신호의 명암비를 향상시키기 위한 명암비 향상 액추에이터를 개발하였다.

참고문헌

- (1) 권용대, 정재영, 이광순, 김은수, 이상훈, 송규익, 2001, "3관식 프로젝션 HDTV의 기준백색 설정", 전자공학회논문집 제 38권 SP편 제 5호, 한국전자공학회, pp. 77~85.
- (2) 윤기탁, 김재은, 이경택, 홍삼열, 고의석, 한상훈, 구희술, 2005, "딥 LP 프로젝션 TV의 화소 증진 액추에이터 개발? 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집 pp. 463~466.
- (3) Grechishkin, R. M., Afanasieva, L. E., Pastushenkov, Yu. G. and Maksimov, N. N., 1994, "딥 analysis of a linear position sensor with a Hall effect element? Measurement Science & Technology, Vol. 5, pp. 853~860.