

무안경방식 디스플레이에서 최적 입체시를 제공하기 위한 시뮬레이터 구현

이 호 동*, 박 민 철*

Autostereoscopic Display Simulator for Providing an Optimal Viewing Zone

Ho-Dong Lee*, Min-Chul Park*

요 약

무안경 방식 스테레오스코픽 입체 디스플레이 시스템에서 지역간 크로스토크는 입체시를 저해하는 주요 문제이다. 기존 크로스토크에 대한 연구는 관찰자면에서 수평 방향으로 인접한 지역간 겹침비를 정량적으로 분석하는 것이 대부분이었으나, 본 연구에서는 이를 포함, 깊이 방향으로 형성되는 해당시점영상의 밝기분포를 정량화하여 수평, 깊이방향에 따른 유효 관찰영역을 제시함으로써 효과적인 입체시 시청 범위를 제공하는데 목적을 두었다. 본 논문에서는 무안경방식의 스테레오스코픽 입체 디스플레이 환경에서 유발되는 크로스토크의 주요 인자들을 디스플레이 환경 및 관찰환경에서 도출하고 이들의 관계를 정성적으로 분석할 수 있는 알고리즘 개발 및 이를 가시화 할 수 있는 시뮬레이션 툴을 제작하였다. 더불어 시뮬레이션 결과를 응용하여 관찰자를 최적의 입체시 시청 영역으로 유도 할 수 있는 최적입체시 가이드 시스템을 제안하였다.

Key Words : Light, Intensity, Distribution, Crosstalk, Simulator, Autostereoscopic, Display

ABSTRACT

In this paper, we proposed an autostereoscopic display simulator that calculates an extended intensity distribution of light emitted from respective light sources and reaching respective views in an observing area to an observing plane. It simulates intensity distribution in horizontal and vertical observing ranges from the predetermined observing plane and obtains an optimal viewing area image having quantities of light according to respective views based on the intensity distribution data. As a result of the simulation the proposed system enables guiding viewing comfort zone interactively.

I. 서 론

2009년 영화 <아바타> 가 등장한 이후로 세계적인 3D 열풍이 불고 있다. 또한, 2010년 6월 남아공 월드컵에서 3D 방송을 채택함으로써 이제 스크린에서만 아닌 가정에서까지 3D 콘텐츠를 즐길 수 있는 시대에 도달했다. 그러나 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^{[1],[11]}.

넓은 의미에서의 휴먼팩터는 인간의 시각계를 기반으로 시스템을 설계하고 이들의 안전성, 효율성, 쾌적성 등을 실현하는 것을 목적으로 한다. 좁은 의미에서

* 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [10038745, 인체안전성을 위한 3D 기기/장비 중심의 휴먼팩터 연구]

• 주저자 : 한국과학기술연구원 센서시스템연구센터, juragic@kist.re.kr, 정희원

* 한국과학기술연구원 센서시스템연구센터, minchul@kist.re.kr, 정희원

논문번호 : KICS2012-02-049, 접수일자 : 2012년 2월 7일, 최종논문접수일자 : 2012년 7월 23일

의 휴먼팩터는 3D 시각피로나 신체적 불편감을 유발하는 요인들(시청자 요인, 콘텐츠 요인, 시청환경, 디스플레이 요인)과 인간의 공간 지각 사이의 함수 관계를 규명하는 것을 목적으로 한다²⁾. 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^{3,4)}. 이에 본 논문은 시청자가 3D 콘텐츠를 시청할 시 발생하는 신체적 불편감이나 시각피로를 최소화하고, 콘텐츠 제작 시 안전한 입체감을 시청자가 지각할 수 있도록 도와줄 수 있는 최적의 입체시청 가이드 시스템을 제안한다. 제안된 방법의 특징으로는 디스플레이 시스템 및 관찰환경에 대한 지역간 크로스토크^{5,6)}를 정량화하고, 이 중 크로스토크가 최소인 관찰영역을 관찰자에게 음성 또는 영상으로 가이드 하여 최적의 입체시 환경을 제공하는데 있다. 제안된 방법에 사용된 주요 기술에는, 무안경 방식 다시점 입체 디스플레이 시스템의 입체시역 특성 시뮬레이션 기술 및 관찰자 위치 인식 기반의 관찰자 유도 기술이 있다. 결과적으로, 본 연구의 장점은 다양한 무안경 방식 다시점 입체 디스플레이 환경에서 관찰자에게 최적의 입체시 시청 위치를 가이드 함으로서 명확한 입체상의 인지를 유도하는 데 있다. 본 연구결과의 응용으로써, 다시점 입체 디스플레이로부터 형성되는 인접한 지역간 크로스토크량 및 형성된 해당지역 밝기분포도를 관찰자의 발 밑에 표시하여, 관찰자 스스로가 능동적으로 최적의 관찰위치로 이동할 수 있는 유도시스템을 제안하였다.

