

오픈소스를 활용한 로봇 수술용 3차원 수술계획 및 시뮬레이션 소프트웨어 플랫폼 개발

Open Source based Preoperative 3D Planning and Simulation Software Platform for Robot-assisted Surgery

*최진혁, 김영준, 이승빈, 신상균, 이득희, #박세형

*J.H. Choi, Y.J. Kim, S.B. Lee, S.K. Shin, D.H. Lee, #S.H. Park(sehyung@kist.re.kr)
한국과학기술연구원 의공학연구소 바이오닉스 연구단

Key words : surgical planning, interactive simulation, robot-assisted surgery, open source

1. 서론

최근 수술의 정확도를 높이고 환자의 회복 속도를 빠르게 할 수 있는 로봇을 활용한 수술 기법에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 중에서 마스터-슬레이브(Master-Slave) 방식의 최소 침습 로봇 수술법은 통증이나 출혈이 적고 수술 후 회복시기가 짧아 일상에 복귀가 빠른 장점을 가지고 있다[1]. 의료용 로봇 수술을 위한 컴퓨터 영상 유도 로봇 수술은 3차원 영상기반의 정확한 수술계획이 필요하며, 수술계획의 유효성 및 안정성이 보장되어야 한다.

정확한 수술계획을 위해서는 3차원 의료 영상(CT, MRI, fMRI, MRA, DTI 등)의 가시화 기술, 병소 및 장기 분할 기술, 위험물 검지기술이 필요하며, 직관적인 사용자 인터페이스 기술이 중요시 된다. 그리고 수술 시뮬레이션은 실시간 변형되는 3차원 시각적 정보와 시술 도구에서 얻어지는 가상의 촉각적 정보의 제공이 중요하다. 이를 위해서 실시간상의 변형체 모델링, 충돌검사, 햅틱(Haptic) 렌더링 등의 기술이 필요하다[2]. 이러한 시뮬레이션 기술은 마스터 슬레이브 방식의 로봇 제어에 응용될 수 있다. 슬레이브 로봇에서 촉각적 정보 획득이 불가능한 경우, 시뮬레이션을 통한 가상의 촉각적 정보를 활용하여, 시술자가 마스터 로봇을 통하여 이를 감지함으로써, 좀 더 정밀한 수술이 가능하게 된다.

본 연구에서는 로봇을 활용한 여러 수술 중 뇌심부 수술(deep brain surgery)의 3차원 수술 계획 및 시뮬레이션을 위한 통합 플랫폼을 개발하고자 한다. 이에 필요한 3차원 가시화 및 영상처리 기술은 오픈 소스 라이브러리인 Open Graphic Library (OpenGL)[3], Visualization Toolkit(VTK)[4], 3D

Slicer[5]등을 활용하고, 실시간 시뮬레이션 기술은 오픈 소스 프레임워크인 Simulation Open Framework Architecture (SOFA)[6]를 활용한다. 수술계획 후 시뮬레이션을 통하여 즉각적인 검증이 가능하고, 피드백을 통하여 더욱 정확하고 안전한 수술 환경을 제공한다.

2. 본론

Computed Tomography(CT)와 MR(Magnetic resonance) 영상은 인체조직의 서로 다른 특성을 검지한다. CT 영상에서는 뼈와 같은 밀도가 높은 조직이 잘 검출되는 반면 MR 영상은 뼈는 잘 검출되지 않으나 연조직, 혈관 등은 잘 검출되는 특징이 있다(Fig.1). MR 영상은 프로토콜에 따라 그 종류가 Functional magnetic resonance imaging(fMRI), Magnetic resonance angiography(MRA), Diffusion tensor imaging(DTI) 등으로 세분화되며 각각 얻을 수 있는 정보가 서로 다르다[7]. 이와 같이 의료 영상 종류에 따라 얻을 수 있는 정보가 한정되어 있다. 수술의 정확도 및 안정성을 확보하기 위해서는 다양한 의료정보가 필요하고, 이를 활용한 수술 기법이 적용되어야 한다. 수술계획 단계에서는 영상으로부터 수술에 필요한 정보(병변, 혈관 등)를 영상에서 3차원 분할과정이 필요하다.

