

## 3차원 입체영상에서 양선형 보간법을 이용한 키스톤 왜곡 보정

### A Correction of the Keystone Distortion Using the Bilinear Interpolation Method in 3D Stereoscopic images

이승우, 송영준, 김남  
충북대학교

Lee Seung-Woo, Song Young-Jun, Kim Nam  
Chungbuk Nat'l Univ.

#### 요약

본 논문은 영상에 발생하는 키스톤 왜곡을 효율적으로 제거하는 방법에 대해 논하고 있다. 3차원 영상을 구현하기 위한 2차원 영상 획득 과정에서 발생하는 키스톤 왜곡을 양선형 보간법을 사용하여 최대한 제거시킨다. 보통 2차원 영상에서의 키스톤 왜곡은 광학적인 장비를 사용하여 제거할 수 있으나, 효율성이나 작업의 용이성을 고려했을 때 영상처리 방법을 사용하면 더 큰 효과를 볼 수 있다. 왜곡이 제거된 2차원 영상을 사용하여 3차원 입체영상을 구현하면 더 선명하고 왜곡이 없는 입체영상을 획득한다.

#### Abstract

This paper discusses a method to efficiently remove the keystone distortion in images. The keystone distortion which generated during 2D image acquisition to realize 3D stereoscopic images is removed by the bilinear interpolation method. Usually, the keystone distortion in 2D images can be removed by the optical equipment, but the image processing is more effective than the optical equipment in consideration of efficiency or simplicity of the works. This method can be realized 3D stereoscopic images without the distortion.

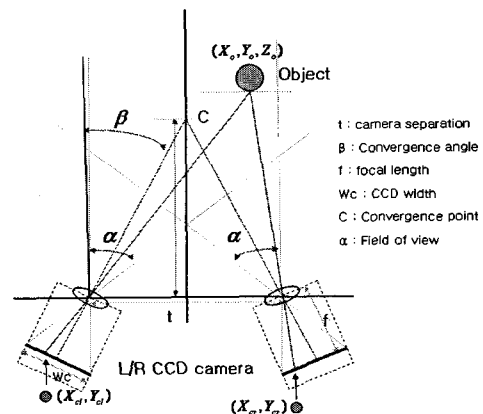
## I. 서론

3차원 입체영상은 기존의 2차원 영상과는 전혀 다른 효과와 생동감, 흥미를 전달해주어 점점 사용자가 증가하고 있으며, 선명한 3차원 입체영상을 얻기 위해 다양한 연구개발이 이루어지고 있는 추세이다[1]. 3차원 입체영상을 획득하기 위한 방법에는 여러 가지가 있는데, 본 연구에는 두 대의 카메라를 사용하여 사람의 양안과 같은 원리로 영상을 획득하는 방법을 사용하였다. 또한 양안 입체 카메라를 구성하는 방식에도 여러 가지가 있지만, 본 논문에서는 사람의 양안과 비슷한 원리로 구성된 교차식 방법을 사용하여 영상을 획득하였다. 입체 카메라를 사용하여 영상을 획득할 때 CCD 카메라나 렌즈로부터 여러 가지 왜곡이 발생하는데, 그중 가장 두드러진 것이 키스톤 왜곡이다[2]. 이러한 왜곡은 광학장비를 사용하여 제거할 수도 있으나, 광학용 장비는 대부분 고가일 뿐만 아니라 왜곡을 보정하는 것이 쉽지 않다. 그래서 본 연구에서는 3차원 입체영상을 구현하기 전에 2차원 영상에 있는 키스톤 왜곡을 양선형 보간법을 사용한 영상처리를 한 후 왜곡을 최대한 제거하고, 입체영상을 구현하여 좀 더 선명하고 왜곡 없는 3차원 입체영상을 획득하고자 한다.

## II. 본론

### 1. 입체 영상 카메라 시스템

입체 영상 카메라 시스템은 크게 평행식(parallel configuration)과 교차식(toed-in configuration)으로 나눌 수 있다. 그림 1은 공간상에 물체가 위치해 있을 경우, 교차식 구조를 가진 CCD 카메라가 대상 물체에 대하여 영상을 획득하는 시스템을 표현한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이, 두 대의 CCD 카메라를 사용하여 하나의 물체에 대해 좌우 각각의 영상을 획득할 수 있다.



