

# 액정 셔터 안경방식 3D 디스플레이와 패럴랙스 베리어를 이용한 초다시점 3D 디스플레이

이 현 민\*, 권 기 철\*, 박 재 형\*\*, 김 성 규\*\*\*, 민 성 욱\*\*\*\*, 김 남<sup>o</sup>

## Super Multi-View 3D Display Using Liquid-Crystal Shutter Glasses and Parallax Barrier

Hyun-Min Lee\*, Ki-Chul Kwon\*, Jae-Hyeung Park\*\*, Sung-Kyu Kim\*\*\*,  
Sung-Wook Min\*\*\*\*, Nam Kim<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문에서는 액정 셔터 안경과 슬랜티드 패럴랙스 베리어(slanted parallax barrier : SPB)를 이용한 초다시점(super multi view : SMV) 3D 디스플레이 방법을 제안한다. 새로운 방법은 기존의 초다시점 디스플레이에서 발생하는 해상도 저하를 시분할 방식을 이용하여 기존 무안경 방식 디스플레이 수준으로 줄였다. 기존 안경 방식 혹은 멀티뷰 방식 3D 디스플레이에서 발생하는 초점과 수렴간의 불일치로 인한 입체영상 관측 피로는 초다시점 디스플레이 방식을 구현함으로써 개선하였다. 구성된 입체영상 디스플레이가 초다시점 디스플레이로써 제대로 작동하는지 확인하기 위해 검안기와 디스플레이의 간격을 500mm로 구성한 후 초점거리를 관측했다. 실험에 사용된 SMV 디스플레이에서 제공되는 영상은 관측위치로부터 551.88mm, 524.66mm, 477.55mm, 457.04mm의 깊이 값을 가지는 영상을 제공하고 각각의 초점반응이 549.08mm, 525.52mm, 475.67mm, 448.81mm로 변하는 것을 확인할 수 있고, 측정결과로부터 양안시점을 사용한 3D 디스플레이에서 발생하는 초점과 수렴간의 불일치 문제점이 개선되었음을 확인하였다.

**Key Words** : accommodation, vergence, super multi-view, parallax barrier, 3D display

### ABSTRACT

In this paper, the SMV 3D display method using liquid crystal shutter glass(LCSG) and SPB has been proposed. The proposed SMV display can solve the resolution degradation problem of conventional multiview displays that using based time-multiplexing method. Also, observers fatigue due to the mismatch between accommodation and vergence problem of glass-type 3D displays and conventional multiview displays, can be improved using SMV 3D display method.

※ 본 연구는 미래창조과학부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음

※ 본 연구는 산업통상자원부에서 지원하는 “광역경제권거점기관지원사업(안과 수술용 근적외선 입체 현미경 부품 모듈 개발)” 과제 지원에 의한 결과입니다.

♦ First Author : 충북대학교 정보통신공학과 광정보처리연구실, minss@osp.chungbuk.ac.kr, 정희원

° Corresponding Author : 충북대학교 정보통신공학과 광정보처리연구실, namkim@chungbuk.ac.kr, 정희원

\* 충북대학교 정보통신공학과 광정보처리연구실, kwon@osp.chungbuk.ac.kr

\*\* 인하대학교 정보통신공학부 3차원정보처리연구실, jh.park@inha.ac.kr

\*\*\* 한국과학기술연구원 국가기반기술연구본부, kkk@kist.re.kr

\*\*\*\* 경희대학교 정보디스플레이학과, mins@khu.ac.kr

논문번호 : KICS2013-07-318, 접수일자 : 2013년 7월 31일, 심사일자 : 2013년 9월 29일, 최종논문접수일자 : 2014년 2월 13일

## I. 서 론

최근 3D 디스플레이(three-dimensional display)가 많이 상용화 되어 일반 가정과 극장, 또는 의료분야와 같은 특수 목적의 응용분야에서 널리 사용되고 있다. 3D 디스플레이는 크게 안경방식과 무안경 방식으로 구분되며, 현재 상용화된 대부분의 3D 디스플레이는 안경방식을 사용하고 있다. 안경방식의 3D 디스플레이는 편광방식과 서터방식으로 구분한다. 안경방식 3D 디스플레이는 인간의 두 눈에 보이는 물체를 뇌에서 하나로 합치고, 이로 인해 물체를 입체적으로 파악할 수 있는 방법인<sup>1-2)</sup> 양안시차(binocular disparity)와 수렴(vergence)의 두 가지 요소를 이용하는 방법으로서, 다른 방식들에 비해 입체감이 크다는 장점이 있지만, 3D 물체의 깊이 변화에 따른 눈의 초점(accommodation) 조절 능력을 만족시키지 못하기 때문에 눈의 피로가 발생한다. 양안을 이용한 3D 디스플레이에서 발생하는 초점과 수렴간의 불일치는 입체 영상 관측에 대한 피로감을 가중시킨다. 무안경 방식인 멀티뷰 디스플레이 기술도 안경을 쓰지 않는다는 점만 다를 뿐, 눈의 초점 조절 반응을 불러 일으키지 못하여 입체 영상 관측에 대한 피로감을 주는 문제는 여전하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 무안경 방식의 3D 디스플레이 기술로 체적영상 표시장치와 완전시차 방식의 홀로그래프 3D 디스플레이 방식이 연구되고 있다. 그러나 체적영상 표시장치는 제한된 공간에서만 입체영상이 제공한다는 단점이 있으며, 또한 홀로그래프 3D 디스플레이 방식은 기술적 문제로 실용화에 더 많은 연구가 필요하다. 앞에서 언급한 두 가지 방식 이외에 초점 조절 기능이 가능한 디스플레이 기술에는 초다시점(super multi view : SMV) 기술이 있다. SMV 디스플레이는 동공보다 작은 간격으로 시점을 배치하여 관측자의 단안에 2개 이상의 시점 영상을 제공한다<sup>3)</sup>. 관측자의 단안에 투사된 2개 이상의 시점 영상들은 단안이 3D 물체의 거리에 초점을 맞출 때 망막에서 적절히 겹쳐짐으로써 단안에 올바른 초점 조절 반응을 유도한다<sup>4-6)</sup>. 이러한 SMV 디스플레이를 사용하면 수렴과 초점의 불일치 문제를 해결할 수 있다. 그러나 SMV 디스플레이는 시점간의 간격을 단안의 동공보다 작게 하면서도 관측자의 양쪽 눈을 포함하는 넓은 공간에 시점 영상들을 배치해야 하므로, 매우 많은 수의 시점을 필요로 한다. SMV와 같은 무안경 방식의 디스플레이가 시점 수에 비례하는 해상도 저하를 겪는 것을 고려하면, 기존의 SMV 디스플레이는 매우 큰 해상도 저하 문제를 갖고 있음을 알

