정밀 켈리브레이션 정합을 위한 화상측정계

김종만
전남도립 남도대학

The Image Measuring System for accurate calibration-matching in objects

Jongman Kim
Namdo Provincial College

Abstract : Accurate calibration matching for maladjusted stereo cameras with calibrated pixel distance parameter is presented. The camera calibration is a necessary procedure for stereo vision-based depth computation. Intra and extra parameters should be obtain to determine the relation between image and world coordination through experiment. One difficulty is in camera alignment for parallel installation: placing two CCD arrays in a plane. No effective methods for such alignment have been presented before. Some amount of depth error caused from such non-parallel installation of cameras is inevitable. If the pixel distance parameter which is one of intra parameter is calibrated with known points, such error can be compensated in some amount and showed the variable experiments for accurate effects.

Key Words : calibration matching, Intra and extra parameters, pixel distance

1. 서 론

카메라를 통하여 화상신호를 전송하는 스테레오 비젼시스템에 있어서 좌우 화상정보가 얻어지면 이 두 화상정보의 같은 위치 정보에 대한 일치점을 파악하는 과정이 수행되고, 파악된 일치점에 대한 3차원 거리 산출 기법에 의해 거리 정보를 산출해 낼 수 있다.[1,2] 이러한 산출 기법은 스테레오 카메라의 평행 설치가 완료된 가정하에 수행되는 것으로 일반적으로 설치시의 약간의 설치로 인한 실제 거리 측정시는 많은 거리 측정오차가 발생할 수 있다. 이러한 측정오차를 줄이기 위한 방법으로, 카메라 설치후에 생기는 오차에 대하여 촛점 거리와 광학 중심점 등의 파라미터를 교정하는 캘리브레이션을 수행하여 사용하였다.[4-7] Puget 등[4]은 움직이는 카메라에 대한 다양한 영상으로 부터 독립적인 변수를 사용하여 내부 및 외부 캘리브레이션을 수행하는 방법을 제시하였다. 여기엔 다양한 영상 추출등의 실험조건들이 수반된다. Tsai와 Lenz는 고정된 기하학적 조건과 선형대수적 특성을 이용한 카메라의 내부 및 외부 파라미터를 간소화시켜 계산하는 全영역 카메라 알고리즘을 제시하여 로보트 캘리브레이션을 수행하였는데 이 방법은 파라미터 모델링 상의 오차가 존재하였다. 내부 캘리브레이션의 스케일 계수는 CCD센서 소자의 간격과 화소의 갯수를 이용하여 측정하므로 두 카메라의 완전한 평행조건이 수반되지 않을 때나 CCD 센서 소자에 온도 등의 영향으로 인한 오차들에 의해 부정확한 교정이 될 수 있다. 본 연구에서는 스테레오 거리 계산 식에서 사용하고 있는 화소간의 거리 파라미터를 CCD의 크기와 화소수의 관계에서 구하지 않고, 실제 아는 위치점의 환산 교정된 화소의 간격 파라미터를 이용하는 캘리브레이션 방법을 제시하여 다양한 실험효과를 보였다.

2. 화상 계측 정보 시스템

스테레오 카메라의 캘리브레이션이 되어 있지 않으면 정합 및 산출된 거리 데이터의 정확성 여부를 보장할 수 없다. 이 과정에서 필요한 외부 파라미터는 카메라의 위치를 기준 좌표계로 변환할 때 나타나는 오차를 보정하기 위한 목적과 카메라들의 수평 및 평행 정렬과정에서 나타나는 오차를 보정하거나 자동 정렬을 위한 목적으로 사용된다. 또한 내부 파라미터는 카메라의 화소당 거리 인수를 의미한다. 외부 파라미터 교정 과정이 완료되어 카메라가 수평 및 평행으로 정렬되어 있다는 가정하에서는 카메라로 부터 물체까지의 거리가 식(1)로 표현 된다.

$$z = f - \frac{2df}{u_2 - u_1} \tag{1}$$

여기서 분모는 실제 거리로 표현되는 좌,우 화상에서의 이격거리로 표현되는 값인데, 화상에서 구할 수 있는 이격값은 화소의 수일 뿐이므로 화소 수로 표현된 이격값으로 부터 화상의 실제 이격 거리를 알아내야 한다.

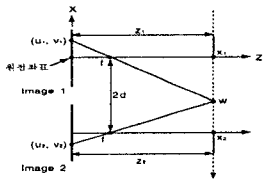


그림 1. 스테레오 비젼의 기하학적 구조

화상의 실제 이격 거리는 다음과 같이 이격 화소의 수와 화소간의 거리를 곱함으로서 구할 수 있다. 즉 이격 화소의 수를 n개라 하고 화소간의 거리를

k_u(pixel), 실제의 이격 거리를 D_p(mm)라하면

$$k_u = \frac{D_p}{n}[mm/pixel] \qquad D_p = nk_u, \qquad (2)$$

이다. 여기서 화소간의 거리 k_u를 구하는 것이 문제인데, 일반적으로 CCD 카메라의 구조로 보터 계산이 가능하다. CCD 소자의 가로 축 갯수를 N_h 라 하고, CCD 소자의 가로 길이가 L_h라 하면 화소당의 거리 k_u' 는

$$k_u' = \frac{L_h}{N_h} \qquad (3)$$

$$z' = f - \frac{2df}{u_2 - u_1} = f - \frac{2df}{k_u n'} \qquad (4)$$

가 되어

$$k_u = \frac{2df}{(f - z')n'} \qquad (5)$$

그러나 이러한 계산 방식을 이용하여 캘리브레이션을 수행할 경우, CCD 소자가 온도나 좌,우 CCD 카메라의 비평행성 등의 영향으로 정확한 값이 아니라면 오차가 발생할 수 있다는 문제점이 있다.

