

최적 입체시를 제공하기 위한 상호작용 기반 다시점 모바일 디스플레이 모의장치 개발

이 동 수*, 이 광 훈*, 박 민 철^o

Development of Multi-View Simulator for Mobile Display based on Augmented Reality for Providing an Optimum Viewing Zone

Dong-Su Lee*, Kwang-Hoon Lee*, Min-Chul Park^o

요 약

무안경방식 입체 디스플레이에서 유발되는 크로스토크는 최적 입체시를 저해하는 요소로 작용한다. 이런 이유로 디스플레이 개발자들은 최적 입체시를 위해서 반드시 크로스토크를 고려해야 한다. 그러나 다양한 디스플레이의 특성과 시청 환경에 따라서 실제 디스플레이 설계에서 정량적으로 측정하기 어렵다. 따라서 본 논문은 무안경방식 입체 디스플레이에서 발생하는 주요 인자들을 정량적으로 측정하고 이들 상호적인 관계를 정성적으로 분석할 수 있는 시뮬레이터를 개발함으로써 최적의 모바일용 입체시를 가이드 할 수 있는 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 증강 현실(augmented reality) 기술을 이용하여 모바일용 시청 영역 범위를 가이드 한다. 실험 및 시뮬레이션 결과에서, 제안한 시뮬레이터는 모바일 디스플레이를 사용하는 실제 공간에서 발생할 수 있는 시역간 크로스토크를 가시화 하여 디스플레이 개발자들이 상호작용을 통하여 최적의 입체시 제공할 수 있도록 디스플레이를 직관적으로 설계할 수 있도록 한다.

Key Words : multi-view, mobile, autostereoscopic display, simulator, crosstalk

ABSTRACT

Crosstalk has been regarded as one of inherent problems in a factor disturbing optimal viewing experiences. For this reason, display developers address the crosstalk issues. However, due to various display characteristics and viewing environments it is hard to estimate the crosstalk generated in real space. This paper proposes an interactive multi-view display simulator based on augmented reality for developing mobile autostereoscopic displays. This display simulator can be used for the developers to estimate the crosstalk and find optimal viewing zone intuitively. Typical parameters for mobile phone use are applied for the estimation. The proposed simulator provides visualized crosstalk in real space for them to determine better viewing zone interactively. The proposed system is expected to help establish ergonomic guidelines for mobile multi-view autostereoscopic display developers, designers, and viewers.

※ 본 연구는 본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업 [2010-10038745, 인체안전성을 위한 3D 기기/장비 중심의 휴먼팩터 연구과 KIST 미래원천사업의 일환으로 수행하였음(과제번호 2E23831).

♦ First Author : 한국과학기술연구원 센서시스템연구센터, 022923@kist.re.kr, 정희원

° Corresponding Author : 한국과학기술연구원 센서시스템연구센터, minchul@kist.re.kr, 정희원

* 한국광기술원 3D융합연구센터, geniuspb@kopti.re.kr

논문번호 : KICS2013-08-004, 접수일자 : 2013년 8월 1일, 최종논문접수일자 : 2013년 10월 11일

I. 서 론

휴먼팩터는 3D 시각피로나 신체적 불편감을 유발하는 시청자 요인, 콘텐츠 요인, 시청환경, 디스플레이 요인들과 인간의 공간 지각 사이의 함수 관계를 규명하는 것을 목적으로 한다¹⁻³⁾. 과장된 깊이감 및 입체시 효과 위주의 콘텐츠는 장시간 동안 안전한 시청을 방해하는 요소가 되고 있다. 이러한 이유로, 입체시 분야는 위화감 없는 자연스러운 입체시 정보의 제공 및 수용에 관련된 휴먼팩터 연구에 초점을 두고 있다. 현실감을 제공하기 위한 3차원 입체영상 기술은 스테레오 비전의 중요성에 따라서 결정된다. 여기서 양안 시차(binocular disparity)는 스테레오스코픽 입체 디스플레이를 경험하게 하는 결정적인 요인이다.