II. 본 론

인간의 양안은 수평 방향으로 평균 65mm 정도 이격되어 있어, 물체의 위치를 인지할 시, 각 위치에 대한 시차량을 이용하여 상대적 깊이감을 인지한다. 스테레오스코픽 입체 디스플레이는 이러한 양안시차의 원리를 기반으로 개발되었다. 그러나 좌안과 우안에 들어가는 영상이 완벽히 분리되지 않을 경우, 관찰자는 좌우 영상을 모두 시청하는 이중상을 인지하게 된다. 이때, 인간의 시각계는 기존의 경험적 정보와 다른 비 경험적 정보를 인식하며, 따라서 장시간 시청시 어지럼증과 눈의 피로와 같은 시청피로가 유발된다.

이를 정성적으로 분석하면, 스테레오스코픽 입체 디스플레이로부터 제공되는 각 지역의 정보가 관찰자 위치의 좌우 양안에 독립적으로 사영 되지 않고, 일부 혼합된 정보가 들어오는 경우라 할 수 있다. 이런 현상을 크로스토크(Crosstalk)라 하며, 입체시 질을 저해하는 주요 방해요소가 된다. 이러한 크로스토크는 크게 양안 크로스토크(interocular crosstalk)와 3D 크로스토크로 분류할 수 있다. 양안 크로스토크는 한 눈에 들어가야 하는 영상정보가 다른 쪽의 눈에 동시에 들어가는 현상을 의미하며, 3D 크로스토크는 관찰영역에서 해당 시점의 지역에 다른 시점의 지역이 중첩되어 해당 지역의 폭이 좁아지는 현상을 의미한다. 따라서 크로스토크가 심하게 발생할 경우, 사용자가 3D 영상을 볼 때 어지럼증이나 두통이 유발될 수 있다^{7,8)}. 크로스토크를 정량적으로 조절하는 방법으로는 스테레오스코픽 입체 디스플레이 시스템 관점의 ‘구조적 요인조절’을 들 수 있다^{9,10)}. 이에 대한 주요 변수로는 지역을 형성하는 지역형성 광학계 변수로 정의될 수 있다. 시차장벽 시스템의 경우, 화소폭, 배리어의 폭, 개구폭 그리고 시차장벽시트와 LCD 디스플레이 사이의 이격거리가 주요 변수이며, 렌티큘라렌즈시스템의 경우, 화소폭, 렌티릿의 피치, 렌티릿의 굴절능 그리고 렌티큘라렌즈 시트와 디스플레이면 사이의 이격거리등이 주요 변수이다. 따라서 이와 같은 기구적 요인의 변수들을 제어하여 크로스토크를 최소화하는 연구가 진행되고 있다¹¹⁻¹³⁾.

그러나 기존에 보고된 연구들은 크로스토크에 대한 정성적인 분석이 대다수이고, 정량적인 분석은 다소 미비하였다. 왜냐하면, 관찰환경에 대한 크로스토크의 정량화가 어렵고, 기구적-관찰적 요인이 병합된 결과를 유추하기 쉽지 않기 때문이다. 이에 본 연구에서는 기구적 요인으로부터 발생하는 크로스토크의 정량화를 시뮬레이션하고, 이를 관찰자 환경과 접목함으로써 관찰자가 능동적으로 최소 크로스토크의 최적 입체시 시청영역을 확보할 수 있도록 가이드 시스템을 제안하였다. 본 연구에서 제안된 크로스토크의 정량화 기술은 다음과 같다. 첫째, 시차장벽 타입의 무안경식 3D 디스플레이의 주요변수를 정의하고, 각 변수에 따른 크로스토크 발생량을 시뮬레이션 할 수 있는 틀을 개발하였다. 둘째, 계산된 시뮬레이션 결과를 관찰자 영역에 직접 사영함으로써, 관찰환경에 따른 최소 크로스토크의 위치를 직관적으로 제공하였다.

본 연구에서 제안하는 시뮬레이터는 디스플레이의 크기, 해상도, 관찰거리, 시점, 눈 사이 간격 등의 정보를 입력받아 이상적인 상태에서의 배리어와 개구폭의

개수, 광량, 크로스토크 및 시역폭을 계산한다. 이를 통해, 실제 실험 및 관측 결과와 비교함으로써 3D 디스플레이의 크로스토크를 줄이는 최적의 파라미터들을 추출하였으며, 제품화되기 이전에 다양한 형태와 크기를 가지는 3D 디스플레이를 대상으로 관찰 면을 기준으로 수평, 깊이방향으로 크로스토크가 최소화되는 최적 입체시역을 가지화할 수 있는 시물레이션을 수행하였고 세부적인 정석적 분석은 다음과 같다.

그림 1은 시차장벽을 기반으로 시역을 형성하는 무안경식 단위 쌍 입체 디스플레이 시스템의 구조적인 특징을 나타내며, 관찰자 위치에서 좌, 우 시점이 분리되어 형성되는 도식을 나타낸다. 표 1은 그림 1에 나타난 기호의 의미를 나타낸다.

