

# 상거리에 따른 시차량의 변화 및 깊이 정보의 왜곡에 대한 연구

정회원 이 광 훈\*,\*\*, 김 동 욱\*\*, 권 용 무\*\*, 장 은 영\*\*\*, 김 성 규\*\*

## Analysis on the cause inducing an uncorrected disparity and distorted depth information by the image distance in stereo camera system

Kwang-Hoon Lee\*,\*\*, Dong-Wook Kim\*\*, Yong-Moo Kwon\*\*  
Eun-Young Chang\*\*\*, Sung-Kyu Kim\*\* *Regular Members*

### 요 약

카메라 간격, 정렬 방법 그리고 검출기의 분해능은 관찰자가 재생된 입체영상의 깊이감을 인지할 시 발생하는 깊이감 왜곡의 주된 요인들이다. 스테레오 카메라를 사용하여 시차영상을 획득할 시 고려해야 할 요소는 물체거리의 변화에 따른 상거리의 변화이다. 상거리의 변화는 시차영상 내 시차량 변화를 야기하며, 재생시 관찰자에게 왜곡된 깊이감을 제공한다. 본 논문은 상거리 변화에 따른 시차영상 내 시차량 변화 및 이로부터 야기되는 깊이감 왜곡을 정량적으로 분석하여, 상거리 변화가 깊이감 왜곡을 발생시키는 또 다른 주된 요인이 될 수 있음을 증명하는데 연구의 초점을 두었다.

**Key Words** : Orthostereoscopy, Depth Distortion, Disparity, Correct Depth, Image Distance

### ABSTRACT

In stereoscopy using stereo camera system, the representative factors inducing stereoscopic depth distortions have been reported such as the inter camera distance, the convergence angle and the depth resolution. The image distance is just known to us as a factor related in optical system. In a point of view of depth distortion, it will be a factor inducing a stereoscopic depth distortion. In this paper, we focused on the proof of our opinion that the image distance is one of the weighted factors inducing depth distortion under orthostereoscopic condition.

### 1. 서 론

스테레오 핀홀 모델은 시차영상 및 깊이감 정보를 획득하는 대표적인 방법이다. 이 모델은 두대의 핀홀 카메라가 사용되며, 핀홀의 크기는 명확한 상을 얻기 위하여 회절한계를 만족한다. 이 모델의 장

점은 시스템의 구성이 간단하고, 렌즈에 의한 영상의 왜곡 또는 깊이감 왜곡을 유발하는 요인이 없고, 시차영상으로부터 재생될 수 있는 깊이감 정보를 삼각측량법으로 쉽게 구할 수 있다. 그러나 단점으로는 작은 핀홀 크기로 인하여 빠르고 명확한 시차영상을 획득할 수 없어 실질적인 시차영상 획득 방

\* 건국대학교 신기술융합학과(geniuspb@kist.re.kr), \*\* 한국과학기술연구원 영상미디어센터(21ap@kist.re.kr, ymk@kist.re.kr, kkk@kist.re.kr), \*\*\* 한국전자통신연구원 방송시스템연구부(eychang@etri.re.kr)

논문번호 : KICS2009-07-329, 접수일자 : 2009년 7월 31일, 최종논문접수일자 : 2009년 11월 10일

법으로는 사용될 수 없다. 따라서 스테레오 핀홀 모델은 주로 이론적인 깊이감 정보의 분석방법으로 사용된다. 스테레오 카메라 모델은 핀홀 모델과 같이 시차영상 및 깊이감 정보를 획득하는 대표적인 방법이다. 이 모델은 집광 기능을 갖춘 두 대의 렌즈 카메라가 사용되며, 장점으로는 빠르고 명확한 시차영상의 획득이 가능한 점을 들 수 있다. 그러나 단점으로는 렌즈의 특성에 따라 수차 및 심도에 의한 영상의 왜곡 및 상의 흐려짐을 들 수 있다. 이러한 단점에도 불구하고, 스테레오 카메라 모델은 실질적인 시차영상 획득 모델로서 사용된다.<sup>[1][3]</sup> 스테레오그램은 획득된 시차영상을 정합한 것이다. 관찰자는 스크린이나 디스플레이를 통하여 시확대된 시차영상을 시청하게 되고, 시차영상 내 시차량을 통하여 깊이감을 인지한다. 시차량은 재생시 물체의 깊이감을 관장한다. 따라서 관찰자에게 정확한 깊이감을 제공하기 위해서는 물체의 위치에 대한 정확한 시차량의 분석이 요구된다. 기존의 시차영상의 분석 및 깊이 정보의 해석은 다음과 같은 방법으로 수행되었다. 시차영상의 획득방법으로는 선명하고도 빠른 영상의 획득이 가능한 카메라 모델이 주로 사용된다. 반면에, 깊이 정보의 분석은 기하적 구조가 쉽고 깊이 정보의 추출이 용이한 핀홀 모델을 사용한다.<sup>[1,2,3]</sup> 그러나 기존의 깊이 정보 분석방법의 문제점은 여기서 비롯된다. 핀홀 모델은 정확한 깊이감을 표현할 수 있는 간단하면서도 강력한 해석도구이다. 그러나 실제적으로 시차영상은 카메라 모델로 획득되므로 정성적인 시차량 분석은 핀홀 모델이 아닌 다른 해석 모델 즉, 카메라 모델을 통한 분석방법이 요구된다. 이유로는 다음과 같다. 카메라 모델은 렌즈를 사용하고 있으므로, 렌즈제작자 방정식에 의하여 상거리는 물체거리와 사용하는 렌즈의 초점거리의 함수로 표현된다.<sup>[4,5]</sup> 즉 고정된 초점거리를 갖는 단초점 렌즈를 사용하더라도, 초점을 맞춘 물체의 위치에 따라 렌즈의 중심과 검출기까지의 상거리는 달라진다. 이는 물체 거리에 대한 상대적인 화각변화를 야기하며, 카메라로부터 가까운 물체 일수록 상거리가 증가하고 촬상면의 영상은 상대적으로 거리가 먼 물체의 경우보다 확대된다. 따라서 스테레오그램 내의 시차량은 증가하게 된다. 그러나 핀홀 모델은 핀홀과 촬상면까지의 거리, 즉 상거리는 고정이므로 물체의 위치와는 상관없이 모두 같은 화각을 갖는다. 그러므로 동일한 물체에 대해 영상을 획득하더라도, 핀홀 모델과 카메라 모델을 사용하였을 경우는 각기 다른 영상을 얻게 된