3차원 영상을 디스플레이하는 방법에는 특별하게 제작된 안경을 착용한 스테레오 영상을 디스플레이하는 방법과 안경을 착용하지 않는 무안경방식 입체 디스플레이 방법이 있다. 무안경방식 입체 디스플레이는 각 지역의 정보가 관찰자 위치의 좌우 양안에 교차된 정보가 들어오는 경우 크로스토크(crosstalk) 현상을 느끼게 된다. 이 크로스토크는 입체시의 질을 방해하는 주요 요소이다^{4,5)}. 따라서 시청자가 안전하고 편안한 입체영상 정보를 수용하기 위해서는 입체 디스플레이 시스템 환경 및 관찰자 환경에 대한 정량적인 가이드라인의 정의가 필요하다. 입체영상시청에 대한 안정성평가의 가이드라인이 일부 제시되기도 하였지만 입체 디스플레이 환경 및 관찰환경과 관련된 주요 인자들의 기여도에 대한 정량적 분석은 관찰자의 다양한 주관적 평가로 정량화가 쉽지 않다^{6,7)}. 크로스토크를 정량적으로 조절하는 방법으로는 무안경방식 입체 디스플레이 시스템의 시역을 형성하는 광학계의 변수로 정의할 수 있다⁸⁾. 최근 연구는 광학계의 변수로 화소폭, 배리어(barrier)의 폭, 개구폭 및 이격거리 등과 같은 기구적 요인의 변수들을 제어하여 크로스토크를 최소화하는 연구가 개발되고 있다⁹⁻¹²⁾.

본 연구는 무안경방식의 입체 디스플레이에서 발생하는 기구적인 요인의 크로스토크의 정량화하는 디스플레이 개발자 위한 시뮬레이션 툴 시스템을 개발한다. 제안한 시뮬레이터는 디스플레이의 크기, 해상도, 관찰거리, 시점(viewpoint), 양안 간격의 정보 및 관찰거리의 정보를 입력 받아 모바일 환경의 무안경방식 입체 디스플레이의 이상적인 상태에서의 배리어와 개구폭의 개수, 광량, 크로스토크 및 시역폭을 계산한다. 또한 합성현실(mixed reality)을 이용하여 시스템 설계자가 설계에 필요한 정량적 수치와 시뮬레이션에서

관측된 결과를 인터랙티브하게 비교함으로써 3차원 디스플레이의 크로스토크를 줄이는 최적의 파라미터를 추출할 수 있다.

합성현실은 현실적으로 구현이 어려운 문제를 가상적으로 구현하여 접목하려는 증강 현실(augmented reality)이다¹³⁾. 이는 제품화되기 이전에 다양한 형태를 갖는 3D 디스플레이를 대상으로 관찰 면을 기준으로 수평, 깊이방향으로 크로스토크가 최소화되는 최적 입체시역을 가지화 할 수 있는 시뮬레이션을 수행할 수 있다. 실험 결과에서는 무안경방식 입체 스마트폰을 이용하여 사용자의 인터랙티브한 관찰거리에 따라서 직관적으로 3차원 디스플레이의 시역폭과 확장된 시역폭, 크로스토크를 확인할 수 있다. 이를 통해 사용자는 임의의 3차원 디스플레이에 대한 수평, 깊이 방향의 시점간 중심위치, 시역폭, 인접한 지역간 겹치는 현상을 기시화하여 디스플레이 개발자들은 능동적으로 최적의 입체 시역을 수행하는 영역을 찾을 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무안경방식 최적 입체시 계산 시뮬레이터를 이용한 합성현실을 소개하고, 3장과 4장에서는 각각 제안된 방법을 이용하여 모바일 환경에서 최적 입체시가 제공되는 시뮬레이션과 실험 결과를 보여준다. 그리고 5장에서 결론으로 끝을 맺는다.

