

# Simulation Open Framework Architecture (SOFA)를 이용한 복강경 수술 훈련 시뮬레이터의 개발 Development of laparoscopic surgery training simulator using Simulation Open Framework Architecture (SOFA)

\*김영준<sup>1</sup>, Frédéric Roy<sup>1</sup>, 이승빈<sup>1</sup>, 곽현수<sup>1</sup>, #박세형<sup>1</sup>

\*Y. J. Kim<sup>1</sup>, Frédéric Roy<sup>1</sup>, S. B. Lee<sup>1</sup>, H. S. Kwak<sup>1</sup>, #S. H. Park(sehyung@kist.re.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국과학기술연구원 의공학연구소 바이오닉스연구단

Key words : SOFA, medical simulation, laparoscopic surgery training

## 1. 서론

복강경 수술법은 수술 부위를 최소로 절개한 후 절개 부위를 통해 복강경과 수술 기구를 삽입하여 수술하는 방법이다. 복강경 수술은 전통적인 절개술에 비해 회복 시간이나 통증을 획기적으로 줄일 수 있지만, 고난이도의 수술법으로서 반복적이고 체계적인 실습 교육을 요구한다. 최근 들어 이를 해결하기 위하여 복강경 수술을 가상 공간 상에 사실적으로 재현함으로써, 동물 실험 또는 환자의 위험 부담 없이 손쉽게 술기를 습득할 수 있는 가상 수술 훈련 시뮬레이션(simulation)에 대한 관심이 높아지고 있다 [1 - 3]. 복강경 시뮬레이터는 사용자에게 실제와 유사한 인체 내부 장기를 가상 그래픽 기술로 구현한 시각적 정보와 햅틱(haptic) 기술로 장치에 느껴지는 촉각 정보를 활용하여 높은 충실도의 수술환경을 제공하여야 한다. 이러한 복강경 의료 시뮬레이션에서는 사실적 가시화, 변형체 모델링, 충돌 검사(collision detection), 햅틱 렌더링(rendering) 등의 기술이 필요하며, 이들 계산이 실시간으로 이루어져야 한다.

본 연구는 이를 위하여, 실시간 시뮬레이션을 위한 오픈 소스 프레임워크인 Simulation Open Framework Architecture(SOFA) [4, 5]를 활용하여, 복강경 수술에 대한 복합 훈련인 담낭 절제 시뮬레이션을 개발한다. SOFA 는 각종 유한요소기법을 포함한 여러 힘의 장(force field) 계산, 충돌 계산, 수치 적분, 각종 데이터 로딩(data loading) 및 모델링

(modeling) 등 가상 수술 훈련 시뮬레이션에 필요한 고성능의 안정적인 기능들을 제공하고 있다. SOFA 는 GNU 약소 일반 공중 라이선스 협약 (GNU Lesser General Public License, LGPL)[6]에 근거하여 무료로 소스코드 및 라이브러리를 공개하고 있다.

## 2. 본론

기본적으로 SOFA 는 거동 모델(behavior model), 충돌 모델(collision model), 가시화 모델(visual model)로 구성된 다중 모델 구조를 사용하고 있으며, 각 모델은 여러 가지 사상(mapping) 알고리즘을 통해 연동된다 (Fig.1). SOFA 는 전체 시뮬레이션 장면(scene)을 구성하기 위해, 고수준언어(high level language)인 XML 기반의 스크립트 언어를 지원하고 있다. 이러한 스크립트 언어를 사용함으로써 SOFA 사용자는 시뮬레이션 구성에 필요한 모델간의 관계 정의와 수정, 알고리즘 적용과 변경을 쉽고 빠르게 할 수 있다.

