

## 양안 줌렌즈를 이용한 물체의 거리추정

황은섭<sup>†</sup> · 김 남

충북대학교 정보통신공학과

Ⓣ 361-763 충북 청주시 흥덕구 개신동 산12번지

권기철

(주) 프리즘테크

Ⓣ 361-763 충북 청주시 개신동 산12번지 학연산 804

(2006년 10월 18일 받음, 2006년 12월 18일 수정본 받음)

단일 줌 카메라를 사용한 거리추정 방법은 시야 범위가 광 축으로 제한되기 때문에 거리 추정에는 한계가 있다. 본 논문에서는 넓은 범위에서 거리추정을 위한 수평이동 방식의 줌 렌즈를 이용한 입체영상에서의 물체의 거리 추정 방법을 제안한다. 거리 추정을 위하여 줌렌즈를 이용한 수평이동방식 카메라를 구현하였다. 제안한 방법으로 또한 편광 입체영상 모니터를 사용하여 카메라의 좌, 우 영상 정보를 획득하였다. 인간이 볼 수 있는 시야 범위를 추정하기 위해 좌, 우로 0 mm~500 mm 범위에서 실 거리와 추정 거리를 구하였고 이의 오차는 10mm 미만이었다. 입체 카메라의 주시각 제어에 줌 기능을 사용하여 제어의 오차를 줄였기 때문에 주시각에 의한 거리 추정에서 보다 더욱 정확한 거리를 추정 할 수 있었다. 또한 교차방식과 수평이동방식의 거리 추정의 오차를 비교하여 수평이동 방식이 교차방식보다 더욱 정확한 거리 정보를 추정을 확인하였다.

주제어 : Binocular zoom lens, Estimating a distance, Stereo camera

### Ⅰ 서 론

입체영상 디스플레이의 목적은 영상이 보일 때 입체정보를 만들어 내는 것이다. 전시장 같은 곳에서 입체영상 디스플레이를 사용하면 이벤트 광고나 영화상영에 효과적으로 정보가 전달 될 수 있다. 여기서 입체영상 영상을 보면 물체와 물체간에 상당히 거리 차가 있는 것을 느낄 수 있다<sup>[1]</sup>. 그것이 실제로 입체영상 영상 효과를 만드는 중요한 요소이다. 우리가 정보 거리 차, 다시 말해 거리 정보를 추정하는 방법에는 레이저 거리 측정기에 의해서 얻는 능동적인 방법과 입체영상, 차광형성기, 포커싱 등의 수동적인 방법들이 있다. 대표적인 양안은 서로 다른 위치의 두 카메라로부터 얻어진 영상들의 특징 추출과 입체 매칭을 통해 입체영상 정보를 획득한다.<sup>[2,3]</sup>

본 논문에 제시한 것은 입체방식에 양안 줌렌즈를 이용하여 입체영상 디스플레이를 통해 거리를 추출하였을 때 더욱 효과적인 거리 정보를 추출함을 보일 것이다. 여기서 입체카메라의 이동 대신에 줌렌즈를 이용하여 얻게 되는 이미지들은 양안입체에 비해 조건사항이 적다. 그리고 주밍으로 인해 외곽선 들이 렌즈의 광학적 중심에서 바깥으로 향하는 방사상의 형태를 이루어 거리 추정하는 방식 또한 간편하다. 2절에서는 단일 렌즈 주밍을 통한 거리 획득을 알아보고 3절에서 수평이동방식에서 주밍을 통한 거리 획득과 기하학적 구

조 그리고 4절에서는 시스템 구성과 실험 결과를 통해 5절에서 결론을 맺겠다.

### Ⅱ. 단일 렌즈 주밍을 통한 거리 획득

카메라의 이동 대신에 줌 렌즈만을 이용하여 얻게 되는 이미지를 이용하여 거리를 얻는 방법은 카메라의 초점 거리의 변화에 따른 이미지 평면과 시각 축 사이의 거리를 통해 얻을 수 있다<sup>[4,5]</sup>.

그 방법을 알아보면 먼저, 카메라를 일정한 거리에 위치시키고 고정시킨다. 초점 거리  $f_1$ 에서 이미지  $I_1$ 을 찍고, 다음에 초점 거리  $f_2$ 에서 두 번째 이미지  $I_2$ 를 찍는다. 6~12mm의 폭을 갖는 일반 줌 렌즈의 경우에는  $f_1(12\text{mm})$ 에서,  $f_2(6\text{mm})$ 에서 이미지를 취한다. 즉, 렌즈의 초점 거리는 변하지만 카메라의 위치가 변하지는 않도록 해서 각각의 이미지를 얻는다. 그리고 추출한 이미지의 윤곽선을 추출하여 이미지의 중심을 (0,0)으로 하는 좌표로 구성한다. 물체  $P$ 의 각 점들은  $P_i(x_i, y_i)$ 로 설정되어 그 범위 정보는 그림 1과 같은 원리로 알 수 있게 된다.

