

동적 프로젝션 맵핑을 위한 안정적 객체 자세 추정+

*김상준 **변영주 ***최유주

서울미디어대학원대학교

*gogo5911@naver.com, **qple1234@hanmail.net ***yjchoi@smit.ac.kr, 교신저자

Robust Object Pose Estimation for Dynamic Projection Mapping

*Kim, Sang-Joon **Byun, Young-Ju ***Choi, Yoo-Joo

Seoul Media Institute of Technology

요약

본 논문에서는 동적 프로젝션 맵핑을 구현하기 위하여 3차원 공간의 깊이 정보와 대상 객체의 색상영상에서의 특징점을 추출하여 3차원 공간상에서 움직이는 2차원 평면 객체의 자세를 안정적으로 추정하는 기법을 제안한다. 제안 기법은 타겟 이미지를 출력하여 타겟 이미지 보다 큰 평면 패널에 부착하고, 이 평면 패널을 3차원 공간상에서 움직이는 환경에서 타겟 이미지의 자세를 안정적으로 추정하기 위하여 고안되었다. 제안 기법에서는 우선 패널이 움직일 수 있는 깊이 영역을 지정하여 해당 깊이 영역에 존재하는 2차원 패널을 추출하고, 패널의 사각영역을 추출한다. 또한, 색상 영상에 SURF 알고리즘을 적용하여 2차원 평면상에 부착된 타겟 이미지의 영역을 색상 특징을 기반으로 함께 추출하여 패널의 사각 영역과 타겟 이미지의 상대적인 위치 정보를 추출한다. 셋업 단계에서 추출된 타겟 이미지의 상대적인 위치 정보를 이용하여, 조명의 변화에 의하여 순간적으로 타겟 이미지의 특징점 추적이 실패한 경우, 패널의 사각 영역에 의해 계산된 타겟 이미지의 상대적 위치 정보를 계산하여 자세 추정에 사용함으로써 움직이는 타겟 이미지의 3차원 자세를 안정적으로 추정할 수 있도록 하였다.

1. 서론

프로젝션 맵핑은 현실에 존재하는 대상 객체에 가상의 영상을 투사하여, 현실의 객체가 다양한 다른 성격을 가진 것처럼 보이도록 하는 기술을 의미한다. 프로젝션 맵핑 기술은 전시, 공연, 광고, 홍보, 미디어 아트 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 프로젝션 맵핑을 위해서는 2D의 영상물이나 3D 모델 객체를 제작하여 이를 현실의 실제 객체에 투사하게 되는데, 영상물이나 모델 객체가 현실의 객체상에 자연스럽게 투사되기 위해서는 카메라-프로젝터 캘리브레이션이 정확히 이루어져야 한다. 이에 정확한 카메라-프로젝터 캘리브레이션 기법과 이를 기반으로 움직이는 객체의 자세를 정확히 추정하기 위한 다양한 연구가 진행되었다[1-2].

카메라-프로젝터 캘리브레이션을 수행하기 위하여 일반적으로 평면 캘리브레이션 패턴을 출력하여 패널에 부착한 후, 프로젝션 맵핑이 수행될 공간상에서 움직이며, 이를 카메라로 입력받아 패턴내 특징점들의 3차원 좌표와 카메라 영상의 2차원 좌표간의 맵핑 관계를 통하여 카메라의 내부 및 외부 파라미터값들을 추정하는 방법들을 적용하고 있다[3]. 카메라-프로젝터 캘리브레이션 다음 단계에서, 프로젝션 패턴을 카메라 캘리브레이션 패턴이 부착된 패널에 투영하고, 이를 카메라

로 촬영하여 미리 추정된 카메라 캘리브레이션 정보를 기반으로 분석함으로써, 프로젝터의 내부/외부 파라미터 및 카메라와 프로젝터 간 호모그래피를 추정한다[4].