수 있다. 본 논문에서는 기존의 SMV 디스플레이에서 발생하는 해상도 저하를 개선하기 위한 방법으로, 서터방식 3D 디스플레이에 SMV 디스플레이를 적용한 새로운 방식의 디스플레이를 제안한다. 기존의 패럴랙스 배리어(parallax barrier)는 슬릿을 수직으로 구성해 시점의 수에 대응하는 영상을 픽셀(pixel)단위로 제공해 해상도 저하의 문제점을 안고 있지만<sup>7-8)</sup> 슬랜티드 패럴랙스 배리어(slanted parallax barrier : SPB)를 사용해 서브픽셀(sub pixel)단위로 제공해 기존의 방법보다 해상도 저하에서 개선된 모습을 확인할 수 있다<sup>9-10)</sup>. 또한 제안된 디스플레이는 기존의 디스플레이 대신 서터방식 디스플레이를 통해 관측자의 양 눈이 아닌 단안에만 시점들을 제공하면 되므로 양안을 포함하는 공간에 시점들을 제공해야 하는 기존의 SMV 디스플레이보다 훨씬 적은 시점의 수를 필요로 하여, 영상의 해상도 저하를 기존보다 대폭 줄일 수 있다. 본 논문에서 제안된 방법으로 디스플레이를 구현하고, 점안기를 통한 실험으로 초점과 수렴이 일치함을 확인하였다.

## II. 새로운 방식의 SMV 디스플레이

제안된 방법에서는 시간 분할 방식으로 영상을 단안에 보여주기 위하여 액정 서터 방식 안경을<sup>11-13)</sup> 사용하고, 동공보다 작은 간격의 단안 시점 영상들을 형성하기 위하여 슬랜티드 패럴랙스 배리어(slanted parallax barrier : SPB)를 이용한다. 제안된 방법은 그림 1과 같이 구성되며 기존의 방식에서 서터안경을 사용함으로써 공간 해상도가 향상되는 방법으로 구성된다. 6개의 시점을 연속적으로 배치해 관측자의 위치 이동에 따라 시점의 변화가 부드럽게 이루어져 위치별로 정보를 받아들이는 자연스러운 입체영상을 관측할 수 있다<sup>14-15)</sup>. 또한 안경방식 3D 디스플레이에서 발생하는 초점과 수렴의 불일치로 인한 문제점은 SMV로 구성함으로써 관측자의 초점반응이 영상의 정보에 따

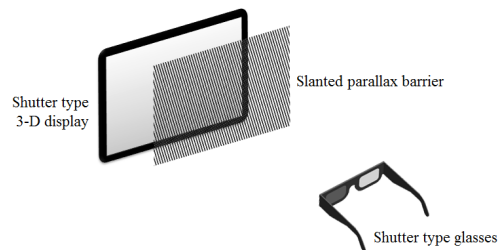


그림 1. 제안된 방법의 SMV 구성도  
Fig. 1. An illustrating of proposed SMV method

라 수렴정보와 동일하게 변해 해결할 수 있다.

제안된 디스플레이는 SPB를 통해 동공으로 투사되는 영상에서  $R_1, R_2, R_3$ 가 그림 2 (a)와 같이 오른쪽 동공에 제공되면, 왼쪽 안경은 폐쇄되어 영상이 차단되고, 반대로 그림 2 (b)와 같이 왼쪽 동공에  $L_1, L_2, L_3$ 영상이 제공되면, 오른쪽 안경이 폐쇄되어 영상이 차단된다.

