

## A study of Polarization Modulator to Single-cell type in Polarized Glasses 3D Display System Using Binocular Parallax

Kyung-Bae Kong\*, Jung-Jang Kwon\*

\*Student, School of Computer Engineering, Kyungsoong University, Busan, Korea

\*Professor, Dept. of Computer Engineering, Kyungsoong University, Busan, Korea

### [Abstract]

Most 3D displays that are currently in the market adopt the binocular disparity method creating a different image for the left and right eye for a 3 dimensional effect. However, commercialized 3D image output devices lack in performance making it uncomfortable for the viewer and restrict the viewer to certain positions.

In this paper, we propose a single-cell polarized lens type stereoscopic system which has a smaller viewing angle and reduced crosstalk, with improved light penetration compared to existing double-cell structures; and analyzed the single-cell polarized lens type stereoscopic system properties, and conducted an effect analysis of performance improvement compared to the dual-cell type. Results showed that the single-cell type had a 25% improved performance, and the 3D crosstalk index which is an important index for quality characteristics of stereoscopic systems, increased over about 37%, compared to the dual-cell type.

▶ **Key words:** Stereoscopic image system with polarized glasses, Polarization modulator, DLP Link, Liquid crystal cell, Viewing angle

### [요 약]

현재 상용화된 대부분의 3D 디스플레이는 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 입력영상을 다르게 만들어 입체감을 만드는 양안시차 방식을 적용하고 있다. 하지만 상용화된 3D 영상 출력 장치는 성능 부족에 의한 시청자의 불편 유발과 시청위치의 제약 등의 문제들이 있다.

본 논문에서는 기존 Dual-cell 구조 대비 시야각, Crosstalk 감소, 광투과도를 향상할 수 있는 Single-cell 구조의 편광안경식 입체영상 시스템을 개발하고, 투과도 실험과 시야각 평가를 통해 Single-cell 구조의 편광안경식 입체영상 시스템 특성분석과 Dual-cell 구조 대비 성능향상 효과 분석을 진행하였다. 분석 결과 Single-cell 구조가 Dual-cell 구조 대비 투과도 부분에서 약 25% 이상의 높은 성능을 보이며, 시야각 평가 중 입체 영상 특성품질의 주요지표인 3D crosstalk 지표는 약 37% 이상 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

▶ **주제어:** 편광안경 방식 입체 영상 시스템, 편광 변조기, DLP 링크, 액정 셀, 시야각

- 
- First Author: Kyung-Bae Kong, Corresponding Author: Jung-Jang Kwon
  - \*Kyung-Bae Kong (kbgkong@nate.com), Dept. of Computer Engineering, Kyungsoong University
  - \*Jung-Jang Kwon (jjkwon@ks.ac.kr), Dept. of Computer Engineering, Kyungsoong University
  - Received: 2019. 10. 30, Revised: 2019. 11. 19, Accepted: 2019. 11. 19.

## I. Introduction

3D 입체영상은 사람이 보고 인지하는 영상과 유사하여 시각 정보의 질을 향상시킬 수 있는 실감영상이다. 3D 디스플레이는 왼쪽 눈과 오른쪽 눈의 입력영상을 다르게 만들어 실제 사물표현 정보를 제공이 필요한 장비에 적용하여 활용하는데 목적이 있다고 할 수 있다.

그 응용 가능한 분야는 스마트폰, 가정용 TV, 모니터, 빔 프로젝터 등 일반적인 2D영상에서 체감하지 못하는 생생한 입체적 느낌을 전달해 주기 때문에, 영화와 광고 등 엔터테인먼트 분야와 의료분야, 3차원 설계분야 등의 산업에서 3차원 정보를 전문적으로 활용하여 생산성을 증대시킬 수 있다. 따라서, 향후 3D 입체영상 분야는 시장성장 잠재력이 매우 크다고 예상된다[1].

특히, 3D 빔 프로젝터를 이용한 시청각 교육은 집중력과 이해도 향상에 효과적이며, 3D 빔 프로젝터 시청각 교육이 학생들의 수업 참여도를 높이며, 기억력 향상에도 기여하는 것으로 많은 연구 결과에 나타난다. 따라서 교육 현장에서의 3D 빔 프로젝터의 활용은 향후 계속 증가할 것으로 예상된다[2].

안경 방식의 3D 기술은 상용화에 가장 가까운 방식으로, 가장 저렴하게 3D를 구현할 수 있다. 최근 많은 연구를 통해 3D 빔 프로젝터를 이용한 시청각 교육의 우수한 학습 효과가 입증됨에 따라 향후 교육 콘텐츠 제작의 활성화 및 3D 빔 프로젝터 교육 환경이 성장 될 전망이다[3].