다.<sup>[6],[7]</sup> 그럼에도 불구하고 보고된 대부분의 논문들은 카메라 모델을 사용하여 스테레오 영상을 획득하면서도 깊이감의 분석은 핀홀 모델을 사용하였다. 결과적으로 카메라 모델로 획득한 스테레오 영상을 사용하여 입체시 할 경우, 핀홀 모델로 해석된 재생상의 깊이감은 원래의 물체의 위치에 달리 왜곡된다.

본 논문의 목적은 카메라 모델을 사용하여 획득한 스테레오영상 및 스테레오그램을 핀홀 모델로서 시차량을 분석하고 깊이감을 추출하는 기존 해석방법의 모순을 제시하고, 상거리의 변화로부터 발생하는 깊이 정보의 왜곡량을 정량화하는데 있다. 또한 상거리는 스테레오 카메라 모델에서 깊이감 왜곡을 야기하는 주요인자임을 이론적 전산시능 및 실질적 실험을 통하여 증명하는데 있다.

## II. 이 론

### 2.1 시차영상의 획득

스테레오 핀홀 및 카메라 모델로부터 시차영상을 획득할 시, 기하적 관점에서의 특성 차가 있는데 이는 다음과 같다. 두 모델의 특성 비교를 위하여 촬상소자 및 단위촬상소자의 크기가 같고, COC (Circle Of Confusion)의 범위가 같으며, 렌즈 특성에 따른 영상왜곡이 없고, 같은 심도를 가진 경우라 가정한다.<sup>[6],[7]</sup> 핀홀 모델의 경우, 물체공간내의 물체들로부터 반사되어 나온 주광선은 핀홀을 관통하여 촬상면에 이른다. 이 때의 핀홀 면과 촬상면의 거리를 상거리라 한다면, 핀홀 모델에서의 상거리는 물체 거리에 상관없이 고정된 값을 갖게 된다. 상거리의 변화에 따른 현상은 오직 촬상면에서 형성된 영상의 확대 또는 축소뿐이다. 그러나 카메라 모델의 경우, 물체공간내의 물체들로부터 반사되어 나온 주광선은 렌즈의 중심을 지나며 촬상면에 이른다. 이 때의 상거리는 렌즈의 제 2 절점과 촬상면까지의 거리이며, 물체거리와 렌즈의 초점길이를 정의역으로 하는 함수이다. 따라서 렌즈의 초점길이가 고정일 경우, 상거리는 물체 거리에 대하여 변화한다. 상거리의 변화는 렌즈의 초점길이와 상관없는 영상의 크기변화를 가져온다. 초점대상의 거리가 가까울수록 상거리는 증가하고, 화각은 축소되며 영상은 확대된다. 두 모델에서의 이러한 기하적 차이는 동일 물체 거리에 대한 시차영상내 시차량의 변화를 야기한다.

