

# 초고속 통신망을 이용한 척추 경나사못 삽입술 Simulator

윤승식\* · 성정환\* · 최희원\* · 김영호\* · 강석호\* · 염진섭\*\*

\* 서울대학교 산업공학과

\*\* 서울대학 병원 정형외과

## Abstract

본 연구의 목적은 CT장비로부터 얻어지는 단면 영상을 이용하여 재구성한 3차원 Voxel 정보를 기반으로 의료 시술 중 위험도가 높으며 장기간의 수술 훈련이 필요한 수술인 척추경나사 삽입술에 대한 모의 시술기를 개발하는 것이다. 모의 시술기의 입력은 환자의 환부에 대한 CT와 모의 시술을 해 보고자 하는 의사 (사용자)의 입력 (경나사의 진입 위치와 각도)이 되며 출력은 의사들이 시술장에서 받을 수 있는 유일한 방법인 Voxel데이터로부터 재생성된 X-Ray이미지, 혹은 C-Arm의 동영상이며, 최종 결과 출력은 나사못이 삽입된 재구성 CT 이미지들과 3차원 정보를 볼 수 있는 Image Based Rendering의 Image data set이 된다. 본 연구에서는 각 시각화 부분의 특성을 고려하여 direct volume projection, surface modeling, 그리고 최근 많은 관심을 받고 있는 Image Based Rendering기법을 integrate하여 사용하였으며 각 시각화 모듈의 초고속 정보 통신망에서의 정보 교환에 대한 방법론에 대해 다루고 있다.

### 1. 서 론

척추 경나사못 삽입 수술은 현재 서울대학 병원에서만 연간 1,800회 행하여지는 수요가 많으며 지속적인 수술이나, 수술의 특성상 그 위험도가 높아 이를 수행할 수 있는 의사들은 몇 안되는 실정이다. 본 시술에 있어서 가장 핵심이 되는 기술은 척추의 Pedicle에 나사못을 삽입하는 각도 및 위치를 선정하는 것과 삽입 깊이를 촉감을 통하여 익히는 것이다. 그러나, 시술장에서는 삽입 각도 및 위치를 2차원상의 X-Ray단면, 혹은 C-Arm이라는 연속 단면 촬영기를 이용하여 획득한 2차원 영상을 보고 Pedicle의 위상을 파악, 삽입 각도 및 위치, 깊이를 결정하여야 한다. 본 시술의 위험도가 높아지는 이유으로써는 2차원 영상으로부터의 제한된 정보만을 이용하여 시술자는 일종의 감으로써 삽입 위치, 각도에 대한 결정

을 내려야 하는 시술이며 만일 이 각도와 위치, 그리고 깊이의 선정이 부정확하였을 경우 척추 내부의 신경을 건드리거나 척추 외부의 혈관을 파열시키는 결과를 가져오기 때문이다. 만일 이러한 결과가 나타나게 되면 하반신 마비에서부터 전신마비, 혹은 심한 경우 사망까지 이르게 되므로 본 시술을 위한 연습은 사람에게 임상적으로 행할 수 없는 실정이다. 그러므로, 본 시술을 위해서 기존에는 동물 실험과 시술 견학 등의 방법을 사용하였으나 그 가격 및 효용성 측면에서는 별 성과를 얻지 못하였다. 본 연구는 이러한 점에 착안하여 실제 인체의 자료(CT, X-Ray)를 이용한 모의 시술기 개발을 다루고 있다.

## 2. 인체 정보의 시각화

3차원의 영상을 시각화하기 위해서는 주로 3차원의 입체 정보에 빛이 반사되는 과정을 직접적으로 보여주는 Volume Rendering과 동일한 위상을 가지는 표면(Iso-Surface)을 3차원 입체 정보에서 추출하여 이 표면만을 보여주는 Surface Modeling 기법을 사용한다. 여기에 덧붙여 최근에는 시각화되어지는 형상만을 실제 3차원 정보의 조작 없이 시각화 시켜주는 일종의 Hybrid Modeling 기법인 Image Based Rendering이 각광을 받고 있다.