등이 개발되어 시장에 시판될 경우, 세계 시장에서 가격경쟁력을 확보한 제품 출시가 가능할 것으로 예측된다.

현재는 3D디스플레이 보급이 확대되지 않은 상황이지만 3D영화, 애니메이션 등 3D콘텐츠의 제작 확대와 3D 기기의 개발 증가, 3D사용자 공간인지, 혼합현실 기술 등이 결합된 3D 교육/훈련 환경구축을 통해 3D를 융합한 교육 콘텐츠 차별화가 본격적으로 일어날 것으로 기대된다[4].

현재 상용화된 3D 제품들은 대부분 편광안경이나 능동형 셔터글라스 등의 특수 안경을 착용하여 3D 영상을 시청할 수 있다. 이를 극복하기 위한 무안경 방식의 3D 디스플레이의 기술개발이 진행되고 있으나, 시청위치의 제약, 다양한 콘텐츠 부족 등의 해결해야 될 문제들이 남아있다.[3] 3D 시장 잠재력을 키우기 위해서는 하나의 디스플레이에서 2D/3D 영상을 시청자가 선택하여 시청할 수 있어야 하고, 2D 영상을 시청할 시에는 기존의 해상도와 동일한 화질로 관찰할 수 있는 기술개발이 필요하다 [5][6].

본 논문에서는 기존 Dual-cell 구조 대비 우수한 시야각, Crosstalk 감소, 광투과도를 향상할 수 있는 Single-cell 구조의 편광안경식 입체영상 시스템을 개발하고, 실험을 통해 Single-cell 구조의 편광안경식 입체영상 시스템 특성을 분석하고자 한다.

## II. Related works

### 1. Method of Stereoscopic imaging system

양안시차를 이용한 편광안경식 3D 디스플레이 시스템의 구성은 프로젝터, 편광모듈레이터 그리고 실버스크린으로 구성된다. 액정 셀로 구성된 편광 모듈레이터은 전기적인 신호를 인가하여 액정 셀의 위상지연을 변조하는 방식으로 프로젝터 앞에 부착이 가능한 타입으로 소형화가 가능하나 광학적 설계를 필요로 하고 전기장에 따른 액정 분자의 정렬도를 높이기 위해 높은 구동전압을 요구한다. 광학적 설계의 경우, 액정 셀 두 장(2cell)을 이용하여 위상지연을 변조하는 방법과 액정 셀 한 장(1cell)과 위상 지연 필름을 이용하여 변조시키는 방법으로 나뉜다[7].

3D 입체영상 시스템의 구현 원리는 양안시차를 이용한 편광안경식 3D 디스플레이 시스템을 구현하는 방법으로써 3D 빔 프로젝터에 나오는 L/R(좌/우) 영상의 동기신호와 동일한 동기신호의 전압으로써 on/off 되는 구동 회로를 제작하여 액정 셀을 스위칭 해주는 방식이다.

편광필터는 액정 셀로 구성되어 액정을 구동하여 좌우 영상으로 분할해주는 능동 편광(Active Polarization) 방

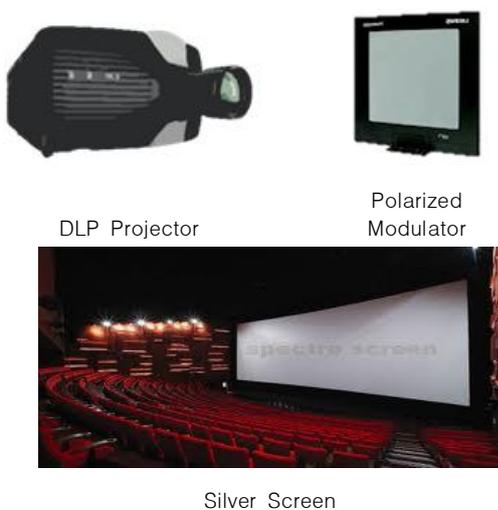


Fig. 1. Configuration of stereoscopic image system with polarized glasses

우리나라의 경우 3D TV, 3D 모니터, 3D 핸드폰 등을 중심으로 3D 스캐너, 3D 영상진단기기, 3D 센서, 3D 비전 시스템

식이 적용될 수 있는데 3D 영상을 우원편광과 좌원편광 영상으로 분리하여 스크린에 출력하고, 편광안경을 착용하면 스크린에 투영된 영상 중 좌원편광의 영상은 편광안경의 왼쪽 렌즈를 통해 볼 수 있게되며, 우원편광의 영상은 편광안경의 오른쪽 렌즈로 볼 수 있게 되어 양안 시차에 의해 입체영상을 볼 수 있게 된다.