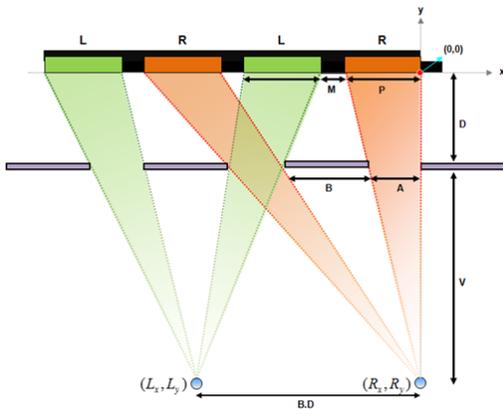


그림 1. 시역형성 시물레이션을 위한 시차장벽 기반의 입체 디스플레이 시스템의 구조적 변수들
 Fig. 1. Parameters of parallax barrier stereoscopic display for viewing zone simulation

단위 쌍 시점에서 확장되어 다시점 입체 디스플레이를 다룰 경우, 디스플레이에서 제공되는 각 시점영상은 단위 화소 영상의 조합으로 이루어진다. 시점영상의 해상도는 디스플레이의 전체 해상도를 최대 시점 수로 나눈 것으로 정의되며, 각 시점영상은 모두 동일한 단위 화소폭을 가진다. 해당 시점 영상의 시역형성에 대한 구속조건은 디스플레이에서 재생된 단위 화소의 폭(P)과 시역 형성 광학계의 개구폭(A) 그리고 관찰거리(V)와 디스플레이면으로부터 이격된 시역형성광학계(시차장벽시트)의 거리(D)와 관계한다. 이때, 하드웨어적인 제약을 가지는 변수(디스플레이 크기, 해상도)들과 V가 정해지면 해당 조건을 만족하는 A, B 및 D는 식 (1)과 같이 간단한 비례식으로 정리할 수 있다. 이때, 각 변수의 정의는 표 1에 정리되어 있는 것과 같다.

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{V \cdot p}{V + d} \\
 B &= \frac{V \cdot p(n-1)}{(V + d)} \\
 d &= \frac{V \cdot p}{B \cdot D}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

표 1. 크로스토크 시물레이션을 위한 기호
 Table 1. Symbols of crosstalk simulator

표기	설명
L, R	디스플레이에서 재생된 단위화소
P	디스플레이에서 재생된 단위화소의 폭
M	단위화소간에 존재하는 전극(Electrode)
B	배리어 길이
A	개구폭의 길이
D	디스플레이와 시차장벽시트간의 이격 거리
V	관찰거리
B.D	시점간 간격

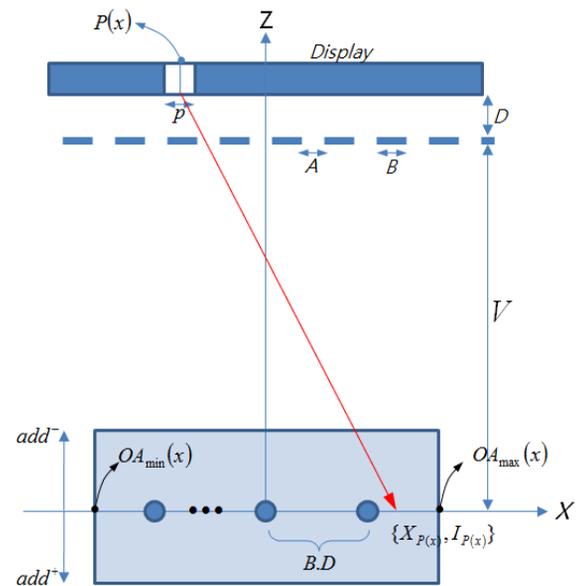


그림 2. 해당 시점의 시역형성에 대한 모식도
 Fig. 2. Schematic diagram of light intensity distribution

디스플레이에서 재생된 단위화소는 수평 방향으로 시청시야각(Pi)만큼의 발산각을 갖고, 균밀도인 광선 다발의 연속으로 정의할 수 있다. 따라서 해당 시점의 단위화소로부터 발산된 광선들이 해당 시역의 중심위치에서 수렴하기 위해서는 각 해당 시점의 단위화소 폭의 최외각 위치에서 발산하는 광선이 시역형성광학계(시차장벽시트)의 최외각 개구폭을 지나며 관찰 면의 한 점에서 수렴(Xp)하여야 한다. 이 점의 위치가 해당 시점영상의 시점위치 및 최적 관찰거리가 되며, 해당 시역의 중심을 나타낸다. 이를 도식화 하면 그림

2와 같다.