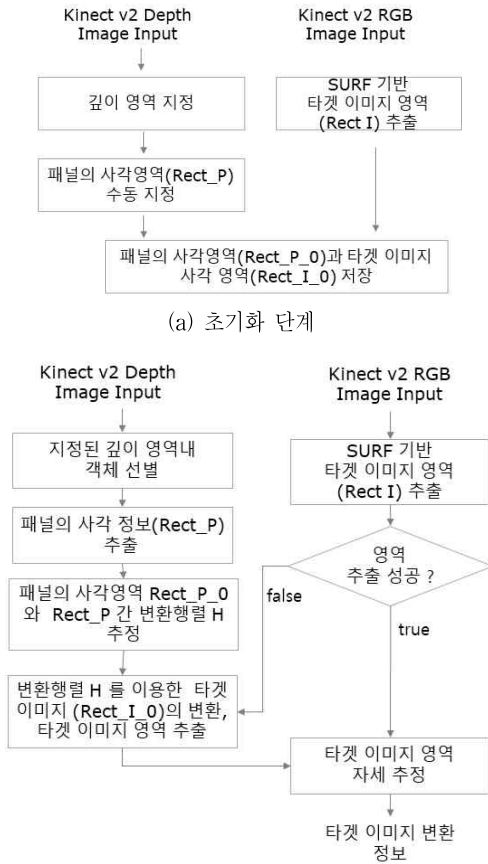
카메라-프로젝터 캘리브레이션을 통하여, 카메라와 프로젝터간 호모그래피가 추정된 후에는 3차원 공간상에서 움직이는 타겟 객체 특징점을 카메라 영상에서 추출함으로써, 타겟 객체를 기준으로 한 원하는 3차원 공간 위치에 2D 영상물이나 3D 모델 객체를 투영할 수 있다. 움직이는 대상체 상에 프로젝션 맵핑을 하기 위해서는 캘리브레이션 후에 대상체의 자세 추정이 실시간으로 정확하게 수행되어야 한다. 카메라 영상을 기반으로 출력된 타겟 이미지의 자세 추정시 SIFT나 SURF와 같은 방법들이 적용되어 왔으나, 카메라 입력 영상의 화질, 조도 등에 따라 크게 영향을 받는 단점이 있다. 작은 조명의 변화에도 순간적으로 타겟 이미지의 특징점 추출에 실패하여 타겟 이미지가 추적되지 못하고, 자세추정이 이루어지지 않아 프로젝션 맵핑되는 영상이 안정적으로 맵핑되지 못하는 경우가 쉽게 발생할 수 있다.

이에 본 논문에서는 동적 프로젝션 맵핑을 구현하기 위하여 3차원 공간의 깊이 정보를 통하여 객체 영역을 추출하는 방법과 대상 객체의 색상영상에서의 특징점을 추출하여 타겟 이미지를 추정하는 방법을 병합하여, 타겟 이미지 추적이 실패한 경우에도 깊이 영상 기반 객체 추적 방법의 보정 처리를 통하여 3차원 공간상에서 움직이는 2차원 평면 객체의 자세를 안정적으로 추정하는 기법을 제안한다.

+ 본 연구는 한국연구재단 이공학개인기초연구지원사업 (NRF-2017R1D11A1B03035718)의 지원에 의하여 수행됨.

2. 제안 기법

<그림 1>은 제안 기법의 처리 절차를 다이어그램으로 보여 주고 있다. 처리절차는 초기 패널과 타겟 이미지의 상대적인 위치를 지정하는 초기화 단계와 초기화 단계에 저장된 정보를 기반으로 타겟 이미지의 자세를 실시간 추정하는 단계로 구분된다.



(b) 실시간 타겟 이미지 자세 추정
그림 1. 제안 방법의 처리 절차

그림 1(a) 초기설정 단계에서 깊이 영상에서 패널의 사각 영역을 지정하는 네 개의 꼭지점을 수동으로 선택한다. 또한, 컬러 영상으로부터 SURF 알고리즘을 통하여 타겟 이미지의 사각 영역을 추출한다. 그림 1(b)의 실시간 타겟 이미지 자세 추정 단계에서 깊이 영상으로부터 패널 사각 영역을 추적하기 위해서 초기 입력된 사각 정보를 기반으로 코너점의 속성을 가지면서 초기 입력된 사각 정보의 코너점과 근접한 점을 찾아 패널의 사각 정보를 갱신한다. 매 프레임 별로 갱신된 사각 정보를 기반으로 패널의 꼭지점을 추적한다. 깊이는 영상은 많은 노이즈를 포함하고 있긴 때문에 깊이 영상에 Harris corner 추출 알고리즘 등을 적용할 시 원하는 패널의 사각 꼭지점을 찾을 수 없다.