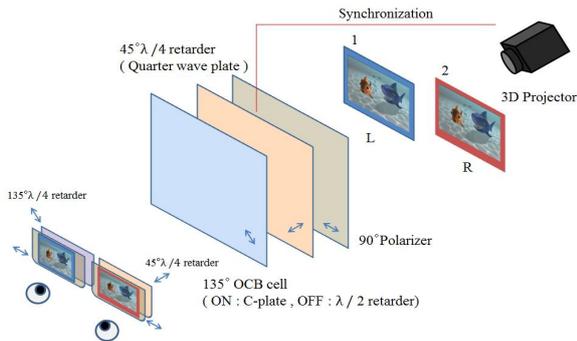


Fig. 2. Principle of 3D image system implementation

전압이 on 일 경우 오른쪽 눈에 R 영상이 나타나며 왼쪽 눈은 빛을 차단하게 되어 화면을 볼 수 없고 반대로 전압이 off 될 경우 왼쪽 눈에 L 영상이 표시되며 오른쪽에 비치는 빛은 차단되는 방식이다.

fig. 3. 에서는 액정 셀이 off 상태일 때,  $\lambda/2$  retarder 역할을 하여 우 원편광 상태의 빛으로 변환되는 것을 나타내고 있다.

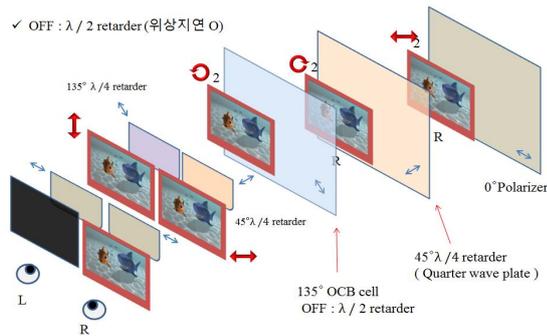


Fig. 3. Principle of binocular disparity: Right

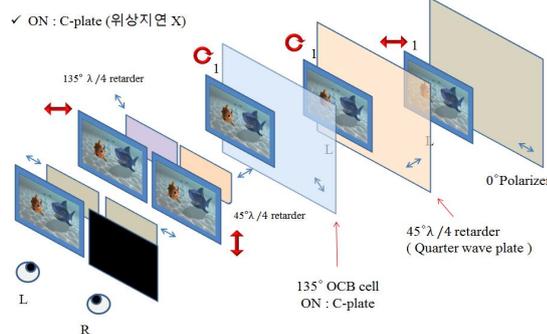


Fig. 4. Principle of Binocular Parallax: Left

Fig. 4. 에서는 액정 셀이 on 상태일 때, c-plate 역할을 하여 좌원편광 상태의 빛으로 변환된다.

## 2. Comparison of Liquid Crystal Cells

Single-Cell을 이용하여 위상을 변조하는 방법은 기존 Dual-Cell 방식과 동일하지만 투과도와 시야각 개선을 위해 액정 셀 한 장 위에 위상지연 필름을 부착하는 방법을 적용한다.

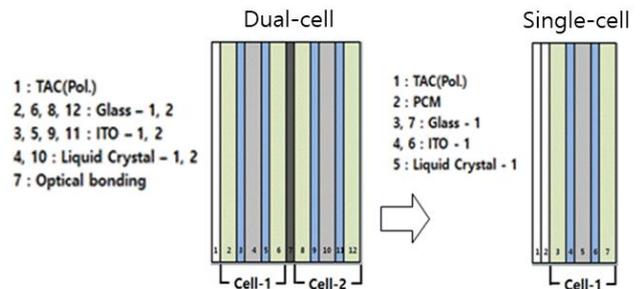


Fig. 5. Comparison of Dual-Cell and Single-Cell Structure

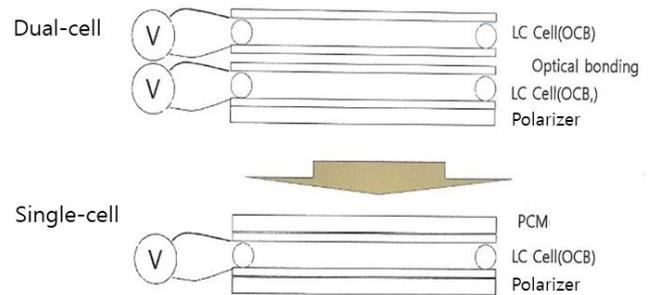


Fig. 6. Structure and driving voltage of Dual-Cell and Single-Cell

fig. 5는 Dual-cell과 Single-cell의 액정 단면도와 적층되는 소재 종류를 나타내고 있으며, fig. 6은 인가되는 전압에 대하여 나타낸 사진이다.