$$Z = \frac{f_1 f_2 (r_2 - r_1)}{f_2 r_1 - f_1 r_2} \tag{1}$$

$$R = \frac{r_1 r_2 (f_2 - f_1)}{f_2 r_1 - f_1 r_2} \tag{2}$$

<sup>†</sup> E-mail: eshwang@osp.chungbuk.ac.kr, namkim@chungbuk.ac.kr

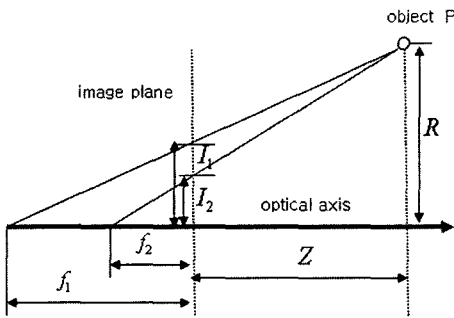


그림 1. 줌 카메라를 이용한 거리 추정.

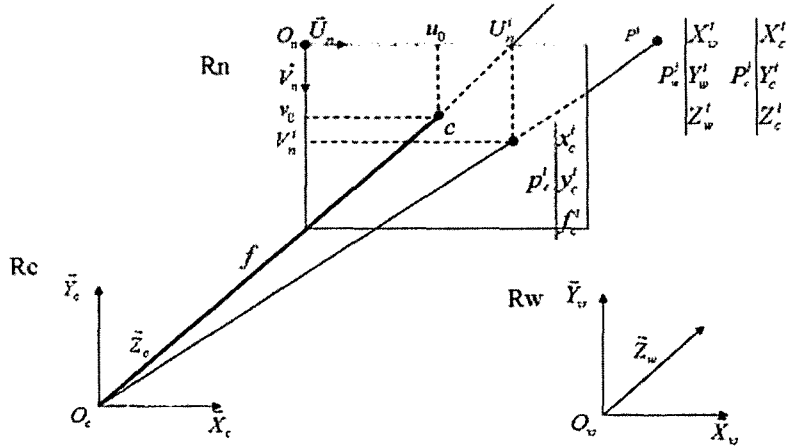


그림 2. 차분 좌표 시스템. Rn; 2차원 영상 좌표 시스템 Rc; 3차원 영상 좌표 시스템 Rw; 3차원 공간 좌표 시스템

그림 2. 차분 좌표 시스템.

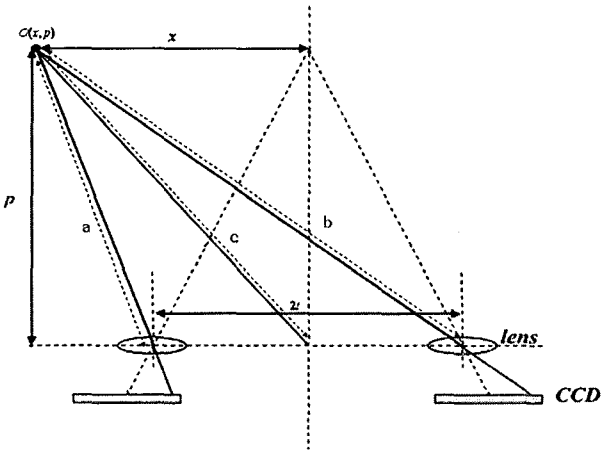


그림 3. 수평이동 방식의 기하학적 구조.

$$\begin{bmatrix} su'_n \\ sv'_n \\ s \end{bmatrix} = [J] \cdot [F] \cdot \begin{bmatrix} X'_c \\ Y'_c \\ Z'_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{dx} & 0 & u_0 \\ 0 & \frac{1}{dy} & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f & 0 & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'_c \\ Y'_c \\ Z'_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

고정된 카메라에서 초점 거리를 조정하여 얻은 이미지들로부터 추출한 입체 정보에는 몇 가지 특징들이 있다. 첫째, 이미지의 시각 축은 이미지 평면은 중심에 있다. 둘째, 외광선이 방사형을 취하므로 두 이미지간의 특징 점의 연관 점을 쉽게 찾을 수 있으며, 이미지 짝들의 교합이 적다. 셋째, 이미지의 중심에 가까운 지역의 변화율은 먼 지역의 변화율보다 낮으므로 정확한 범위 정보를 얻기 어렵다.<sup>[5,6]</sup>

### III. 수평 이동 방식 줌렌즈를 이용한 거리 획득과 기하학적 구조

앞에서 논의된 고정된 단일 줌에 의한 거리 추출에는 입체 정보를 얻을 수 있는 방법이지만 그 거리는 정확성이 부족하다. 또한 고정된 카메라는 주시하는 점이 정면이기 때문에 측정하는 범위에도 한계가 있다. 여기서 측정의 범위 한계를 극복하고 인간의 눈과 같은 상태에서 두 눈으로 물체를 볼 때 느끼는 것과 같은 거리 정보를 추출하기 위해서 단일 렌즈가 아닌 양안 주밍을 통한 입체 정보를 얻을 수 있도록 구현하였다.