▶▶ 그림 1. 입체영상 카메라 시스템

물체가  $(X_o, Y_o, Z_o)$  좌표상에 위치해 있다고 가정할 경우, 먼저 좌측 CCD 카메라로 물체에 대한 영상을 획득할 때, 물체에 대한 CCD 상의 좌표  $(X_c, Y_c)$ 는 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$X_c = f \tan(\tan^{-1}(\frac{t+2X_o}{2Z_o}) - \beta),$$

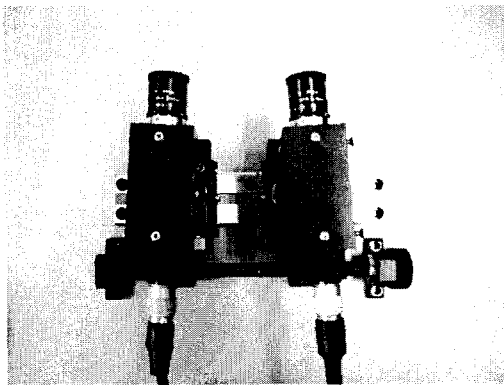
$$Y_c = \frac{Y_o f}{Z_o \cos \beta + (X_o + \frac{t}{2}) \sin \beta} \quad (1)$$

마찬가지로, 우측 CCD 카메라로 물체를 획득할 경우, CCD 상의 좌표  $(X_r, Y_r)$ 는 다음의 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$X_r = -f \tan(\tan^{-1}(\frac{t-2X_o}{2Z_o}) - \beta),$$

$$Y_r = \frac{Y_o f}{Z_o \cos \beta - (X_o - \frac{t}{2}) \sin \beta} \quad (2)$$

여기에서,  $f$ 는 카메라의 초점거리,  $t$ 는 카메라 렌즈 사이의 거리,  $\beta$ 는 카메라의 수렴각이다[3]. 위의 식 (1), (2)를 통하여 CCD 좌표에 영상이 획득되는 것을 알 수 있다. 그림 2는 실제 구성되어 실험에서 사용된 입체 카메라를 보여주고 있다.



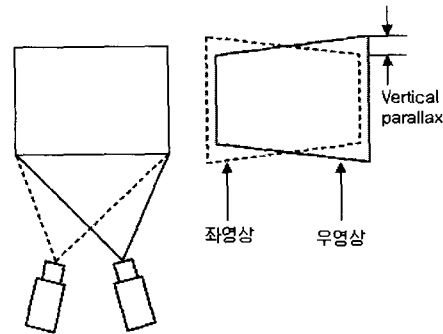
▶▶ 그림 2. 교차식 카메라 구조

교차식 카메라 구조는 카메라가 물체의 위치에 따라 안쪽으로 회전을 하여 물체에 대해 수렴하여 영상을 획득한다. 실험에서 주로 사용되는 구조이며, 설치 및 영상의 획득이 용이하다[2]. 또한 로봇을 만들 때 눈의 구조를 사람의 양안과 동일한 원리로 구성할 수 있고, 여러 가지 시스템에서 입체 영상을 쉽게 획득하는데 응용될 수 있다는 장점이 있다. 이렇게 교차식은 다양한 장점이 있으나, 여러 왜곡이 생긴다는 큰 단점이

있다. 대표적인 왜곡이 키스톤 왜곡(keystone distortion)과 볼록 왜곡(depth-plane curvature)이 있는데, 본 논문에서는 키스톤 왜곡을 제거하는 방법에 대해 논의할 것이다.

## 2. 키스톤 왜곡

영상의 촬영 특성상 정면에서 촬영된 영상과는 달리 촬영 각도에 따라 대상 물체에 대한 영상이 기울어지는 현상이 발생한다. 이렇게 발생하는 현상을 키스톤 왜곡이라고 정의할 수 있다. 키스톤 왜곡은 두 카메라의 좌우 CCD 획득한 영상이 틀어짐 현상으로 다른 평면에 위치해 있을 때, 입체 영상의 수직 수차(vertical aberration)에 의해서 발생한다[3]. 그림 3은 키스톤 왜곡을 나타내고 있는데, 한 대의 카메라에서 획득된 영상이 다른 카메라에서 획득된 영상보다 한쪽 편은 더 크고, 반대편은 더 작아서 영상의 기울어짐이 발생한다. 수직 수차의 크기는 영상의 모서리에서 가장 크다. 또한 두 카메라 사이의 간격이 벌어지거나 수렴 거리와 초점거리가 짧아질수록 증가한다.