### o Dual-Cell (2-cell) 구조

- 광축이 서로 다른 2개의 액정 소자가 적층된 구조
- 각각의 액정 소자가 교차적으로 on/off를 반복하면서 좌원/우원 영상의 편광을 컨트롤 하는 방식

### o Single-Cell (1-cell) 구조

- 1-cell + PCM 필름으로 편광 안경 방식 3D 영상 획득 가능
- o 2-cell 대비 1-cell 구조는 적층된 layer의 개수 및 두께 최소화 구조
  - 1-cell 구조의 구조적 최적화를 통해 광투과도 개선
  - 각각의 layer에서 발생하는 흡수/반사 횟수를 줄일 수 있음

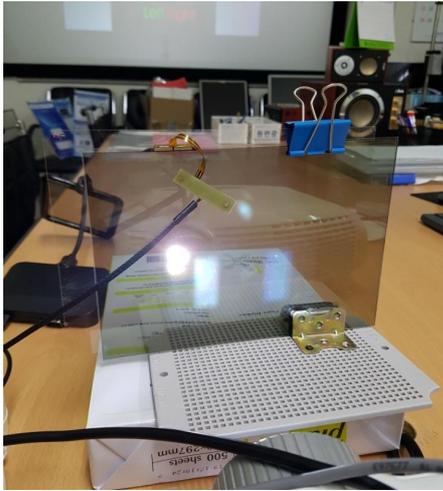


Fig. 7. Photo of the process of aligning a liquid crystal cell with a polarizing film



Fig. 8. Liquid crystal of 1-cell structure manufactured: Optical film bonding to liquid crystal cell

fig. 7,8은 액정 셀과 편광 필름을 접합하여 만드는 편광 변조기 제작사진이다.

### 3. Method of DLP link sync

편광안경방식의 3D 영상 시스템에서 DLP 프로젝터의 DLP Link 펄스 (Left frame과 Right frame 사이의 Blank time interval 내의 펄스 신호)를 이용하여 편광필터(액정셀)의 좌/우 동기 신호로 사용하고자 할 때 다음과 같은 문제를 해결한다.

첫째, DLP 프로젝터에서 보내주는 DLP Link 펄스 신호를 찾기 위하여 편광 모듈레이터에는 포토 다이오드와 증폭기 회로 및 필터회로가 필요하다. 프로젝터의 밝기(안시)는 다양하며 실버스크린의 반사율도 다양하여 포토 다이오드에서 수광되는 광량의 변화가 매우 크다. 이러한 환경변화 속에서도 3D 동기신호를 원활하게 찾을 수 있는 회로개발이 필요하다.

둘째, DLP 프로젝터의 좌/우 frame 사이의 DLP Link 펄스에서 3D 동기신호를 찾을 수 있으나, 이 동기 신호가 좌 동기신호인지 혹은 우 동기신호인지 구분할 수 있는 방

법을 찾고, 그 방법을 FPGA 구현한다.

좌안영상(L)과 우안영상(R) 사이 또는 우안영상과 좌안 영상 사이를 Dark Time이라고 정의하는데, Dark Time 동안 프로젝터는 특정 광 펄스를 제외하고는 어떠한 영상도 출력하지 않는다.[4] 즉, 좌안영상이 출력되고 우안영상이 출력되기 전에 Dark Time이라는 휴지기간이 존재한다. Fig. 9는 광 펄스신호의 타이밍도이다. Fig. 10을 참조하면, 3D 영상의 출력을 공식적으로 지원하는 프로젝터는 Dark Time 동안 타이밍 펄스 신호를 출력하는데, 타이밍 펄스신호가 활성화된 이후 소정의 시간 이후에 영상이 출력되므로, 3D 편광 모듈레이터나 셔터방식의 안경은 타이밍 펄스신호를 기준으로 하여 좌안영상 또는 우안영상의 출력 타이밍을 처리한다.

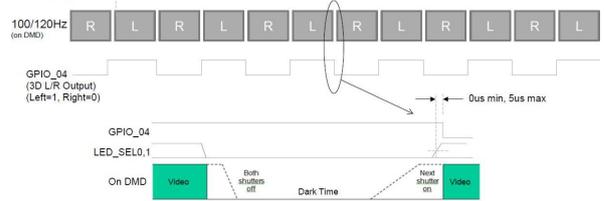


Fig. 9. Timing Diagram of DLP Link Synchronization Signal



Fig. 10. DLP Link pulse signal

한편, Fig. 12를 참조하면, 프로젝터는 Dark Time 동안 한 번의 광 펄스 신호를 스크린으로 출력하는데, 3D 편광 모듈레이터는 포토 다이오드를 이용하여 프로젝터의 영상을 표시하는 시크린에서 반사되는 광을 연속적으로 수신하면서 좌안영상 및 우안영상 사이마다 수신되는 광 펄스신호를 감지한다.