다음 식 (2)는 디스플레이의 구조적인 특징에 의해 정의되는 관찰 면의 한 점($X_{p(x)}$)과, 관찰 면의 한 점에 도달하는 광량(I_p)의 관계를 나타낸다. 광량은 해당 시점의 단위화소로부터 발산되는 광선의 출사각이 증가할수록 감소한다. 따라서 디스플레이의 중심에서 벗어난 관찰자일 경우, 디스플레이 중심 위치 관찰자의 경우보다 어두운 화면을 시청하게 된다.

$$X_{P(x)} = \frac{(V+d)(A-P(x))}{d} - P(x)$$

$$I_{P(x)} = L \frac{(P(x)) \cdot \cos^2 \left[\tan^{-1} \left[\frac{X_{P(x)}}{V+d} \right] \right]}{(V+d)^2 + X_{P(x)}^2} \quad (2)$$

이러한 과정을 모든 시점영상에 대해 수행하면, 최적 관찰거리에서 형성된 지역들의 특성들은 다음과 같다. 첫째, 관찰 면에서 인접한 시점영상의 지역중심은 등간격이며, 둘째 지역폭은 일정하며, 셋째 각 지역은 수평 방향으로 연속적으로 형성된다. 그러나 지역형성 개구폭을 투과하는 단위화소내 점광원들의 광선들은 개구 폭 전체와 회선(convolution)하므로 관찰 면의 위치에서 일정한 분포하는 지역(I_p)을 형성한다. 형성된 지역에서의 밝기분포를 (Intensity distribution)이라 정의하며, 해당 지역이 인접한 지역과의 중첩이 있을 때, 이를 인접한 지역간 크로스토크라 한다. 이때 지역의 중심은 설계된 시점의 위치와 같다.

이와 같은 관계는 식 (3)으로 표현 가능하다. 식 (3)에서 O_{Amin} , O_{Amax} 는 관찰영역의 양 끝단을, n 은 총 시점을, X_p 는 관찰 면의 한 점을, I_p 는 관찰 면의 한 점에 도달하는 광량을 나타낸다. 식 (3)에 의해 계산되는 결과는 최적의 관찰 위치에서의 각 시점별 x 방향에 따른 밝기분포를 나타낸다.

Intensity distribution

$$= \sum_n \sum_{O_{Amin}}^{O_{Amax}} \{X_{P(x)}, I_{P(x)}\} \quad (3)$$

식 (3)으로부터 정의된 해당 지역의 밝기 분포 및 인접한 지역간 크로스토크 현상은 고정 관찰 면, 즉 설계된 최적의 관찰위치에만 해당한다. 따라서 관찰영역 전체에 대한 시뮬레이션을 통해 최적의 지역분포

가 어느 영역까지 가능한지 예측할 수 있다. 이는 관찰자에게 입체시 시청을 위한 유효관찰영역을 제공하는 기능을 한다. 그러므로 최적의 관찰위치가 설계되었다 하더라도, 디스플레이면과 관찰자 사이의 방향(수직 방향) 또는 수평 방향의 유효관찰영역을 제공하여 비교적 명확한 해당 시점영상의 시청영역을 가이드 할 수 있다. 유효관찰영역은 시뮬레이션을 통하여 가시화할 수 있다. 시뮬레이션 방법으로는 디스플레이 요소를 기준으로 최적관찰 면을 정의하고, 이 면을 기준으로 디스플레이와 관찰자 방향으로 일정 범위의 지역분포를 가시화하였다. 이를 관찰 면에 수직인 방향으로 확장된 영역에서의 밝기분포(Extended intensity distribution)라 정의하였다. 이와 같은 관계는 다음 식 (4)에 나타나 있다.

Extended intensity distribution

$$= \sum_{add^-}^{add^+} \sum_n \sum_{O_{Amin}}^{O_{Amax}} \{X_{P(x)}, I_{P(x)}\} \quad (4)$$

식 (4)에서 표기된 add^+ , add^- 는 Z축 방향으로 확장된 관찰범위를 의미한다. 식 (4)에 의해 계산되는 결과는 디스플레이 전면 유효관찰영역에서의 각 시점 영상에 대한 밝기분포가 된다.

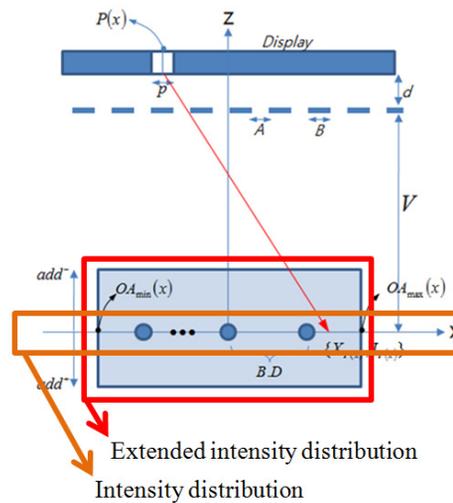


그림 3. 고정 관찰 면에서의 지역분포 및 확장된 지역분포를 나타내는 모식도
Fig. 3. Schematic diagram of light intensity distribution and extended intensity distribution according to an observing area

위의 그림 3은 식 (3)의 지역폭과 식 (4)의 확장된 영역에서의 밝기분포를 직관적으로 나타낸 모식도이다. 그림에서와 같이, 3D 디스플레이의 전면 시청거리

V에 따른 시역폭과 확장된 시역분포를 통해, 사용자는 3D 디스플레이의 크로스토크의 범위를 직관적으로 확인하고 능동적으로 대처할 수 있으며, 3D 디스플레이 변수의 조절을 통해 최적의 시정영역과 크로스토크가 최소화되는 3D 디스플레이 변수들을 가시화 할 수 있다.

