

# 3D 혈관 모델링을 위한 IVUS 이미지의 좌표계 계산 방법

## Coordinate Calculation Method of IVUS Images for 3D Blood Vessel Modeling

\*손진원<sup>1</sup>, #최영<sup>1</sup>

\*Jin-Won Son<sup>1</sup>, #Young Choi(yychoi@cau.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>중앙대학교 기계공학부

Key words : Blood vessel, IVUS, Angiogram, 3D reconstruction, FSI

### 1. 서론

최근 생체역학분야에서는 심혈관 질환 환자의 정량적인 진단을 위하여 CT 이미지를 이용하는 Calcium-scoring의 총 정량화 수치를 이용하거나 CFD, FSI 기법을 이용하여 병변 부위를 해석하여 환자 상태의 정량화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. 특히 1960년대 WSS(Wall Shear Stress)가 병변 부위를 표현할 수 있는 하나의 지표로 사용될 수 있다는 것을 확인하면서 CFD를 이용한 정량화 기법에 관한 연구가 활발히 진행되었다. 2000년대에는 컴퓨터의 발달과 연성 해석 기법의 발달로 인해 혈관의 움직임을 고려할 수 있는 FSI 기법을 이용한 많은 연구가 진행되고 있다.

FSI 기법을 이용한 혈관 해석을 수행한 연구가 증가함에 따라 내·외벽을 포함하는 3차원 혈관 모델의 수요도 증가하게 되어 정확한 환자의 3차원 혈관 모델을 생성하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 이와 같은 3차원 혈관을 생성하기 위하여 여러 가지 의료용 이미지들이 사용되는데 각 의료용 이미지들의 특성으로 인해 한가지의 이미지만을 이용하여 내·외벽을 포함하는 3차원 혈관 모델을 생성하기는 어려움이 있다. 따라서 여러 가지의 의료용 이미지를 정합하는 과정이 필요하다<sup>[2-3]</sup>.

본 연구에서는 FSI 해석에 필요한 내·외벽을 포함하는 3D 혈관 모델을 생성하기 위하여 анги오그램 이미지를 이용하여 IVUS 이미지의 좌표계 위치와 방향을 계산하는 방법을 제안한다.

### 2. 관련 연구

3차원 혈관 모델을 생성하기 위해서, CT, IVUS, анги오그램과 같은 여러 가지 종류의 의료용 이미지가 사용된다. CT 이미지를 이용하면 혈관 내벽의

형상을 쉽게 생성할 수 있지만, 혈관 외벽의 정보를 얻을 수가 없기 때문에 FSI 해석을 위한 모델을 생성할 수 없다. 따라서 혈관 외벽의 정보를 얻기 위해서, 많은 연구들이 IVUS 이미지를 이용한다. 하지만 IVUS 이미지에서는 각 이미지 프레임들의 위치와 방향에 대한 정보를 얻을 수 없기 때문에 IVUS 이미지만을 이용하여 혈관 모델을 생성하면 Fig. 1과 같은 모델이 만들어진다.

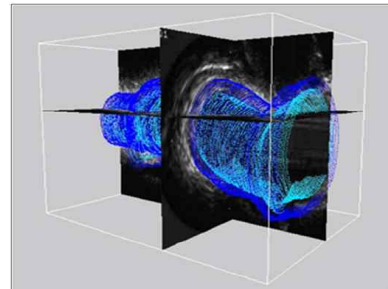


Fig. 1 3D blood vessel model using IVUS images

이러한 문제점을 해결하기 위해 IVUS 촬영 시 혈관 내에 삽입되는 카테터를 X-ray 촬영한 анги오그램 이미지를 활용한다. Whale은 анги오그램을 이용하여 IVUS 이미지 프레임들의 좌표계를 계산하기 위한 방법으로 Sequential triangle method를 제안하였다<sup>[4]</sup>. Fig 2와 같이 서로 다른 위치에서 촬영한 두 장의 анги오그램을 이용하여 3차원 공간 상에 IVUS 카테터의 경로를 생성하였다. 그리고 IVUS 이미지 촬영 시 초음파기기가 등속도로 혈관을 빠져나왔다고 가정하여 IVUS 이미지 프레임들의 3차원상의 위치를 계산하였다. 또한 카테터의 경로를 무한히 많은 조인트와 체인으로 가정하여 Fig. 3과 같이 각 체인들 간의 상대적인 비틀림

각도를 계산하였다.