II. 본 론

일반적으로 현실을 기반으로 가상 정보를 합성하는 방법으로 증강 현실이 있다. 합성현실은 현실 세계를 바탕으로 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 생성된 가상의 환경을 접목하는 작업을 수행한다. 본 연구는 무안경방식 디스플레이의 최적 입체시 계산 시뮬레이터를 이용하여 모바일 환경의 무안경방식 입체 디스플레이의 사용자가 인터랙티브하게 광량과 크로스토크를 예측하여 능동적으로 대처할 수 있는 환경을 개발한다^{14,15)}. 그림 1은 제안한 최적 입체시 계산 시뮬레이터를 이용하여 합성현실을 수행하는 절차를 나타낸다. 합성현실의 절차는 먼저 입력 받은 디스플레이의 파라미터를 최적 입체시 계산 시뮬레이터를 이용하여 광량과 크로스토크를 계산한다. 이후 계산된 디스플레이의 광량은 터치스크린 상에 출력되고 터치스크린 상에 입력된 관찰거리 정보를 이용하여 해당 위치에서 발생하는 크로스토크를 모니터링하게 된다.

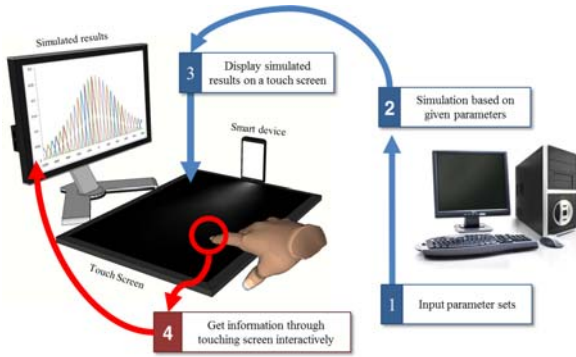


그림 1. 최적 입체시 계산 시뮬레이터를 이용한 합성현실 구현 개념도
 Fig. 1. Block diagram of the mixed reality implementation using the proposed simulator providing an optimal viewing zone.

최적 입체시 계산 시뮬레이터는 디스플레이의 해상도, 관찰거리, 시점, 눈 사이의 거리 정보를 입력받아 무안경방식 입체 디스플레이에서 재생되는 광량분포, 크로스토크, 개구폭의 개수 및 시역폭을 계산한다. 그림 2는 무안경방식 입체 디스플레이의 관찰 면에서 형성되는 밝기분포와 관찰자의 깊이 방향으로 형성되는 확장된 밝기분포의 개념도를 나타낸다. 관찰 면에서 생성되는 시역형성에 대한 조건은 디스플레이에서 재생되는 단위화소의 폭(P), 시역형성 광학계의 개구폭(A), 관찰거리(V), 디스플레이면으로부터 이격된 시차장벽시트까지의 거리(D)와 관련이 있다. 제안한 시뮬레이터에 의해 계산된 무안경방식 입체 디스플레이의 정보는 합성현실 과정을 통하여 제품화되기 이전에 다양한 형태와 크기를 가지는 모바일 디스플레이의 생산에 가이드 역할 수행이 가능하다.

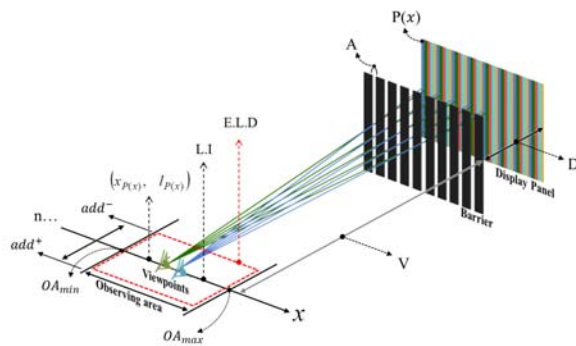


그림 2. 관찰영역에 따른 밝기분포 및 깊이 방향의 확장된 영역의 밝기분포 개념도
 Fig. 2. Schematic diagram of luminance intensity and extended luminance distribution corresponding to a viewing zone.

관찰 면의 위치에서 형성된 밝기분포(luminance intensity, L.I.)는 해당 지역이 인접한 지역과의 중

첩이 있을 때, 이를 인접한 지역간 크로스토크라고 한다. 이 때 계산된 결과는 최적의 관찰 위치에서의 각 시점별 x 축 방향에 따른 밝기 분포를 나타낸다. 식 (1)은 관찰 면의 한 점과, 관찰 면의 한 점에 도달하는 광량을 계산한 식이다.

