

입체 영상 획득용 Stereoscopic Camera의 효율적 정렬 방법

김 재 한

호남대학교 전자공학과

An efficient alignment method of the Stereoscopic camera for three dimensional image acquisition

Jae-Han Kim

Department of Electronic Engineering, Honam University

e-mail : kjh@honam.ac.kr

요 약

원격 조작이나 해저 수중 탐사에서 실제와 같이 거리감을 인식하며 제어하기 위하여, 3차원 입체 영상 카메라 장치를 사용하고 있다. 기본적인 구성 형태인 Stereoscopic Camera 시스템은 기구적으로 주시각 제어와 초점 제어가 이루어 지고 있으며, 획득영상에 대하여 영상 distortion 보정, 압축 처리 등의 영상 신호처리가 행하여진다.

양안 카메라의 수평 위치를 일치시켜 수평적으로 동일 위치의 pixel들이 정확한 epipolar line을 형성할 경우에, 주시각 제어가 용이하고 보정 및 영상처리 등의 연산량이 대폭 감소된다. 이와 같은 calibration 과정을, 기존의 시스템에서는, 주로 영상 획득 초기에 패턴을 사용하여 실시하거나, 물리적 수평 장치와 sensor 등의 보조 장치를 이용하여 calibration을 행한다. 그러나, 기계적으로 정밀하게 정렬을 한다고 하여도 두 카메라의 광축 및 CCD 조립상 상이점과 특성의 불일치로 인하여 실제 획득된 영상에서는 변이와 회전이 포함된 영상을 얻게된다. 본 논문에서는 Stereoscopic Camera의 위와같은 정렬 오류의 문제점을 분석한 후, 제안 방식으로서 두 카메라의 획득되는 영상을 직접 영상 처리하여 수직 방향 및 회전 오류를 최소화 시켜 정렬하는 새로운 방법을 제시하며, 실험적으로 제안 방식의 효율성을 보인다.

키워드

Stereoscopic Camera, 정렬, 3차원, 입체 영상

1. 서 론

삼차원 입체 영상은 기존의 이차원 영상이나 3D 그래픽 영상에 비하여 현실감과 실제감이 있고, 다양한 입체 영상 정보를 얻을 수 있으므로 3DTV나 입체 영화, 광고, 오락, 교육, 훈련, 3차원 시뮬레이션 등에 광범위한 응용이 기대되고 있다[1].

삼차원 입체 영상을 획득하기 위해서는 기존 단안의 카메라와 달리, 두 개 이상의 카메라로 우리가 두 눈으로 물체를 보듯이 다른 각도에서 카메라로 바라본 두 개의 영상을 얻은 후, 각 영상을 시청자 각각의 눈에 디스플레이 하여 보여 주어야 한다. 따라서, 우리의 두 눈과 유사한 형태

의 카메라 시스템이 필요하며 상이한 경우에는 눈의 피로감이 유발되며 삼차원 효과도 감소된다.

입체 영상 획득용 카메라의 기본적인 형태로 Stereoscopic Camera를 고려할 때, 좌우 카메라의 주시각 조정(vergence control) 및 정렬(alignment)에 대한 정확도가 떨어지기 때문에 실제와 같은 삼차원 영상을 재현하지 못하게 되며, 또한 이러한 영상은 시청시 시각 피로감을 유발하는 문제점이 있다[2][3].

두 카메라의 vergence angle 제어 기능과 초점(focus) 제어 기능, 영상 keystone distortion 보정, 압축 처리 등을 위해서는 가능하면 기계적으로 두 카메라가 같은 수평면(epipolar plane)에 위치하여, 수평적으로 동일 위치의 pixel들이 정

확한 epipolar line을 형성할 경우에, 여러가지 면에서 제어 및 연산량이 대폭 감소된다. 그러므로 이러한 정렬 기능은 카메라의 여러 제어 기능 중에서 가장 기본적이고 매우 중요한 요소이다.

즉, (1) 수직 방향 disparity로 인해 유발되는 시정 피로감을 없도록 하기위해, 카메라 수평 및 수직 방향의 정렬 오차를 줄이며 (2) 영상 면(image plane)의 중앙 위치에 있는 물체에 대해서는 양안 시차(disparity)를 같도록 하는 주시각 제어가 자동적으로 이루어지고 (3) 좌우 카메라가 동기되어 초점이 자동 제어되며 (4) 입체 영상 획득용 삼차원 카메라의 조사가 한 카메라와 같이 자동 제어되는 카메라 시스템이 요구되고 있다.