본 실험에서 각각의 눈에는 6개의 시점을 2mm 간격으로 제공한다. 성인 동공의 크기가 일반적으로 6mm일 때, 그림 3 (a)와 같이 6개의 시점이 동공에 제공되면, 관측자의 위치에 따라 그림 3 (b)와 같이  $R_{n-1}, R_{n-2}, R_{n-3}$ 의 3개의 시점이 투사되고, 관측자는  $P_1R_{n-1}, P_1R_{n-2}, P_1R_{n-3}$ 의 영상을 관측할 수 있다. 또한, 관측자의 이동에 의해  $R_{n-3}, R_{n-4}, R_{n-5}$ 의 시점으로 변경되면, 관측자는  $P_1R_{n-3}, P_2R_{n-4}, P_2R_{n-5}$ 의 위치에서 영상을 확인할 수 있다.

디스플레이를 통해 단안에 제공되는 영상의 초점거리는 그림 4에 나타난 항목들의 관계를 사용하여 구

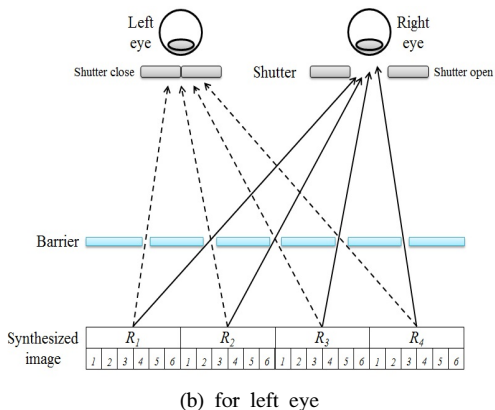
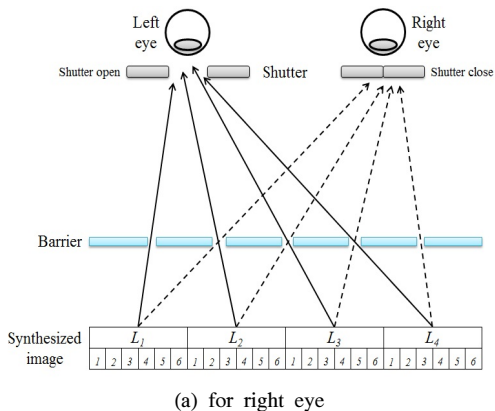
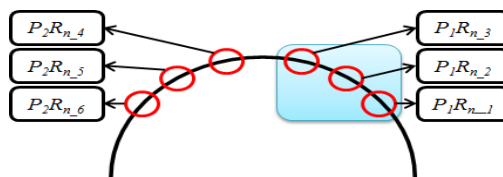
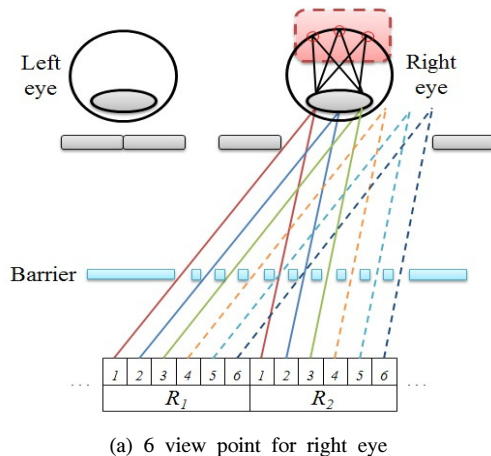


그림 2. 제안된 SMV 3D 디스플레이의 원리  
Fig. 2. Principle of proposed SMV 3D display

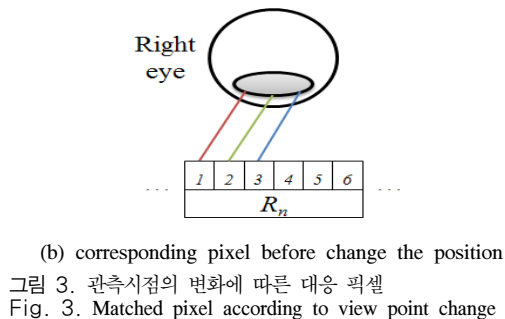


그림 3. 관측시점의 변화에 따른 대응 픽셀  
Fig. 3. Matched pixel according to view point change

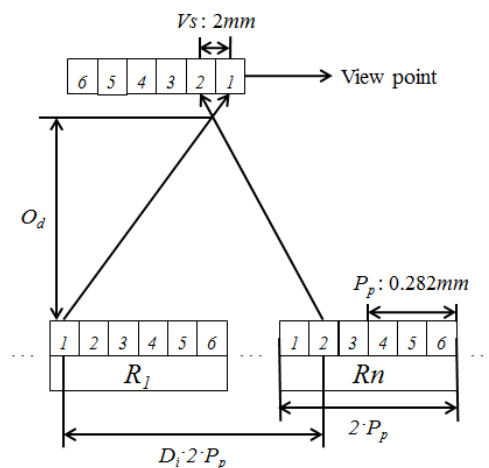


그림 4. 초점거리를 계산하기 위한 개념도  
Fig. 4. An illustrating for calculation accommodation distance

할 수 있다. 그림에서  $V_s$ 는 시점간의 중심거리,  $V_d$ 는 관측거리,  $O_d$ 는 입체감이 생성되는 초점거리,  $D_i$ 는 영상의 시차정보, 그리고  $P_p$ 는 픽셀의 크기를 나타낸다. 이들 간의 관계와 영상의 시차정보를 사용한 초점거리는 식 (1)과 같은 비례식을 사용해 구할 수 있다.

$$D_i \times 2P_p : O_d = V_s : V_d - O_d \quad (1)$$

초점거리는 식 (1)을 사용해 아래와 같은 식 (2)를 통해 구할 수 있다.

$$O_d = V_d - O_d \times (D_i \times 2P_p) / V_s \quad (2)$$

### III. 실험 및 결과

제안된 SMV 디스플레이는 그림 5과 같이 구성된다. 셔터방식 3D 디스플레이와 SPB를 계산을 통해 정해진 거리에 배치하고 관측자를 정확한 관측위치에 관측 위치에서 관찰하여 입체영상을 확인할 수 있다.