$$L.I. = \sum_n \sum_{OA_{min}}^{OA_{max}} (x_{P(x)}, l_{P(x)}) \quad (1)$$

위 식 (1)에서 OA_{max} 와 OA_{min} 은 관찰영역의 양 끝단을 나타내고, n 은 총 시점 수를 나타낸다. $x_{P(x)}$ 는 디스플레이의 구조적인 특징에 의해 정의되는 관찰 면의 한 점이고, $l_{P(x)}$ 는 관찰 면의 한 점에 도달하는 광량을 나타낸다. 광량은 해당 시점의 단위화소로부터 발산하는 광선의 출사각이 증가할수록 감소한다. 따라서 디스플레이의 중심에서 벗어난 관찰자일 경우, 디스플레이 중심 위치의 관찰자의 경우보다 어두운 화면을 시청하게 된다. 아래 식 (3)은 관찰 면의 한 점과 관찰 면에 한 점에 도달하는 광량의 관계를 나타낸다.

$$x_{P(x)} = \frac{(V+D)(A-P(x))}{D} - P(x) \quad (2)$$

$$l_{P(x)} = L \frac{P(x) \cos^2 \left[\tan^{-1} \left[\frac{x_{P(x)}}{V+D} \right] \right]}{(V+D)^2 + x_{P(x)}^2} \quad (3)$$

위 식 (3)에서 L 은 디스플레이에서 재생된 단위화소를 나타낸다. 식 (1)에서의 밝기분포는 디스플레이면과 관찰자 사이의 영역에 해당하는 밝기분포 및 시역간 크로스토크 현상은 관찰하기 어렵다. 그러므로 디스플레이면과 관찰자 사이의 방향(z 축)과 관찰 면(x 축)의 유효관찰영역을 계산하는 보다 정확한 시점영상의 밝기분포를 계산하는 것이 필요하다. 식 (4)는 최적의 관찰 면과 이 면을 기준으로 디스플레이와 관찰자 방향으로 일정 범위의 관찰 면 영역을 확장한 영역에서의 밝기분포(extended luminance distribution, E.L.D)를 나타낸다.¹⁴

$$E.L.D. = \sum_{add^-}^{add^+} \sum_n \sum_{OA_{min}}^{OA_{max}} (x_{P(x)}, l_{P(x)}) \quad (4)$$

위 식 (4)에 의해 계산되는 광량 및 크로스토크는 디스플레이이 전면의 유효관찰영역에서의 각 시점 영상에 대한 밝기분포가 된다. add^+ 와 add^- 는 z 축

방향으로 확장된 관찰영역이다. 모바일 환경의 스테레오스코픽 다시점 입체 디스플레이의 관찰거리에 따른 시역폭과 확장된 시역분포를 통해, 사용자는 모바일 환경의 3D 디스플레이에서 크로스토크의 범위를 직관적으로 확인하고 능동적으로 대처할 수 있다. 또한 정량적으로 계산된 크로스토크 값을 확인하여 크로스토크가 최소화 되는 지점의 시청영역에서 입체 영상의 관찰이 가능하다.

III. 시뮬레이션 결과

실험 및 시뮬레이션은 LG-SU870 모바일 디스플레이 디바이스의 파라미터 정보를 이용하여 합성현실을 수행하였다. 제안한 시뮬레이터는 합성현실의 절차에 따라 마우스의 입력받은 관찰거리에서 관찰 면의 밝기분포와 깊이 방향으로 확장된 관찰영역의 광량분포를 계산하였다. 시뮬레이션에서 계산된 광량 분포와 크로스토크 정보는 실험에서 사용자가 능동적으로 최적의 입체시 구역을 예측하고 대처할 수 있다. 시뮬레이션에 사용된 컴퓨터 사양은 쿼드 코어 3.4GHz CPU이고 Visual Studio 2008 C++ 개발 환경을 이용하여 구현하였다. 구현된 시뮬레이터는 OpenMP를 적용하여 멀티코어 환경에 맞게 병렬 처리 방식으로 수행하였다. 그림 3은 제안된 시뮬레이터를 이용하여 모바일 환경에서 최적시청 영역을 계산하는 개념도를 나타낸다. 시뮬레이션에서 모바일 디스플레이의 관찰면과 관찰자 간의 거리는 500mm이고, 총 2개의 뷰에 대한 밝기분포 및 확장된 시역폭을 계산하였다.