그림 1 은 두 모델로부터 시차영상을 획득하는 모식도를 나타낸다. 기준좌표계는 x 방향의 수평방

진과 z 방향의 수직병진량을 나타낸다. 기준좌표계의 원점을 기준으로 각 모델의 핀홀 및 렌즈의 중심은 t 만큼 이격 되어있다. 물체는 원점을 기준으로 V 만큼 떨어진 (0, z)에 위치한다. 스테레오 정렬방법은 평행방식이며, Orthostereoscopy 조건을 만족한다.[8] 각 모델에서, 촬상소자의 크기는 w 이다. 핀홀 모델의 경우 상거리는 f 이고, 카메라 모델의 경우 상거리는 f' 이며, 사용된 렌즈의 초점거리는 f 의 고정값을 갖는다. 기준좌표계의 x 좌표축 아래에 위치한 각 촬상소자의 표기는 핀홀모델은 점선으로, 카메라 모델은 실선으로 나타내었다. 각 모델이 이루는 화각 또한 핀홀 모델은 점선으로, 카메라 모델은 실선으로 반치각 형태로 표시하였다. 시차영상의 획득은 다음과 같은 순서로 이루어진다. 물체로부터 반사되어 나온 주광선은 각 모델의 핀홀 및 렌즈 중심을 지나 촬상면상에서 영상좌표를 이룬다. 그림 1에서 알 수 있듯이 초점대상이 같은 물체거리의 경우 두 모델의 화각 및 촬상소자에 사영된 영상좌표값은 다르다. 식 (1)은 카메라 모델에서의 상거리 (f')를 구하는 식이다. f 는 렌즈의 초점거리를 나타내고, so는 물체거리를 나타낸다. 식 (2)는 카메라 모델에서의 좌우 촬상소자에 사영된 영상좌표값 (w'L, w'R)을 구하는 식이다. 여기서 x 는 기준좌표계의 원점으로부터 물체가 위치한 수평방향의 값을, z는 수직방향의 값을 나타낸다. 식 (3)은 식 (2) 로 부터 계산된 시차량(dis')이다. 핀홀 모델에서의 영상좌표 및 시차량의 표기는 식(2), (3)에서 프라임 기호가 없는 동일한 문자를 사용하며, 값은 이를 대입하여 얻은 결과이다.

$$f' = f \left( \frac{s_o}{s_o - f} \right) \quad (1)$$

$$w'_L = \frac{f'}{z} \left( x + \frac{t}{2} \right), \quad w'_R = \frac{f'}{z} \left( x - \frac{t}{2} \right) \quad (2)$$

$$dis' \equiv (w'_R - w'_L) = \frac{f't}{z} \quad (3)$$

### 2.2 시차영상의 재생 및 깊이 정보의 획득

본 논문에서 사용된 시차영상의 재생 환경은 Orthostereoscopy 조건을 만족한다. 즉 양안거리 (e) 와 카메라 이격거리 (t) 그리고 스크린상에서의 좌우 영상의 중심간 거리가 같고, 카메라의 화각은 시각계 (Human Visual System)와 동일하다. 스크린과 관찰자의 거리 (V)는 스크린 상에 투영된 시차영상의 영의 시차값 (Zero disparity)을 만족하는 거리이다. 관찰자가 스크린의 시차영상을 응시할 시, 좌우안의 광축이 서로 교차되어 형성된 시차량 (Crossed disparity)은 스크린으로부터 관찰자 방향으로의 깊이감을 제공하며, 비교차되어 형성된 시차량 (Uncrossed disparity)은 스크린으로부터 멀어지는 방향으로의 깊이감을 제공한다. Orthostereoscopic 조건이 만족될 시, 관찰자는 재생상으로부터 일대일 비율의 자연스런 깊이감 (Natural depth)을 인식하게 된다.

시차영상의 재생 및 재생된 상으로부터 제공되는 깊이감 정보의 추출방법은 다음과 같다. 각 모델의 검출기로부터 획득된 시차영상은 확대되어 관찰자로부터 거리 V 만큼 이격 된 곳의 스크린상에 투영되거나 디스플레이를 통하여 재생된다. 스테레오그램 (Stereogram)은 두 대의 검출기로부터 획득된 좌우 영상이 스크린 또는 디스플레이상에서 확대되고 정합되어 한장의 이미지로 제작된 것을 의미한다. 스테레오그램 내의 모든 시차량은 좌우 검출기의 화각이 중첩되어 이루는 영역내에 존재하는 모든 물체위치에 대한 깊이감을 나타낸다. 결과적으로, 시차량은 재생시 대상의 깊이감을 관장한다. 핀홀 모델을 사용하여 재생된 시차영상으로부터 깊이감을 분석하는 '핀홀 모델 깊이 정보 분석방법'은 가장 보편화된 방법이다.

핀홀 모델은 렌즈에 의한 영상왜곡이 없고 심도가 깊다. 따라서 본 논문에서 사용된 Orthostereoscopic 조건을 만족하는 핀홀 모델의 경우, 촬상

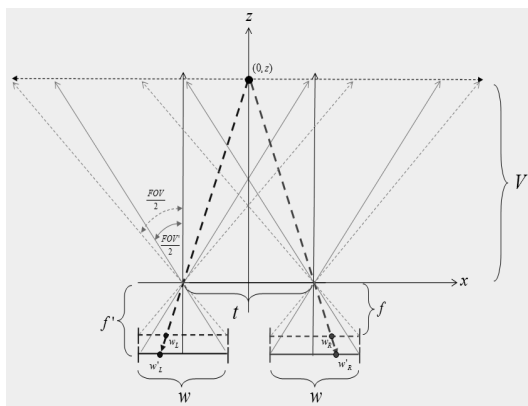


그림 1. 동일한 물체로부터 나온 주광선이 핀홀 및 카메라 모델에 사영되었을 경우, 각 모델이 이루는 화각 및 초점 대상의 거리에 대한 상거리 그리고 각 모델에서 획득된 영상좌표의 차이를 기하적으로 나타낸 모식도