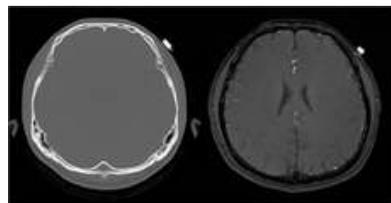


Fig. 1 CT image(left), MR image(right)

따라서 본 연구에서는 다양한 MR 영상과 CT 영상의 비강체 정합을 통하여 수술계획에 사용되는 정보를 다량 확보할 수 있도록 한다. 또한, 기존의 Axial, Saggittal, Coronal 단면 영상과 함께 사용자가 정의한 임의의 단면 영상을 제공함으로써 수술계획의 자유도를 높일 수 있고 직관적인 수술 계획이 가능하게 된다(Fig 2).

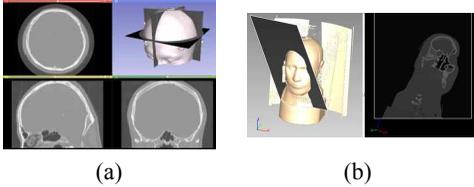


Fig. 2 (a) Axial, Saggittal, Coronal view(3D slicer[5]), (b) Arbitrary slice view in this study

수술계획 초기 단계에서 얻어진 목표 병변, 혈관, 신경다발 등을 기반으로, 사용자가 바늘과 같은 시술도구의 삽입경로 정보를 기본 3축 단면 영상과 임의의 단면 영상을 이용하여 설정하게 된다. 시뮬레이션 단계에서는 계획 단계에서 얻어진 목표 병변, 혈관, 내부 장기 등을 실시간 변형체 모델링 기술을 적용하여 사실적으로 가시화 한다. 또한 변형체 모델링 기술은 수술시 실시간으로 형태가 변화되는 장기 등을 재현 가능하게 하여, 향후 내비게이션 시스템에서 실시간 얻어지는 영상 정보와 정합하여 활용이 가능하다. 그리고 햅틱 렌더링과 충돌검사를 통하여 가상의 시술도구에서 얻어지는 촉각적 정보를 사용자가 즉시 느낄 수 있게 한다. 이를 통하여 수술계획의 유효성을 즉각적으로 검증할 수 있으며, 실제 수술에서의 위험성을 줄일 수 있다.

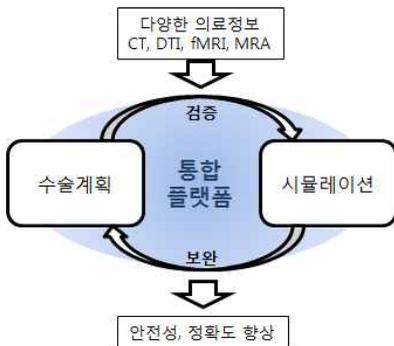


Fig. 3 Concept of 3D surgical planning and simulation

3. 결론

본 연구에서는 3차원 멀티모달 의료 영상을 이용한 수술계획과 시뮬레이션의 통합을 목표로 한다. 가상 시뮬레이션을 통하여 수술 전에 계획된 수술 과정의 즉각적인 검증이 가능하고, 피드백 정보를 통하여 수술계획의 수정이 가능하다. 시뮬레이션 기반의 수술계획을 도입함으로써 영상 유도 로봇 수술의 정확도 및 안전성 고취를 도모할 수 있다.

본 연구에서는 여러 오픈 소스 라이브러리를 활용하여 통합 플랫폼을 구축한다. 이렇게 구축된 플랫폼은 본 연구에서 예로 든 뇌수술뿐만 아니라 정형외과 수술, 생검 수술 등의 로봇을 활용한 수술 분야에 전반적으로 적용이 가능하다. 나아가 본 연구에서는 3차원 수술계획 및 시뮬레이션과 함께 수술 내비게이션 시스템 통합까지 계획하고 있다.

후기

본 연구는 한국과학기술연구원의 차세대 CASS 기술 개발의 멀티모달 이미지 가이드 미세 수술 시스템 연구과제의 지원으로 수행되었음

참고문헌

1. 송성민, 강병전, 박석호, 박종오, 김경환, “뇌 수술을 위한 원격수술로봇 시스템에 대한 연구,” 대한기계학회 춘계학술대회 논문집, 232~237, 2009.
2. 김영준, Frederick Roy, 이승빈, 곽현수, 박세형, “복강경 수술 훈련 시뮬레이터 개발,” 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, 945~946, 2011.
3. OpenGL, <http://www.opengl.org/>
4. VTK, <http://www.vtk.org/>
5. 3D Slicer, <http://www.slicer.org/>
6. SOFA, <http://www.sofa-framework.org/>
7. Lequin, M.H., Dudink, J., Tong, K.A. and Obenaus, A., “Magnetic resonance imaging in neonatal stroke,” *Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*, 14, 299-310, 2009.