반도체디스플레이기술학회지 제20권 제3호(2021년 9월)
Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol. 20, No. 3. September 2021.

투사된 영상에 대한 화면 변위 보정에 관한 연구

지용석[*†]
[*†]동서대학교 융합전자공학과

Analysis of Correction Displacements of the Projected Distortion Image

Chi Yongseok[*†]
[*†]Department of Applied Electronics Engineering, Dongseo University

ABSTRACT

This paper analyzes the distortion correction of the in the micro DMD(digital micro mirror device) projector system using 0.25 or less optical throwing distance ratio. The distortion of projected image occurs depending on the performance of the optical lens, the installation location of the projection system, and the tilt of the screen. This study analyzed the physical tilt values influencing of the distortion of projected image, removed the tilt distortion of throwing distance ratio optical lens, and adjusted the distortion image by the simulation of calibration displacements. The results of this study demonstrated within 5% TV distortion reference. Moreover, the correction method reduced the pin-distortion correction of projection system.

Key Words : Tilt Correction, Correction Displacements, Projection System

1. 서 론

프로젝션 광학 시스템 기술 발달은 스크린 대각 화면 크기 120inch 4K(4,096×2,160 pixels), DMD(digital micro mirror device) LCD(liquid crystal display) .1 inch 초소형 DMD 패널을 사용한 프로젝션 시스템에서 화면의 크기와 투사된 영상화면의 밝기는 매우 중요한 성능품질 요소로 작용한다[1,2]. DMD 패널에서 투사되는 영상은 고배율 투사 렌즈를 통해 일정 거리에 떨어진 스크린으로 영상화면을 투사한다. 광학 렌즈(투사광학계와 조명광학계)로부터 스크린 화면까지의 거리와 투사된 화면크기는 상관관계를 갖고 있다. 투사 거리가 멀수록 스크린에 투영되는 화면의 크기가 커지고 화면크기가 커질수록 투사된 화면의 조도값은 감소한다. 전통적인 프로젝터는 1.5 광학 투사거리 비율(optical throw distance ratio)를 갖고 있으며, 이것은 120inch 스크린 투사 화면을 구현하기 위하여 457cm(180inch)의 투사 거리가 필요함을 의미한다. 즉 120inch 이상의 대화면을 구현하기 위해 400cm~500cm의 투사거리가 필요하며, 투사거리가 증가할수록 화면의 밝기가 감소하는 문제점을 갖고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 0.25이하 초단거리 광학 투사거리 비율(ultra short throw distance ratio의 프로젝션 시스템이 개발되고 있다[3]. 즉 120inch 스크린 투사 화면을 구현하기 위하여 76cm(30inch)의 초단거리 광학시스템이 개발되고 있다.

그러나 0.25이하 초단거리 광학 투사거리 비율(ultra short throw distance ratio)을 갖는 프로젝터는 투사광학계 설계 어려움과 광기구 재료적 특성, 그리고 렌즈가공과 조립공차 등의 매우 높은 설계 난이도와 제품 신뢰성 특성을 요구한다. 신뢰성이 확보되지 않은 프로젝션 시스템에서 투사된 화면영상의 외곽 부분에 왜곡 현상이 발생한다. 왜곡은 광학렌즈 기준으 프로젝션 시스템 설치 위치와 스크린 기울기로 인해 가중되고 화면 이동(shift) 형태의

†E-mail: ys.chi@dongseo.ac.kr

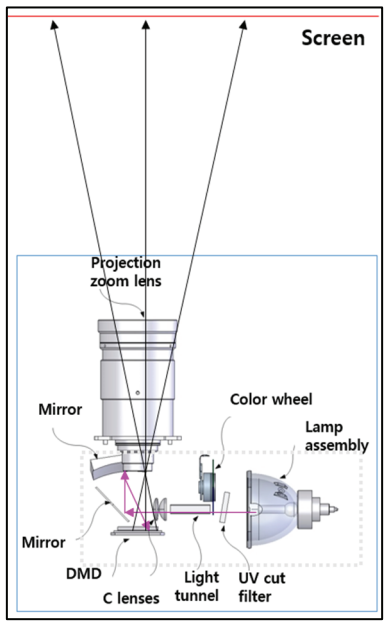


Fig. 1. Projection optical lens system using DMD panel.