▶▶ 그림 3. 키스톤 왜곡

## 3. 양선형 보간법

키스톤 왜곡이 생긴 2차원 영상을 사용하여 3차원 영상을 생성하면, 입체 영상이 제대로 구현되지 않는다. 이러한 영상의 문제점을 최대한 보정해주기 위해서 양선형 보간법을 사용하여 왜곡을 제거한다. 식 (3)은 양선형 보간법에 대한 원리를 수식으로 보여준 것이다. 이 수식을 통해 그림 4와 같은 정규화된 직사각형의 모양을 가지게 된다.

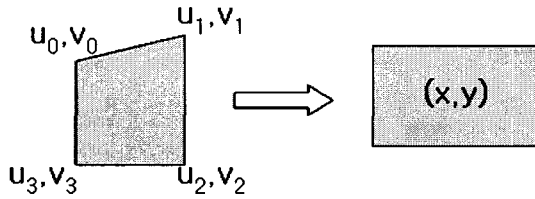
$$u_{01} = u_0 + dx(u_1 - u_0), \quad v_{03} = v_0 + dx(v_3 - v_0)$$

$$u_{32} = u_3 + dx(u_2 - u_3), \quad v_{12} = v_1 + dx(v_2 - v_1)$$

$$u = u_{01} + dx(u_{32} - u_{01}), \quad v = v_{03} + dx(v_{12} - v_{03}) \quad (3)$$

여기에서,  $dx$ 와  $dy$ 는 정규화된 직사각형의 변위값들이고,  $u$ ,  $v$ 는  $x$ ,  $y$ 에 대응되는 대상물체에 대한 최종 후보 영역의 사각

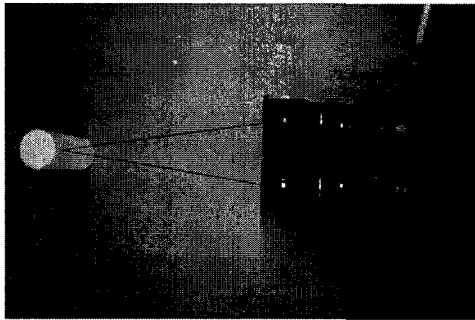
형 좌표이다[5].



▶▶ 그림 4. 양선형 보간법에 의한 변환

### III. 실험결과

본 논문에서는 3차원 입체 영상 획득을 위한 카메라 시스템을 구성하고, 획득된 영상으로부터 키스톤 왜곡을 제거하여 선명한 입체영상을 생성하였다. 그림 5는 실제로 제작한 입체 영상 획득 장치를 보여주고 있다. 두 대의 CCD 카메라를 사용하여 카메라 앞쪽에 위치한 대상물체에 대한 영상을 획득한다. 카메라는 렌즈와 CCD로 구성되어 있으며, 오차 감소를 위해 평평하고 진동이 없는 광학 테이블을 사용하였다.



▶▶ 그림 5. 실제 구성한 입체 카메라

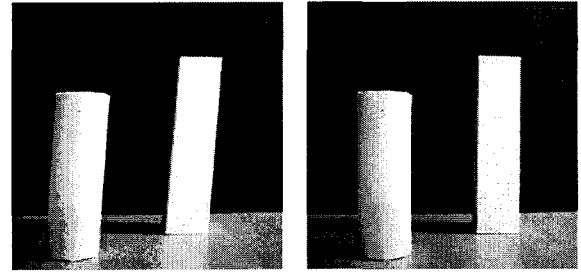
구성된 시스템의 기본적인 파라미터는 표 1에서 나타난 것과 같고, 안정된 실험을 위해서 약간의 오차는 무시하였다.

[표 2] 입체 카메라 기본 파라미터

파라미터	거리(mm)
카메라 간격	75
CCD부터 렌즈까지 초점거리	6.5
CCD 크기	8.8 (2/3인치)
카메라 렌즈부터 물체까지 거리	350
CCD 해상도	640×480 픽셀

제시된 기본적인 파라미터를 이용하여 입체 카메라를 구성하고, 실제로 영상을 획득하는 실험을 실시하였다. 키스톤 왜곡이 발생할 수 있게 카메라에서 사용된 렌즈에 변화를 주었다. 실제로 획득된 영상은 그림 6에서 보여주고 있다.

크이 발생할 수 있게 카메라에서 사용된 렌즈에 변화를 주었다. 실제로 획득된 영상은 그림 6에서 보여주고 있다.