즉, 3D 편광 모듈레이터는 프로젝터에서 유선으로 제공되는 타이밍 펄스신호를 사용하지 않고, 광 펄스신호를 감지한 후 자체적으로 좌안영상 및 우안영상의 편광 출력 타이밍을 동기시키기 위한 3D 동기 펄스신호를 생성한다.

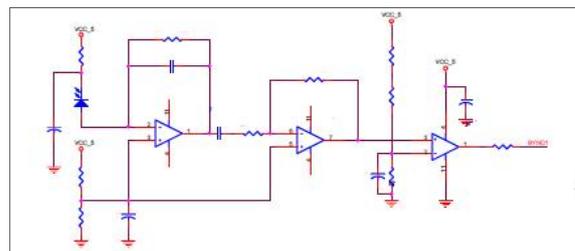


Fig. 11. DLP Link Pulse Receiver Schematic

Fig. 11에서는 포토 다이오드를 통해 스크린에서 반사되는 광을 연속적으로 수신하면서 좌안영상 및 우안영상 사이마다 수신되는 광펄스신호를 감지한다.

### III. Experiment & Result

#### 1. Drive board of polarization modulator

본 논문의 편광 모듈레이터의 구동 장치의 전원 장치는 아답터를 사용하지 않고 프로젝트의 USB 케이블로써 전원공급이 가능하며, DC5V 입력 전원 사용하여 편광필름에 가변 전압(±15V) 공급회로를 설계하였다.

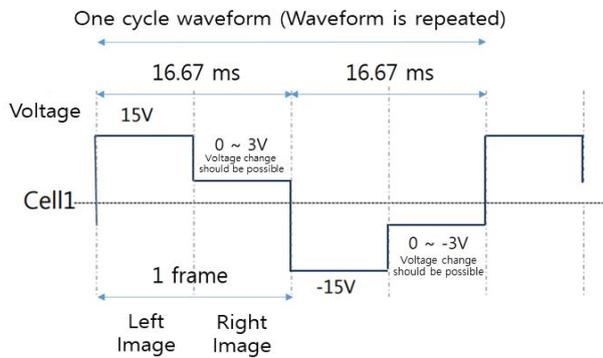


Fig. 12. Driving Voltage and Timing Diagram of Polarizing Film

DLP Link 신호처리 및 액정셀과 모터구동을 위한 로직 설계는 VHDL을 이용하여 Xilinx의 XC9572XL - 10VQWG44C으로 구현하였다.

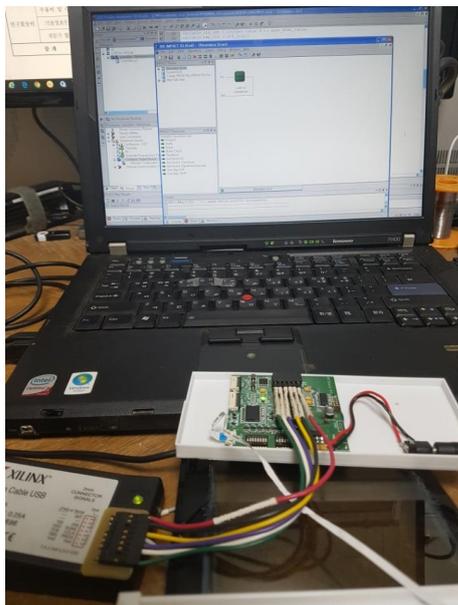


Fig. 13. Xilinx CPLD logic design and verification

편광 모듈레이터는 DLP 프로젝터가 3D 모드에서 보내주는 DLP Link 펄스 신호를 관찰하여 이신호가 일정기간 동안 주기적으로 수신되고 있을 때 현재 프로젝트가 3D 모드에서 동작중임을 알 수 있다. 이것을 구현하기 위하여 DLP Link 펄스를 일정한 시간동안 카운트하고 그 값으로 판단할 수 있는데 펄스 계수기와 이동 평균값을 갖는 필터회로 및 편광필터를 이송할 수 있는 모터 제어회로를 VHDL설계하고 CPLD로 구현한다.

포토 다이오드에서 3D 동기신호를 받아들이지만 잡음 신호에서 에러가 발생하여 액정셀이 좌우로 이동할 경우가 발생할 수 있다. 편광 모듈레이터가 천장용 프로젝터에 탑재되어 사용될 경우에, 3D 영상신호 유무를 구분하여 편광필터(액정셀) 장치가 프로젝트 빔 앞으로 자동 이동하는 장치에서 문제점을 발견하고 해결하였다.

외부 빛의 잡음이 DLP Link 펄스 신호로 오판되거나, 2D 모드에서는 3D 모드 보다 훨씬 많은 빛이 스크린에 비춰지고 또 편광 모듈레이터의 포토 다이오드에 수광되는 구조이므로, 이때 2D 동영상 상영중에 편광필터(액정셀)가 프로젝트 빔 앞으로 이동하는 오동작이 발생할 수 있다. 이러한 오동작을 해결하기 위하여, DLP Link 펄스 신호를 카운터 함으로써 일정 기간 동안 규칙적인 신호가 입력될 경우에만 3D신호임을 판단할 수 있고 그 방법을 VHDL로 설계하고 CPLD 구현한다.

