

능동 캡슐 내시경의 방위를 이용한 이미지 스티칭 시뮬레이션 Image Stitching Simulation Using the Rotation of an Active Locomotion Capsule for Endoscopy

○전 상 군, 조 병 우, 강 병 전, 박 종 오, 최 홍 석*

한국마이크로의료로봇연구원 (TEL: 062-530-5296;

E-mail: {davidchun, bwcho, bkang, jop, hs.choi}@kimiro.re.kr)

Abstract Image stitching of capsule endoscopy provides wide-angle images to aid users to locate lesions, landmarks, and the capsule. But it is well known difficult to extract features from gastrointestinal images and fail to calculate the homography. To solve this difficulty, we propose a method using the rotation of an active locomotion capsule, to calculate the homography between the images. We confirm the feasibility of the method through a simulation. We shot the 3D object in Blender, recorded the camera rotations, and stitch the images. The panorama results show the stitching works wells without a seam and the potential of stitching of gastrointestinal images filmed with an active locomotion capsule.

Keywords Active Locomotion Capsule Endoscopy (능동 캡슐 내시경), Image Stitching (이미지 스티칭), Panoramic Image (파노라마 영상)

1. 서론

내시경 시술에서 파노라마 영상은 시술자에게 더 넓은 시야 각을 제공하여 병변 및 랜드마크의 위치를 파악하는데 도움을 준다[1]. 파노라마 영상은 일반적으로 특징점 기반 이미지 스티칭 기법으로 만들 수 있는데, 위장관 이미지는 그라디언트가 낮아 특징점 추출이 어려워, 이미지 간 호모그래피를 계산할 수 없어 이미지 스티칭을 할 수 없다[1]. 이러한 어려움을 극복하기 위해, 특징점을 추출하는 대신 옵티컬 플로우 (optical flow)를 구하거나[2], 가상으로 얻은 이미지 상에서 특징점을 추출하여 호모그래피를 계산[3]한 연구 사례가 있다.

본 논문에서는 능동 캡슐 내시경의 방위 데이터를 이용한 이미지 스티칭 수행 방법을 제안하고, 간단한 시뮬레이션을 통해 제안한 방법의 가능성을 확인한다. 캡슐 내시경의 방위 및 위치 데이터는 자기유도 송수신코일과 위치인식 알고리즘을 도입하여 획득할 수 있다[4]. 이렇게 획득한 능동 캡슐 내시경의 방위 데이터로, 촬영한 이미지 간 호모그래피를 직접 계산하여 이미지 스티칭을 수행할 수 있다.

2. 이미지 스티칭 시뮬레이션

이미지 스티칭 방법 흐름도는 그림 1 과 같다. 카메라의 내부 및 외부 파라미터로, 기준 이미지를 촬영한 카메라 대비, 워핑할 이미지 카메라의 호모그래피를 계산한다. 계산한 호모그래피로 이미지를 워핑하고, 기준 이미지 옆에 이어 붙인다.

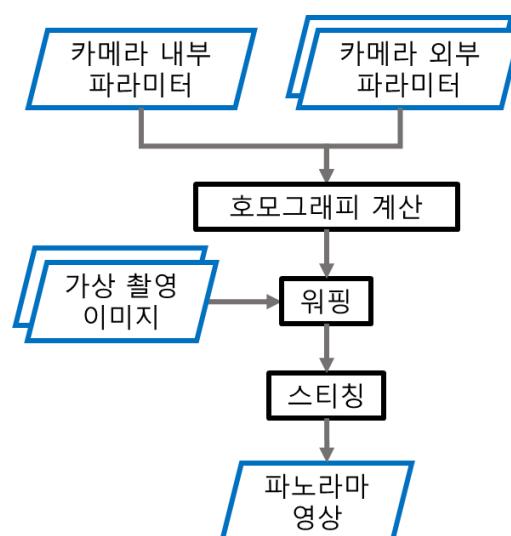


그림 1. 이미지 스티칭 흐름도

* 본 연구는 보건복지부의 재원으로 한국보건산업진흥원 보건 의료기술연구개발사업(HI19C0642)에 의하여 연구되었음.

카메라의 내부 파라미터와 외부 파라미터로 호모그래피 H_i 를 식 1과 같이 계산한다[5].

$$H_i = KR_iR_{ref}^TK^{-1} \quad (1)$$

여기서, K 는 카메라의 내부 파라미터, R_i 는 워핑할 이미지를 촬영한 카메라의 회전행렬, R_{ref} 는 기준 이미지를 촬영한 카메라의 회전행렬이다. 회전행렬은 외부 파라미터의 일부분이다. 본 논문에서는 호모그래피 계산 시 위치는 고려하지 않는다.

제안하는 이미지 스티칭 방법을 시뮬레이션하기 위해 그래픽스 소프트웨어인 블렌더 (Blender2.9, Blender Foundation)로 가상 환경을 구성하였다 (그림 2). 3D 피사체를 가상 환경에 불러들이고, 가상 카메라를 회전하며 피사체를 촬영하였다 (그림 3). 촬영 시 X, Y, Z 축의 오일러 각을 기록하고 회전행렬로 변환한 후 ZYX 순으로 곱하여 동차좌표 (homogeneous coordinate)로 변환하였다. 카메라 내부 파라미터는 임의로 정하였다. Python 3.6과 NumPy 1.17을 사용하여 수치 계산을 하였고, OpenCV 4.5를 사용하여 이미지 처리를 하였다.