양안의 줌렌즈를 사용하여 줌을 자유롭게 조절 할 수 있는 수평이동식 카메라 시스템으로 기하학적 구조는 다음과 같다. 그림 3과 같이 왼쪽 렌즈에서 물체까지의 거리 양안의 줌렌즈를 사용하여 줌을 자유롭게 조절 할 수 있는 수평이동식 카메라 시스템으로 기하학적 구조는 다음과 같다. 그림 3과 같이 왼쪽 렌즈에서 물체까지의 a와 오른쪽 렌즈에서 물체까지의 거리 b를 단일 렌즈의 줌변화에 따른 이미지 사이

여기에서, Z값은 카메라의 이미지 평면과 물체 P사이의 시각 축 상의 거리이며, R은 카메라시각 축과 물체 P 사이의 거리이다.  $f_i$ 는 이미지 평면  $I_i$ 의 초점 거리(6mm 또는 12mm)이며,  $P_i$ 는 초점거리  $f_i$ 에서의 물체 P의 투사점( $x_i, y_i$ )이며,  $r_i$ 는 시각 축과 투사점  $P_i$ 사이의 거리( $r_i = \sqrt{|x_i|^2 + |y_i|^2}$ )이다. 그림 2에서 2차원 좌표를 입체 공간 좌표시스템을 바꾸는 것을 보여준다.  $R_w$ 는 입체 공간 좌표를  $R_n$ 은 2차원 영상 좌표를 나타내고  $R_c$ 입체 카메라에서의 좌표를 나타낸다. 식 (3)은  $R_w$ 와  $R_c$ 관계로 입체 변환  $[T_{lx, ly, lz}]$ 에 의해 3차원 회전  $[R_{\alpha, \beta, \gamma}]$ 을 나눌 수 있다. 식 (4)는  $R_c$ 와  $R_n$ 의 관계를 알기 위한 투시 투사 모델 [F]을 사용하여 샘플링 카메라 변수를 결정한다.

$$\begin{bmatrix} X'_c \\ Y'_c \\ Z'_c \\ 1 \end{bmatrix} = [T_{lx, ly, lz}] \cdot [R_{\alpha, \beta, \gamma}] \cdot \begin{bmatrix} X'_w \\ Y'_w \\ Z'_w \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & lx \\ 0 & 1 & 0 & ly \\ 0 & 0 & 1 & lz \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & 0 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & 0 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'_w \\ Y'_w \\ Z'_w \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

즈를 통해 거리 정보를 얻은 후 두 렌즈 사이의 거리 즉 광축에서 물체까지의 거리를 추정 할 수 있다.

먼저 삼각함수를 통해

$$a^2 = (x-t)^2 + p^2 \tag{5}$$

$$b^2 = (x+t)^2 + p^2 \tag{6}$$

구하고 식 (5)와 식 (6)을 통해 아래와 같이 식 (7) 과 식 (8)을 유도 할 수 있다.

$$x = \frac{b^2 - a^2}{4t} \tag{7}$$

$$p = \sqrt{b^2 - (x+t)^2} \tag{8}$$

여기서 물체까지의 좌표는  $\left( \frac{b^2 - a^2}{4t}, \sqrt{b^2 - \left( \frac{b^2 - a^2}{4t} + t \right)^2} \right)$  같이 구할 수 있다. 즉 두 카메라를 이용하여 물체를 주시 하였을 때 거리를 추정하여 물체의 좌표를 추정 할 수 있다.<sup>[7]</sup>

#### IV. 시스템 구성과 실험 결과

##### 4.1 단일렌즈 주밍을 통한 거리 획득

기존의 단일 렌즈를 이용하여 거리 획득을 위하여 카메라

줌 배율을 변화시켜 그 이미지 크기의 변화율을 확인해 보았고 그림 4와 같이 나타났다.

그림 4에서 보여진 주사위의 크기 변화를 통해 식 (1)을 통해서 Z를 구할 수 있다.