외부 빛의 잡음으로 인한 편광필터(액정셀) 장치가 프로젝트 빔 앞으로 이동하는 오동작을 해결하기 위하여, DLP Link 펄스 신호의 입력단 보드에서는 아날로그 high-pass 필터 증폭기를 구성하여 잡음 신호를 필터하고 디지털 부분에서는 일정 기간 동안의 수신되는 외부 잡음을 필터하기 위하여 펄스 카운터와 이동 평균값을 갖는 이동 평균 필터를 VHDL로 설계하고 CPLD 구현했다.

#### 2. Transmittance comparison

##### 2.1 Experimental method

액정 시편의 광학적 특성을 측정하기 위한 실험 장치는 fig. 14와 같다. 실험에 사용한 광원은 파장이 524.8 nm 인 He-Ne laser를 사용하였고 y축과 평행한 방향으로 편광판을 구성하여 입사되는 빛의 편광 상태를 확인을 위해 y축 방향의 선형 편광을 측정하였다. 그리고 측정되는 부분을 확대하기 위해 beam expander를 사용하여 지름 0.5 mm 광원을 지름 3cm의 광원으로 확대 적용하였다. 또한 출력 부분에 볼록렌즈를 이용하여 빛을 모아 CCD로 문자를 확인하거나 detector를 이용하여 투과도를 측정을 진행하였다.

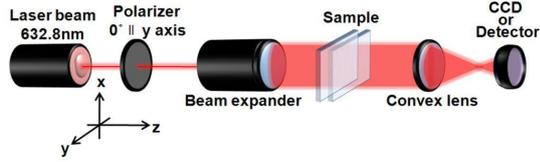


Fig. 14. Transmittance measuring device

2.2 Experiment result

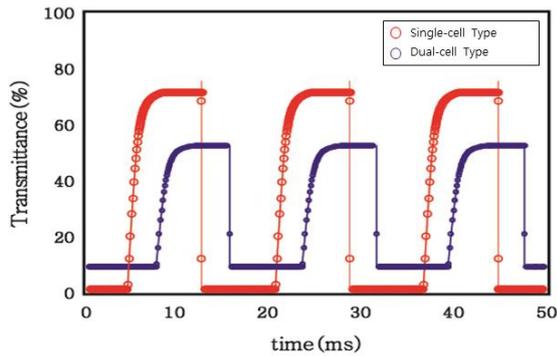


Fig. 15. Graph of average transmittance between single-cell and dual-cell

Table 1. Comparison of single-cell and dual-cell transmittance by voltage

Applied voltage	Single-cell	Dual-cell	Compare
0V	95.2 %	81.6 %	16.7% Improvement
2V	67.1 %	56.1 %	19.6% Improvement
4V	42.7 %	34.2 %	24.9% Improvement
6V	25.4 %	19.4 %	31.0% Improvement
8V	19.9 %	15.2 %	31.1% Improvement
10V	13.1 %	10.5 %	24.8% Improvement

위 Table 1에서 보는바와 같이 Single-cell 액정이 Dual-cell 액정 대비 높은 투과율을 보이고 있으며, 낮은 전압 대역 보다 높은 전압 대역을 사용하였을 때 투과율 향상이 더 높은 것으로 확인되었다.

따라서 Single-cell 액정이 Dual-cell 액정 대비 3D 영상 변환에 사용되는 인가 전압 영역에서 약 25% 이상의 투과율 향상을 보일 수 있는 특성을 가지고 있으며, 투과율 향상은 3D 영상 시청에 있어서 Dual-cell 대비 높은 화면 조도를 확보 할 수 있으며, 높은 품질을 3D 입체 영상을 만들 수 있을 것으로 추측된다.

3. Viewing angle comparison

3.1 Experimental method

본 논문에서는 배리어 방식의 체 특성을 측정하여 평가 하였다. 배리어 설계할 때 동공간 거리를 일반인 평균값으로 알려진 65mm로 설정 하였다.

입체 특성 평가는 최적 설계된 시청영역을 기준으로 평가하는 것과 시청이 가능한 영역의 범위를 평가하는 것으로 이루어진다. 3D cross talk는 최적 시청 영역에서 대표적인 입체 특성 기준으로 표현된다. 3D crosstalk는 % 단위로 표현되고 인접 시청 영역간 cross over 현상으로 발생하는 광학적 잡음을 의미하며 이 값이 낮을 수록 입체 표현 특성품질이 높다고 할 수 있다.

