

# 스테레오 비전을 이용한 수술용 네비게이션 연구

## A Study of Surgical Navigation using Stereo Vision

\*\*서유동<sup>1</sup>, 송의정<sup>1</sup>, 임성빈<sup>1</sup>, 장민호<sup>2</sup>

\*#E.D.Seo<sup>1</sup>(dongmuha@korea.ac.kr), E.J.Song<sup>1</sup>, S.B.Im<sup>1</sup>, M.H.Chang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 대학원 기계공학부, <sup>2</sup>고려대학교 기계공학부

Key words : stereo vision, tracking, surgical navigation

### 1. 서론

수술용 네비게이션은 수술시 수술도구 및 수술 부위의 정확한 위치 정보를 제공하는 기능을 수행한다. 따라서 정확한 외과 수술을 위해 수술용 네비게이션 활용이 증가하고 있으며 네비게이션 장비를 이용한 정밀 수술법 연구 또한 계속적으로 진행되고 있다.[1] 하지만 위와 같은 수술용 네비게이션 장비는 100% 수입에 의존하고 있어 본 연구에서는 현재 판매되고 있는 수술용 네비게이션의 정밀도를 가지는 광학 식 네비게이션 기구 설계를 목표로 하였다.

### 2. 네비게이션 시스템 모델링

#### 2.1 네비게이션 좌표계 설정

외과 수술시 환자의 관절 내에 수술도구 삽입 후 수술하는 경우가 대부분 이므로 광학 식 네비게이션을 이용 환부 및 수술부위의 직접적인 위치 측정은 불가능하다. 이를 위해 강체 위의 모든 점은 동일한 강체변환행렬을 가진다는 점을 이용했다. 즉, 수술도구 좌표계를 수술도구에 고정 후 카메라 좌표계와의 강체변환(Rigid Body Transformation) 행렬을 구한 뒤 곱하면 수술도구 위 원하는 점의 위치를 구할 수 있다.

이를 위해 두 좌표계간 강체변환행렬을 구해야 한다. 식 (1)을 통해 두 좌표계 간 에러를 최소화 하는 강체변환행렬을 구하는데 SVD, Quaternions, Orthonormal matrices, Dual quaternions 등의 네 가지 방법이 주로 사용된다.[2] 본 연구에서는 Quaternions 을 사용한 Horn의 알고리즘을 사용했다.[3]

$$e_k = \sum_{i=1}^N \| y_i - Rot_k(s_i) - Trans_k \|^2 \quad (1)$$

Fig.1에 본 연구에서 네비게이션 시스템을 구성

하고 있는 카메라 좌표계와 수술도구 좌표계를 나타내었다. 수술도구 좌표계에 고정되어 있는 타깃을 카메라 좌표계에서 측정하므로 하나의 타깃에 두 개의 좌표 값이 부여된다. 이때 두 개의 좌표 값 간 대응정보를 알고 있으면 위에서 언급한 Horn 알고리즘을 통해 카메라 좌표계와 수술도구 좌표계 간의 강체변환행렬을 구할 수 있다.

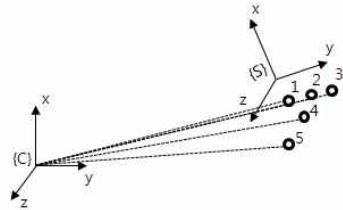


Fig. 1 Targets are measured in two different coordinate systems. Left is a camera coordinate and right is a surgical tool coordinate.

#### 2.2 삼차원 좌표 값 및 대응정보 획득

타깃의 좌표 값이 수술도구 좌표계에서는 고정되어 있어 사용자가 미리 정할 수 있지만 카메라 좌표계에서는 그 값이 계속적으로 변화한다. 이 값을 카메라로 측정하기 위해 스테레오 카메라 (Stereo Camera)를 구성한다. 스테레오 카메라 보정 (Calibration)을 통해 구한 기본행렬(Fundamental Matrix)은 두 개의 카메라에서 얻은 영상 내 대응점 (Corresponding point) 정보를 이용 각 타깃의 삼차원 좌표를 구해준다.[4]

본 연구에서는 영상 내 대응점을 구하기 위해 수술도구에 부착된 타깃의 기하학적 구속조건을 이용 스테레오 영상에서 검출된 타깃에 동일한 번호를 부여하였다. 또한 기하학적 구속조건을 통해 부여된 타깃의 번호이기 때문에 수술도구의

자세가 변하여도 영상 내 타겟에 부여되는 번호는 변하지 않는다. 이를 이용 Fig.1 과 같이 수술도구 좌표계에 고정된 타겟의 번호를 카메라에서 얻어지는 번호와 동일하게 배열 카메라 좌표계와 수술도구 좌표계에서 얻어진 타겟의 대응관계를 구축하였다.

