

수평이동방식 입체카메라의 입체영상의 결상 위치 추정 방법

임영태[†] · 김 남

충북대학교 정보통신공학과
Ⓣ 361-763 충북 청주시 개신동 산 82번지

권기철

(주) 프리즘테크
Ⓣ 361-763 충북 청주시 개신동 산 82번지 학연산 804호

(2006년 10월 18일 받음, 2006년 12월 19일 수정본 받음)

입체영상 획득시 입체영상 결상 위치는 입체감을 유발하는 중요한 요인이 된다. 평행방식과 교차방식 카메라는 주시각 제어가 불가능하고 획득 영상의 왜곡이 심한 단점에도 불구하고 구조가 간단하여 결상 위치 추정방법에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 수평이동방식 카메라는 왜곡이 적고 주시각 제어가 가능하여 평행방식과 교차방식보다 많은 장점을 가지고 있지만 구조의 복잡성 때문에 연구가 부족하다. 본 논문에서는 입체영상의 촬영과 디스플레이의 기하학적 모델을 이용하여 수평이동방식 입체카메라의 입체영상 결상 거리 추정 방법을 제안하였다. 기존의 추정방법을 이용한 입체영상 결상거리는 a_2 가 1과 0.75 일 때 587.64mm에서 791.16mm, 639.53mm에서 809.50mm 사이의 분포를 가지고 있다. 수평이동전과 수평이동후의 결상 위치 차이는 1.08mm에서 0.11mm까지의 범위를 가지고 있고 거리에 따른 수평이동량과 같은 형태임을 알 수 있었다.

주제어 : Horizontal-moving camera, Stereoscopic, Three-dimensional(3-D)

I. 서 론

인간은 외부로부터 시각을 통해 약 70%의 정보를 받아들이며 이러한 인간의 시각정보를 바탕으로 한 영상기술은 TV 방송기술, 영상처리기술, 머신 비전(machine vision)기술 등으로 계속 확장되고 있다. 영상기술의 발달은 최근 HDTV 방송의 실현과 더불어 급속하게 전개되고 있으며, 이러한 발전은 최근 인간이 보고 느끼는 실영상을 그대로 재현하고자 하는 고화질 실감 3차원 입체영상의 구현에 대한 욕구를 충족시키고자 하는 방향으로 전개되고 있다^[1-4].

이러한 고화질 실감 3차원 입체영상의 구현을 위해 입체카메라에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 3차원 입체영상 획득 방식 중 양안 입체영상 카메라의 연구는 크게 카메라 방식에 따른 왜곡, 주시각 제어, 자동화 등의 연구가 주를 이룬다. 인간의 시각기능을 모방한 양안 입체영상 카메라의 방식 중 수평이동방식은 주시각 제어가 가능하며 획득한 입체영상의 왜곡이 적은 장점을 가지고 있다^[5]. 입체영상의 획득시 입체영상이 결정되는 거리는 입체감을 유발하는 중요한 요인이 되므로 평행방식과 교차방식의 경우는 많은 연구가 이루어졌지만 양안 입체영상 카메라 방식에 따라 주시각 제어의 불가와 획득한 입체영상이 왜곡이 심한 단점을 가지고 있다^[6].

본 논문에서는 이러한 단점의 보완이 가능한 수평이동방식

카메라를 이용한 입체영상이 결상 거리를 찾는 방법을 연구하였다. 기존의 평행방식과 교차방식에 적용되었던 방법을 수평이동방식에 적용하여 위치를 찾아보았고 수평이동방식의 기하학적 구조를 통해 수평이동량을 이용하는 방법을 제안하였다.

II. 입체영상의 결상 위치 추정 이론

입체영상 디스플레이를 통해 입체영상을 관측 할 때 가상면에 입체영상이 맺히는 방식을 도출하기 위해 촬영과 디스플레이의 모델의 기하학적인 분석이 필요하다. 그림 1과 2는 입체영상의 획득과 디스플레이 시스템의 기하학적인 모델이다. 그림 1로부터

$$(L_b - L_c)\sin\theta_c : x' = \left\{ (L_b - L_c)\cos\theta_c + \sqrt{\left(\frac{d_c}{2}\right)^2 + L_c^2} \right\} : L_s \quad (1)$$

의 관계식으로 나타낼 수 있다.