구현된 SMV 디스플레이는 픽셀크기(pixel pitch)가 0.282mm이고, 120Hz의 속도로 동작하는 셔터방식 3D 디스플레이가 사용되고, SPB와 RGB의 재배열을 통한 영상처리과정을 통해 6개의 시점을 제공하는 영상을 획득하고 시차가 서로 다른 영상을 관측자에게 제공한다. 셔터방식 3D 디스플레이와 SPB의 거리는 21.6mm로, 셔터방식 3D 디스플레이와 관측위치의 비율을 사용하여 결정되었다. 관측자와 디스플레이의 거리는 500mm로 고정된다. 동공에 투사되는 영상의 각 시점 간 중심거리는 2mm로 구성되고, 일반적인 성인평균 동공 크기가 6mm일 때, 구현된 3D 디스플레이는 동공에 3개의 시점이 제공된다.

실험에 사용되는 SPB의 구조는 그림 6과 같이 구성된다. 실험에 사용된 SPB의 기울기는 18.43°이며,

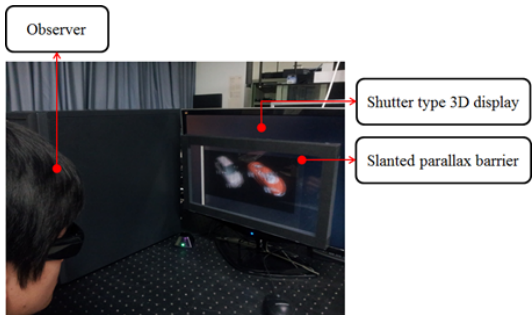


그림 5. 실험을 위한 SMV 디스플레이 셋업  
Fig. 5. Setup of SMV display for experiment

슬릿 중심 간의 거리는 0.5387mm, 슬릿의 폭은 0.06mm로 구성되어 총 6개의 시점을 제공하도록 설계하였다.

실험에 사용되는 영상은 그림 7에서와 같이 서로 다른 자동차 영상을 사용하였다. 각각 6장의 영상을 MATLAB을 사용한 영상처리를 통해 각각의 시차에 의해 깊이정보가 변하는 영상을 획득할 수 있다. 이러한 과정을 통해 왼쪽에 있는 자동차는 디스플레이보다 약 8mm뒤에 오른쪽 자동차는 디스플레이보다 약 7mm앞에 깊이감이 생성되도록 하였다.

그림 8은 카메라를 그림 7의 영상을 사용해 초점거리를 변화해 가며 획득한 결과 영상이다. 같은 위치에서 카메라의 초점거리만을 변경할 때, 그림 8 (a)와 같이 왼쪽 자동차에 초점이 생성되면 오른쪽 자동차의 영상이 흐려지고, 반대로 그림 8 (b)와 같이 오른쪽 자동차에 초점이 생성되면 왼쪽 자동차의 영상이 흐려지는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 실험을 통해 영상의 깊이 값이 변화에 따라 각 영상의 가장 깨끗한 영상을 관측할 수 있는 초점거리 또한 변하는 것을 확인하였다. 이로 인해 구성된 디스플레이가 제안된 SMV 3D 디스플레이 방식으로 동작한다는 것을 확인할 수 있다.

실험에 사용되는 영상은 영상처리를 사용해 시차의 변화에 따라 깊이정보가 변해 셔터방식 3D 디스플레이를 기준으로 관측자의 초점거리가 달라진다. 구현된 디스플레이가 SMV로 정상적으로 작동하는지 확인하기 위해 그림 9과 같이 Grand-Seiko사의 WAM-5500 점안기를 사용하여 관측자를 대상으로 초점거리를 측정하는 실험을 하였다.