본 연구에서는 Volume Rendering의 가장 큰 단점인 계산 부하의 증가를 해결하기 위하여 미리 정하여진 View point에서 Volume을 투영시킨 이미지 집합을 Frame단위로 Navigation 할 수 있게 함으로써 불필요한 계산시간의 감축 및 사실감을 가지는 이미지의 획득을 피할 수 있었다. 또한, Volume space에서 동일한 위상을 가지는 면을 추출하여 면 정보를 이용한 3차원 시각화인 Surface Modeling은 면 추출 알고리즘으로 잘 알려진 Marching Cubes를 이용하여 VRML형식의 표면을 추출할 수 있었다. 추출된 동위 표면은 본 시뮬레이터의 사용자가 보다 정확한 입력 및 세부 요인들을 관찰하는데 있어서 미세 조정이 가능한 표면 모형을 돌려 보는데 사용된다. VRML로 형상의 면 정보를 저장한 이 유는 추후 World Wide Web으로의 확장을 고려하여서 이다. Image Based Rendering이란 최근 각광 받고 있는 일종의 혼합 Rendering 방법으로써 미리 정의된 변수들을 사용하여 3차원상의 물체를 시각화 하는 것이다. IBR의 가장 큰 장점은 Rendering을 미리 하여 navigation 할 때의 계산 시간을 급격히 감소시켜 빠르고 detail한 navigation을 보장한다는 것이다. 본 연구에서는 Apple사의 QTVR shell을 이용하여 연구를 진행 하였다.

## 3. 시스템의 구성

본 시스템은 크게 시술자 UI(VRML), 가상 X-Ray 및 가상 C-Arm(IBR) 생성, 표면 추출, 그리고 중첩 모듈로 구성되어 있다. 의료 영상의 표준인 DICOM 3.0 형식으로 저장 되어 있는 CT의 단면도들을

이용하여 동위 표면을 추출하는 표면추출 모듈은 방대한 표면 모델의 크기를 줄이기 위한 Decimation을 포함하고 있다. 시술자 UI는 표면 추출 모듈에서 생성된 표면 모델을 이용하여 사용자가 실제 시술장에서 볼 수 있는 환경을 재현한다. 본 모듈에서는 사용자가 실제 시술에서 익혀야 할 요인인 나사못의 삽입 위치, 각도, 및 깊이를 받게 된다. 가상 X-Ray 및 C-Arm 재생 모듈은 volume data를 투영시켜 얻어진 가상의 이미지이다. X-Ray의 경우 시술자가 시술장에서 받을 수 있는 삽입 각 및 위치에 대한 유일한 Feedback이며 C-Arm은 나사못을 삽입한 후의 3차원 형상을 보다 효과적으로 보여주기 위하여 사용된다. 중첩 모듈은 본 시뮬레이터에서 가장 핵심적인 모듈이라고 할 수 있으며 본 모듈은 시술자 UI(표면 모델)로부터 들어온 삽입 각, 삽입 위치, 그리고 삽입 깊이를 실제의 Volume data상에서 반영하는 모듈이다. 본 모듈에서는 계산 속도의 향상을 위하여 3차원 공간상의 변화를 2차원의 이미지에서의 변화로 보여주게 하는 이미지와 이미지의 중첩, 그리고 실제의 3차원 데이터를 변형시키는 표면과 Volume Data의 중첩으로 구성되어 있다.

#### 4. 결론 및 추후연구 과제

본 연구에서는 척추경 나사못 삽입 시술에 있어서 가장 핵심적인 기술이라고 할 수 있는 삽입 각도, 위치, 깊이를 수련할 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다. 본 연구에서는 시술자가 시뮬레이터를 사용하는 단계에 따라 3차원 시각화 방법을 차별화 하여 각각의 단계가 필요로 하는 정보에 따라 시각화 방법을 적용하였다. 또한 본 연구에서 사용된 3차원데이터의 형식은 모두 국제 표준(DICOM 3.0, VRML)을 따르고 있어서 추후의 확장성 문제를 고려하였다. 본 연구에서 살펴본 척추경 나사못 시술 뿐만 아니라 전반적인 외과 수술을 가상적으로 수행해 볼 수 있는 Simulator Shell의 개발 및 보다 현실적인 시술자 UI의 개발이 추후에 연구 될 수 있으며 본 시뮬레이터를 네트워크와 연계하여 개발 하는 것 또한 추후에 연구될 수 있을 것이다.