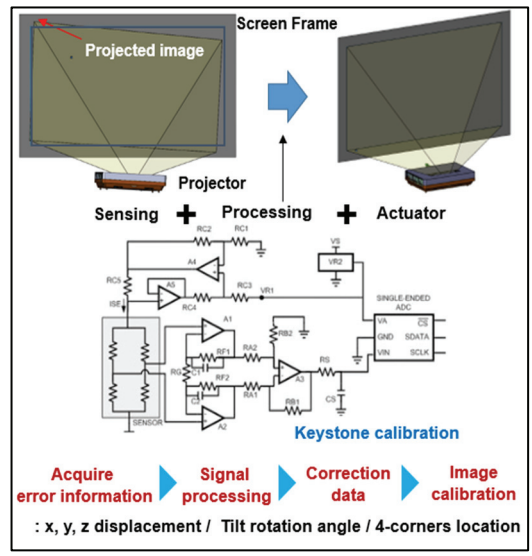


Fig. 2. Analysis system of physical tilting values.

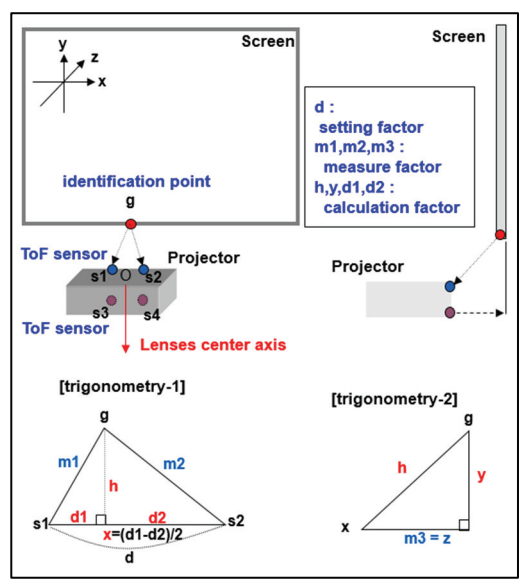


Fig. 3. The relativie space coordinates of th screen.

왜곡으로 심화하여 영상화면의 균일성(uniformity) 정도가 열화된다. 본 논문은 0.25이하 초단거리 광학 투사거리 비율(ultra short throw distance ratio) 프로젝터의 투사된 영상의 왜곡 현상을 제거하기 위하여 스크린과 투사된 화면영상의 물리적 기울기 오차 값을 측정하고 보정 변위최대값을 산출하였다. 최대 보정 변위에 따른 영상 왜곡보정 시스템을 통하여 투사된 화면의 왜곡을 개선시켰다. 계산된 최대 왜곡 변위량은 5%이내의 TV distortion 표준값 이내로 감소시켰으며 이러한 연구를 통해 허상 영상의 왜곡 현상에 대한 보정시스템을 구현하는 효과를 얻을 수 있었다. 논문의 2장에서는 스크린과 광학시스템(투사된 영상화면)의 물리적 오차를 측정하는 시스템에 관한 방법에 대해 기술하였고, 3장에서는 발생한 왜곡을 보정하는 방법과 이를 통해 개선된 정량적 결과에 관해 서술하고, 0.25이하 초단거리 광학 투사거리 비율(ultra short throw distance ratio) 프로젝터 왜곡 보정 기술의 효과와 다양한 허상디스플레이에서의 적용 가능성에 관해 서술하였다.

2. 왜곡 측정 시스템

0.25이하 초단거리 광학 투사거리 비율(ultra short throw distance ratio) 프로젝터와 스크린의 물리적 오차를 측정하기 위하여 Fig. 2와 같이 오차정보 수집, 오차에 대한 신호처리, 보정 데이터 계산, 투사된 영상의 왜곡 보정 단계를 적용하였다.

프로젝터(광학렌즈, 투사된 화면영상)와 스크린의 오차정보 수집을 위하여 카메라, gyroscope 센서(6축센서), 거리측정 센서(distance sensor)를 적용하였고, 입력되는 센서 정보에 대한 신호처리를 위해 FPGA(field programmable gate array)를 적용하여 오차 값 산출과 보정 데이터를 생성하였다. 왜곡보정 데이터는 tilting 모터와 keystone 알고리즘을 적용하여 투사된 화면의 왜곡 영상을 보정할 수 있도록 하였다. 특히 왜곡 보정은 x, y, z 변위량 계산과 tilting 회