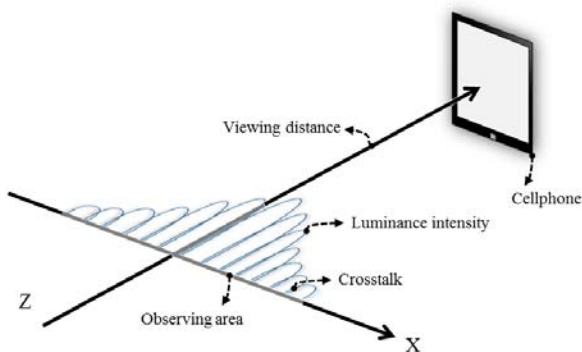


그림 3. 임의의 관찰 면에서 광량 및 크로스토크 분포
Fig. 3. Luminance and crosstalk distribution in arbitrary viewing plane.

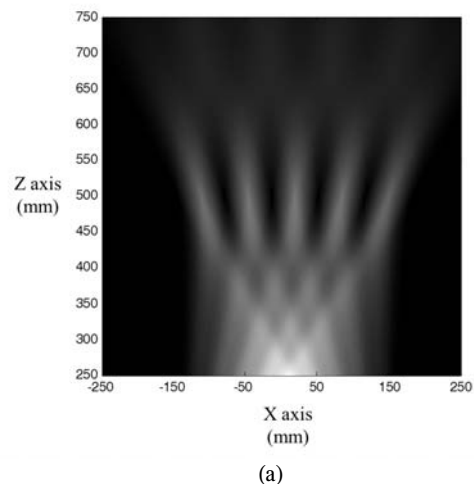
시뮬레이터의 계산 영역은 관찰거리 500mm에서 디스플레이의 중심으로부터 x 축 방향으로 -250mm에서 250mm까지, 확장된 관찰영역으로 z 축 방향으로 -

250mm에서 +250mm까지 모바일 시청환경을 고려하여 설정하였다. 표 1은 시뮬레이션에 사용된 모바일 디바이스의 시스템 파라미터 및 시뮬레이션에 적용한 파라미터들이다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터 값
Table 1. Parameter sets for the simulation.

Parameters	Values
Display resolution	480×800
Total number of viewpoint	2
Width of viewing section	32.5mm
Sub-pixel size	0.1171mm
Viewing distance	500mm
Observing area	-250mm ~ +250mm
Extended observing area	-250mm ~ +250mm

그림 4는 총 2개의 시점에 대한 각 시점별 광량을 나타낸다. 그림 4(a)는 첫 번째 뷰에 대한 광량을 나타내며, 그림 4(b)는 두 번째 뷰에 대한 광량을 나타낸다. 그림 4에서 나타나듯이, z 축으로 관찰거리 500mm 지점에서 5개의 서로 다른 발산된 광선이 투과 가능한 시역형성 영역을 보인다. 이 시역영역은 시뮬레이션 파라미터 값에 주어진 디스플레이 정보에 의해 결정되며 5개의 밝은 영역 부분에서 크로스토크가 없는 입체 영상을 관측할 수 있다.



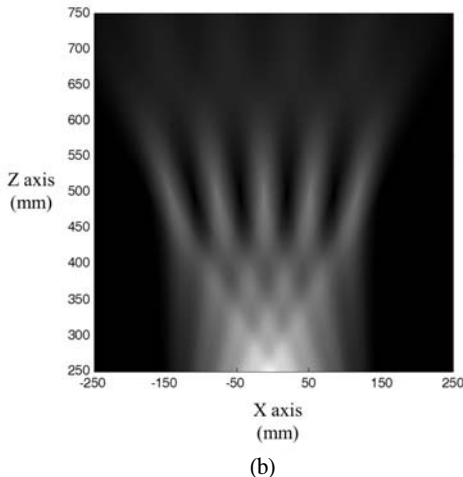


그림 4. 시뮬레이터에 의해 계산된 확장된 시역분포 결과, (a) 1번째 뷰, (b) 두 번째 뷰
 Fig. 4. Results of the extended luminance distribution calculated by the parameter sets, (a) 1st view, (b) 2nd view.