III. 실험

본 실험에서는 설계된 관찰 면에서의 밝기분포(Intensity distribution)와 관찰 면에 수직한 방향으로 확장된 관찰영역에서의 밝기분포(Extended intensity distribution)를 가시화하여, 관찰자가 최적의 입체시 구역을 능동적으로 예측하고 대처할 수 있는 그림 8과 같은 윈도우 OS기반의 시뮬레이터를 설계하고 구현하였다.

본 시뮬레이터는 Visual C++를 사용하여 구현되었으며, OpenMP 및 최적화 기법을 적용하여 멀티코어 환경에 적합하도록 구현하였다. 그림 3에서, 관찰 거리에 따른 각 시점별 밝기분포는 각 시점 및 관찰 거리에 따라 독립적인 계산영역을 가지며, 밝기분포 계산을 위한 각 변수의 독립성이 보장된다. 따라서 확장된 밝기분포를 계산하기 위해서 밝기분포를 계산하는 알고리즘에 병렬처리 기법을 도입하여 다수의 CPU코어 상에서 동시에 시점별 밝기 분포가 계산되도록 알고리즘을 개선하여 시뮬레이터 계산속도의 고속화를 이루었다.

구현된 시뮬레이터는 사용자로부터 임의의 3D 디스플레이에 대한 정보 및 시역분포를 계산하기 위한 각종 정보를 입력으로 받아, 임의의 3D 디스플레이에 대한 시역폭 및 확장된 시역폭을 병렬처리를 통해 고속으로 계산하고, 그 계산 결과를 효율적으로 화면에 보여주며, 사용자의 입력을 인터랙티브하게 받아들여 사용자가 쉽고, 직관적으로 3D 디스플레이의 시역폭과 확장된 시역폭, 크로스토크를 확인할 수 있다. 이를 통해 사용자는 임의의 3D 디스플레이에 대한 수평, 깊이 방향의 시점간 중심위치, 시역폭, 인접한 시역간 겹침현상의 가시화를 수행할 수 있으며, 주요 변수(픽셀 수, 점광원의 수 등)의 변경을 통해 계산 범위를 축소하여 빠른 결과를 얻거나, 모든 변수의 최대범위를 대입하여 정밀한 결과를 얻을 수 있다.

다음 그림 4는 제안된 시뮬레이터의 개념을 보여주고 있다. 그림에서와 같이 3차원 공간상에서, 임의의 3D 디스플레이에 대하여, 임의의 위치에서는 광분포 및 크로스토크를 실시간으로 보여주게 된다.

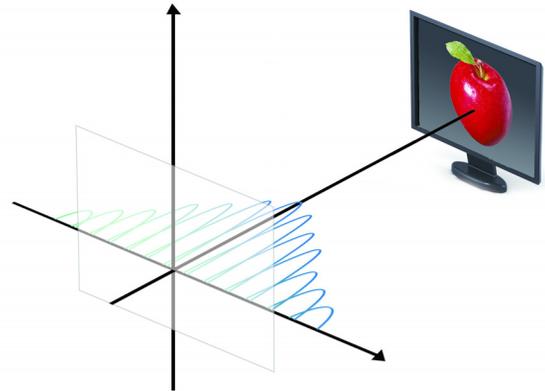


그림 4. 임의의 3차원 공간에서의 크로스토크 계산
Fig. 4. Calculated crosstalk in arbitrary 3D space

다음 그림 5는 제안된 시뮬레이터를 통해 계산된 식 (3)의 시역폭을 보여주고 있다. 이때, 시뮬레이터의 계산 영역은 디스플레이의 중심으로부터 x축 방향으로 -600mm에서 600mm까지, 관찰거리 1.5m, 그리고 9개의 시점을 가진 3D 디스플레이를 설정하고 시뮬레이션한 결과이다.

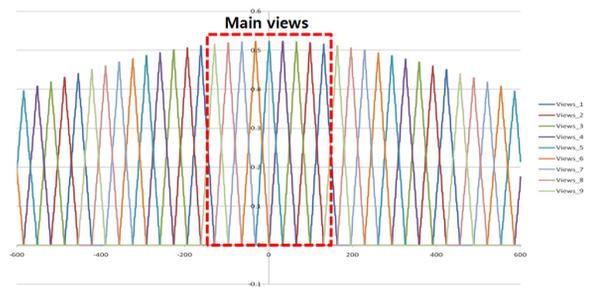


그림 5. 시뮬레이터의 시역폭 계산 결과
Fig. 5. Experimental result of light intensity distribution

다음 그림 6은 제안된 시뮬레이터를 통해 계산된 식 (4)의 확장된 시역분포를 보여주고 있다. 그림 6의 예제의 전체 관찰 영역은 디스플레이의 중심으로부터 x축 방향으로 -1.5m에서 1.5m까지, 관찰거리 1.5m로부터 확장된 시역분포 영역에서 Z축 방향으로의 각각 -1.5m에서 1.5m의 거리의 영역을, 즉, 디스플레이 전면 3m x 3m의 공간을 시뮬레이션한 결과이다. 이때, 시뮬레이션에 적용된 각 변수의 정의는 표 2와 같다.