##### 4.2 수평이동 방식을 통한 거리 획득

평행이동 방식을 통한 주시각 제어와 주밍을 통한 거리 추정을 위해 그림 5와 같이 입체영상을 획득하기 위한 부분과 그것을 영상으로 보이기 위한 시스템으로 구성하였다. 여기서 고정된 단일 주밍에 의한 거리 추출에는 바라보는 물체

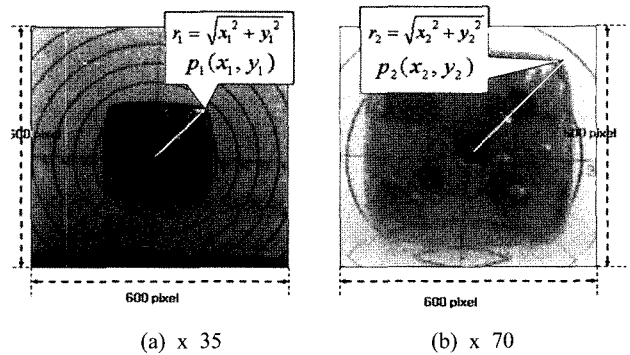
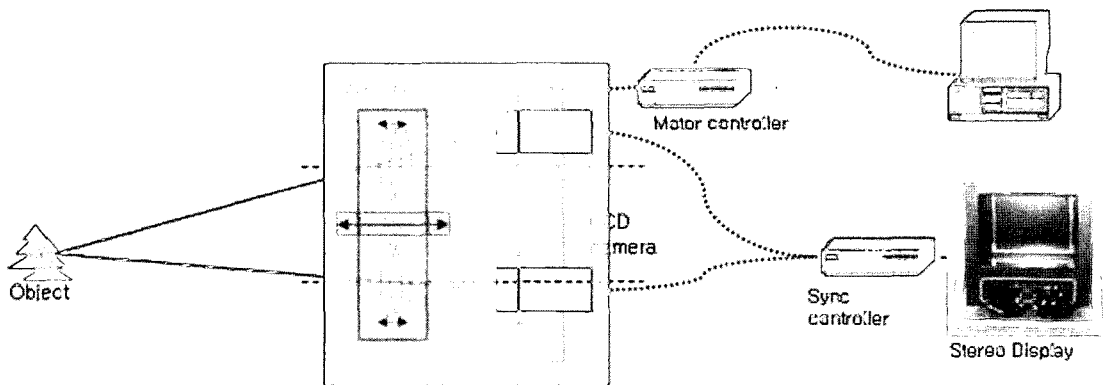
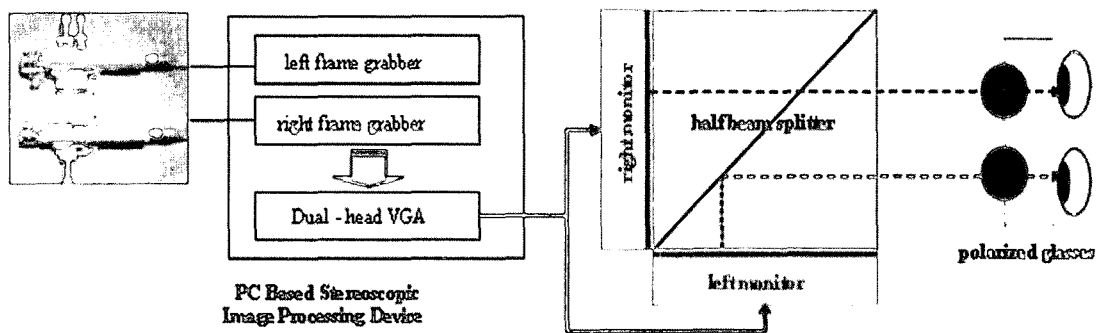


그림 4. 단일 줌렌즈를 줌 배율(x35, x70) 사용시 이미지(Nicon camera 사용).



(a) 수평 이동식 입체 영상 획득 시스템



(b) 입체 영상 디스플레이

그림 5. 입체영상 획득 시스템과 입체디스플레이.

에 대해서 거리를 추출해야 하는 제약이 있다. 그래서 특정 물체에 대해서 좌, 우의 어느 방향에 있던지 그 거리를 획득할 수 있도록 수평이동 방식을 적용하여 시스템을 구현하였고 줌렌즈 부에 선형 스테이지를 사용하여 자동으로 초점을 제어할 수 있도록 설정하였다.

실험은 단일 렌즈와 같이 줌의 배율의 변화에 따른 입체영상을 찍어서 그 사진을 입체영상 디스플레이에 나타냈다. 두 영상이 깨끗하게 맞는 시점으로 주시각이 정해지고 그 밖의 영상은 컨버전 하는 가운데서 두 영상이 약간의 간격으로 영상이 겹치는 현상이 나타나는데 그것은 두 영상의 주시 거리 안에서의 영역에서 입체영상을 느끼게 하는 요인으로 실제로 편광방식에 의한 입체안경을 쓰고 보면 그런 잔상은 느껴지지 않는다. 그것은 입체영상을 만드는 요인이라고 보편될 것이다. 실험하는 과정에서 좌, 우 주시각의 제어가 되지만 상하로는 제어를 할 수가 없었다. 그것은 처음엔 줌렌즈를 고정화시켰고 좌, 우 주시각 제어를 위한 선형 스테이지만을 사용하였기 때문에 상, 하로의 제어를 할 수 없었다.