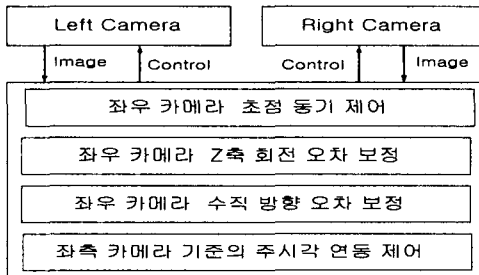
이를 위하여, 기존의 삼차원 입체 카메라에서는 주로 견고하게 설계 제작된 구조체에 고정시키거나, 물리적 수평 장치와 sensor 등의 보조 장치를 이용하여 초기 상태에서 정렬을 행하였다. 그러나, 동일한 모델의 카메라이어도 각 카메라의 광축(optical axis) 및 CCD 조립상 상이점과 특성의 불일치로 인하여 두 개의 카메라는 정렬 후 실제 획득된 영상에서는 원하는 것과 같은 이상적인 결과를 얻지 못한다. 카메라의 수직방향 정렬이 맞지 않는 경우에 대하여 기존의 방식은 translation matrix를 구하여 보정하는 방식을 택하거나, 스테레오 카메라 장치를 이상적으로 정렬된 상태로 놓고 해석하였다 [4].

본 연구에서는 Stereoscopic Camera 시스템에서 카메라 이동 변이 및 회전으로 유발된 비정렬 상태를 분석하며, 정렬을 위하여 양안 카메라로 획득한 양안 영상을 직접 영상 처리하여 수평 edge를 획득한 후, 이 edge정보를 이용하여 효율적으로 카메라를 정렬하는 방법을 제안하며 실험적으로 제안 방식의 성능을 분석한다.

II. 양안 카메라 동작 및 문제점

(1) 양안 카메라 동작 모델

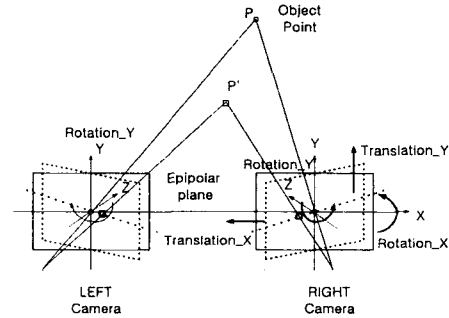
본 연구에서 사용한 입체 카메라 구성으로는, 구조상 가장 간단하고 삼차원 효과를 얻는데 유리한 형태인 교차축 방식(cross axis type)의 Stereoscopic Camera 구조로 하였으며, 이 카메라의 동작 요소 및 기능은 다음과 같다.



[그림 1] 양안식 입체 카메라의 동작 기능

- 초점 제어 : 기준이 되는 좌측 카메라로 물체를 지향하고 초점을 맞추게 되면, 이 좌측 카메라의 영상을 기준으로 하여 우측 카메라가 자동적으로 초점 제어된다.

- Z축 방향 회전오차 보정 : [그림 2]에서와 같이 좌측 카메라의 좌표계를 기준으로 하며, 우측 카메라는 우측 카메라 Z축에 대하여 회전(rotation)을 하여 Rotation_Z 오차는 epipolar plane이 왜곡되는 오차가 유발되는데, 이 오차를 두 카메라 획득 영상의 수직 edge를 참조하여 보정한다.



[그림 2] Stereoscopic camera의 geometry

- Y축 방향 수직 오차 보정 : 좌측 카메라를 기준으로 하여 우측 카메라가 Y축에 대해 수직 이동(vertical translation)하여 Translation_T와 같은 오차가 유발되는데, 이 오차를 두 카메라 획득 영상의 수평 edge를 참조하여 보정한다.

- 주시각 제어(vergence control) : 초점거리에서 획득된 두 영상에 대하여 양안 시차를 없애도록 하는 작업인 주시각 제어가 좌측 카메라의 회전인 rotation_Y에 대하여 연동되어 자동적으로 수행된다.

즉, 카메라의 주시각 제어를 위하여 목표가 되는 물체가 좌측 카메라 영상에 중앙에 위치한다고 가정하면 우측 카메라도 목표 물체가 우측 영상의 중앙에 오도록 두 카메라의 수직 edge를 참조하여, 우측 카메라의 Y축에 대하여 카메라를 회전시켜 주시각을 연속 제어한다. 우측 카메라의 X축 이동요소인 Translation_X는 주시각 제어의 회전 요소로 포함시켜 제어된다.

(2) 유발된 오차의 문제점

- 초점 오차 : 두 카메라에 의해서 유발되는 영상 중에서 최소한 하나의 영상이 정확한 초점으로 조정되지 않는 경우에 시각의 적응력에 의하여 크지 않은 defocusing의 경우는 focusing된 화면으로 상호 보완하여 인식한다.