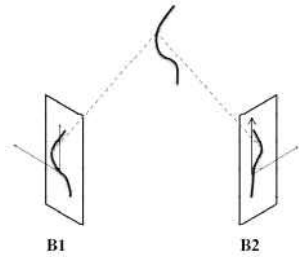


Fig. 2 3-D catheter path reconstruction

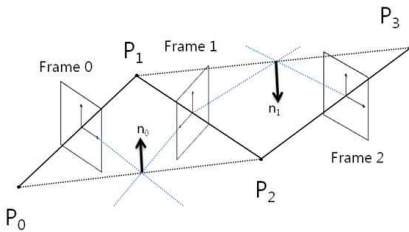


Fig. 3 Sequential triangulation method for calculation of the relative twist angle between IVUS images<sup>[4]</sup>

### 3. 수정된 IVUS 이미지의 좌표계 계산

2절에서 설명한 것과 같이 Sequential triangulation method는 IVUS 이미지를 촬영하기 직전의 카테터 경로가 IVUS 이미지가 촬영된 경로와 동일하다고 가정을 하고, 이를 이용하여 IVUS 이미지 좌표계의 위치와 방향을 계산하였다. 하지만 카테터가 혈관을 빠져나오면서 촬영되는 IVUS 이미지의 경로는 Fig. 4와 같이 엔지오그램으로부터 생성된 3D 카테터 경로와 다르다.

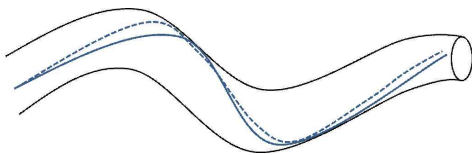


Fig. 4 the reconstructed 3D catheter path(full line) and the IVUS image path(dotted line)

이러한 이유로 발생하는 혈관 모델의 오차를 제거하기 위해서, 엔지오그램 이미지에서 생성된 3D 카테터 경로를 탄성체로 가정하여 시뮬레이션을 수행하고 결과로 나온 IVUS 이미지의 경로를

새로 생성을 한다. 그리고 이 경로를 이용하여 Sequential triangulation method를 수행하여 IVUS 이미지의 위치와 방향을 계산한다면 앞서 설명한 기존의 Sequential triangulation method에서 발생하는 오차를 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

### 4. 결론

본 논문에서는 내외벽을 포함하는 3D 혈관 모델을 생성하기 위해 계산되는 IVUS 이미지 좌표계의 오차를 줄이기 위한 방법을 제안하였다.

향후 연구로는 제안한 방법을 구현하고 기존의 방법과 비교하여 개선정도를 확인할 예정이다. 또한 계산된 IVUS 이미지들의 위치와 방향의 정확도를 정량적으로 계산할 수 있는 방법을 연구할 예정이다.

### 후기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2012-047366, 2012-0000784).

### 참고문헌

1. Caro, C.G., Pedly, T. J. and Seed, "Mechanics of the Circulation. In Cardiovascular Physiology", Medical and Technical Publishers. London, Chapter 1, 1974.
2. Tse, K. M., Chiu, P., Lee, H. P. and Ho, P., "Investigation of hemodynamics in the development of dissecting aneurysm within patient-specific dissecting aneurismal aortas using computational fluid dynamics(CFD) simulations", Journal of Biomechanics, Vol. 44, pp. 827-836, 2011
3. Qian Y., Lin J.L., Itatani K., Miyaji K. and Umezu M., "Computational hemodynamics analysis in congenital heart diseases: simulation of the Norwood procedure", Annals of Biomedical Engineering, Vol. 38, pp. 2302-2313, 2010
4. Andreas Wahle, Guido P.M.Prause, Steven C. DeJong, and Milan Sonka, "Geometrically Correct 3-D Reconstruction of Intravascular Ultrasound Images by Fusion with Biplane Angiography - Methods and Validation", IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 18, pp. 686-699, 1999