실험은 2D 영상, 셔터 방식 디스플레이 그리고, 제

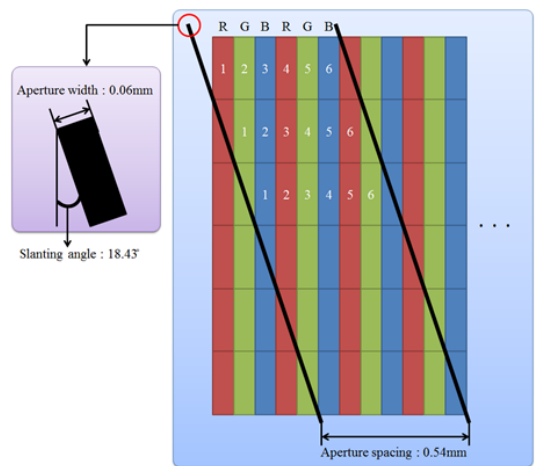
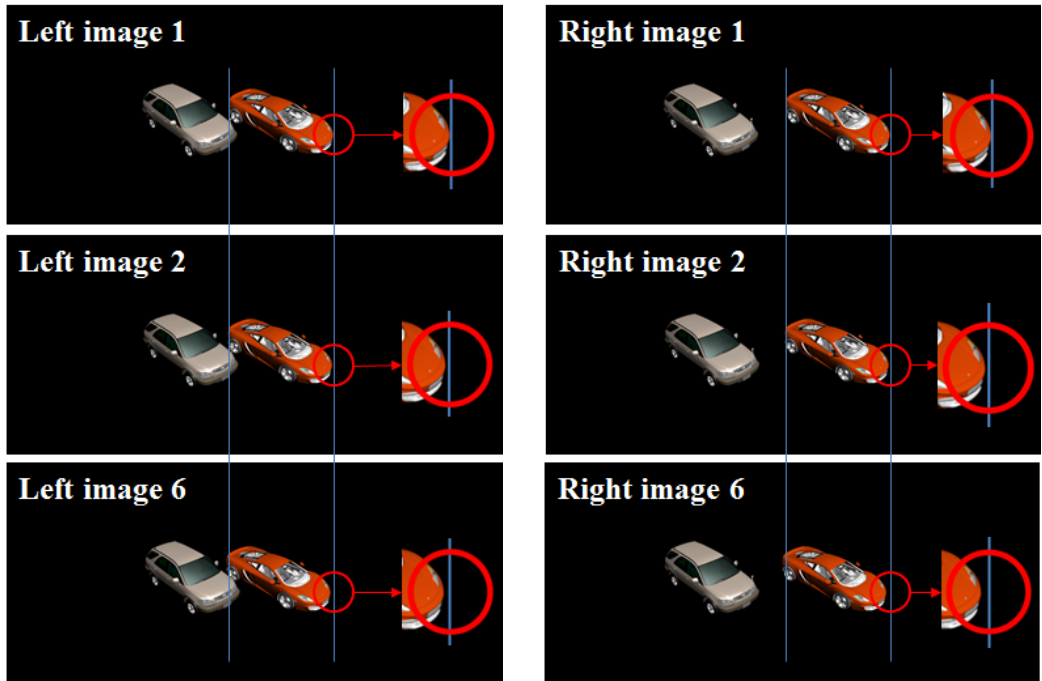


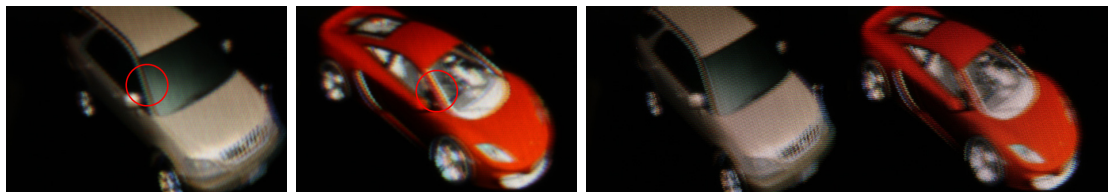
그림 6. SPB의 개념도  
Fig. 6. An illustrating of SPB



(a) view images for left eye image

(b) view images for right eye image

그림 7. 양안에 제공되는 6시점 영상  
Fig. 7. 6view image for each eye



(a) focused at left image

(b) focused at right image

(c) focused at panel

그림 8. 카메라의 초점거리를 변화해 획득한 영상  
Fig. 8. Captured image when the camera focus is change

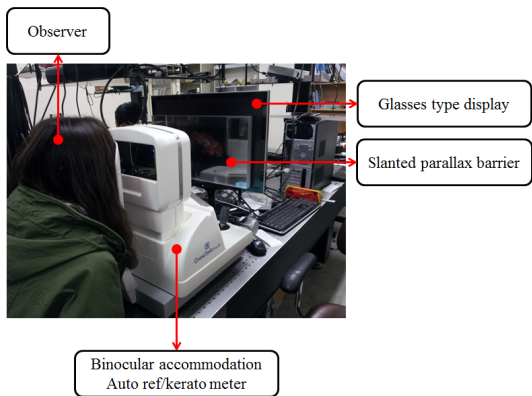


그림 9. 초점거리 측정  
Fig. 9. Measuring the accommodation distance

안된 SMV 디스플레이의 초점거리 관측에 대해 진행하였다. 먼저 2D 영상 관측에서 10명의 관측자를 상대로 영상을 관측해 검안기의 정확성을 확인하였고, 셔터방식 디스플레이를 사용해 입체영상 시차변화에 의한 초점거리의 변화를 측정했다. 그리고 제안한 SMV 디스플레이를 구현하여 각각의 시차에 대한 초점거리의 변화를 확인하는 실험을 검안기를 사용한 실험을 통해 확인하였다. 검안기를 사용한 실험의 결과는 diopter로 표시되지만 관측거리와의 단위 통일을 위해 mm로 계산해 표기했으며 diopter와 초점거리(m)의 관계는 아래 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$Diopter = 1/\text{초점거리}(m) \quad (3)$$

그림 10은 2D 영상 관측 결과로써, 관측자가 500 mm 거리에서 2D영상을 관측할 때의 초점거리의 변화를 나타낸다. 실선은 측정결과를 점선은 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 2D영상의 초점거리는 관측자와 디스플레이간 거리와 동일하므로 영상의 변화에 따라 차이가 발생하지 않는다. 관측자의 집중도와 실험조건에 의한 오차는 발생하였지만 초점거리가 영상에 집중됨을 확인할 수 있다.