표 2. 시뮬레이션 변수 리스트
Table 2. Parameters for simulation

변수	크기
디스플레이 해상도	1920
총 뷰의 수	9
픽셀 크기	0.3mm
각 픽셀의 전극의 크기	0.01mm
각 픽셀당 포인트 소스의 수	20
관찰거리	1.5m
관찰영역 (x축 방향)	±1.5m
최적화된 관찰 거리 (z축 방향)	±1.5m
최소 관찰 단위(x축 방향)	1mm
최소 관찰 단위(y축 방향)	1 포인트 소스

그림 6은 총 9개의 다시점 중에서 첫 번째 시점에 대한 밝기분포도이며, 효율적 계산을 위해 단위화소로 부터 발산된 광선이 투과 가능한 시역형성 광학계의 개구수를 5개로 한정하였다. 따라서 복제시역은 설계 시역 외 4개가 된다.

시뮬레이션에 사용된 컴퓨터의 스펙은 Xeon E5620@2.4GHz, 8GB 메모리, 총 16개의 스레드로 동작 가능한 사양이며, 해당 컴퓨터를 사용하였을 때, 각각의 뷰를 시뮬레이션 하는데 각각 12시간의 계산 시간이 필요했다.

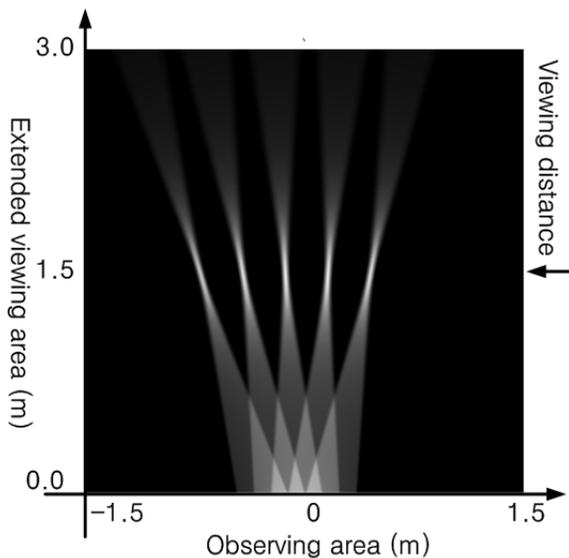


그림 6. 시뮬레이터의 확장된 시역분포 계산 결과 (총 9개의 뷰 중, 5번째 뷰)
Fig. 6. Simulation result of extended light intensity distribution (5th view of 9 views)

다음 그림 7은 계산된 9개의 뷰를 모두 더하여 3D 디스플레이 전면, 전체 뷰에 대한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 본 시뮬레이터를 통해, 사용자는 디스

플레이 전면 3차원 공간상에 분포되는 디스플레이로부터 발산되는 광량, 크로스토크를 직관적으로 관찰할 수 있다.

다음 그림 8은 본 프로그램의 UI와 계산된 9개 시점을 가진 3D 디스플레이의 시뮬레이션 결과 중, 1, 3, 5번째 시점영상만을 보여주고 있는 시뮬레이터를 나타내고 있다.