입체 시청이 가능영역으로 본 논문에서는 3D crosstalk 10% 이하 기준으로 정하고 분석을 진행하였다.

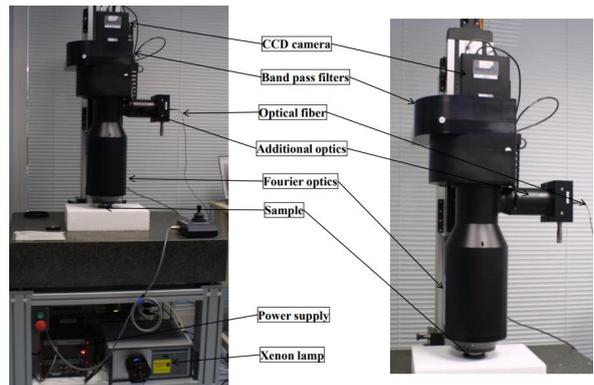


Fig. 16. Viewing angle measuring device

3.2 Experiment result

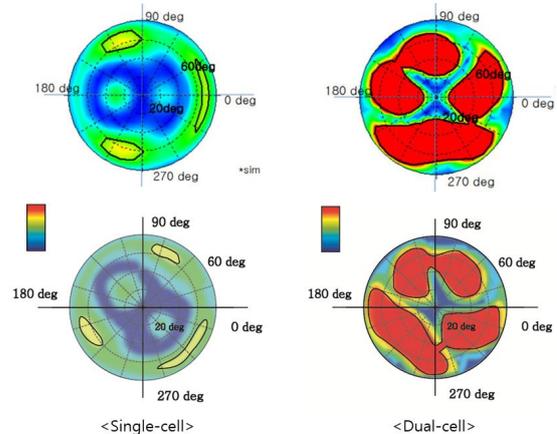


Fig. 17. Transmittance measuring device

Table 2. Comparison of 3D Video Output Characteristics of Single-Cell and Dual-Cell

Division	Single-cell	Dual-cell	Compare
on response time	0.262msec	0.371msec	29.4% Improvement
off response time	0.426msec	0.569msec	25.1% Improvement
3D crosstalk	3.76 %	6.04 %	37.8% Improvement
3D luminance	96.2 cd/cm <sup>2</sup>	78.1 cd/cm <sup>2</sup>	23.2% Improvement

위 Table 2에서 보는바와 같이 Single-cell 액정이 Dual-cell 액정 대비 높은 품질의 3D 영상 출력 특성을 보이고 있으며, on/off response time의 결과를 보면 약 25% 이상의 성능 향상을 보이고 있어 화면 변화에 대한 반응 속도가 향상된 것을 확인할 수 있다. 또한 3D 영상 품질에 주요 인자인 crosstalk 지표를 보면 약 37.8% 향상된 것을 확인할 수 있다.

따라서 Single-cell 액정이 Dual-cell 액정 대비 3D 영상 출력에 효율적이며, 높은 품질의 3D 영상 출력을 할 수 있는 것으로 확인되며, 영상 시청에 영향을 미치는 3D 휘도 역시 23% 이상 향상되어 주변 환경의 조도에 대해 영향력이 Dual-cell 대비 적을 것으로 판단할 수 있다.

#### IV. Conclusions

본 논문에서는 액정 셀을 이용하여 위상을 변조하는 방법은 기존 액정 셀 방식(2-cell)과 동일하지만 투과도와 시야각 개선을 위해 액정 셀 한 장(1-cell) 위에 위상지연 필름을 부착하여 제작하였다.

일반적으로 사용되는 액정모드(ECB, VA, IPS, 등)와 달리 액정 분자들이 꼬여있는 분자구조를 지니고 있는 OCB 액정모드의 경우 응답속도가 빠르기 때문에 L/R을 스위칭해주는 과정에서 나타날 수 있는 시분할 crosstalk 구간을 최소화 해 줄 수 있는 장점을 가지고 있지만, 액정 분자가 꼬여있는 구조를 정렬시키기 위해 indium tin oxide (ITO) 기판 주변에 기울어진 상태로 안정화되어 있는 액정 분자들을 필요로 한다.[5] 일반적인 액정(positive liquid crystal) 분자의 경우, 전기장에 따라 장축이 회전하게 되는데 기울어진 상태로 안정화되어있는 분자들은 더 많은 구동전압( $\pm 15V$ )을 필요로 하게 된다. 액정 셀 구동회로에서 출력전압( $\pm 15V$ )으로 액정 셀에 공급이 가능하도록 설계하였다. 입력전압은 DC5V인 USB 전원으로써 프로젝트의 USB 포트 전원을 사용하였다.

본 논문에서는 Single-cell과 Dual-cell의 투과도와 시야각에 대한 특성을 분석하여 3D 영상 구현에 대한 효율성과 품질 특성에 대하여 분석을 진행하였다.