그림 11에서 점선으로 표시된 simulation result는 각각의 disparity의 변화에 따라 accommodation distance가 어떻게 변하는지 보여주고 있다. 또한 실선으로 표시된 항목은 셔터방식 디스플레이를 사용한 실험으로 영상의 깊이정보의 변화에 따라 10명의 관측자를 대상으로 초점거리 변화에 대해 알아보기 위한 실험이다. 일반적으로 사용되는 안경방식 3D 디스플레이는 관측자의 두 눈에 의한 양안시차와 수렴의 두 가지 기능만을 사용한다. 양안시차를 이용한 3D 영상은 각각의 눈에 좌우 다른 영상을 표시하게 되므

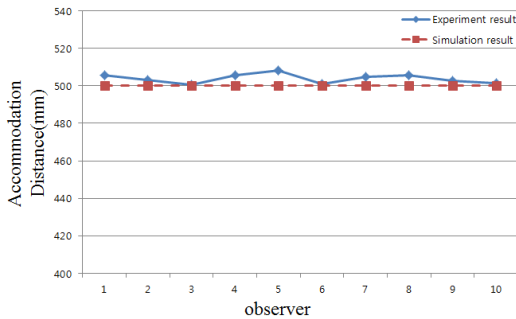


그림 10. 2D 영상 초점거리 측정  
Fig. 10. Measuring the accommodation distance of 2D image

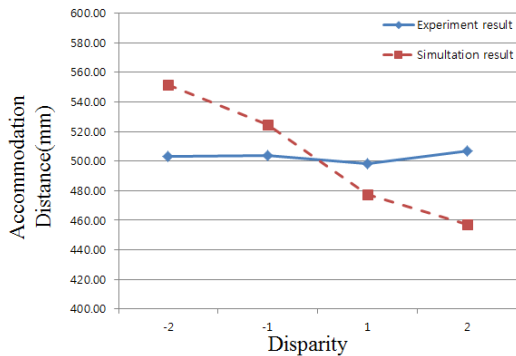
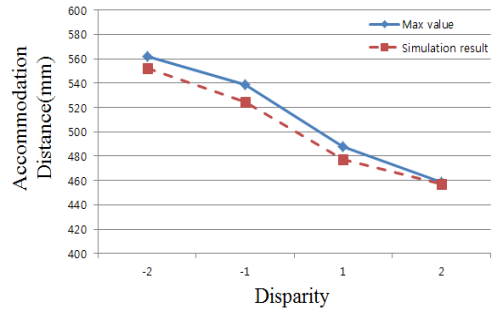


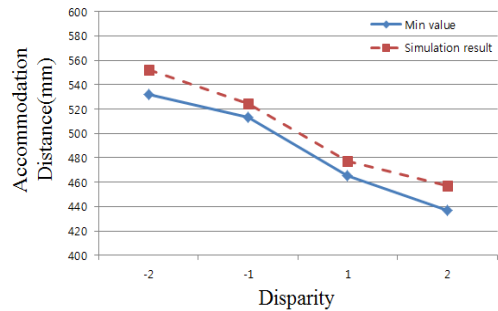
그림 11. 셔터방식 디스플레이의 영상 초점거리 측정  
Fig. 11. Measuring the accommodation distance of shutter type display

로 수렴의 위치는 정확하게 이루어지지만 초점은 항상 디스플레이에 집중된다. 실험을 통해 실제로 양안 방식을 사용한 디스플레이에서 초점과 수렴이 불일치 한다는 사실을 확인할 수 있다.

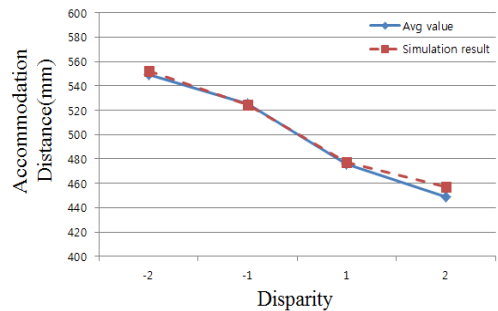
그림 12에서 점선으로 표시된 simulation result는 각각의 disparity에 따라 accommodation distance가 어떻게 변하는지 보여주고 있다. 또한 실선으로 표시된 항목은 제안된 SMV 디스플레이의 측정 결과로써, 10명의 관측자가 관심물체를 관측할 때 결과의 평균을 보여준다. Disparity 시점 영상의 시차를 의미하며 영상의 깊이 정보를 변화시키기 위해 사용된 항목으



(a) Maximum average distance



(b) Minimum average distance



(c) Average distance

그림 12. 제안된 3D 디스플레이의 초점거리 측정  
Fig. 12. Measuring the accommodation distance of proposed 3D display

