

로봇 수술을 위한 영상에서의 출혈 검출 및 인지

류지원¹, 최재순², 김희찬^{3,*}

¹서울대학교 대학원 협동과정 바이오엔지니어링

²고려대학교 의과대학 BK21 의과학사업단, 한국인공장기센터

³서울대학교 의과대학 의공학교실, 의학연구원 의용생체공학연구소

Vision-based Intraoperative Hemorrhage Recognition during Robotized Surgery

J. Ryu¹, J. Choi², H. C. Kim^{3,*}

¹Interdisciplinary Program, Bioengineering Major, Graduate School, Seoul National University, Seoul, Korea

²Brain Korea 21 Program for Biomedical Science, College of Medicine, Korea Artificial Organ Center, Korea University, Seoul 136-705, Korea

³Department of Biomedical Engineering, College of Medicine and Institute of Medical and Biological Engineering, Medical Research Center, Seoul National University, Seoul, Korea

hckim@snu.ac.kr

Abstract

Real-time vision-guided hemorrhage recognition during robotized surgery was implemented by segmenting and tracking of blood boundaries using color and texture factors. Hemorrhage region is difficult to detect accurately due to noisy observations and occlusions during the surgery. To increase reliability tracking hemorrhage in robotized surgery, computer vision techniques are applied for automatic recognition of the current surgical state. In this paper, continuous hemorrhage boundary segmentation and tracking using energy-efficient detection techniques are proposed.

연구 배경

현재 병원에서의 수술용 의료용 로봇의 사용이 확대되고 있으며 이에 대한 기술 개발이 활발하게 진행되고 있는 추세이다. 특히, 로봇 시스템 영상 부분에서의 현실증강 (augmented reality) 기법 사용에 대한 관심이 늘고 있는데, 이는 수술자에게 영상적 추가 정보 제공과 더불어 보다 나은 수술환경 구축에 도움을 주기 때문이다[1]. 그 중 출혈 자동감지와 이를 통한 수술자 알림 기능은 위험상황을 조기에 발견 및 경고한다는 점에서 현실 증강 기법 중 중요한 정보가 된다. 그리고, 수술 도중 대부분 출혈 위치를 찾기가 힘든 것 또한 해결 가능한 기술이다[2]. 현재까지 출혈 상황 인지에

대한 연구는 캡슐 내시경 상에서 출혈부위 자동검출 기술 연구가 시작되는 단계이지만, 실시간이 아니며[3]. 이에 더해 로봇 수술 영상 기술에서의 출혈 상황 인지에 대한 연구는 미흡한 상황이다. 이유는 영상 대부분이 잡음이 심한 환경이며 여러 수술도구의 움직임에 의한 침해 (occlusion)로 출혈 상황의 인지가 힘들기 때문이다. 그래서 더욱더 수술 로봇 영상에서의 상황인지 시스템이 필요 상황이다. 따라서 본연구에서는 출혈 부위검출과 추적알고리즘 연구를 통해 보다 나은 영상적 추가정보 제공이 가능한 출혈 자동 감지 알고리즘을 개발하였고 또한 테스트영상에 대한 성능 평가를 진행하였다.

연구 방법

출혈 부분 검출: 고려대학교 안암병원에서 제공한 복강경 수술 동영상을 사용하여, 정지 영상의 순차 입력을 통한 영상의 색깔 정보를 이용하여 출혈 부분을 자동 검출하였다. RGB space 에서 histogram equalization을 사용하여 영상 이미지의 contrast 를 높이고, mutually inclusive optimization을 통해 상대적인 색깔 정보를 겹쳐 출혈을 인식하였다. 그 후, entropy filtering과 binarization 등의 edge filtering 기술을 통해 출혈 부분의 boundary 를 검출하였다.

출혈 부분 추적: 검출 된 boundary 부분 template화를 하고 frequency domain에서 sum of square difference 기반으로 시간 축으로 (1) 과 같이 correlation 을 계산한 template matching 알고리즘을 적용하였다. 그리고, 본 영상에서 검출된 부분과 template matching 된 부분을 correlation 을 적용함으로써 출혈 부분의 검출 결과 정확도를 높였다.

$$d(u, v) = \sum_{x,y} (f(x,y) - t(x-u, y-v))^2 \quad (1)$$

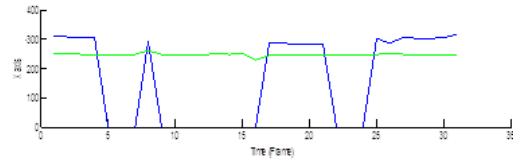
연구 결과

성능 평가는 그림 1(a)과 같이 출혈의 형태학적인 정보를 이용 및 최적화를 통해 출혈 부분 boundary 를 지속적으로 검출되도록 하였고 이 정보와 template matching 추적 알고리즘을 거쳐 추가된 boundary 정보를 비교하는 형태로 진행하였다. 기존 검출된 정보와 template matching 추적 후의 boundary 부분을 correlation 결과, 그림 1(b)와 같이 occlusion 및 잡음 환경으로 인하여 출혈 boundary로 인식되었던 부분도 제거 되었으며 이를 통해 false positive를 줄이는 효과도 보였다. 검출 알고리즘으로만 적용한 부분에서 boundary 가 검출 되지 않을 경우에 그래프에서 0으로 표현 하였을 때, 검출 부분과 추정된 부분의 correlation 비교해 본 결과, 1/3이상인 높은 정확도의 결과를 보였다. 이것은 주파수 영역에서 template 부분과 비슷한 영역이 존재한다는 의미이다. 하지만, 영역이 늘어

가거나 잡음이 많이 존재할 수록 결과의 정확도는 낮아지므로, 추적의 정확도를 높일 수 있는 알고리즘 개발이 필요하다.



(a)



(b)

그림 1. (a) 출혈 부분 boundary 검출 및 template 동시 적용 (b) boundary 검출 부분(blue)과 template matching 적용 부분 correlation 후 (green) 비교

Acknowledgements

본 연구는 한국과학재단을 통해 교육과학기술부의 바이오기술개발사업으로부터 지원받아 수행되었습니다 (2005-01287).

참고 문헌

- [1] J. Marescaus, L.S. Oler, "Image-guided robotic surgery," *Seminars in Laparoscopic Surgery*, Vol 11, No 2 (June), 2004: pp113-122
- [2] H. Kim, S. Hwang, I. Park, E. Kim, J. Jung, J. Han, "Spontaneous spinal epidural hematoma with intraoperative acute massive bleeding," *J Korean Neurosurg Soc* 29: 11184-1187, 2000
- [3] M. Sato, T. Umezaki, N. Ohmiya, H. Goto "Auto Gastrointestinal Bleeding Detection Using Images Taken by the Capsule Endoscopy," *IEICE Tech. Rep.*, vol. 105, no. 303, MI2005-35, pp. 25-30, Sept. 2005.