일반적인 양안 입체영상의 획득에서 카메라 사이의 거리 d_c 는 수 센티미터 이내의 값이고 수렴이 되는 거리 L_c 는 수 미터 이상의 범위를 가지고 있으므로 카메라의 수렴각 θ_c 를 무시할 수준의 매우 작은 값으로 가정하면 $\sin\theta_c \cong (d_c/2L_c)$, $\cos\theta_c \cong 1$, $\sqrt{((d_c/2))^2 + L_c^2} \cong L_c$ 의 값을 가지게 됨으로 입체영상 획득에서 시야거리에서 가상면의 중심으로부터의 거리

[†] E-mail: ytlim@osp.chungbuk.ac.kr

$$x' = \frac{(L_b - L_c) \cdot d_c \cdot L_s}{2L_b \cdot L_c} \quad (2)$$

$$\frac{d_c}{d_e} = a_1 \quad (4)$$

를 얻을 수 있다. 그림 1과 2로부터

$$x = \frac{W}{W'} x' + \frac{H_c}{2} \quad (3)$$

를 얻을 수 있다. 이 때 두 눈 사이의 거리와 두 카메라 사이의 거리 비율

이라 놓고 망막상에 맺히는 입체 이미지의 넓이와 스크린 사이의 거리 비율

$$\frac{W}{W'} = \frac{\tan \frac{\beta}{2}}{\tan \frac{\alpha}{2}} = a_2 \quad (5)$$

로 둔다. 입체영상을 볼 때 두 눈의 수렴각이 2θ 라면

$$\tan \theta = \frac{d_c}{2L_d} = \frac{1}{L_s} \cdot \left(\frac{d_e}{2} - x \right) \quad (6)$$

를 도출 할 수 있다.

따라서 식 (2), (3), (4) 그리고 (5)을 식 (6) 적용하면 입체영상이 맺히는 거리 L_d 는

$$L_d = \frac{1}{\frac{1}{L_s} - \frac{a_1 \cdot a_2}{L_c} + \frac{a_1 \cdot a_2}{L_b} - \frac{H_c}{L_s \cdot d_e}} \quad (7)$$

로 나타낼 수 있다^[7].

수식에 사용된 파라미터는 표 1에 자세히 정리하였다.

수평이동방식 양안 입체영상 카메라에서 입체영상이 결정되는 위치를 구하기 위해 기하학적인 분석이 필요하다. 그림 3은 수평이동 방식 입체영상 카메라의 기하학적 구조 모델로서 카메라로부터 물체 o 까지의 수직 거리 p , 두 렌즈 사이

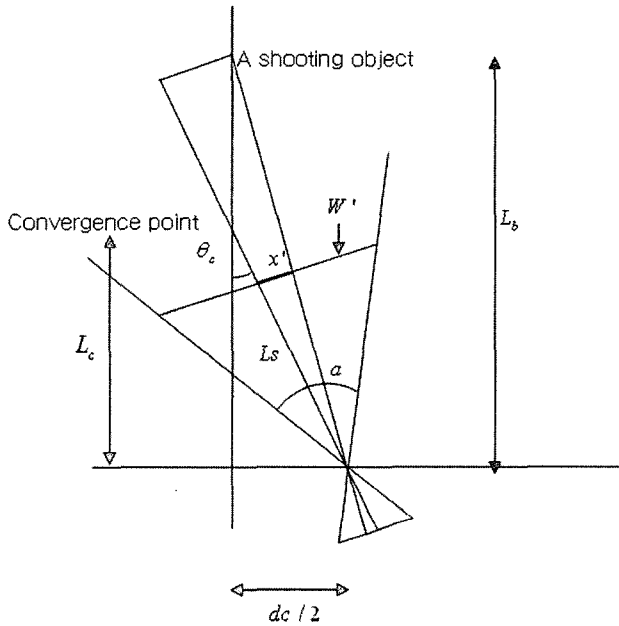


그림 1. 입체영상 촬영 시스템의 기하학적 모델.

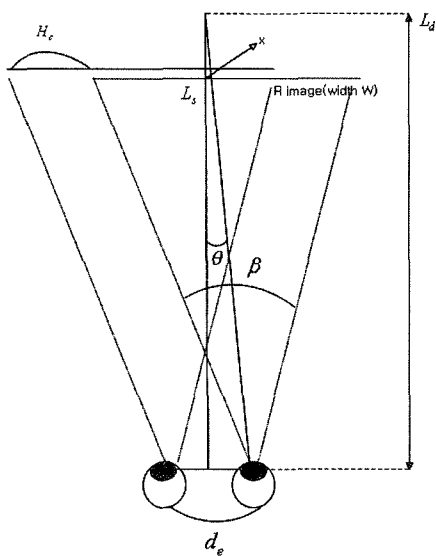


그림 2. 입체영상 디스플레이 시스템의 기하학적 모델.