표 1은 입체영상을 형성하기 위한 공차 조건이고<sup>[8]</sup> 표 2는 입체영상 획득 시스템의 사양을 나타낸다. 그림 6과 그림 7은 단일카메라와 마찬가지로 광 축에서 줌 배율에 따라 두

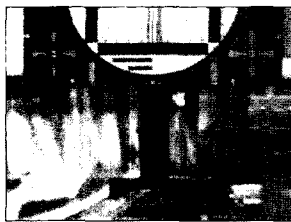
영상을 겹치는 영상을 보여준다. 영상의 물체 크기를 추출하기 위해서 입체 물체가 아니라 2차원 물체를 사용하였다. 그림 8은 물체를 왼쪽, 오른쪽으로 이동시킨 후 영상을 찍었다. 여기에서 그림 8은 그림 6과 그림 7의 영상보다 좌, 우 영상 사이즈가 약간 차이가 남을 알 수 있다. 이것은 좌, 우 영상

표 1. 매칭을 위한 공차

Image size(parallel, verticality)	< 0.5%
Verticality	< two pixel between images
Parallel	< 1/200 square in screen
Rotation	< 0.25°

표 2. 입체 영상 획득 시스템의 사양

CCD size	6.4 × 4.8 mm
CCD resolution	640 × 480 pixels
Color filter	Complementary Color mosaic
Camera size	22(H) × 22(W) × 75(D) mm
Interval between cameras	75 mm
Interval between the lens	75 mm
Lens size	2 inch



(a) x 18

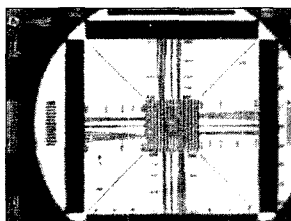


(b) x 24

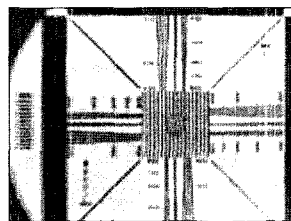


(c) x 35

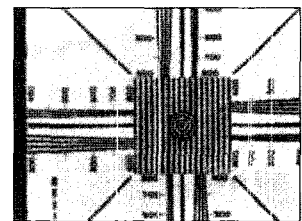
그림 6. 주시 거리 1m에서 줌 배율(x18, x24, x35)에 따른 주시된 영상 그림 비교.



(a) x 18

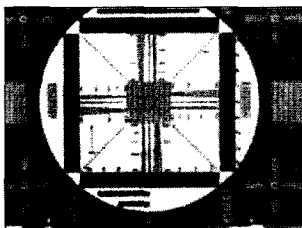


(b) x 24

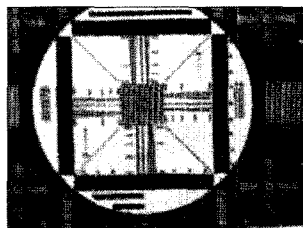


(c) x 35

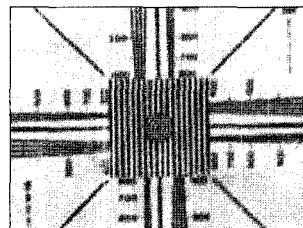
그림 7. 주시 거리 0.5m에서 줌 배율에 따른 주시된 영상 그림 비교.



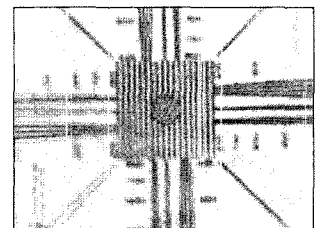
(a) 거리 1m에서 좌로 100mm



(b) 거리 1m에서 좌로 200mm



(c) 거리 0.5m에서 좌로 100mm



(d) 거리 0.5m에서 좌로 200mm

그림 8. 물체를 중심에서 왼쪽으로 움직였을 때의 줌 배율에 따른 사진 비교(주시 거리; 1m, 0.5m).

의 주시 점에서의 광선 길이가 다르기 때문에 영상의 크기가 다르게 나타난다. 또한 이것은 입체 영상에서 인체의 피로를 만들 수 있는 요인이기도 하다. 그렇기 때문에 중앙의 주시 각 거리에서 일정 범위를 넘지 않는 것이 중요하다. 그림 9는 수평이동방식과 교차방식의 거리 추정을 비교하기 위해 두 개의 캠코더를 이용한 교차방식카메라를 이용하여 중심에서 벗어나서 물체를 찍을 것을 나타낸다. 입체 물체를 사