소자의 해상도 및 곡률이 시각계와 동일한 해상도를 갖는다면 물체공간에 대한 시차량을 완벽히 추출할 수 있다. 따라서 핀홀 모델의 환상소자로부터 획득된 시차영상을 스테레오그램으로 제작하고, 관찰 환경이 시차영상획득 환경과 동일하게 조성된 경우, 관찰자는 깊이감 왜곡이 없는 자연스런 깊이감을 인식한다. 재생상으로부터 깊이정보를 추출하는 연구에 있어 학계에 보고된 대부분의 논문들은 카메라 모델을 사용하여 시차영상을 획득하고 깊이감의 분석은 핀홀 모델 깊이 정보 분석방법을 사용하였다. 따라서 보고된 연구로부터 분석된 시차영상 내 깊이감 정보는 앞서 언급된 카메라 모델에서 물체거리 변화에 대한 상거리 변화의 기하적 특성이 고려되지 않은 다소 잘못된 결과로 볼 수 있다. 이로부터 야기되는 결과는 그림 1에서 나타낸 바와 같이 동일 물체에 대한 시차영상 내 시차값의 변화를 가져온다. 결과적으로 변화된 시차값은 재생시 자연스런 깊이 정보와 다른 왜곡된 깊이 정보를 제공한다. 그림 2는 그림 1에서 핀홀 모델과 카메라 모델로 획득된 각 시차영상을 스크린상에서 재생하였을 경우, 핀홀 모델의 기하적 해석방법만을 적용하여 각 모델로부터 획득된 시차영상내의 시차량으로부터 추출된 깊이 정보를 나타낸 모식도이다. 관찰환경은 앞서 언급한 Orthostereoscopic 조건을 만족한다.

그림 2의 설명에 있어, 핀홀 및 카메라 모델의 좌우 김출기로부터 획득된 영상은 스크린상의 위치에서 확대되어 재생된다. 확대된 배율(M)은 관찰거리/렌즈의 초점거리 (V/f)로 정의된다. 스크린상에서 표기된 (WL, WR)은 핀홀 모델로 획득하여 스크린상에서 재생된 좌우 영상좌표를 나타내고

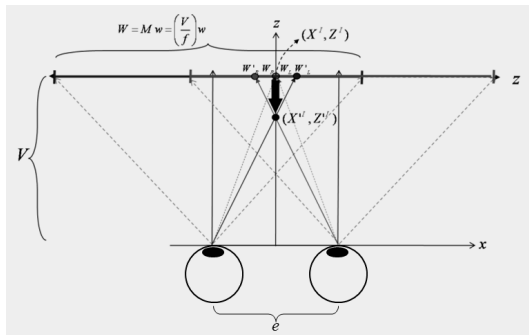


그림 2. 핀홀 및 카메라 모델로 획득된 각 시차영상을 스크린상에서 재생하였을 경우, 핀홀 모델의 기하적 깊이 정보 해석방법만을 적용하여 각 모델로부터 획득된 시차영상내의 시차량으로부터 추출된 깊이 정보를 나타낸 모식도.

(W'L, W'R)은 카메라 모델에서 획득되어 재생된 영상좌표를 나타낸다. 자연스런 깊이감 구현의 관점에서, 실제 물체공간에 위치한 물체의 위치가 (0, z) 라면, 재생시 관찰자는 관찰거리 V=z 인 스크린상에서 재생된 상의 깊이감을 인식하게 된다. 이는 핀홀 모델에서의 기하적 깊이 정보 분석과 일치한다. 그러나 카메라 모델에서, 초점대상의 위치가 무한대가 아닌 경우, 상거리는 증가하여 스크린상에서 재생된 시차영상 내 시차량은 핀홀 모델의 경우와 달리 증가한다. 따라서 관찰자는 증가된 시차량으로부터 스크린상에서 관찰자 방향으로 왜곡된 깊이감을 인식하게 된다. 즉 초점대상의 위치에 따른 상거리 변화는 깊이감 왜곡을 야기하는 원인이 된다. 식 (4)는 핀홀 모델 깊이 정보 분석방법에 있어, 자연스런 깊이감 구현을 위한 시차영상의 확대배율을 정의한 수식을 나타낸다. 식 (5)는 카메라 모델에서 획득되어 스크린상에서 확대된 영상좌표를 구하는 식을 나타내며, 식 (6)은 식 (5)로부터 정의되는 시차량이다. 식 (7)은 관찰자로부터 인식되는 재생된 깊이 영상의 z 좌표 (Z'I) 를 구하는 식을 나타내며, 식 (8)은 재생된 깊이 영상의 x 좌표 (X'I) 를 구하는 식을 나타낸다. 핀홀 모델의 경우에서, 수식적 정의는 식 (5),(6),(7),(8)에서 프라임 기호가 없는 형태로 정의된다.