표 1. 촬영과 디스플레이 모델의 파라미터

d_c	카메라 사이의 거리
d_e	눈 사이의 거리
L_b	관심물체까지의 거리
L_c	카메라의 주시각 수렴거리
L_s	시야 거리
L_d	입체영상의 위치
α	렌즈의 시야각
β	시야각
θ_c	카메라의 주시각
θ	눈의 수렴각
H_c	좌우 영상의 수평적 차이
W	스크린의 넓이
W'	촬영 시스템 모델에서 시야거리에 대한 가상의 스크린 넓이
x'	촬영 시스템 모델에서 시야거리에서 가상 스크린의 중심으로부터의 거리

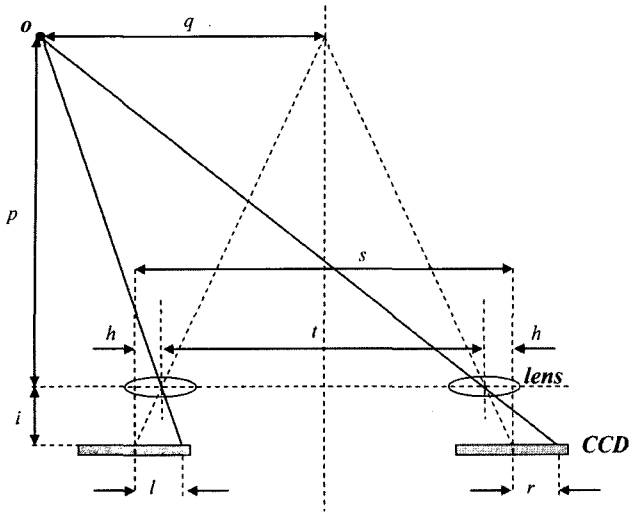


그림 3. 수평이동 방식 카메라의 기하학적 구조.

의 거리 t , 주시각제어를 위한 렌즈의 수평 이동량을 h , CCD 센서와 렌즈사이의 거리를 i 라 할 때 입체영상의 시차 $l-r$ 은

$$p : i = (q - \frac{t}{2}) : (l - h) = (q + \frac{t}{2}) : (r + h) \quad (8)$$

의 비례식을 사용하여

$$l - r = 2h - \frac{it}{p} \quad (9)$$

로 구해진다.

수평이동방식 양안 입체영상 카메라를 사용하여 주시각 제어 과정을 거쳐 자연스러운 입체영상을 획득하기 위해서는 관측물체의 점 o 의 입체영상 시차 값 $l-r$ 은 0이 되어야 한다. 이때, 수평이동량 h 는

$$h = \frac{it}{2p} \quad (10)$$

로 표현된다^[8].

관심물체가 두 카메라의 중심에서 q 만큼 떨어져 있을 때 주시각을 a_q 라 할 때

$$a_q = 90^\circ - \left(\cos^{-1} \frac{p}{\sqrt{p^2 + (q - \frac{t}{2})^2}} + \cos^{-1} \frac{q + \frac{t}{2}}{\sqrt{(q + \frac{t}{2})^2 + p^2}} \right) \quad (11)$$

로 나타낼 수 있다. 그러나 일반적인 촬영에서 물체가 카메라의 중심에 위치할 경우 q 의 값이 0이 되므로 이때의 입체영상의 결상 거리를 찾기 위해 식 (6)을 수평이동방식 양안 입체영상 카메라에 적용한다. 두 눈의 수렴각과 수평이동후

카메라의 주시각과 같다고 가정하면

$$L_d = \frac{\frac{d_e}{2}}{\tan \left(\cos^{-1} \left(\frac{\frac{it}{2h}}{\sqrt{(\frac{t}{2})^2 + (\frac{t}{2h})^2}} \right) \right)} \quad (12)$$

로 나타낼 수 있다.