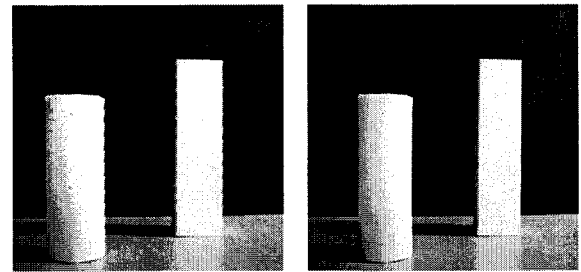


(a)좌영상

(b)우영상

▶▶ 그림 6. 입체 카메라에서 획득한 좌우 영상

그림 6에서 볼 수 있듯이 입체 카메라를 사용하여 좌우의 2차원 영상을 획득하는 과정에서 키스톤 왜곡이 발생하였다. 이 왜곡된 영상을 사용하여 입체 영상을 만들 경우, 선명도는 물론이고 왜곡이 심한 경우에는 제대로 된 입체 영상조차 만들 수 없다. 그래서 양선형 보간법을 사용하여 그림 6을 보정하였고, 다음의 그림 7에서 그 결과를 볼 수 있다.



(a)좌영상

(b)우영상

▶▶ 그림 7. 양선형 변환 후 좌우 영상

그림 7에서 볼 수 있듯이 양선형 보간 후 좌우 영상을 비교하면 물체의 모양이 많이 유사하다는 것을 알 수 있다. 물론 양선형 보간 과정 중에 물체의 외형에 약간의 변화가 생겨 제대로 획득된 영상과는 차이가 발생하지만, 키스톤 왜곡이 생긴 그림 6과 비교하면 훨씬 더 향상 되었다는 것을 알 수 있다. 또한 그림 7의 두 영상을 사용하여 3차원 입체 영상 재생 장치를 통하여 입체 영상을 생성하면 그림 6에서 생성된 영상보다 더 선명하다는 것을 검증할 수 있다.

### IV. 결론

본 논문에서는 영상에 발생하는 키스톤 왜곡을 효율적으로 간단하게 제거하는 방법에 대하여 논하였다. 입체 카메라 시스템에서 좌우 2차원 영상을 획득하고, 획득된 영상을 이용하

여 3차원 입체 영상을 생성하는 과정에서 키스톤 왜곡이 발생할 수 있다. 일반적으로 2차원 영상에서의 키스톤 왜곡은 광학적인 장비를 사용하여 제거할 수 있으나, 효율성이나 작업의 용이성 등을 고려했을 때, 영상처리 방법을 사용하면 쉽게 왜곡을 제거할 수 있다는 장점이 있다. 물론 영상을 양선형 보간하는 중에 물체의 형상이 다소 변하기는 하지만, 입체 영상을 생성할 때 키스톤 왜곡이 발생한 영상과 비교하면 훨씬 더 선명한 입체영상을 구현할 수 있다. 실험을 통하여 영상에서의 키스톤 왜곡을 제거하였고, 3차원 입체영상 재생 장치에서 재생하여 보았을 때 선명한 입체영상을 구현할 수 있다는 사실도 검증하였다. 본 연구를 토대로, 입체 영상을 획득하는 과정에서 발생하는 다양한 왜곡을 영상처리 과정을 통하여 손쉽게 제거함으로써, 복잡한 입체 영상 획득 및 구현 과정을 단순화하는 연구가 지속되어야 한다.

#### 감사의 글

이 논문은 2006년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었음.

#### 참 고 문 헌

- [1] 이승우, 김 남, 김상근, "입체 영상으로부터 정확한 깊이 정보 추출 방법," 2005년도 합동학술대회, pp.278-281, 2005.
- [2] L. Seungwoo, K. Nam, "A Method for Precise Depth Detection in Stereoscopic Display," Journal of the optical society of korea, Vol.10, No.1, pp.37-41, 2006.
- [3] A. Woods, "Image Distortions in Stereoscopic Video Systems", Stereoscopic Displays and Applications IV, Proc. SPIE, Vol. 1915, pp. 36-48, 1993.
- [4] 김은수, 이승현, 3차원 영상의 기초(키다리, 서울, 1998), pp.77-79.
- [5] 문성원, 장연동, 송영준, "기울어진 차량 번호판 영역의 검출," 한국콘텐츠학회논문지, 제4권, 제3호, pp.125-130, 2004.