$$W = \left(\frac{V}{f}\right)w \quad (4)$$

$$W'_L = M(-w'_L) - \frac{t}{2}, \quad W'_R = M(-w'_R) + \frac{t}{2} \quad (5)$$

$$DIS' \equiv (W'_L - W'_R) = M(dis') - t \quad (6)$$

$$Z'I = \frac{Ve}{(DIS' + e)} \quad (7)$$

$$X'I = \frac{e(W'_L + W'_R)}{2(e + DIS')} \quad (8)$$

### III. 실험 및 결과

#### 3.1 전산 시뮬내기

스테레오 카메라 모델에서, 초점대상의 변화에 따른 상거리 변화로 야기되는 왜곡된 깊이감의 정

량적 분석을 위하여 다음과 같은 전산 시뮬내기를 수행하였다. 물체공간은 기준좌표계의 원점을 기준으로 z 방향으로 0mm부터 10,000mm까지, x 방향으로는 5,000mm부터 5,000까지의 범위로 설정하고, 각각 1,000mm 간격의 격자 형태로 세부적인 공간 설정을 하였다. Orthostereoscopic 조건을 만족하기 위하여 스테레오 카메라의 간격 t 는 양안간격 e 와 같게 설정하였으며, 양안간격은 65mm로 설정하였다. 카메라의 촬상소자의 크기 w 는 35.8mm 이고 렌즈의 초점길이 f 는 50mm로 설정하였다. 좌우 카메라의 중심위치는 렌즈의 중심과 촬상소자의 중심을 잇는 광축을 기준으로 설정하였으며, 각 카메라의 위치는 기준좌표계의 x 축 선상에서 렌즈의 중심이 위치하도록 설정하였다. 본 전산 시뮬내기에서는 근축방정식 및 얇은렌즈 방정식이 사용되었다. 관찰거리 V 는 최대 물체공간인 10,000mm로 설정하였으며 관찰자의 양안 중심은 카메라의 위치와 동일한 조건으로 설정하였다. 더불어 카메라 화각은 시각계에서 단안의 경우와 동일하다고 가정하였다. 스테레오 카메라의 정렬방식은 평행방식으로 설정하였으며, 스크린 상에서 영의 시차량을 만족하기 위하여 시차영상내 이격거리를 스테레오 카메라의 이격거리와 같은 t 로 설정하였다. 핀홀 모델의 경우는, 카메라 모델에서 초점대상의 길이가 무한대인 경우로 설정하고 나머지 조건은 모두 같게 설정하였다. 이론적 전산시뮬내기는 초점 대상의 위치를 10,000mm, 5,000mm, 1,000mm, 500mm로 설정하여, 각각의 경우에 따른 깊이 정보의 변화량을 정량화하고 이에 대한 결과를 그래프를 통하여 나타내는 과정으로 진행되었다. 그림 3 은 스테레오 핀홀

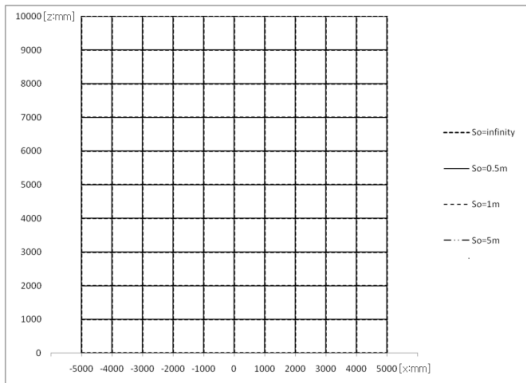


그림 3. 핀홀 모델에서 초점 대상의 위치를 10,000mm, 5,000mm, 1,000mm, 500mm로 설정하여, 각각의 경우에 따른 깊이정보의 변화량을 전산시뮬내기 하여 얻은 결과 그래프

모델에서의 재생된 깊이 정보를 전산시뮬내기 한 결과이다. 핀홀 모델은 초점대상의 길이가 무한대이고, 상거리가 고정이므로, orthostereoscopic 조건에 따라 재생된 깊이정보는 실제 물체공간의 위치와 동일하다. 따라서 관찰자는 왜곡된 깊이감 없이 실제 물체공간과 같은 자연스런 입체감을 인식한다. 그림 4 는 스테레오 핀홀 모델에 사용되었던 동일한 물체공간에 대하여 스테레오 카메라 모델에서의 재생된 깊이 정보를 전산시뮬내기 한 결과이다. 결과적으로 초점대상의 길이에 따른 상거리의 변화로 재생된 깊이 정보는 실제 물체공간과 다른 왜곡된 깊이감을 갖는다.

그림 4로부터, 스테레오 카메라를 사용하여 시차영상을 획득 및 재생할 시, 초점대상의 위치에 따른 깊이감 왜곡이 발생함을 증명하였다. 초점대상의 길이가 짧을수록 재생된 물체공간의 깊이 왜곡량은 증가한다.