그림 5는 그림 4의 2개의 뷰에서 관측된 광량분포를 이용하여 총 뷰에 해당하는 합성 광량정보와 관찰지점에서의 크로스토크를 측정된 영상들이다. 모바일 환경의 무안경방식 입체 디스플레이를 이용하여 콘텐츠를 재생할 경우 각 시점의 광량 정보를 합한 그림 5(a)를 이용하여 사용자는 공간상에 재생되는 콘텐츠의 광량분포를 직관적으로 관찰 할 수 있다. 그림 5(b)는 주어진 500mm 관찰지점에서 3D 콘텐츠 시청을 위한 최적의 입체시 영역을 능동적으로 관찰 할 수 있는 크로스토크 분포를 정량적으로 나타낸다.

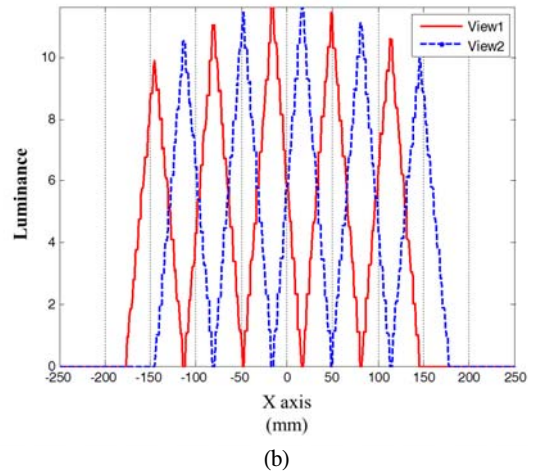
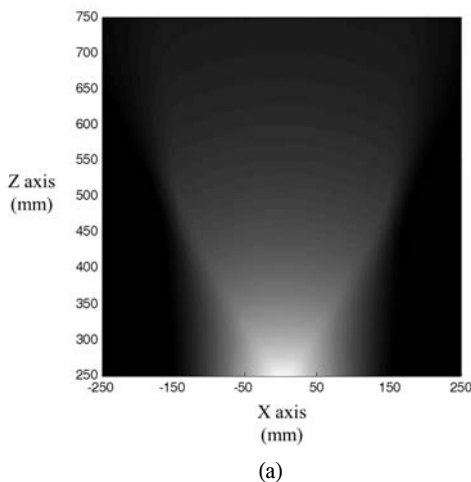


그림 5. (a) 2개 뷰의 확장된 시역폭의 광량분포, (b) 관찰거리 500mm 지점의 크로스토크
 Fig. 5. A summated image of the extended luminance distribution of 2 view images, (b) crosstalk at 500mm viewing distance.

그림 6은 표 1의 시뮬레이터 및 실험 환경 파라미터에 의해 수행된 시뮬레이터의 수행 성능을 나타낸다. OpenMP를 이용한 병렬처리 방식으로 각 뷰별 수행 시간은 46.5sec, 48.2sec이고 총 수행시간은 94.8sec이다.

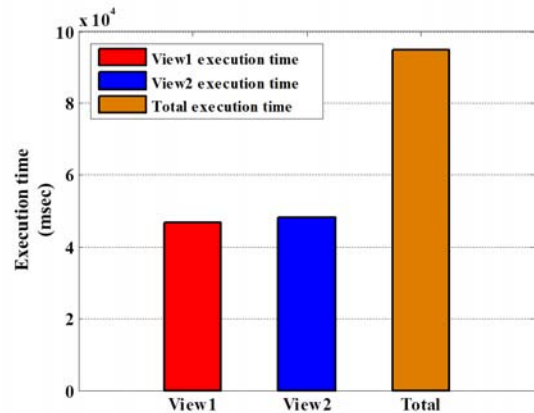


그림 6. 입력받은 파라미터로 계산한 시뮬레이터의 수행 시간
 Fig. 6. Performance the proposed simulator calculated by the parameter sets in Table 1.