실험결과 Single-cell이 Dual-cell 대비 높은 투과율을 보이고 있으며, 낮은 전압 대역 보다 높은 전압 대역을 사용하였을 때 투과율 향상이 더 높은 것으로 확인되었다.

또한 Single-cell이 Dual-cell 대비 높은 품질의 3D 영상 출력 특성을 보이고 있으며, on/off response time의 결과를 보면 약 25% 이상의 성능 향상을 보이고 있어 화면 변화에 대한 반응 속도가 향상된 것을 확인할 수 있다.

그리고 3D 영상 품질에 주요 인자인 crosstalk 지표를 보면 약 37.8% 향상된 것을 확인할 수 있다.

따라서 Single-cell이 높은 품질을 3D 입체 영상을 만들 수 있을 것으로 추측된다.

#### REFERENCES

- [1] J.Y.Son, B.Javidi, "Three-dimensional imaging method based on multi view images", Journal of Display Technology pp. 125-140, September 2005.
- [2] J.R.Moore, A.R.L.Travis, S.R.Lang, and O.M.Castle, "The implementation of a multi-view autostereoscopic display", in IEE Colloquium on Stereoscopic Television, pp. 43-85, October 1992.
- [3] T.Jarvenpaa, M.Salmimaa, "Optical characterization Methods for Autostereoscopic 3D displays", Proc. Of Euro Display, pp. 132-135, August 2007.
- [4] A.Jacobs, J.Mather, R.Winlow, D.Montgomery, G.Jones, M.Willis, M.Tillin, L.Hill, M.Khazova, H.Stevenson, and G.Bourhill, "2D/3D switchable display," Sharp, Technical Journal, no.4, pp. 124-131, August 2003.
- [5] B. Alavi, "Distance measurement error modeling for time-of-arrival based indoor geolocation," Ph. D. dissertation, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, pp. 327-331, April 2006.
- [6] Y. Z. Ben, D. K. John, and Anthony, "Tapestry: An infrastructure for fault-tolerant wide-area location and routing," University of California, Berkeley: CA, Technical Report, pp. 165-172, April 2001.
- [7] KenMASHITANI et al. "Multi-view Glass-Less 3-D Display by Parallax Barrier of Step Structure" Mem. Fac Eng. ,Osaka City Univ. Vol.48, pp. 1-8, August 2007.
- [8] D. QIN, M. Takamatsu, Y. Nakashima, "Measurement for the Panum's Fusional Area in Retinal Fovea Using a Three-Dimension Display Device", The Illuminating Engineering Institute of Japan, pp. 126-131, April 2004.
- [9] H.K.Hong, J.W.Jang, D.G.Lee, M.J.Lim, H.H.Shin, "Analysis of

angular dependence of 3-D technology using polarized eyeglasses”,  
Journal of the SID 18, pp. 8-12, February 2010.

- [10] Scheiman, M., and B. Wick. "Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric." Accommodative, and Eye Movement Disorders (2a. ed.) Lippincott, Philadelphia, Estados Unidos, pp. 103-168, 2002.
- [11] J. Häkkinen, J. Takatalo, M. Kilpeläinen, M. Salmima, G. Nyman, "Determining limits to avoid double vision in an autostereoscopic display: Disparity and image element width", Journal of the SID 17, pp. 433-441, May 2009.
- [12] Dong Hyeon Jang, Myung Hyeon Yoon , Smart appliances Status and Future Direction, KEIT PD Issue report, pp. 37-113, 2012
- [13] Chang Ho Bae, Young Seong Kim, Ho Seong Jang, "Research about Home networking by using IEEE 1394", vol.74, pp. 1-6, September 2002.
- [14] O.H.Willemsen, S.T.deZwart ,M.G.H.Hiddink, D.K.G. deBoer, M.P.C.M.Krijin, "Multi-view 3D Display", Society for Information Display 2007 International Symposium Digest of Technical Paper, pp. 1154-1157, May 2007.

## Authors



Kyung-Bae Kong is currently represents a GDP company located in Gumi, Gyeongsangbuk-do. He is a Ph.D. student in Computer Engineering at Kyungsoong University. Pusan, Korea, His research interest is 3D stereoscopic image development.



Jung-Jang Kwon received the B.E. degrees in Electronic Engineering from Pusan University, Korea, in 1985. M.S. and Ph.D. degrees in Electrical Engineering from KAIST, Korea, in 1987 and 1993,

respectively. Dr. Kwon joined the faculty of the Department of Computer Engineering at Kyungsoong University, Pusan, Korea, in 1993. He is currently a Professor in the Department of Computer Engineering, Kyungsoong University. He is interested in IT convergence, image processing, IoT systems and embedded systems.