그림 2. 깊이 영상(좌)과 깊이 영역 지정에 의한 패널 추출 영역(우).

이에 제안 기법에서는 패널의 윤곽점들 별로 그림 2(우)와 같이 기준 윤곽점을 기반으로 시계방향과 시계 반대 방향에 위치한 인접 윤곽점과의 벡터 $\vec{v1} = (v_{1x}, v_{1y})$ 과 $\vec{v2} = (v_{2x}, v_{2y})$ 를 구하고, 양 방향 인접 윤곽점과 생성한 두 벡터가 이루는 각 θ 의 cosine 값을 계산하여 cosine 값이 0에 가까운 값을 가지는 경우 코너점의 속성을 가지는 것으로 판단한다. 두 벡터가 이루는 각의 cosine 값은 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$\cos \theta = \frac{\vec{v1} \cdot \vec{v2}}{|\vec{v1}| |\vec{v2}|} = \frac{v_{1x} * v_{2x} + v_{1y} * v_{2y}}{\sqrt{v_{1x}^2 + v_{1y}^2} \sqrt{v_{2x}^2 + v_{2y}^2}} \quad (1)$$

매프레임 깊이 영상을 기반으로 패널의 4개의 꼭지점 정보가 실시간으로 갱신된다. 이때 컬러 영상을 기반으로 이미지 타겟의 영역이 조명 조건등의 변화등으로 인하여 추출되지 못한 경우, 현재의 패널 꼭지점 정보를 기반으로 타겟 이미지의 꼭지점을 추정한다. 추정 방법은 초기화 단계에 저장한 패널의 사각형과 현재 추정된 패널의 사각형의 변환 행렬 H를 계산하고, 이 변환 행렬을 초기 단계에 저장한 타겟 이미지의 사각 영역에 곱해 줌으로써 현재 프레임의 타겟 이미지 영역을 추정한다.

3. 구현 결과 및 결론

실험 깊이 영상과 컬러영상은 Kinect 2.0을 이용하여 획득하였다. <그림 3>은 입력 RGB 컬러 영상 및 패널의 사각 꼭지점 추적 결과 (보라색점)과 타겟 이미지의 사각 영역(빨간점)을 보여주고 있다. <그림 3>의 제일 하단의 경우, 컬러 영상에서 특징점 추출 방법에 의하여 타겟 이미지 추출이 실패한 경우를 보여 주고 있다. 이때, 깊이 영상에서는 패널의 영역이 추적되기 때문에 타겟 이미지의 영역을 추정할 수 있다.

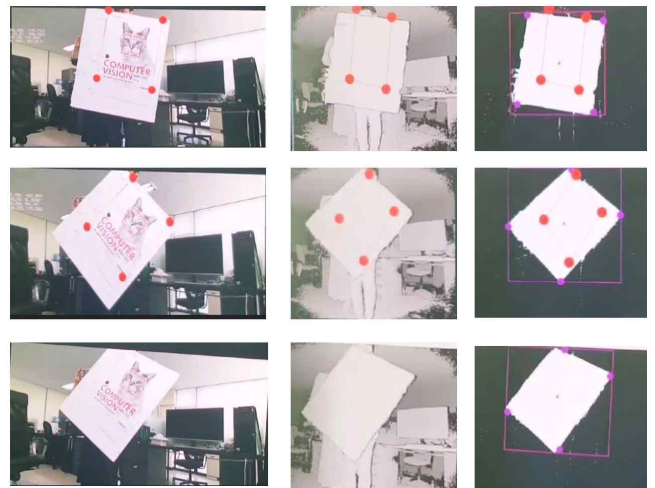


그림 3. 패널 자세 변화에 따른 패널 사각 영역 추적 및 타겟 이미지 영역 추정 결과. (좌) 컬러 영상기반 타겟 이미지 추적 결과, (중앙) 깊이 영상, (우) 깊이 영상 기반 패널 영역 추적 결과

참고문헌

1. M. Pollefeys, R. Koch and L. Van Gool, "Self-Calibration and Metric Reconstruction in Spite of Varying and Unknown Internal Camera Parameters," ICCV, pp. 90-95.
2. D. Moreno and G. Taubin, "Simple, Accurate, and Robust Projector-Camera Calibration," Second International Conference on 3D Imaging Modeling, Processing Visualization & Transmission, pp. 464-471, 2012.