### 3. 실험장비 및 결과

#### 3.1 실험장비 준비

카메라 좌표계에 대한 타겟의 삼차원 좌표 값을 얻기 위해 Fig. 2와 같은 스테레오 카메라를 구성한다. 본 연구에서는 원하는 타겟 정보만을 얻기 위해 적외선 광원에 의한 passive tracking을 추가하였다. 이를 위해 적외선 링 광원을 카메라 프레임에 고정하고 적외선 반사 타겟을 수술도구에 부착하였다. 또 적외선 파장만을 입력받기 위해 카메라에 적외선 필터를 장착하였다. 이를 통해 얻어진 영상은 2.2에서 언급한 과정을 통해 타겟의 대응점과 삼차원 좌표를 구하는데 사용 된다. Fig. 3은 스테레오 카메라에서 얻은 좌우영상 위에 대응되는 점 정보를 동일한 색의 원으로 표현한 것을 보여준다.

#### 3.2 실험결과

스테레오 카메라를 통해 구한 다섯 개의 타겟 좌표 값과 이에 대응하는 수술도구 좌표 값을 이용해서 강제변환행렬을 실시간으로 얻는다. 여기서 구한 강제변환행렬을 카메라 좌표계의 특정 점에 곱해주면 수술도구 좌표계 위에 이 점을 표현할 수 있다. 즉, 수술시 카메라에 보이지 않는 부분의 좌표 값을 얻을 수 있게 된다.

이렇게 얻어진 값의 정밀도를 측정하기 위해 0.01mm 평활도를 가지는 정반을 이용 정밀도 실험을 수행하였다. Fig. 4는 정반 표면을 수술도구로 접촉해서 얻어지는 점 정보들로 3차원 평면을 구성한 결과이고 이때 측정된 평활도는 0.30mm 이다.

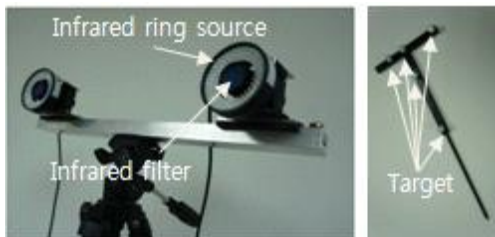


Fig. 2 Stereo Camera system and surgical tool

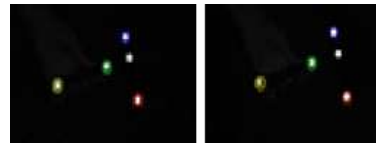


Fig.3 Stereo camera images with corresponding data

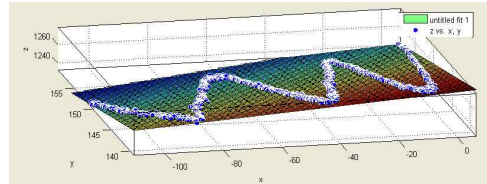


Fig.4 3D coordinates which was obtained from surgical navigation system

### 4. 결론

본 연구에서는 스테레오 비전을 이용 수술도구를 추적할 수 있는 수술용 네비게이션 시스템을 구성하고 정밀도를 검증하였다. 이를 위해 스테레오 카메라를 이용한 타겟의 위치추적을 구현하였고 이를 통해 카메라 좌표계를 기준으로 수술도구 좌표계의 위치 및 자세정보가 실시간으로 출력하였다. 이를 기반으로 향후 외과 수술에 필요한 기능을 추가할 수 있으며 이는 의료용 네비게이션 기기 개발에 활용할 수 있을 것이다.

### 후기

본 연구는 2011년 서울시 신기술 연구개발 지원사업(ST110036)의 지원으로 수행하였습니다.

### 참고문헌

1. Tensho et al. "Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction, using CT-based navigation and fiducial markers", *KSSTA*, **19**, 378-383, 2011.
2. D.W.Eggert, A.Lorusso, R.B.Fisher, "Estimation 3-D rigid body transformations: a comparison of four major algorithms", *Machine Vision and Applications*, **9**, 272-290, 1997.
3. Berthold K.P.Horn, "Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions," *Optical Society of America*, **4**, 629-642, 1987.
4. Gary Bradski et al. "Learning OpenCV", O'REILLY.