- Z축 회전 오차 : 그러나, Z-축 회전(rotation) 오차는 중심점에서 좌측과 우측 절반의 영상이 각기 다른 방향으로 수직 disparity를

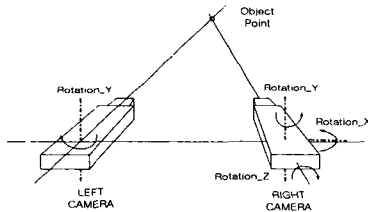
생성하여, 피로감을 느끼게 한다. 만일, 영상 압축 처리를 하는 경우에는, epipolar line상에서 matching block을 찾는 과정에서 심한 오차를 유발한다.

- Y축 방향 수직 정렬 오차 보정 : 수직 방향으로 생성되는 오차는 원거리에 비하여 근거리인 경우 epipolar 오차를 유발시켜 수직 disparity를 생성해, 시청 피로감을 느끼게 한다.

- 주시각 제어 : 초점거리에서 획득된 두 영상에 대하여 양안 시차를 없애도록 하는 주시각을 연속 제어한다. 주시각 제어가 완벽하지 않으면 시각계는 영상이 존재하지 않는 스크린의 앞이나 뒤에 실제 초점을 맞추려 하기 때문에 시청 피로감을 느끼게 하는 현상이 나타난다.

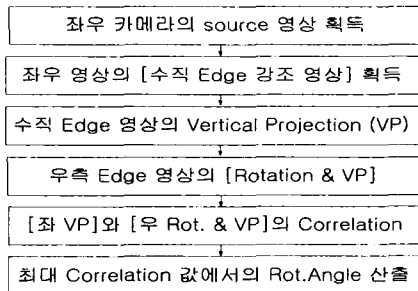
III. 제안 방식

(1) Z축 방향 회전오차 보정 : 좌우 카메라로 획득되는 영상의 수직 edge를 이용하여 회전에 의한 오차를 Rotation_Z로 보정한다.



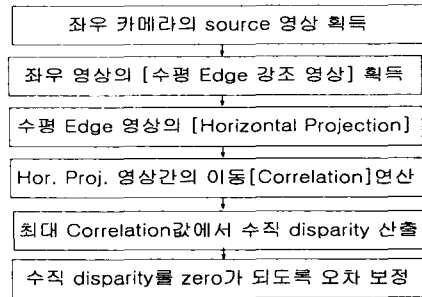
[그림 3] 오류 보정에 의한 카메라 정렬

첫째로, 좌측 및 우측 카메라 영상에서 수직 edge 영상을 얻은 후, 둘째로 연산의 효율성을 위하여 수직 방향 투영(vertical projection)을 하여 수평방향으로 edge 분포 함수를 얻는다. 계속하여 우측 edge 영상을 회전 affine 변환하여 수직 projection한 것과 x축 correlation을 하여 최대 값이 얻어지는 회전 각도를 찾아 이 값으로 회전 보정을 실시한다.



[그림 4] Z-축 회전오차 보정 절차도

(2) Y축 방향 수직 정렬 오차 보정 : 좌측 카메라를 기준으로 하여 우측 카메라가 Y축에 대해 수직 이동(vertical translation)하여 오차가 유발되는데, 이 오차를 두 카메라 획득 영상의 수평 edge를 참조하여 보정한다.

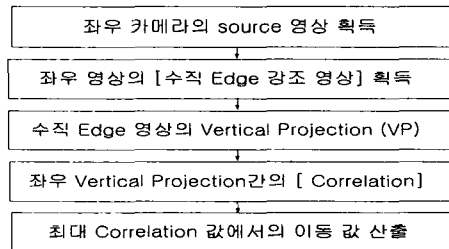


[그림 5] Y-축 수직 정렬 오차 보정 절차도

(3) 카메라 주시각 제어 : 좌측 카메라의 Rotation_Y는 카메라 조작자에 의하여 제어되는 주시 목표 물체의 방향조절이다.

우측 카메라의 Rotation_Y는 주시각 제어를 위하여 카메라 제어 프로세서에서 처리하여 얻은 값만큼 회전하여 목표 물체에 대하여 수평 disparity가 zero가 되도록 하는 제어 요소이다.

따라서 좌우 영상에서 수직 edge 개선이 되는 mask를 적용하여 영상의 수직 edge영상을 얻는다. 이 edge 영상을 손쉽게 비교하기 위해서는 수직 방향으로 edge 성분을 projection한 후, 이것을 수평방향으로 한 pixel 씩 이동시켜 가며 correlation이 가장 큰 값을 구하면 이 값이 수평 주시각 제어 값이 되는데 이 값이 영이 되도록 주시각 회전을 제어한다.