용하였기 때문에 주시점이 아닌 다른 부분에서 깊이 차이에 의해 영상이 겹치는 것을 볼 수 있을 것이다. 그림 10은 광선길이와 추정 거리를 비교하기 위하여 광선의 길이와 물체에 수직인 거리와의 관계를 나타낸다. 또한, 그림 11은 교차 방식과 수평이동방식을 거리 추출 비교를 하여 수평이동방식이 거리 정보가 더 정확함을 보여주고 있다. 그림 12(a) 주시된 점에서 좌, 우 크기를 추출하여 좌, 우 영상의 거리를 추출하고 좌, 우 영상의 거리가 차이가 있을 경우는 그림 12(c) 처럼 두 영상의 산술 평균값((좌영상 거리+우영상 거리)/2)으로 구하였다. 에러 거리는 추정 거리에서 실제 광선 길이를 뺀 거리로 하여 그 값을 나타내었다. 영상이 중앙에서 벗어나갈 때 거리가 차이가 조금 있는 것을 보았지만 그림 12(b), 그림 12(c) 보는 것처럼 10mm 미만의 오차거리를 보여준다. 그림 13은 물체 거리 추정시 시야 범위를 비교 하기 위해서 단일 카메라와 입체 카메라를 통해 실제로 시야 범위 보여주고 있다. 단일 카메라는 10도의 시야 범위를 확보한 반면 입체 카메라를 통해서 120도 정도의 시야를 확보 할 수 있었다.<sup>[9,10,11]</sup>

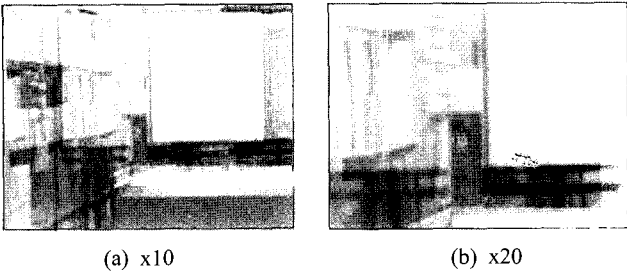
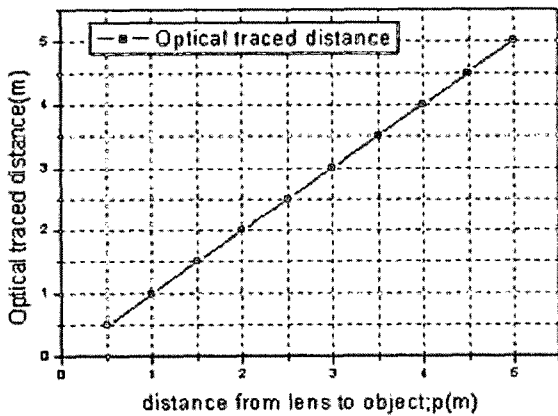
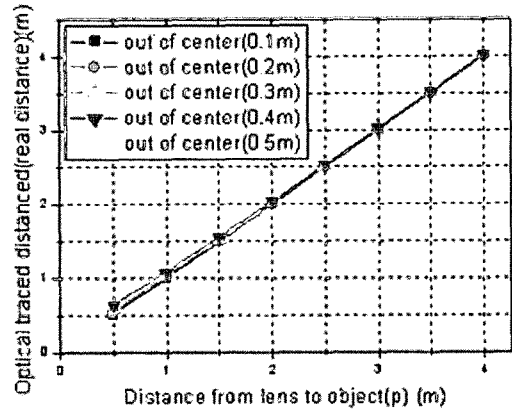


그림 9. 중심에서 왼쪽으로 200mm 벗어나 거리 1m에서 교차방식으로 찍은 사진.

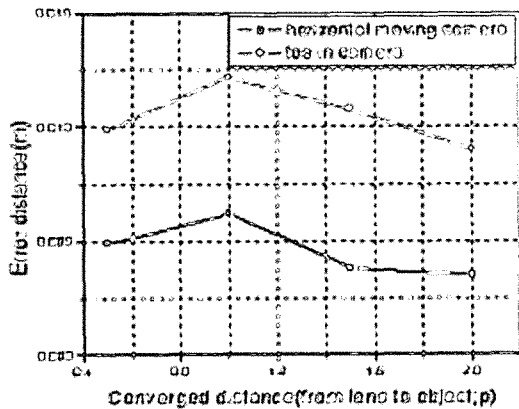


(a) 중심

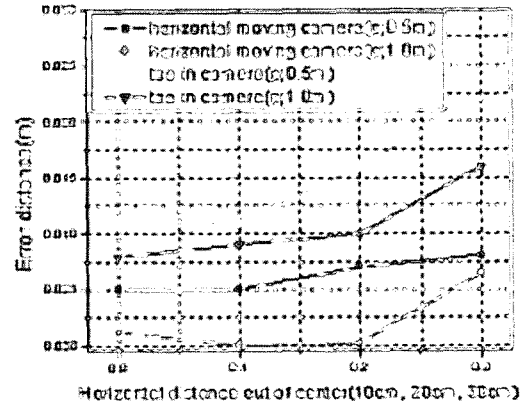


(b) 중심 밖

그림 10. 렌즈에서 물체까지 광선 거리와 렌즈에서 수직거리 관계(p).