III. 입체영상 결상위치 실험 및 결과

1/2" 크기의 CCD센서를 가진 두 대의 CCD카메라를 150 mm의 길이를 갖는 렌즈와 CCD센서가 분리되도록 하고, 렌즈를 중심으로 CCD센서 사이의 간격을 65 mm로 설치하고, 28 mm의 초점거리를 갖는 렌즈를 사용하였고 마이크로미터를 통해 수평으로 조절할 수 있도록 설치하였다. 디스플레이 장치로 넓이 315 mm 두께 300 mm의 15인치 편광방식 입체영상 디스플레이를 사용하였다. 기존의 방식인 식 (7)을 이용해 입체영상 결정 거리를 찾기 위해 a_2 가 1이 되는 거리인 디스플레이로부터 590 mm 정도 떨어진 위치에 기준을 두고 600 mm부터 1200 mm 까지 50 mm 간격으로 관심물체를 위치시킨 후 측정하였다. 수평이동방식 입체카메라의 경우 CCD의 수평 이동 후 획득되는 입체영상의 중심이 일정하게 유지되므로 수평이동전과 수평이동후 획득된 영상의 중심 좌표를 측정하였다.

그림 4는 기존 방식을 이용해 얻은 결상 값이다. 이 방식은 망막상에 맺히는 입체 이미지의 넓이와 스크린 사이의 거리 비를 시야각의 조절을 통해 얻은 a_2 이 중요한 파라미터이다. a_2 가 1과 0.75일 때 두 결상거리의 차이는 51.89 mm에서 18.34 mm로 관심물체의 거리 증가에 비해 차이가 적어진다. 그림 5는 a_2 가 1일 때 제안된 방식의 결상위치와 기존방식의 결상위치를 나타낸 것이다. 관측자의 위치가 870 mm 일 때 관심물체까지의 거리가 865 mm에서 두 방식의 L_d 값이 같고 그 이외의 범위에서는 -142.64 mm에서 263.74 mm 까지 차이를 보이고 있다. 그림 6은 카메라의 수평이동후의 결상 위치를 나타내고 있다. 각 거리별로 수평이동량 만큼 이동시킨 후 추정된 결상 위치는 -141.56 mm에서 263.85 mm 까지 차이를 보이고 있다. 그림 7은 관심물체의 거리에 따른 수평이동량과 수평이동전·후 결상된 거리차이를 나타내고 있다. 수평이동량은 2.04 mm에서 0.86 mm까지의 값을 가지고 있고 수평이동전후 결상거리 차이의 그래프와 비교하면 유사하게 감소됨을 알 수 있었다. 그림 8은 기존 방식과 제안된 방식의 결상거리들의 차이를 나타낸 것이다. 관심물체의 위치가 기준이 되는 590 mm에서 650 mm의 범위까지 결상 차가 1.07 mm에서 0.65 mm로 다소 큰 폭의 차이를 나타냈고 관심물체의 위치가 700 mm 이후에서는 수평이동전과 수평이동후의 차이가 일정하게 유지됨을 알 수 있다. 그림 9

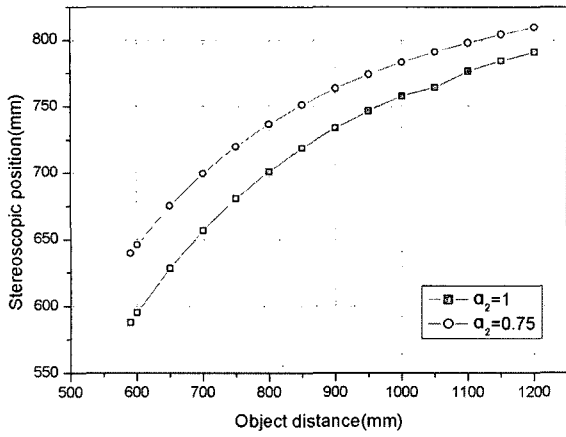


그림 4. 시야각에 따른 결상거리.

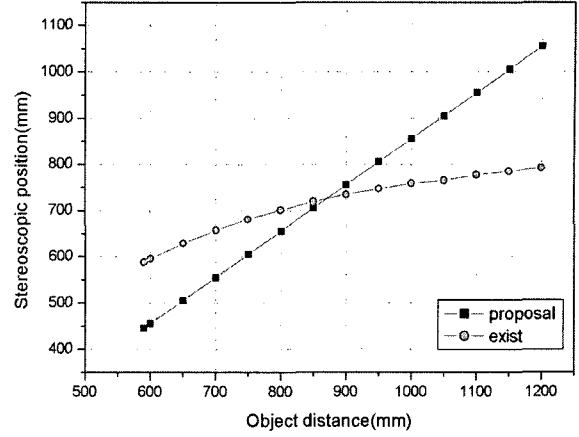


그림 5. 수평이동전 결상거리와 기존방식의 결상거리.