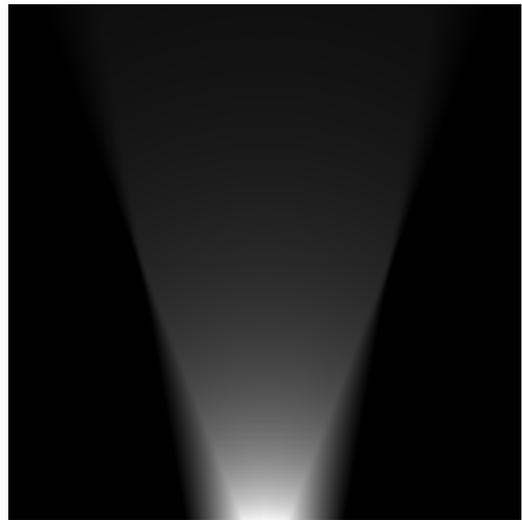


그림 7. 9개 뷰의 전체 합
Fig 7. A summated image of 9 respective view images

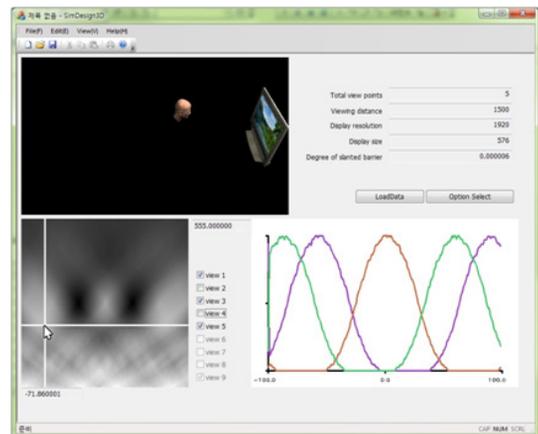


그림 8. 제안된 시뮬레이터에서 최적 시정영역에 대한 시역폭 및 확장된 시역폭과 그 3차원 위치에 따른 크로스토크 디스플레이

Fig 8. Light intensity distribution and extended light intensity distribution of optimal observing area in 3D space

제안된 프로그램은 시역폭과 확장된 시역폭을 보여주는 부분과, 사용자가 인터랙티브하게 3차원 공간상에서 원하는 위치를 지정할 수 있는 인터페이스를 포

함하고 있다. 시역폭 영역은 사용자가 선택한 3차원 공간 위치의 광량 및 크로스토크를 보여주고 있으며, 확장된 시역폭 영역은 계산된 최적 관찰 영역의 확장된 시역폭을 보여주고 있다. 또한, 사용자의 인터랙티브한 입력을 받기 위해 전체 공간을 3D VR로 구현하여 표현하고 있으며, 사용자는 마우스를 통해 직관적이고 인터랙티브하게 원하는 관찰 위치에서 임의의 3D 디스플레이의 시물레이션 결과를 관찰할 수 있다.

다음 표 3은 그림 8의 시물레이션을 위해 구성된 임의의 3D 디스플레이 변수들을 나타낸다.

표 3. 시물레이션 변수 리스트
Table 3. Parameters for simulation

변수	크기
디스플레이 해상도	1920
총 뷰의 수	5
픽셀 크기	0.3mm
각 픽셀의 전극의 크기	0.01mm
각 픽셀당 포인트 소스의 수	20
관찰거리	1.5m
관찰영역 (x축 방향)	±100mm
최적화된 관찰 거리 (z축 방향)	±500mm
최소 관찰 단위(x축 방향)	5mm
최소 관찰 단위(y축 방향)	50포인트 소스

표 2의 시물레이션 변수는 넓은 영역, 그리고 최소의 최소 관찰 단위(x, z 축 방향)를 가지고 있어 시물레이션에 많은 시간이 필요하나, 표 3의 시물레이션 변수는 표 2의 시물레이션 변수에 비해 좁은 관찰 영역, 그리고 넓은 관찰 단위를 가지고 있어 계산시간이 많이 단축된다. 본 실험에서, 표 2의 3D 디스플레이 변수를 가지는 시물레이션이 12시간이 필요했던 것에 비해, 표 3의 3D 디스플레이 변수를 가지는 시물레이션은 대략 10초 정도의 수행시간이 필요로 한다.

이처럼, 제안된 시물레이터는 사용자의 입력으로, 정밀한 시물레이션 결과를 얻거나, 대략적인 결과를 빠르게 얻을 수 있도록 구성되어 있다.

다음 그림 9는 제안된 시물레이터를 활용한 응용 애플리케이션의 한 예를 나타낸다. 그림 9에서와 같이, 제안된 시물레이터를 통해 계산된 결과를 프로젝터를 통해 3차원 공간상의 바닥에 실시간으로 프로젝션 함으로써, 시각적으로 크로스토크가 발생하는 영역, 시점의 위치 등을 현실에서 바로 직관적으로 알 수 있다. 또한 이를 활용하여 크로스토크가 최소화 되도록 3D 디스플레이를 설계할 수 있다.