### 3.2 실험

3.1 에서 수행된 이론적 전산시뮬레이션의 결과는 본 논문이 주장하는 내용 즉, 스테레오 카메라 모델에서 초점대상의 변화에 따른 상거리 변화가 재생상의 왜곡된 깊이감을 야기하는 원인임을 증명하였다. 이를 좀더 구체적으로 증명하기 위하여 실질적인 실험을 수행하였다. 스테레오 카메라 장치를 구성하기 위하여 사양이 동일한 두 대의 Canon 20D DSLR 카메라를 사용하였고, 렌즈는 50mm 단 초점 렌즈를 사용하였다. 단초점 렌즈를 사용한 이유는, 렌즈의 줌 효과와 구분하기 위함이다. 조리개 값은 렌즈의 최소개방 수치인 f/22를 사용하여 심도를 깊게하고 영상 내 흐림 효과를 배제하였다. 렌즈

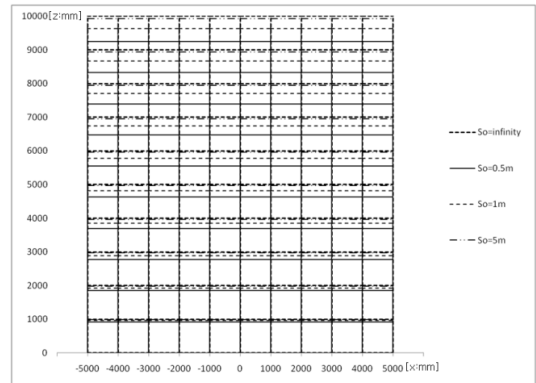


그림 4. 카메라 모델에서 초점 대상의 위치를 10,000mm, 5,000mm, 1,000mm, 500mm로 설정하여, 각각의 경우에 따른 깊이정보의 변화량을 전산시뮬내기 하여 얻은 결과 그래프

가 장착된 두 대의 카메라는 광학레일 위에 고정하였고, 카메라 정렬은 평행방식이며, 카메라간 간격은 각 카메라에 장착된 렌즈의 중심을 기준으로 이론과 동일한 65mm로 설정하였다. 카메라내 촬상 소자의 크기는 22.5mm이며, 가로해상도는 3,504 픽셀이다. 단위 픽셀당 크기는 6.42um이다. 물체공간내의 대상은 각각 900mm, 4,800mm 그리고 9,900mm에 위치하고 표식을 위하여 각각의 거리를 나타내는 표시창을 사용하였다. 스크린의 위치는 10,000mm에 위치하였고, 관찰거리는 이와 동일하다. 시차영상의 재생은 편광방식의 투사기를 사용하여 각각 좌,우 영상을 스크린에 투영하였다. 관찰자는 좌,우 편광방향과 일치하는 편광안경을 착용하여 재생상으로부터 깊이감을 인식한다. 실험은 초점대상의 거리를 각각 물체위치와 동일하게 한 후, 이로부터 획득된 각각의 시차영상을 스크린에 투영하여 각 물체영상을 나타내는 표시의 시차량을 측정 후 정량화 하였다. 초점대상의 거리는 카메라 렌즈

의 초점링을 수동 조작하여 카메라의 뷰파인더로 확인하였을 시, 각 물체가 명확해지는 지점으로 확정하였다. 그림 5 (a),(b)는 각각 스테레오 카메라의 구성, 시차영상을 획득하기 위한 카메라 셀 및 물체의 위치구성을 나타낸다.

### 3.3 결 과

실험 3.2 의 구성으로 Orthostereoscopic 조건하에 동일 실험을 12회 반복 수행하였고, 이 중 최대 최소 값을 제외한 10번의 결과 데이터를 산술평균 하였다. 표 1은 초점대상의 거리를 달리 하였을 때, 각 물체에 해당하는 재생된 시차영상으로부터 추출된 깊이 정보의 이론 및 실험적 데이터를 나타낸다. 표 1에서, 각 열의 형태로 표현된 수치적 의미는 다음과 같다. 제 1열은 실제 물체의 거리 및 초점대상의 거리를, 제 2열은 편환 모델로 시차영상을 획득하고 재생하였을 시 추출된 깊이정보를, 제 3열은 카메라 모델을 사용하여 획득된 재생상의 실험적 깊이 정보를, 제 4열은 카메라 모델을 사용하여 획득된 재생상의 이론적 깊이 정보를, 제 5열은 제 3,4 열에 대한 표준편차를 나타낸다.