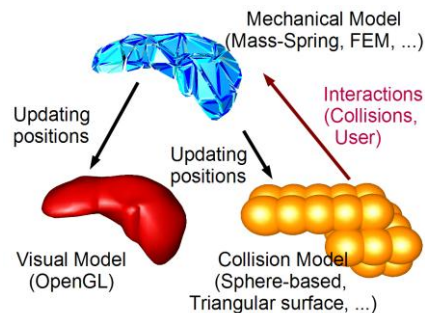


Fig. 1 Multi-model scheme of SOFA

본 연구에서는 SOFA 에서 지원하는 여러 가지 뷰어(viewer)중 QGLViewer 를 사용하여 수술 시뮬레이션 장면을 표현하였고, 수술 도구와 장기의 충돌 검사를 수행하였으며, 장기의 거동 모델로 사면체 동시회전 유한요소법 (Corotational finite element method) 을 적용하여 장기의 실감나는 변형을 계산하였다. 또한, 간과 담낭 사이에 존재하는 결체조직의 거동모델로는 질량-스프링(mass-spring) 모델을 사용하여 각 장기의 움직임이 상호 작용할 수 있도록 하였다.

본 연구의 담낭절제술 시뮬레이션 개발 시, SOFA 에서 기본적으로 지원하는 기능 외에 더 필요한 기능들은 플러그인 시스템 (plugin system)을 사용하여 다음과 같이 추가하였다.

- 소작(cauterization)효과: 소작기가 장기 또는 결체조직에 닿을 경우 해당 부위가 검게 그을리는 소작 효과를 구현하였다. 또한, 결체조직이 소작기와 닿으면, 결체조직의 투명도를 서서히 감소시키며 일정 값 이하가 되면 해당 결체조직을 삭제한다.

- 집게(grasper)로 장기 잡기: 집게로 장기를 잡는 동작과 장기를 잡은 상태에서 집게에 의한 장기의 거동을 구현하였다. 집게의 열린 상태와 장기와의 충돌 여부를 검사하여 집게 수술도구와의 상호작용을 모사하였다.

- 햅틱 장비 통신: 수술도구에 대한 실시간 위치제어와 수술도구와 장기의 상호작용으로 발생한 반발력(force feedback)을 사용자가 느낄 수 있도록 햅틱 장비[7]와 양방향으로 통신하는 통신 모듈을 구현하였다.

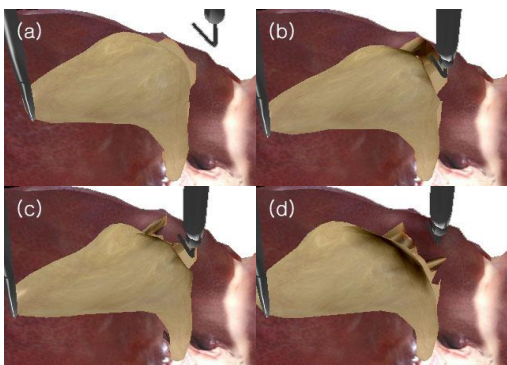


Fig. 2 Snapshots of developed software for gallbladder simulation using SOFA



Fig. 3 Integrated system for laparoscopic surgery training simulation

### 3. 결론

시뮬레이션 관련 오픈소스 프레임워크인 SOFA 의 기능을 활용하고 추가적으로 필요한 기능을 플러그인으로 개발함으로써, 고수준의 안정적인 복강경 수술 훈련용 시뮬레이션 시스템을 단기간에 효율적으로 구현할 수 있었다. 이 기술은 본 연구에서 개발한 담낭절제 시뮬레이션 이외에도 여러 술기에 적용이 가능하며, 향후 다양한 의료 시뮬레이션 분야에 활발히 응용되리라 기대된다.

### 후기

본 연구는 문화체육관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 2009 년도 문화콘텐츠산업기술지원 사업의 연구결과로 수행되었음.

### 참고문헌

1. 박진아, "의료시뮬레이션: 가상수술," 정보과학회지 특집 의료영상시스템, **23(10)**, 49-52, 2005.
2. Immersion co., <http://www.immersion.com/>
3. Symbionix co., <http://www.etrinsic.com/>
4. SOFA, <http://www.sofa-framework.org/>
5. Allard, J., Cotin, S., Faure, F., Bensoussan, P.J., Polyer, F., and Duriez, C., "SOFA: an Open Source Framework for Medical Simulation," MMVR'15, 13-18, 2007.
6. LPGL, <http://www.gnu.org/copyleft/lesser.html>
7. Kim, Y.J., Kim, J.S., Choi, J.S., Chang, D.J., Park, S.H., "Laparoscopic surgery simulation system using boundary element method", in Proc. of ACCAS 2010.