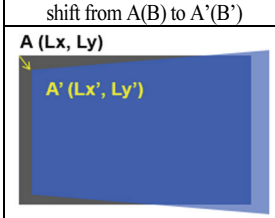
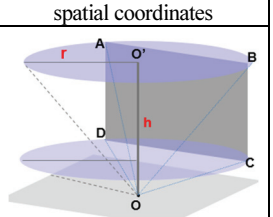
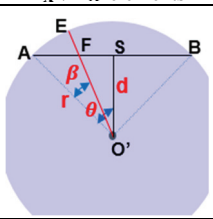
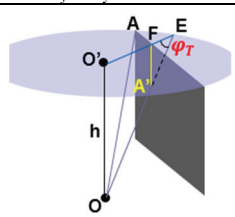
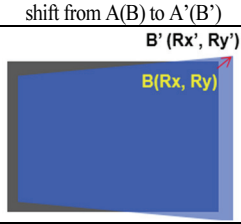
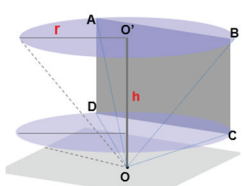
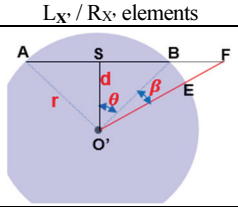
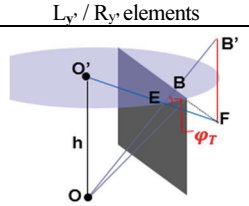
전각 계산, 그리고 화면 외곽(4-corners) 좌표 계산을 통해 왜곡 보정 키스톤 조정 변위를 계산하였다.

Fig. 4와 같이 프로젝터(투사 렌즈의 중심축)와 설치된 스크린의 임의의 기준점(x, y, z값의 초기화 0 degree) 생성을 위하여 스크린 화면 내 임의의 발광 인식(식별 점)부를 설치하고, 투사 렌즈 중심축에서 Time of Flght 센서를 통하여 식별 점의 위치를 검출하면 삼각 기법에 따라 투사 렌즈 중심축 원점 O에 대한 스크린의 상대 공간 좌표 값을 도출하였다.

3. 왜곡 변위량 측정과 보정 시스템

카메라, gyroscope 센서(6축 센서), 거리측정 센서(distance sensor)를 통하여 프로젝터(광학렌즈 중심축 또는 투사된 화면 영상)와 스크린의 상대 공간 좌표를 측정하였다.

Table 1. Correction coordinates

A rotates by angle β	
shift from A(B) to A'(B')	spatial coordinates
	
$L_{X'}$ / $R_{X'}$ elements	$L_{Y'}$ / $R_{Y'}$ elements
	
B rotates by angle β	
shift from A(B) to A'(B')	spatial coordinates
	
$L_{X'}$ / $R_{X'}$ elements	$L_{Y'}$ / $R_{Y'}$ elements
	

투사된 영상 화면 이미지와의 오차 정보 수집하여 FPGA(field programmable gate array) 신호처리를 통해 투사된 화면이 고정된 스크린을 기준으로 회전하였을 때 새로운 보정 좌표를 Table 1과 같이 도출하였다. 프로젝터(광학렌즈 중심축)와 스크린 중심축 이동으로 인한 인하여 발생할 수 있는 투사된 화면 영상의 회전(이동)에 대하여 Table 1과 같이 설정하였고, A, B로 정의된 투사된 화면의 이동(β 각도 물리량)으로 인해 발생된 왜곡에 대한 새로운 보정 좌표에 대해 산출하였다. 새로운 보정 좌표는 각각 x, y성분으로 도출하였다. 수식 1은 A점이 β만큼 회전하였을때의 스크린의 새로운 보정 좌표로, 수식 2는 B점이 β만큼 회전하였을때의 스크린의 새로운 보정 좌표로 산출하였다. 수식의 l성분은 Table 1의에서 나타낸 OF 직선 거리를 의미한다.

$$(Ax`, Ay`) =$$

$$\left(-d \cdot (\tan(\theta - \beta)),\ Ay - \left(\sqrt{d^2 + l^2} - \frac{d}{\cos(\theta-\beta)}\right) \cdot \frac{h}{\sqrt{d^2+l^2}}\right) \quad (1)$$

$$(Bx`, By`) =$$

$$\left(d \cdot (\tan(\theta + \beta)),\ \left(\frac{d}{\cos(\theta-\beta)}\right) \cdot \frac{h}{\sqrt{d^2+l^2}}\right) \quad (2)$$

수식과 같이 왜곡영상에 대한 왜곡 변위에 대한 새로운 보정 좌표를 산출하였고, Fig. 4와 같이 보정 좌표를 기반으로 0.25 이하 초단거리 광학 투사거리 비율(ultra short throw distance ratio)를 갖는 프로젝터의 왜곡 변위량 최대값에 대해 화면 외곽(4-corners)에 대하여 추적하여 특정하였다.

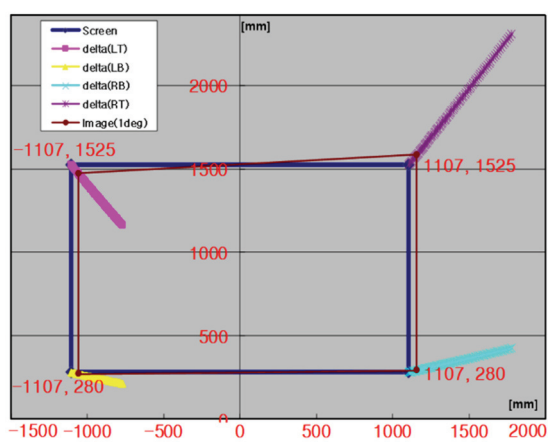


Fig. 4. Projected image tracking of distortion image.