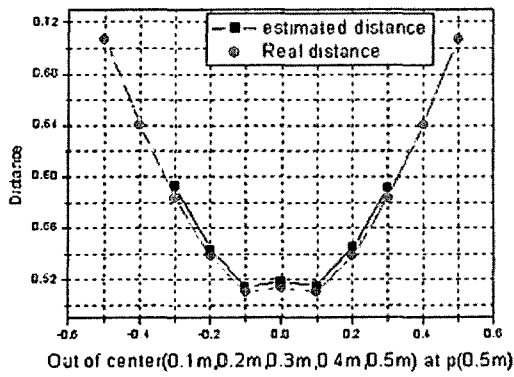


(a) 중심

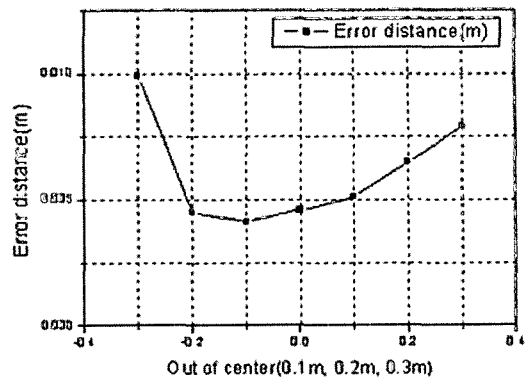


(b) 중심 밖

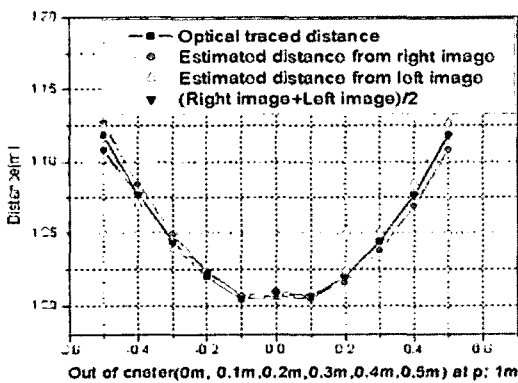
그림 11. 카메라 방식에 따른 광선 거리와 거리 추정된 거리 비교



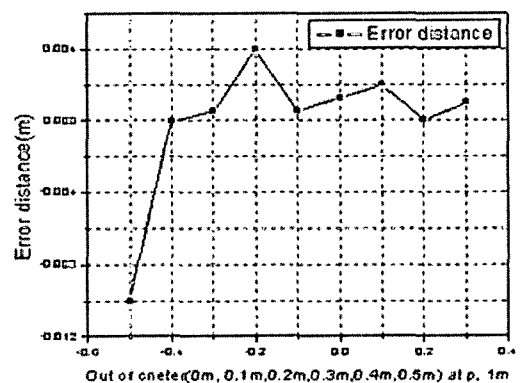
(a) 거리 0.5m 에서의 광선 거리와 추정거리 비교



(b) 오차 거리



(c) 거리 1.0m 에서 광선거리와 추정거리 비교



(d) 오차 거리

그림 12. 거리(0.5m, 1m) 에서 광선거리와 추정된 값 비교 및 거리 차.

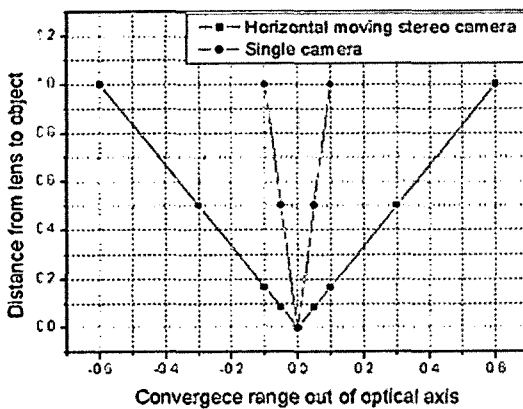


그림 13. 단일카메라와 입체카메라의 주시 범위.

## V. 결 론

단일 카메라의 주밍 방법을 통해 거리 추출하는 방법을 알아보고, 그 방식의 단점인 단 방향 제어가 됨을 알아보았다.