여기서 평행의 의미는 두 CCD 센서소자의 평면의 법선들 간에 평행을 이루는 것을 의미하므로 두 카메라의 몸체를 평행으로 정렬하는 것만으로는 해결되지 않는다. 이를 위해서 무한 원점이 두 화면의 동일한 위치에 착상해야 한다는 원리를 이용하여 카메라를 정렬시키는 방법을 사용하고 있으나 무한원점 선정시에 오류가 있을 경우 거리 측정오차는 피할 수 없게 된다.

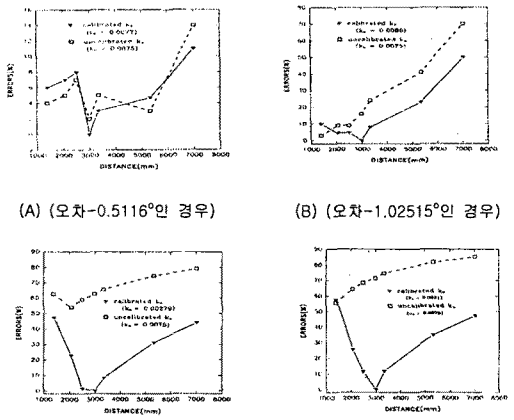
3. 실험결과 및 검토

본 실험에서는 화소간의 간격 k_u 값에 CCD의 길이를 배열 화소의 수로 나눈 값을 사용하지 않고, 거리를 알고 있는 물체의 화소 이격 갯수와 식(3)를 이용하여 계산한 보정된 k_u 값을 사용하여 카메라의 비평행에 의한 오류 보정 효과를 제시하였다.

오차평가 실험을 위해서 눈으로 식별될 만큼의 많은 오차를 갖는 교정되지 않은 카메라 시스템을 구성시킨 후, 제안한 방법에 의한 교정된 k_u 값과 교정되지 않은 k_u 값을 사용했을 때의 조건에 대하여 여러 경우의 평행 오차를 갖는 스테레오 비젼 상황에서 거리 측정 오차를 비교 실험하였다.

그림 2의 (A)와 (B)는 스테레오 카메라가 "∧"형으로 각도를 이루며 잘못 정렬된 경우에 대한 제안 방식에 의한 보정된 k_u 값과 보정되지 않은 k_u 값을 사용한 기존 방식과의 측 정된 오차 결과 비교치이다.

그림 2의 (C)와 (D)는 스테레오 카메라가 "∨"형태로 각도를 이루며 잘못 정렬된 경우의 보정된 k_u 값과 보정되지 않은 k_u 값을 사용한 경우에 대한 거리계산 오차 비교값이다. 여기서 카메라 각도의 (-) 값은 좌우 카메라의 정렬이 "∧"형태인 경우로써 두 평행선의 안쪽으로 향하는 경우이며, (+) 값은 "∨"형태의 경우로써 두 평행선의 밖으로 향하는 각도를 갖는다. 두가지 경우 측정거리가 증가할 수록 오차가 증가하지만, 보정되지 않은 k_u 값을 사용한 경우가 제안 방법에 의하여 보정된 k_u 값을 사용한 경우보다 오차의 증가율이 훨씬 크다는 사실을 알 수 있다.



(A) (오차-0.5116°인 경우) (B) (오차-1.02515°인 경우)

(C) (오차+2.1487°인 경우) (D) (오차+3.6839°인 경우)

그림 2. 보정시와 비보정시의 거리오차 비교

4. 결 론

본 연구에서는 스테레오 계산식의 화소간 거리 파라미터 산정방법을 3차원 공간상의 스테레오 카메라가 갖는 기하학적 관계식에 의해 교정된 화소 간격 파라미터를 이용하는 방식의 캘리브레이션을 수행하였다. 두 카메라의 각도가 평행한 조건으로 부터 여러각도로 벗어나 있는 경우에 대하여 실험결과, 파라미터 교정방식에 의해 보정한 거리계산 결과 값은 보정되지 않은 기존의 방식의 결과에 비해 최대 3배 이상 오차 저감효과를 가져왔다. 화소거리 파라미터에 대한 교정은 카메라가 완전한 평형상태를 이루지 못할 경우 등 외부 파라미터의 불완전한 교정에 의한 거리 계산 오차를 보정할 수 있음을 확인하였다.

참고 문헌

[1] Y. Yakimovsky & R. Cunningham, "A System for Extracting Three-Dimensional Measurements from a Stereo Pair of TV Cameras", Compuer Graphics and Image Processing 7, pp.195-210, 1978

[2] G. Borgefors, "Distance Transformations in Digital Images", Computer Vision, Graphics, and Image Processing, Vol. 34, pp. 344~371, 1986.

[3] A. Tai, J. Kittler, M Petrou and T Windeatt, "Vanishing Point Detection", Image and Vision Computing, vol. 11, no. 4, may, 1993.

[4] P. Puget and T. Skordas, "An optimal solution for mobile camera calibration", Proc. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. 19(6), 1426-1445(November/December 1988)