그림 6 (a), (b), (c)는 표 1의 제 3, 4열의 데이터를 그래프로 나타낸 결과이다. 실험 데이터는 통계 데이터로서 박스형 그래프로 표현하였다. 박스의 크기는 정규분포 95% 신뢰구간내의 데이터 영역을 나타내며, 박스 안의 중선은 데이터의 중간값을, 박스 내 데이터 점은 10번 수행된 실험의 평균치를, 박스 바의 길이는 데이터의 전체범위를 나타낸다. 결과적으로 실험치는 이론치의 경향을 따르고 있다고 볼 수 있으나 물체거리가 증가할수록 실험치와



(a)

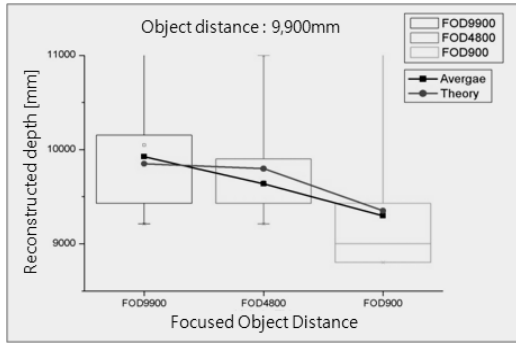


(b)

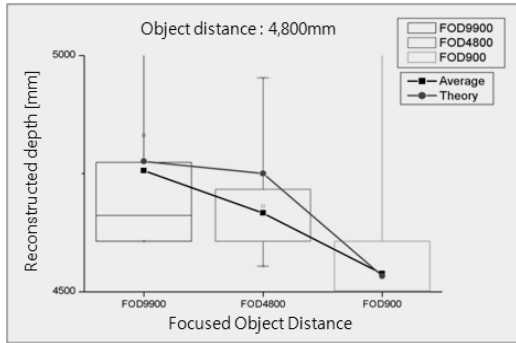
그림 5. (a) 실험에 사용된 스테레오 카메라 셀의 구성도 그림 5 (b) 시차영상을 획득하기 위한 카메라 셀 및 물체의 위치를 나타내는 구성도

표 1. 초점대상의 거리를 달리 하였을 때, 각 물체에 해당하는 재생된 시차영상으로부터 추출된 깊이 정보의 이론 및 실험적 데이터

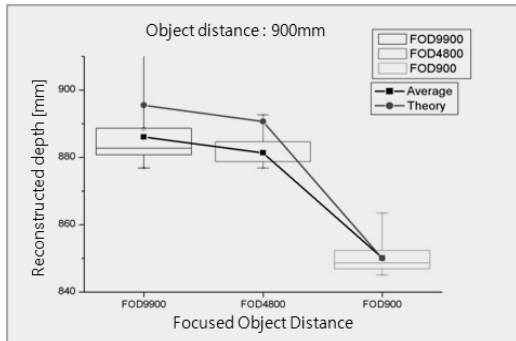
[mm]				
OBJ_9900mm	Pin-hole	AVERAGE	Theory	St.Dev
FOD_9900	9900	9924	9850	1253
FOD_4800	9900	9635	9797	520
FOD_900	9900	9296	9350	906
OBJ_4800mm	Pin-hole	AVERAGE	Theory	St.Dev
FOD_9900	4800	4756	4776	422
FOD_4800	4800	4666	4750	135
FOD_900	4800	4538	4533	188
OBJ_900mm	Pin-hole	AVERAGE	Theory	St.Dev
FOD_9900	900	886	895	15
FOD_4800	900	881	891	5
FOD_900	900	850	850	5



(a)



(b)



(c)

그림 6. 초점대상의 거리에 따라, 재생된 물체상의 깊이 정보가 왜곡되는 실험적, 이론적 결과를 나타낸 그래프 (a) 물체거리가 9,900mm 인 경우, (b) 물체거리가 4,800mm인 경우, (c) 물체거리가 900mm인 경우

이론치의 오차는 증가한다. 이는 검출기의 단위픽셀의 범위가 영의 시차량을 포함하는 근처에 있을 경우, 상대적으로 단위픽셀이 수용할 수 있는 물체의 깊이 정보의 양이 근거리의 물체 보다 원거리 물체가 크기 때문이다. 표 2는 이를 정량적으로 표현한 수치적 데이터 이다. 제 1 열의 데이터는 물체의 거리를, 제 2열의 데이터는 스크린 상에서 각 물체

의 위치에 대응하는 표준 시차량에서 1 단위픽셀의 거리만큼 시차량이 감소했을 경우 관찰자로부터 인식되는 깊이 정보를, 제 3열은 각 물체 위치에 대한 표준 시차량으로부터 인식되는 깊이 정보를, 제 4열은 +1 단위픽셀의 거리만큼 시차량이 증가했을 경우 관찰자로부터 인식되는 깊이 정보를, 제 5 열은 실험적 오차량을 표준 시차량으로부터  $\pm 1$  픽셀의 길이를 포함한 범위로 정의하였을 시, 오차 시차량에 대한 절대 깊이 정보를 나타낸다.

