

비교정 영상으로부터 기하학 조건을 이용한 당구모델 기반의 3차원 객체 추정

이상현^o 이재영 이석한 최종수

중앙대학교 첨단영상대학원 영상공학과

{redsocks, evs0, ichthus, jschoi}@imagelab.cau.ac.kr

3D Objects Estimation based on Billiard Models using Geometry Constraints from Uncalibrated Images

Sanghyun Lee^o Jaeyoung Lee Seokhan Lee Jongsoo Choi

Dept. Image Engineering, Graduate School of Advanced Images Science, Chung-Ang University

1. 서 론

본 연구는 카메라를 가지고 당구 테이블에서 취득된 영상으로부터 당구공의 3차원 위치를 추정하는 것에 대한 기술을 제안한다. 제안된 방법으로 카메라를 움직였을 때, 3차원 공간에서 카메라의 이동에 대한 카메라 좌표계는 추정된다. 이동하는 카메라 좌표계의 추정에 대해서, 다각형으로 근사화되는 당구대 윗면에 녹색 영역을 추출하는 것에 의해 호모그래피(Homography)는 계산된다. 그런 다음, 당구공의 위치를 획득하기 위해 당구대 위면 영역으로부터 당구공 영역을 추출한다. 호모그래피에 의해 정의되는 카메라의 투영 행렬을 이용하여 각각의 당구공의 3차원 위치는 추정된다. [1] 추출된 당구공 영역에서 RGB 데이터 분포에 의해 각각의 당구공은 분류된다. 당구공의 3차원 위치 추정의 정확성을 평가하기 위해 우리는 카메라로 취득된 이미지 시퀀스에 제안된 기술을 적용하였다.

2. 본 론

2.1 호모그래피(Homography) 관계

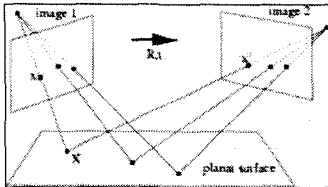


그림 1. 두 장의 영상에서의 호모그래피 관계

$$x' = Hx$$

$$H = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{pmatrix} \quad (\text{식 1})$$

$$x' = F_p X = K[R|t] \cdot (X \ Y \ 0 \ 1)^T$$

$$= K \begin{bmatrix} r_1^T & r_2^T & r_3^T & t^T \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot (X \ Y \ 0 \ 1)^T \quad (\text{식 2})$$

$$= H_{3 \times 4} \cdot (X \ Y \ 1)^T$$

그림 1처럼 두 평면에서 대응하는 모든 점들은 호모그래피(Homography) 관계로 표현할 수 있다. 즉 카메라를 움직이면서 같은 평면을 찍은 두 개의 영상에 존재하는 평면에 있는 대응점 x 와 x' 사이에는 식 1 및 식 2와 같은 관계가 있다. 이를 관계를 나타내는 변환 H 를 호모그래피라고 한다. [2]

2.2 시스템 구성

제안된 시스템은 그림 2와 같은 시스템 흐름도에 따른다. 먼저 교정 정보를 계산하기 위해 영상으로부터 RGB 컬러 벡터에 의해 컬러 분할하여 당구대에서 녹색의 영역을 검출하는 것이다. [3] 여기서 정확한 꼭지점을 추출하기 위해 그림 3처럼 반복적인 라인 피팅(Line Fitting)하는 알고리즘으로 Douglas-Peucker 변환을 이용한다. [4] 또한 당구공의 경우 일반적으로 당구대 내에 존재한다. 따라서 추출된 당구대 영역의 컬러벡터 평균분포를 하나의 마스크로 저장한 다음, 당구공 영역을 추출하기 위해 당구대 영역 안에서 마스크와 비교해서 당구대의 녹색이 아닌 영역을 추출한다면 당구공을 추출할 수 있다. 추출된 당구공 영역은 찌그려진 모양을 갖고 있기 때문에 원으로 근사화 시켜야 한다. [5] 하지만 원으로 구한 정보는 실제 당구공의 투영된 영상이기 때문에 정확하게 원이 아닌 구의 중심을 구해야 한다. 이때 구한 구의 중심점을 먼저 구한 카메라 교정 정보에 대입하면 당구공의 3차원 위치를 추정할 수 있다.



그림 2. 시스템 흐름도

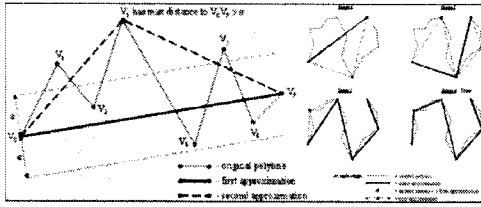


그림 3. Douglas-Peucker 변환 알고리즘

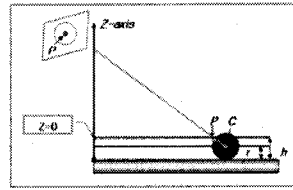


그림 4. 당구공의 중심점 보정

3. 실험 결과

본 논문에서 제안된 방법을 AMD Athlon 3200+ 2.0GHz CPU와 2.0GBytes 메모리 환경에서 시스템을 구현하였다. 실험 환경은 실내 환경에서 카메라로 실제 당구 모델에 기반한 컬러 입력영상을 받는다. 또한 실험 영상은 640*480의 해상도를 갖는다.