로 초점과 수렴의 불일치를 해결하는 직접적인 요소는 아니다. 영상의 시차 값이 변하면 관심물체의 깊이 정보가 변해 초점거리 역시 변경되고 accommodation distance 항목은 disparity에 따라 변화된 초점거리를 나타낸다. 그림 12 (a)와 그림 12(b)는 측정값의 최댓값과 최솟값을 나타내고 그림 12 (c)는 평균값을 나타낸다. 실험을 통해 각각의 disparity에 따라 accommodation distance 항목이 변하는 것을 확인할 수 있다. Disparity 값이 2일 때 다른 결과보다 큰 오차가 발생했지만 이는 연속된 측정으로 인한 관측자들의 집중도 하락 및 눈의 피로에 따른 오차이다. 실험을 통해 확인한 측정값을 통해 제안된 디스플레이에 의해 영상에 대한 깊이정보가 변하면 관측자의 초점반응도 동일하게 변하는 것을 확인할 수 있다.

표 1은 위 결과에 대한 수치를 나타낸다.

카메라를 사용한 실험에서 좌측의 영상은 디스플레이를 기준으로 뒤로 8mm의 위치에 깊이 값이 생성되도록 하고, 우측의 영상은 디스플레이를 기준으로 앞으로 7mm의 위치에 생성된다. 좌측과 우측의 영상의 깊이 값이 서로 다르므로 각 영상의 가장 깨끗한 영상을 확인하기 위해서는 카메라의 초점거리도 변경되어야 한다. 이 과정을 통해 구성된 SMV 디스플레이가 제안된 방법으로 작동한다는 것을 확인할 수 있고 수렴거리에 따라 초점거리도 변함을 확인할 수 있다. 하지만 보다 정확한 결과를 확인하기 검안기를 사용한 실험을 진행하였다. 영상을 각각 관측위치로부터 551.88mm, 524.66mm, 477.55mm, 457.04mm의 깊이 값을 가지는 경우에 대하여 실험을 진행하였다. 검안기를 사용한 실험을 통해 관측하고자 하는 물체의 깊이 값이 변할 때 관측자의 초점거리도 변하는 것을 확인할 수 있다. 실험의 결과로부터 SMV를 사용하여 입체영상을 관측할 때 깊이 값에 따라 관측자의 초점거리가 변하는 것을 확인할 수 있었다. 이로 인해 기존의 안경방식 3D 디스플레이에서 발생하는 초점과 수렴의 불일치 문제가 개선되었음을 확인할 수 있었다.

표 1. 초점거리 측정 실험 결과  
Table 1. Experiment result of measuring the accommodation distance

Disparity	Max(mm)	Min(mm)	Avg(mm)
-2	561.99	532.18	549.08
-1	538.66	513.24	525.52
1	487.66	465.10	475.67
2	458.75	436.77	448.81

#### IV. 결 론

본 논문에서는 3D 디스플레이 기술의 하나인 멀티뷰 디스플레이에서 발생하는 해상도 저하 문제와 안경방식 3D 디스플레이에서 발생하는 초점과 수렴의 불일치로 생기는 문제점을 개선하기 새로운 SMV 디스플레이를 제안하였다. 기존의 멀티뷰는 시점의 수가 늘어나면 보다 부드러운 입체영상을 관측할 수 있다. 하지만 시점이 증가할수록 해상도가 저하된다는 문제점이 있다. 또한 안경방식 3D 디스플레이는 양안시차와 수렴의 두 가지 요소를 이용해 입체영상을 확인할 수 있지만 초점과 수렴의 불일치로 인해 관측자로 하여금 피로감을 느끼게 하는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 기존의 멀티뷰와 안경방식 3D 디스플레이를 결합한 형태의 디스플레이를 제안하였고, 새로운 SMV 디스플레이를 통해 기존의 디스플레이에서 발생하는 문제점이 개선되었는지 확인하였다. 제안된 방법으로 SMV 디스플레이를 구성하여 양안에 제공되는 영상의 깊이 값의 변화를 카메라와 검안기를 사용한 실험을 통해 확인할 수 있었다.

앞으로 관측자와 디스플레이사이의 측정거리 변화에 따라 발생하는 문제점을 해결하기 위해 관측자의 위치를 파악해 가변적으로 변하는 SPB를 구성할 필요가 있다.

#### References

- [1] K. C. Kwon, J. K. Choi, Y. S. Choi, and N. Kim, "Image recording & playback of stereoscopic microscope system," *Photonics Conf.*, pp. 177-178, Yongpyong, Korea, Oct. 2002.
- [2] J. H. Kim, J. S. Son, S. J. Park, and S. C. Kwon, "Clinical consideration of visual fatigue on 3D images," *J. KICS*, vol. 38C, no. 11, pp. 990-999, Nov. 2013.
- [3] Y. Takaki, K. Tanaka, and J. Nakamura, "Super multi-view with a lower resolution flat-panel display," *J. Optics Express*, vol. 19, no. 5, pp. 4129-4139, Feb. 2011.
- [4] Y. Kajiki, H. Yoshikawa, and T. Honda, "Hologram-like video images by 45-view stereoscopic display," in *Proc. SPIE*, vol. 3012, pp. 154-166, California, USA, Feb. 1997.
- [5] T. Okoshi, *Three Dimensional Images*

*Techniques*, Academic Press, 1976.