표 2. 표준 시차량을 기준으로  $\pm 1$  단위픽셀 길이의 오차를 포함한 시차량으로부터 환산된 깊이 정보

Permitted depth[mm]	-1 pixel	Exact	+1 pixel	Difference
9900	10137	9885	9644	493
4800	4854	4795	4738	116
900	900.5	899	898.2	2

#### IV. 결 론

시차영상을 획득하여 이를 재생할 시, 재생된 영상으로부터 제공되는 정확한 깊이의 정보는 사용된 스테레오 검출기에 방식에 따라 다르게 해석되어야 한다. 기존의 양안시차 방식을 이용하여 깊이 정보를 분석하는 연구는 주로 스테레오 카메라 모델을 사용하여 시차영상을 획득하고, 핀홀 모델로서 깊이 정보를 분석하는 방법이 사용되었다. 그러나 카메라 모델은 핀홀 모델과 달리 물체거리와 렌즈의 초점 길이에 따라 상거리가 변하는 기하적 특성을 가진다. 따라서 이러한 특성으로부터 시차영상내 시차량이 증가하고, 재생시 왜곡된 깊이 정보를 제공한다. 그러므로 스테레오 카메라를 사용하여 시차영상을 획득 및 재생할 시, 정확한 깊이 정보 분석을 위하여 상거리에 따른 시차량의 변화를 반드시 고려해야 한다. 본 논문은 카메라 모델의 상거리 변화로부터 야기되는 시차영상내 시차량의 변화를 정성적 정량적으로 분석하여 이로부터 야기되는 깊이의 왜곡을 정량화 하였다. 결론적으로, 초점대상의 거리가 가까울수록 재생된 깊이 정보의 왜곡도는 증가한다. 본 연구를 통하여, 상거리는 스테레오 카메라 모델에서 깊이감 왜곡을 야기하는 주요 인자임을 증명하였으며, 본 연구의 결과는 정확한 깊이 정보가 요구되는 의료, 군사 및 고등교육 분야의 연구에 있어 주요하게 사용되리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] A. Woods, T. Docherty and R. Koch "Image Distortions in Stereoscopic Video Systems", Proc. SPIE V1915, pp36-48, 1993.
- [2] Jung-Young Son, Kyung-Hoon Cha, Sung-kyu kim, Min-Chul Park and Sung-Hwan Jang, Stereophotography with handphone, SPIE ITCOM'06, V6382-6, 2006.
- [3] Kwang-Hoon Lee, Soo-Ho Kim, Young-Soo Youn, Jung-Young Son, Min-Chul Park and Sung-Kyu Kim, "Constraints for stereoscopic vision in stereo camera phone", SPIE Optics East '07, V6778, 2007.
- [4] Rudolf Kingslake, LENS DESIGN FUNDAMENTAL - Chap 3, Academic press, New York, p40-71.
- [5] Joseph M. Geary, Introduction to LENS DESIGN - Chap 4, Willmann-Bell, Virginia, p33-42.
- [6] Daniel B. Diner and Derek H. Fender, Human Engineering in Stereoscopic Viewing Devices, Plenum press, New York and London, p35-6640, pp. 71-79, May 1997.
- [7] Diner, D.B. and von Sydow, Dynamic Stereo Vision Depth Distortions in Teleoperation, International Symposium on Teleoperation and Control, Springer - Verlag, New York #ISBN 0-387-50054-5, 1988.
- [8] Kurtz, H.F, Orthostereoscopy. J.O.S.A, V27, p323-339, 1937.

이 광 훈 (Kwang-Hoon Lee) 정회원



2000년 2월 순천향대학교 물리학과 학사  
 2002년 2월 순천향대학교 물리학과 석사  
 2004년 9월~현재 건국대학교 신기술융합학과 박사과정  
 2005년 5월~현재 한국과학기술연구원 영상미디어센터 3D-display lab, 학생연구원

<관심분야> 기하광학, 3D 단-다시점 디스플레이 설계-분석, Human Factors, 광시물레이션

김 동 옥 (Dong-Wook Kim) 정회원



2003년 2월 경원대학교 물리학과 학사  
 2005년 2월 고려대학교 물리학과 석사  
 2005년 3월~현재 고려대학교 물리학과 박사과정 / 한국과학기술연구원 학생연구원

<관심분야> 3D 디스플레이, 다초점 디스플레이, 스테레오 영상왜곡

권 용 무 (Yong-Moo Kwon) 정회원



1980년 2월 한양대학교 전자공학과 학사  
 1983년 2월 한양대학교 전자공학과 석사  
 1992년 8월 한양대학교 전자공학과 박사  
 1983년~현재 한국과학기술연구원 책임연구원

<관심분야> 3D 콘텐츠 제작, 3D 인터랙션, 가상현실

장 은 영 (Eun-Young Chang) 정회원



1999년 2월 전북대학교 정보통신공학과 학사  
 2001년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 공학석사  
 2001년 2월~현재 한국전자통신연구원 방통미디어연구본부 방송시스템연구부 실감방송시스템연구팀

<관심분야> 3D 컴퓨터 그래픽 모델/비디오 압축/처리, 3DTV

김 성 규 (Sung-Kyu Kim) 정회원



1989년 2월 고려대학교 물리학과 학사  
 1991년 2월 고려대학교 물리학과 석사  
 2000년 2월 고려대학교 물리학과 박사  
 2001년~현재 한국과학기술연구원 책임연구원

<관심분야> 3D 디스플레이, 다초점 디스플레이, 디지털 홀로그래피