추적된 최대 변위량 분석을 통하여, 투사된 화면에 대한 왜곡 보정 키스톤(keystone) 최대값과 최소값 범위내에서 새롭게 구현할 화면의 새로운 목표 좌표를 계산하였다. 새롭게 추출된 좌표는 보정 좌표로서 값을 DMD 프로젝터의 각 화소값으로 변환하고 투사될 화면 영상에서 DMD 패널의 왜곡 보정 화소로 환산하여 목표 영상을 구현하였다. Fig. 5와 같이 스크린 좌표, 그리고 왜곡된 화면 영상의 좌표값을 기반으로 최종 디스플레이될 목표 좌표와 이를 구현하기 위한 보정 영상을 구현하였다.이때 최대 보정 변위량 범위내에서 보정 영상 좌표는 디스플레이 패널(DMD)의 화소 여유값(front porch, back porch) 범위내[4]에서 가변될 수 있도록 하였다.

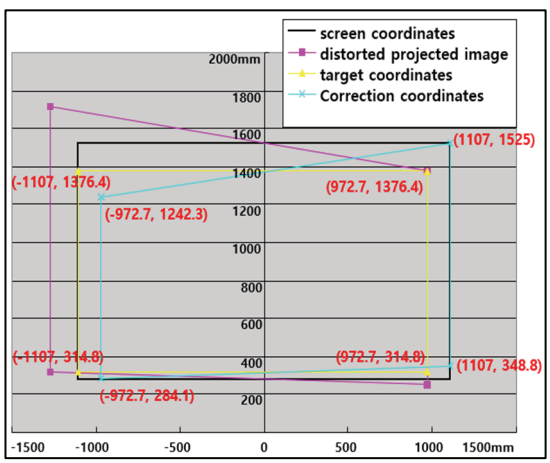


Fig. 5. Correction image coordinates & target image coordinates.

0.25이하 초단거리 광학 투사거리 비율(ultra short throw distance ratio)의 프로젝션 시스템에서 발생하는 왜곡 문제점[5]을 개선하기 투사된 화면 화면의 왜곡 값을 검출하였고 최대 왜곡 변위량을 기준으로 보정 영상을 산출하여 보정된 목표 화면을 구현하였다. 구현된 보정 화면은 디스플레이 표준으로 사용되는 TV Distortion 측정 결과 Distortion 5% 이내의 결과 값을 얻을 수 있었다. 본 연구의 보정결과는 홀로그램과 허상 디스플레이 분야에 적용되어 광학설계의 문제점으로 발생할 수 있는 왜곡을 보정할 수 있는 방법으로 활용할 수 있으며, 다양한 초단초점 디스플레이 분야의 광학 왜곡에 대해 효과적인 해결책으로 사용될 것이가고 판단된다. 또한 4K 이상의 높은 해상도를 갖은 디스플레이의 정밀 왜곡 보정을 위하여, 하나의 영상이 갖고 있는 최소 단위 polygon에 대한 mapping 좌표 추적을 통한 객체 특징점 추출 방법[6]을 혼합하는 기술에 대한 연구할 것이며, 이를 통하여 고해상도 디스플레이 영상왜곡 보정 기술에 효과적 적응방법으로 적용될 것으로 판단한다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 동서대학교 “Dongseo Cluster Project" 지원에 의하여 이루어진 것임 (DSU-20210004). This work was supported by Dongseo University, "Dongseo Cluster Project" Research Fund of 2021 (DSU-20210004).

참고문헌

1. Texas Instruments : Moving to higher brightness & LED Projection based 0.55 inch DMD & ddp2230, 2008.517-521, 2008.
2. D.C. Hutchison, “Introducing Brilliant Color Technology,” Texas Instruments reports, pp.2-5, 2005.
3. Proejector and screen, ultra short throw projector, https://www.projectorscreen.com accessed July. 12, 2021.
4. R. J. Gove, “DMD display system: the impact of all-digital display”, Society for Information Display International Symposium, pp. 5-9, 1994.
5. Keishi Kimura et al., "Image Processing with Keystone correction of the digaital image data for projector." US Patent 0068094, 2003.
6. Lee, Yong-Hwan, “Implementation of Object Feature Extraction within Image for Object Tracking”, Journal of the Semiconductor & Display Technology, Vol.18, 2018.

접수일: 2021년 8월 10일, 심사일: 2021년 8월 14일, 게재확정일: 2021년 9월 11일