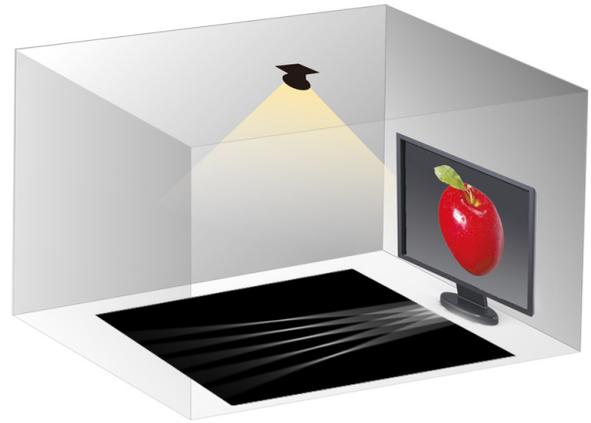


그림 9. 응용 프로그램의 예
Fig 9. Example of application program

IV. 결 론

본 논문에서는 스테레오스코픽 다시점 입체 디스플레이 환경에서 유발되는 크로스토크를 정성적, 정량적으로 분석하고, 최적의 입체시 시청을 위한 유효관찰 영역을 동시에 제시 가능한 시물레이션 툴을 개발하였다. 더불어 유효관찰영역의 결과를 관찰자에게 제시하여 능동적으로 최적의 입체시 구역을 확보할 수 있는 최적입체시 가이드 시스템을 제시하였다. 본 연구에서 제시한 최적입체시 가이드 시스템의 결과로서, 시역간 크로스토크의 가시화를 통하여 이를 관찰자에게 직관적으로 제공함으로써, 관찰자는 입체 디스플레이 환경에 능동적으로 대처하여 최적의 입체시를 시청할 수 있다. 본 연구결과의 활용으로서 교육, 군사 또는 사용자 인터랙션 기반의 고급 엔터테인먼트 분야에서 보다 효과적인 입체시 환경의 제공이 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] Yang, Jinn-Cherng; Huang, Kuo-Chung; Wu, Chou-Lin; Lee, Kuen; Hwang, Sheue-Ling, "Human factor study on the crosstalk of multiview autostereoscopic displays", *Three-Dimensional Imaging, SPIE2010, Vol 7690*, pp. 769010-769010-9, 2010.
- [2] Andrew J. Woods; Nicolas S. Holliman; Neil A. Dodgson, "System-crosstalk effect on stereopsis human factor study for 3D displays", *Proc. SPIE 7524, 75240U* (2010); doi:10.1117/12.838797, 18. January. 2010.

[3] Sooyeon Lee.; Youngshin Kwak.; "Crosstalk Characterization of Stereoscopic 3D Display", *8th Color Imaging Conference*, San Antonio, Texas, page : 318-321, Nov. 2010.

[4] Jung-Young Son, Bahram Javidi, Sumio Yano, and Kyu-Hwan Choi, "Recent Developments in 3-D Imaging Technologies," *J. Display Technol.* 6, page : 394-403, 2010.

[5] K. C. Huang; C. H. Tsai; C. K. Lee, "Measurement of Contrast Ratios for 3D Display", *PROCEEDING of SPIE 4080*, July, 2000.

[6] K.C. Huang; J.C. Yuan; C.H. Tsai; W.J. Hsueh; and N.Y. Wang. "A study of how crosstalk affects stereopsis in stereoscopic displays", *SPIE2003*, pp. 247-253, 2003.

[7] Urey, H.; Chellappan, K.V; Erden, E.; Surman, P. "State of the Art in Stereoscopic and Autostereoscopic Displays", *Proceeding of the IEEE*, Vol99, Issue4, Page 540, April 2011.

[8] Lili Wang; Kees Teunissen; Yan Tu; Panpan Zhang; Tingting Zhang; and Ingrid Heynderickx, "Crosstalk Evaluation in Stereoscopic Display", *Journal of Display Technology*, Vol7, Issue4, Page 208, April 2011.

[9] Lili Wang; Teunissen, K.; Yan Tu; Li Chen; Panpan Zhang; Tingting Zhang; Heynderickx, I.; "Crosstalk Evaluation in Stereoscopic Displays" *Display Technology, IEEE Trans.* Vol, 7, Issue 4, Page 208-214, 2011.

[10] Tsirlin, I.; Wilcox, L.M.; Allison, R.S.; "The Effect of Crosstalk on the Perceived Depth From Disparity and Monocular Occlusions ", *Broadcasting, IEEE Trans*, Vol. 57, Issue. 2, Page 445-453, 2011.

[11] H. Ujike, et al, "Human factors of auto-stereoscopic displays for standardization," *Proc. VIMS*, 2009.

[12] Jung-Young Son, Yuriy Vashpanov, Moon-Seok Kim, Min-Chul Park, and Jai-Soon Kim, "Image Light Distribution in the Multiview 3-D Imaging System," *J. Display Technol.* 6, page : 336-345 2010.

[13] Saveljev, V.V.; Jung-Young Son; Shin-Hwan Kim; Dae-Sik Kim; Min-Chul Park; Yoon-Chul Song; "Image Mixing in Multiview Three-Dimensional Imaging Systems", *Journal of Display Technology*, Vol.4, Issue.3, Page : 319-323, 2008.

이 호 동 (Ho-Dong Lee)



2002년 2월 고려대학교 전기
전기전자전파공학부 학사
2004년 2월 고려대학교 전기
공학과 석사
2010년 8월 고려대학교 제어
시스템 및 로보틱스 공학박
사

2010년 8월~현재 한국과학기술연구원 센서시스템
연구센터 위촉연구원
<관심분야> 3D 디스플레이, 제어시스템, 네트워크

박 민 철 (Min-Chul Park)



1993년 홍익대학교 전자 공학
과 학사
1997년 동경대학교 전자정보
공학과 석사
2000년 동경대학교 전자정보
공학과 박사
2005년 (일)동경이과대학 초빙

교수

2009년 (미)켈텀연구소 방문연구원
2001년~현재 한국과학기술연구원 국가기반기술
연구본부 책임연구원
<관심분야> 3D 휴먼팩터, 화질평가, 디스플레이,
3D 화상통신