이를 보완하기 위한 수평이동 방식을 이용하여 좌, 우의 방향 어디에서나 일정 범위의 주시각 제어를 할 수 있는 시스템을 구성하였고 그 시스템에서 주밍 과정을 통해서 물체의 거리를 추출하는 방법을 알아보았다. 수평 이동 방식이 거리 추출에 있어서 근접영역(500mm, 1000mm) 오차 거리는 10mm 미만이었다. 또한 120도 정도의 시야 범위를 확보할 수 있었다. 이로써 단일 카메라의 깊이 추정보다는 양안 입체 카메라의 사용을 통해 정확한 깊이 추정과 넓은 시야를 확보할 수 있었다. 여기서 기존에 입체카메라를 통해 입체정보를 추출하는 방법이 있지만 방식이 복잡하고 복잡한 수식을 통해 값을 도출 할 뿐만 아니라 미세한 움직임의 주시 값을 얻는 것이 힘들지만 여기서 제안된 방식의 시스템은 줌 정보와 영상 크기 정보를 간단한 수식에 넣어 구할 수 있다. 여기서 입체영상 카메라에서 주시각 제어뿐만이 아니라 줌렌즈를 통한 제어를 할 수 있어서 향후 이런 방식에 더욱 좋은 영상을 얻을 수 있을 것이다. 지금까지는 물체를 추정하기 위해서 줌렌즈를 이용하였지만 향후 줌렌즈 변화와 주시각 제어에 따른 두 영상의 크기 연구한다면 인간이 느끼는 거리 정보를 추출하여 더욱 좋은 입체영상 거리를 얻을 수 있을 것이라고 본다.<sup>[12]</sup>

### 감사의 글

“본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구 결과.(IITA-2006-C1090-0603-0018) 및 2006년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었음.”

### 참고문헌

- [1] S. Nagata, “The binocular fusion of human vision on stereoscopic displays—field of view and environment effect,” *Economics*, vol. 39, no. 11, pp. 1273-1284, 1996.
- [2] D. Nitzen, “Three-dimensional vision structure for robot application,” *IEEE Trans. PAML* vol. 10. no. 3, pp. 291-309, May 1988.
- [3] P. J. Besel, “Active, optical range imaging sensors,” *Machine Vision and Application*, vol. 1, pp.127-152, 1988.
- [4] J. M. Lavest, G. Rives, and M. Dhome, “Using a zoom in monocular vision for 3-D reconstruction,” *Proc. Of I.A.R.B.*, 1991.
- [5] D. Vermin, “Using camera motion to estimate range for robotic parts manipulation,” *IEEE Robot Application* vol. 6, no. 5, pp. 509-521, 1990.
- [6] J. Ma and S. I. Olsen, “Depth from zooming,” *Journal of Optical Society of America*, vol. 7, no. 10, pp.1883-1890, Oct., 1990.
- [7] 권기철, 김남, “수평이동식 입체카메라의 주시각 제어를 위한 Hybrid Ceptral Filter에 의한 시차정보 추출,” *방송공학회논문지*, 제9권 제1호, pp. 91-94, 2004. 3.
- [8] C. W. Smith and A. A. Dumbreck, “3DTV: The practical requirement,” *Television, Journal of Royal Television Society*, vol. 25, pp. 9-15, 1988.
- [9] O. Faugeras and G. Toscani, “Camera calibration for 3-D computer vision,” in *Proc. SPIE Symp. Application Digital Image Process*, vol. 1349. 1990.
- [10] R. K. Lenz and R. Y. Tsai, “Calibrating a cartesian robot with eye-on-hand configuration independent of eye-to-hand relationship,” *IEEE Trans, Pattern Anal. Machine Intel.*, vol. 11, no. 9, pp. 916-928, Sept. 1989.
- [11] Jean-Marc Lavest, Gerard Rives, and Michel Dhome, “Three-dimensional reconstruction by zooming,” *IEEE Trans. Robot Application*, vol. 9, no. 2, pp. 196-199 1993.
- [12] 이상은, 조재홍, 정의민, 이각현, “단일 CCD와 두 개의 줌렌즈로 구성한 입체 카메라,” *한국광학회*, 제17권 제1호, pp. 38-46, 2006. 2.

### A Method for Estimating a Distance Using the Stereo Zoom Lens Module

Eun Seop Hwang<sup>†</sup> and Nam Kim

*Dept. of Information & Communication Eng., Chungbuk Nat'l Univ.*

*#410 Engineering center 5, Gaesindong Cheongju Chungbuk 361-736, Korea*

<sup>†</sup>*E-mail: eshwang@osp.chungbuk.ac.kr*

Ki-Chul Kwon

*Prism Technology Inc., Korea*

(Received October 18, 2006, Revised manuscript December 18, 2006)

A method of estimating the distance using single zoom camera limits a distance range(only optical axis) in field of view. So, in this paper, we propose a method of estimating the distance information in Stereoscopic display using the stereo zoom lens module for estimating the distance in the wide range. The binocular stereo zoom lens system is composed using a horizontal moving camera module. The left and right images are acquired in polarized stereo monitor for getting the conversion and estimating a distance. The error distance is under 10mm which has difference between optically a traced distance and an estimated distance in left and right range (0mm~500mm) at center. This presents the system using a function of the zoom and conversion has more precise distance information than that of conversion control. Also, a method of estimating a distance from horizontal moving camera is more precise value than that from toe-in camera by comparing the error distance of the two camera methods.