먼저 영상에 대해 분석을 하기 위해서는 입력영상은 RGB 영상으로 구성되었기 때문에 각각의 채널(Red, Green, Blue)별로 컬러 히스토그램을 파악해서 실험적으로 문턱값(Threshold Value)을 정해서 영상을 이진화시킨다. 그런 다음, 당구대의 외관선을 추출해서 Douglas-Peucker 변환 알고리즘을 통해 라인 피팅(Line Fitting)을 구한다. 그런 다음, 4개의 꼭지점을 추출해서 2장에서 기술한 호모그래피(Homography)행렬을 계산해서 최종적으로 카메라 교정 작업을 한다. [6] 마지막으로 당구공영역을 검출한 후, 원으로 근사화한 다음에 보정을 통해 중심점을 구한다.

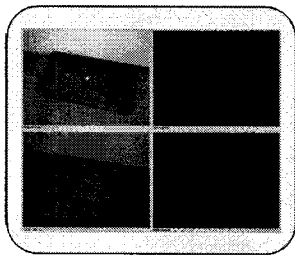


그림 5. RGB 채널 분리

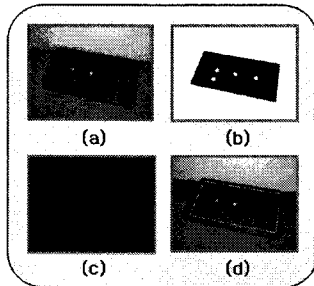


그림 6. (a) 입력 영상 (b) 이진화 (c) Douglas-Peucker 변환 (d) Line Fitting 출력

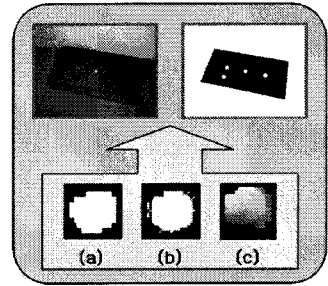


그림 7. (a) 당구공 영역 검출 (b) 근사화 (c) 당구공 인식

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 카메라 교정 정보를 모르는 이미지 시퀀스를 입력을 받아 이미지 내에 존재하는 평면 정보를 이용하여 호모그래피(Homography) 행렬을 계산하여 당구 모델기반의 영상을 카메라 교정하여 최종적으로 영상내의 당구공의 3차원 위치정보를 추정하는 방법을 제안하였다.

제안된 방법에서는 카메라 교정 정보를 두 쌍의 직교하는 평행선을 이용하여 근사화된 카메라 교정 방법을 적용하였기 때문에 카메라의 이동이 기준 좌표축에서 멀어지면 멀어질수록 정렬 오차가 커질 수 있으며, 평면이 없는 이미지에서는 사용할 수 없는 단점이 있다. 향후에는 보다 정확한 카메라 교정 방법의 연구와 조명의 변화 및 가려짐이 발생한 경우에도 강력한 시스템을 구현할 수 있는 연구가 필요하다.

Acknowledgement

본 연구는 서울시 산학연 협력사업, 최우수실험실 지원 사업 및 두뇌한국21 (BK21) 사업 지원으로 수행한 연구 결과입니다.

참고 문헌

[1] Simon J.D. Prince, Ke Xu, and Adrian David Cheok, "Augmented Reality Camera Tracking with Homographies," IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 22, no. 6, Nov. 2002
 [2] R. Hartley and A. Zisserman, Multiple View Geometry in Computer Vision, 2nd edition, Cambridge, 2003.
 [3] R.C. Gonzales, R.E. Woods, Digital Image Processing, 2nd edition, Prentice Hall, 2002.
 [4] J. Hershberger and J. Snoeyink, "Speeding Up the Douglas-Peucker Line-Simplification Algorithm," Proc 5th Symp on Data Handling, pp. 134-143, 1992.
 [5] Andrew Fitzgibbon, Maurizio Pilu, and Robert B. Fisher, "Direct Least Square Fitting of Ellipses," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 21, no. 5, May 1999
 [6] G. Simon, A.W. Fitzgibbon, and A. Zisserman, "Markerless Tracking using Planar Structures in the Scene," Proc. Int'l Symp. Augmented Reality (ISAR 2000), IEEE Computer Soc. Press, Los Alamitos, Calif., pp. 120-128, 2000.