- [6] B. Javidi and F. Okano, *Three-Dimensional Television, Video and Display Technologies*, Springer Press, 2002.
- [7] O. H. Willemsen, S. T. de Zwart, M. G. H. Hiddink, D. K. G. de Boer, and M. P. C. M. Krijn "Multi-view 3D displays," *SID symp. digest of technical papers*, vol. 38, no. 1, pp. 1154-1157, May 2007.
- [8] H. D. Lee and M. C. Park, "Autostereoscopic display simulator for providing an optimal viewing zone," *J. KICS*, vol. 37A, no. 08, pp. 698-705, Aug. 2012.
- [9] K. Mashitani, H Takahashi and T. Aida "Multi-view glass-less 3-D display by parallax barrier of step structure," *J. Memoirs of the Faculty of Engineering*, vol. 48, pp. 1-8, 2007.
- [10] K. H. Lee and M. C. Park, "Innovative method to expand a degree of freedom of observation in the depth direction without losses of the horizontal number of views in autostereoscopic multi-views 3D display system," *J. KICS*, vol. 38C, no. 10, pp. 903-910, Oct. 2013.
- [11] J. Y. Son and B. Javidi, "Three-dimensional imaging method based on multiview images," *J. Display Technology*, vol. 1, no. 1, pp. 125-140, Sept. 2005
- [12] S. K. Kim, "Multiview 3D display technology," *Korea society broadcasting engineers mag.*, vol. 15, no. 1, pp. 100-109, Mar. 2010.
- [13] J. H. Park, "Introduction to 3D display technology and development trends," *J. Information display*, vol. 10, pp. 2-14, Mar. 2009.
- [14] K. Mashitani, H. Takahashi, and T. AIDA, "Multi-View Glass-Less 3-D Display by Parallax Barrier of Step Structure," *Mem. Fac. Eng., Osaka City Univ.*, vol. 48, pp. 1-8, Sept. 2007.
- [15] A. Boev, K. Raunio, A. Gotchev, and K. Egiazarian, "GPU-based Algorithms for Optimized Visualization and Crosstalk Mitigation on a Multiview Display," in *Proc. SPIE*, vol. 6803, California, USA, Jan. 2008.

**이 현 민 (Hyun-Min Lee)**



2010년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업  
 2012년 8월 : 충북대학교 정보통신 공학과 석사  
 <관심분야> 정보통신공학, 광통신 공학, 초다시점 3D 디스플레이, 다시점 3D 디스플레이

**권 기 철 (Ki-Chul Kwon)**



1996년 2월 : 상주대학교 전기전자공학과 졸업  
 2000년 2월 : 충남대학교 전공학과 석사  
 2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 박사

2002년~2008년 : 프리즘테크 부설 연구소 연구원  
 2008년~현재 : 충북대학교 연구교수  
 <관심분야> 디지털 영상처리 및 의료영상처리, 입체영상 처리 시스템

**박 재 형 (Jae-Hyeung Park)**



2000년 2월 : 서울대학교 전기공학부 졸업  
 2002년 2월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사  
 2005년 8월 : 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사  
 2007년 8월 : 삼성전자 LCD

총괄 책임연구원  
 2007년 9월~2013년 2월 : 충북대학교 전기 전자컴퓨터 공학부 부교수  
 2013년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신공학부 부교수  
 <관심분야> 3D 디스플레이, 광정보처리



김 성 규 (Sung-Kyu kim)



2000년 : 고려대학교 물리학과  
양자광학 박사  
1999년~2001년 : 일본 우정성 산  
하 TAO “3D TV Project” 해  
외 초청 연구원  
2007년~2008년 : 미국 UIC EVL  
에서 방문연구

2001년~현재 : 한국과학기술연구원 영상미디어센터  
책임연구원

<관심분야> 다초점 3차원 영상 표시 장치, 다시점 3D  
디스플레이, 동공 추적 방식의 다시점 3차원 영상  
표시 시스템, 초다시점 3차원 영상 표시 장치, 홀로  
그래픽 영상 표시 장치, 디지털 홀로그래피, 회절 광  
학 소자, 디지털 홀로그래피 현미경, 타일형 무안경  
식 3차원 가상현실 시스템

민 성 욱 (Sung-Wook Min)



1991년 3월~1995년 2월 : 서울  
대학교 전기공학부 졸업  
1995년 3월~1997년 2월 : 서울  
대학교 전기공학부 석사  
1997년 3월~2004년 8월 : 서울  
대학교 전기공학부 박사  
1997년~1998년 삼성전자 주임  
연구원

2005년~2007년 Virginia Tech Post doctor

2007년~현재 경희대학교 조교수

<관심분야> 3D 디스플레이, 광정보처리

김 남 (Nam Kim)



1981년 2월 : 연세대학교 전자  
공학과 졸업  
1983년 2월 : 연세대학교 전자  
공학과 석사  
1988년 8월 : 연세대학교 전자  
공학과 박사  
1992년 8월~1993년 8월 : 미국  
Stanford대학교방문교수

2000년 3월~2001년 2월 : 미국 California Technology  
Institute 방문교수

1989년~현재 : 충북대학교 전자정보대학 교수

<관심분야> 광정보처리, 광통신, 이동 통신 및 전파  
전파, 마이크로파 전송 선로 해석, EMI/EMC 및 전  
자파 인체보호 규격