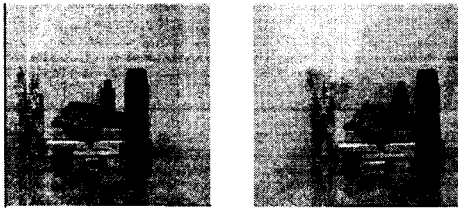
[그림 6] 카메라 주시각 제어 절차도

IV. 실험 결과

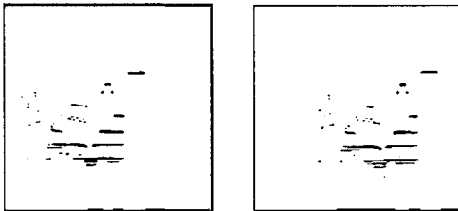
실험에서는 Y-축 수직 정렬에 대한 오차를 보정하는 절차를 수행하였다. 우선 좌우 카메라로부터 입력된 영상으로부터, 각각의 수평 edge 강조 영상을 구하기 위하여 우선 Gaussian filter를

이용하여 잡음을 제거하고 Sobel mask를 이용하여 edge를 얻었다.

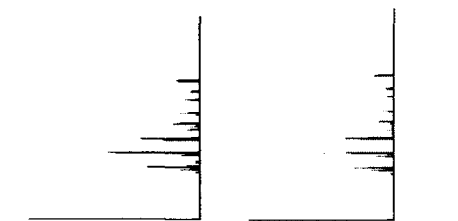
좌우 카메라 영상으로부터 추출된 각 수평 edge 영상으로 부터 수직 방향의 disparity를 구하기 위해서는 수평 edge 영상을 수평 방향으로 projection하였다. 이 projection 결과를 좌측을 기준으로 한 pixel 씩 이동해 가며 correlation을 통해 수직 방향 오차인 vertical disparity를 구하였다.



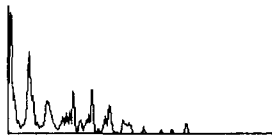
[그림 7] 수직 오차가 5mm인 좌우 영상



[그림 8] 수평 edge가 강조된 좌우 영상



[그림 9] 좌우 수평 edge 영상의 projection



[그림 10] 좌우 projection 결과의 Correlation

위의 [그림 7]은 수직 오차가 5mm인 좌우 카메라

의 영상이며, [그림 8]은 수평 edge가 강조 처리된 좌우 영상이고, [그림 9]은 좌우 수평 edge 영상의 projection 결과이며 [그림 10]은 좌우 수평 edge 영상 projection 결과의 correlation 결과를 보여 주고 있다. correlation 결과로 산출된 수직 disparity 값은 본 실험에서는 2 pixels로 계산되었다. 따라서, 우측 카메라의 수직(Y) 방향 보정용 구동 모터의 제어를 통하여, 2 pixels 간격 차이가 zero가 되록 하면 보정이 이루어진다.

V. 결 론

고 품위의 3차원 영상을 얻기 위해서는 첫째, 영상의 중심점에서 좌측과 우측 절반이 각기 다른 방향으로 수직 disparity가 생성되어서 3차원 영상의 시청 시에 피로감을 유발하는 Z-축 회전(rotation) 오차가 없어야 한다. 둘째로, 카메라의 수직 방향 정렬의 오차로 인하여 생성되는 수직 disparity가 epipolar 평면상의 오차를 유발시켜, 근거리 영상인 경우에는 심각하게 시청 피로감을 느끼게 하므로 이를 제거하여야 한다. 셋째로 초점거리에서 획득된 두 영상에 대하여 horizontal disparity를 없애도록 하는 주시각을 연속 제어하여야 한다. 주시각 제어가 완벽하지 않으면 우리 시각계는 영상이 존재하지 않는 스크린의 앞이나 뒤에 실제 초점을 맞추려 하기 때문에 이 요소도 역시 시청 피로감을 느끼게 하는 주 요인이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 오차 요인의 영향을 분석하고, 기존의 방식과 다른 새로운 정렬 방법을 제시하였으며, 그 정렬 방법의 타당성을 실험으로 확인한 결과, 매우 효율적으로 동작함을 알 수 있었다. 특히, 제안된 방법은 3차원 입체 영상 획득용 원 영상을 제어 영상으로 이용함으로써, 실제적인 화면상의 오차를 실시간 연속적으로 제어 할 수 있는 특징을 갖는다.

참고문헌

- [1] Ramesh Jain et. al., "Machine Vision", McGraw-hill, 1995
- [2] Philip W. Smith and N. Nandhakumar, "An improved power cepstrum based stereo correspondence method for textured scenes", IEEE trans. on PAMI, vol.18, no.3, pp.338-347, March 1996
- [3] David J. Coombs and Christopher M. Brown, "Cooperative gaze holding in binocular vision", IEEE Control system, pp.24-33, 1991
- [4] D.V. Papadimitriou, T. J. Dennis, " 3-D parameter estimation from stereo image sequences for model-based image coding", signal proc. Image comm. pp471-487, 1995