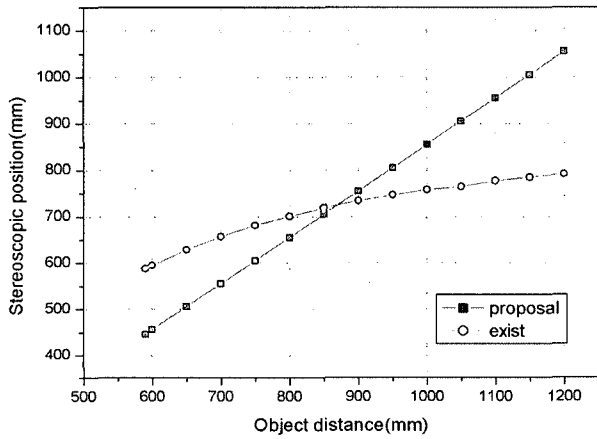


그림 6. 수평이동후 결상거리와 기존방식의 결상거리.

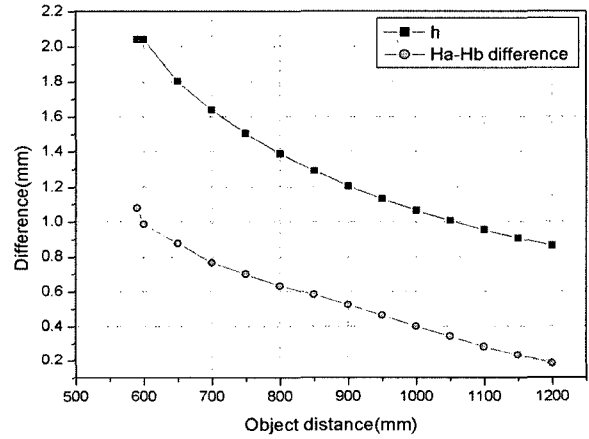


그림 7. 관심물체의 거리에 따른 수평이동량과 수평이동전후 결상된 거리차이.

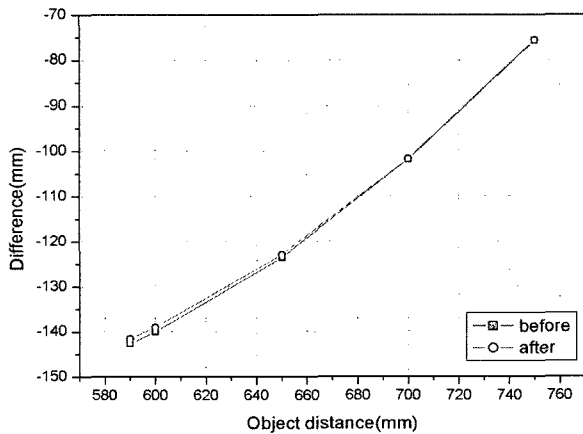


그림 8. 수평이동전과 수평이동후의 결상차이.

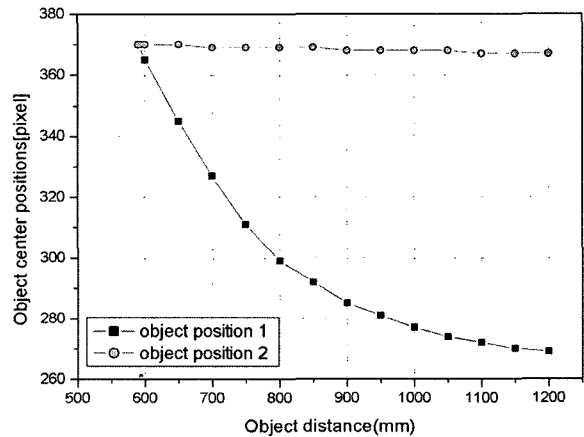


그림 9. 수평이동전과 수평이동후의 영상의 중심픽셀.