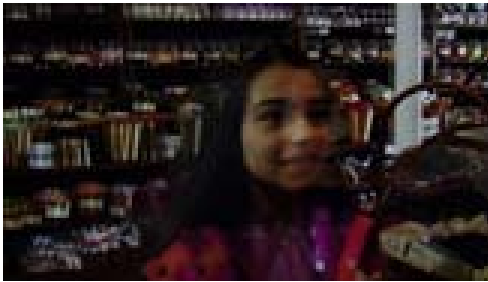
IV. 실험 결과

실험은 LG-SU870 스마트 폰에 Call of The Wild의 3D 동영상 콘텐츠를 실행하여 표 1의 파라미터 환경에서 광량과 크로스토크를 관찰하였다. 그림 7은 관찰한 동영상의 실제 실험 환경 및 크로스토크발생 결과를 나타낸다. 인터랙티브하게 입력한 관찰거리에서 시역폭 영역에 해당하는 광량과 동영상의 크로스토크

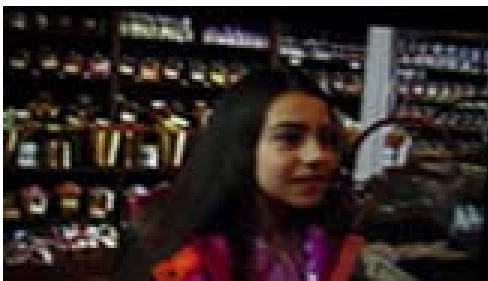
를 나타낸다. 그림 7(a)는 500mm 관찰거리에서의 실제 실험 환경을 나타내고, 그림 7(b)와 7(c)는 각각 200mm와 500mm에 해당하는 관찰거리에서 촬영한 3D 동영상의 크로스토크를 나타낸다. 그림 7(c)처럼 제안한 시뮬레이터에 의해 계산된 결과와 동일하게 관찰거리 500mm에서 최적의 입체시 영역을 나타낸다.



(a)



(b)



(c)

그림 7. (a) 500mm 관찰거리의 실험 환경, (b) 관찰거리 200mm에서 관찰된 크로스토크, 관찰거리 500mm에서 관찰된 크로스토크

Fig. 7. Experiment results, (a) viewing environment at 200 mm viewing distance, crosstalk observing at (b) 200 mm viewing distance, (c) 500 mm viewing distance.

제안된 시뮬레이터는 입력받은 파라미터 정보에 의해 수초에서 수백초 안에 무안경방식 입체 디스플레이의 대략적인 광량정보와 크로스토크 결과를 확인할 수 있도록 설계되었다. 이를 활용하여 디스플레이 설계자는 크로스토크가 최소화 되도록 3D 디스플레이를 설계할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 모바일 환경의 무안경방식 입체 디스플레이에서 유발되는 크로스토크를 사용자의 관찰 거리에 따라서 인터랙티브하게 정성적 및 정량적으로 분석하고, 최적의 입체시 시청을 위한 유효관찰영역을 분석 가능한 시뮬레이션 툴을 개발하였다. 또한 제안한 합성현실 절차를 이용하여 최적의 입체시 시청을 위한 유효관찰영역의 크로스토크를 가시화하여 관찰자에게 직관적으로 제공함으로써, 관찰자는 휴대용 입체 디스플레이 환경에 능동적으로 대처하여 최적의 입체시를 시청할 수 있다. 본 연구의 결과 활용은 모바일 환경의 무안경방식 입체 디스플레이에서 사용자가 보다 효과적인 입체시 환경을 제공하는 디스플레이 개발이 가능하다. 개발된 다시점 모바일 디스플레이 모의장치 시스템은 향후 연구과제로 시점수를 다양한 시점에서 최적의 입체시를 제시하여 초다시점 디스플레이 연구로 활용이 가능하다.

References

- [1] F. L. Kooi and A. Toet, "Visual comfort of binocular and 3D displays," *Displays*, vol. 25, no. 2-3, pp. 99-108, Aug. 2004.
- [2] J. C. Yang, K. C. Huang, C. L. Wu, K. Lee, and S. L. Hwang, "Human factor study on the crosstalk of multiview autostereoscopic displays," *Proc. SPIE*, vol. 7690, pp. 10-1-10-9, May 2010.
- [3] A. J. Woods, N. S. Holliman, and N. A. Dodgson, "System-crosstalk effect on stereopsis human factor study for 3D displays," *Proc. SPIE*, vol. 7524, pp. U-1-U-8, Jan. 2010.
- [4] H. Urey, K. V. Chellappan, E. Erden, and P. Surman, "State of the art in stereoscopic and autostereoscopic displays," *Proc. IEEE*, vol. 99, no. 4, pp. 540-555, Apr. 2011.
- [5] L. Wang, K. Teunissen, Y. Tu, L. Chen, P. Zhang, T. Zhang, and I. Heynderickx, "Crosstalk evaluation in stereoscopic display," *J. Display Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 208-214, Apr. 2011.
- [6] S. Lee and Y. Kwak, "Crosstalk characterization of stereoscopic 3D display,"