이미지 스티칭 결과는 그림 4와 같다. 빨간 선과 파란 선은 각 이미지의 경계이다. 파란 선을 기준으로 이미지 좌우를 확인해 보았을 때, 육안상 스티칭이 잘 되었음을 확인할 수 있다.

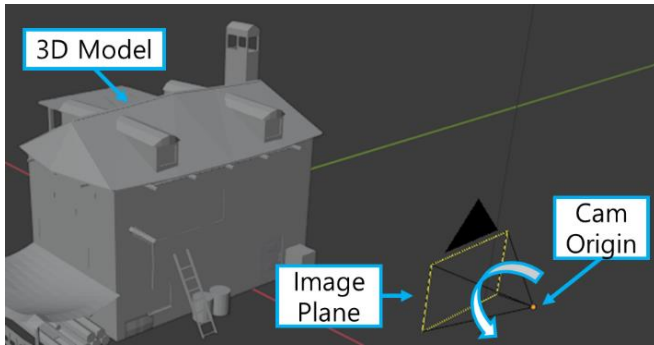


그림 2. 가상 촬영 환경

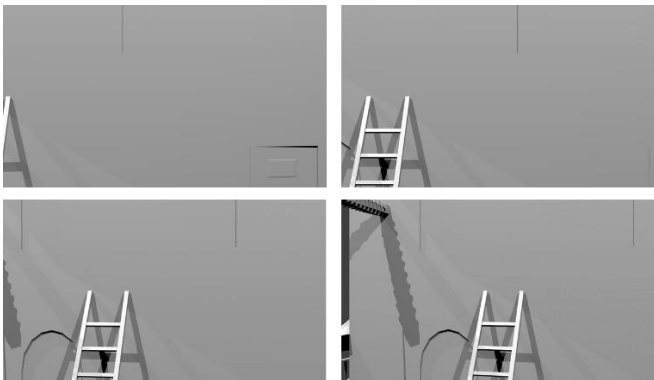


그림 3. 가상 촬영한 이미지

3. 결론

본 논문에서는 특징점 추출이 어려운 위장 캡슐 내시경 환경에서, 방위 및 위치 데이터를 이용하여 이미지 스티칭하는 방법을 제안하였다. 간단한 시뮬레이션을 통하여 제안한 방법의 성공 가능성을 확인하였다.

향후 캡슐 구조 및 설계, 캡슐 내시경 이미지의 특성, 위장관 환경 등을 반영하여 더욱 정밀한 시뮬레이션 연구를 수행하고 이를 바탕으로 팬텀과 돼지 위장 등을 통한 실험을 진행할 예정이다.

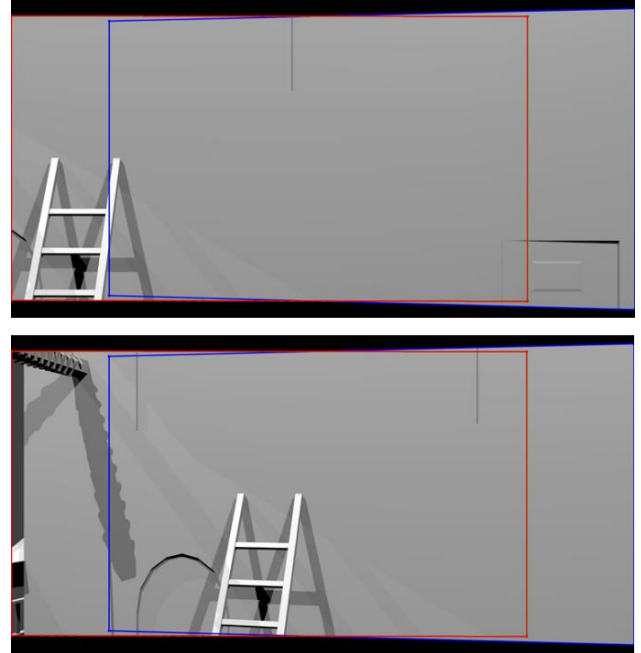


그림 4. 이미지 스티칭 시뮬레이션 결과

참고문헌

- [1] T. Bergen and T. Wittenberg, "Stitching and Surface Reconstruction From Endoscopic Image Sequences: A Review of Applications and Methods," *IEEE J. Biomed. Heal. Informatics*, vol. 20, no. 1, pp. 304–321, Jan. 2016.
- [2] T. B. Phan, D. H. Trinh, D. Wolf, and C. Daul, "Optical flow-based structure-from-motion for the reconstruction of epithelial surfaces," *Pattern Recognit.*, vol. 105, p. 107391, Sep. 2020.
- [3] A. R. Widya, Y. Monno, M. Okutomi, S. Suzuki, T. Gotoda, and K. Miki, "Stomach 3D Reconstruction Based on Virtual Chromoendoscopic Image Generation," in *2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)*, Jul. 2020, pp. 1848–1852.
- [4] S. L. Liu *et al.*, "Three-Dimensional Localization of a Robotic Capsule Endoscope Using Magnetoquasistatic Field," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 141159–141169, 2020.
- [5] R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press, 2004.