는 획득한 영상의 중심좌표가 수평이동후 기준 영상의 중심좌표로 보정됨을 보여준다. 관심물체가 590 mm 위치에서 370 pixel의 중심위치를 얻었다. 물체의 거리가 1200 mm까

지 중심좌표는 277 pixel로 이동하였고 수평이동후 중심좌표는 370 pixel에서 367 pixel까지 보정되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 수평이동방식 양안 입체영상 카메라의 입체 영상 결상 위치 추정 방법을 알아보았다. 수평이동방식 양안 입체영상 카메라는 주시각의 제어가 가능하며 획득한 입체 영상은 왜곡이 적은 장점을 가지고 있지만 구조의 복잡성의 단점을 가지고 있다. 이러한 입체 카메라 방식을 이용하여 기존에 연구되었던 입체영상 촬영과 디스플레이의 기하학적 구조에 적용하여 추정 위치를 살펴보았다. 기존의 경우 관심 물체의 거리가 눈의 시야각이 증가함에 따라 결정거리가 크게 변화되지만 제안된 방식은 수평이동량에 따라 수평이동 전후 모두 일정한 비율을 유지하며 카메라의 수평이동 후 획득된 이미지의 중심좌표는 항상 동일한 위치에 있음을 확인할 수 있었다. 이는 관심물체의 거리나 카메라의 수평이동량 값의 조절로써 입체영상 카메라의 주시각 제어의 거리를 임의의 위치에 고정시킬 수 있음을 의미한다. 수평이동 전과 수평이동 후의 결상 위치 차이는 관심물체의 거리가 증가할 수록 수평이동량과 유사하게 감소됨을 알 수 있었다.

감사의 글

“이 논문은 2006년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었음.”

참고문헌

- [1] I. P. Howard and B. J. Rogers, *Binocular vision and Stereopsis* (Oxford University press, USA, 1995) pp. 1-30.
- [2] A. Dumbreck, C. Smith, and S. Murphy, “The development and evaluation of a stereoscopic television system for remote handling,” *Image Tech. J. of BKSTS*, pp. 8-12, 1990.
- [3] C. W. Smith and A. A. Dumbreck, “3-D TV: The practical requirements,” *J. R. Telev. Soc.*, pp. 9-15, 1988.
- [4] S. Pastoor, “Human factors of 3D imaging: Results of recent research at Heinrich-Hertz-Institute Berlin,” in *Proc. ASIA Display'95 Conf.*, pp. 69-72, 1995.
- [5] K. C. Kwon, Y. S. Choi, and N. Kim, “Automatic vergence and focus control of parallel stereoscopic camera by cepstral filter,” *J. Electron. Imaging*, vol. 13, no. 2, pp. 376-383, 2004.
- [6] A. Woods, T. Docherty, and R. Koch, “Image distortions in stereoscopic video systems,” *S. D. A. Proc. SPIE*, vol. 1915, pp. 36-48, 1993.
- [7] H. Yamanoue, M. Okui, and F. Okano, “Geometrical Analysis of Puppet-Theater and Cardboard Effects in Stereoscopic HDTV Images,” *C. S. Video Tech.*, *IEEE Transactions*, vol. 16. no. 6. pp. 744-752, 2006.
- [8] K. C. Kwon, J. K. Choi, and N. Kim, “Automatic control of horizontal-moving stereoscopic camera by disparity compensation,” *J. of Opt. Soc. Korea*, vol. 6, no. 4, pp. 150-155, 2002.

The Method for Estimating Stereoscopic Object Position with Horizontal-Moving Camera

Young-Tae Lim[†] and Nam Kim

Department of Information and Communication, Chungbuk University, Cheongju 361-763, KOREA

[†]*E-mail: ytlim@osp.chungbuk.ac.kr*

Ki-Chul Kwon

PrizmTek, Chungbuk University Hakybonsan 804, Cheongju 361-763, KOREA

(Received October 18, 2006, Revised manuscript December 19, 2006)

The position of stereoscopic objects is an important parameter to induce three-dimensional effects such as convergence control and image distortions. There are three kinds of stereoscopic cameras :Parallel, Toed-in, and Horizontal-Moving cameras. In this paper we proposed the method for estimating stereoscopic object position with a horizontal-moving camera. In the previous methods, viewing angle ratios are used to estimate the object positions. Our method based on the horizontal movements of the camera to estimate the positions. Using geometrical models of shooting and display we experimented with two methods. Results of experiments showed the distance of stereoscopic objects on virtual screen related to horizontal movement.