in *Proc. 8th Color Imaging Conf.*, pp. 318-321, San Antonio, U.S.A., Nov. 2010.

[7] J. Son, B. Javidi, S. Yano, and K. H. Choi, "Recent developments in 3-D imaging technologies," *J. Display Technol.*, vol. 6, no. 10, pp. 394-403, Oct. 2010.

[8] I. Tsirlin, L. M. Wilcox, and R. S. Allison, "The effect of crosstalk on the perceived depth from disparity and monocular occlusions," *IEEE. Trans. Broadcast.*, vol. 57, no. 2, pp. 445-453, June 2011.

[9] H. Ujike, S. Uehara, A. Yuuki, G. Hamagishi, K. Taira, T. Koike, K. Izumi, Y. Hisatake, and Y. Nakano, "Human factors of autostereoscopic displays for standardization," in *Proc. Virginia Inst. Marine Sci. (VIMS)*, Utrecht, Netherlands, June 2009.

[10] J. Son, Y. Vashpanov, M.-S. Kim, M. C. Park, and J. S. Kim, "Image light distribution in the multiview 3-D imaging system," *J. Display Technol.*, vol. 6, no. 8 pp. 336-345, Aug. 2010.

[11] V. V. Saveljev, J. Son, S. H. Kim, D. S. Kim, M. C. Park, and Y. C. Song, "Image mixing in multiview three-dimensional imaging systems," *J. Display Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 319-323, Sep. 2008.

[12] Y. F. Peng, H. F. Li, Z. R. Zheng, X. X. Xia, Z. Yao, and X. Liu, "Crosstalk evaluation in multiview autostereoscopic three-dimensional displays with an optimized diaphragm applied," *J. Display Technol.*, vol. 13, no. 2, pp. 83-89, June 2012.

[13] R. T. Azuma, "A survey of augmented reality," *Presence: Teleoperators and Virtual Environment*, vol. 6, no. 4, pp. 355-385, Aug. 1997.

[14] H. D. Lee and M. C. Park, "Autostereoscopic display simulator for providing an optimal viewing zone," *J. Commun. Networks*, vol. 37A, no. 8, pp. 698-705, Aug. 2012.

[15] M. C. Park, H. D. Lee, and J. Son, "3D display simulator based on mixed reality," *Proc. SPIE*, vol. 8384, pp. 12-1-12-6, Apr. 2012.

이 동 수 (Dong-Su Lee)



2007년 2월 대구대학교 멀티 미디어공학과 학사
 2009년 2월 대구대학교 정보 통신공학과 석사
 2012년 8월 대구대학교 정보 통신공학과 박사
 2012년 9월~현재 한과학기술 연구원 센서시스템연구센터 연구원

<관심분야> 신호 및 영상처리, 3D 디스플레이

이 광 훈 (Kwang-Hoon Lee)



2000년 2월 순천향대학교 물 리학과 학사
 2002년 2월 순천향대학교 물 리학과 석사
 2012년 2월 건국대학교 신기 술 융합학과 이학박사

2012년 4월~현재 한국광기술원 3D융합연구센터 선임연구원
 <관심분야> 무안경 방식 3D 디스플레이, 홀로그래 픽 디스플레이, 3D휴먼팩터, 광학계설계

박 민 철 (Min-Chul Park)



2000년 3월 동경대학교 전자 정보공학 박사
 2005년 10월 동경이과대학 초 청 교수
 2009년 9월 켈컴연구소 방문 연구원
 2001년 6월~현재 한국과학기술 연구원 센서시스템연구센터 책임연구원

<관심분야> 3D 디스플레이 및 영상처리, 휴먼팩터