

# 3자유도 힘반향 장치를 이용한 침생검 햅틱 시뮬레이터

## Three DOF Haptic Simulator for a Needle Biopsy

권동수\*, 경기옥\*, 강홍식\*\*, 박현욱\*\*\*, 나종범\*\*\*

\* 한국과학기술원 기계공학과(Tel : 82-42-869-3042; Fax : 82-42-869-3210; E-mail:kwonds@me.kaist.ac.kr)

\*\* 서울대학교 의과대학 진단방사선과(Tel : 82-2-760-3217; E-mail: kanghs@radcom.snu.ac.kr)

\*\*\* 한국과학기술원 전자전산학과(Tel : 82-42-869-3434; Fax : 82-42-869-4310; E-mail: jbra@ee.kaist.ac.kr)

**Abstract :** This paper shows how to implement force reflection for a needle insertion problem. The target is a needle spine biopsy simulator for tumor inspection by needle insertion. Simulated force is calculated from the relationship of volume graphic data and the orientation and position of the needle, and it is generated using PHANTOM™. To generate realistic force reflection, the directional force of the needle has been generated by tissue model. The other rotational force is generated using a pivot to keep the needle in the initial inserted direction after puncturing the skin. Since the used haptic device has limitation for generating high stiffness and large damping, scale downed model and digital filter are used to stabilize the system.

**Keywords :** haptic, PHANTOM™, volume graphic data, tissue, needle biopsy

### 1. 서론

현대는 컴퓨터 하드웨어의 발달과 그래픽 기술의 발달로 3차원 물체의 움직임뿐 아니라 동역학적 모델과 변형도 구현할 수 있게 되었다. 또한 이를 이용한 가상현실 기술은 각종 시뮬레이터와 게임등에 널리 쓰일 뿐 아니라 의료 분야에도 도입되어 가고있다. 환자를 컴퓨터 그래픽을 이용, 모델링한 후 이미지를 보고 현재 상태를 아는 이미지 보조 수술, 실상과 컴퓨터 영상을 겹쳐서 보이게 하여 마치 환자의 내부를 보면서 시술할 수 있게 하는 연구도 진행되었으며, 햅틱 인터페이스 기술의 발달로 각종 의료 시뮬레이터에서 실제와 같은 촉감을 느끼게 하고자 하는 연구가 많은 곳에서 진행되고 있다.

침생검 시술은 생체 조직내에 바늘을 삽입하여 종양이 의심되는 조직을 채취해내는 과정이다. 이 시술은 외부에 상처가 적고 간단한 도구만을 사용하므로 환자에게 부담이 적은 반면 생체 내부의 장기와 뼈들의 복잡한 모양으로 인하여 반복되는 CT촬영을 통해 수회 바늘을 삽입하여야 의도한 샘플을 채취할 수 있는 어려움이 있다. 그러므로 컴퓨터 그래픽 기술을 이용하여 환자를 3차원으로 모델링하고, 가상 모델과 햅틱 디바이스 사이의 힘 관계로 정의되는 햅틱 렌더링을 구현한다면 수술을 연습할 수 있으므로 매우 유용할 것이다.

Margaret Minsky는 의해서 힘을 느낄수 있는 3자유도 조이스틱이 개발되었으며, 이와 병행하여 Heimenz, MaaB, H. 등이 생체 조직의 물리적 특성을 실험하였다[1,2]. Hopkins는 근육과 뼈의 생체역학적 특징을 분석하였다[3]. 또한 한국과학기술원에서 6 자유도 원격수술용 힘반향 조종기에 대한 연구가 있었다[4]. Suni과 Popa는 침생검 시술과정에서 바늘에서 느껴지는 힘을 측정하였으며 이를 그대로 구현하고자 노력하였다[5,6]. 햅틱 디바이스에 관한 연구가 본격화 되면서 1993년 Sliasbury와 Massie에 의해서 6 자유도를 가지며 3 자유도의 힘반향을 구현할 수 있는 PHANTOM 이 개발되었으며[7], Immersion사에서 개발한 Laparoscopic Impulse Engine과 함께 상품화 되어 여러 의료 시뮬레이터에 이용되고 있는 실정

이다[8]. PHANTOM을 척추침 생검 시뮬레이터에 이용하고자 하는 연구가 Kevin에 의해 제안되었으며 한국과학기술원과 공동으로 수행하였다[9,10,11].

본 연구에서는 Sensable사의 PHANTOM과 3차원 컴퓨터 그래픽 기술을 이용한 힘반향이 가능한 침생검 시뮬레이터의 구조를 설명하고, 바늘이 뼈에 닿을 때까지의 저항력 구현법과 나타난 문제점의 해결법을 보여준다.

### 2. 전체 시스템의 구성

본 장에서는 PHANTOM을 이용한 시의 구조를 보여준다. 침생검 시뮬레이터란 바늘을 생체 조직에 삽입 한 후에 종양이 의심되는 부분의 생체조직을 떼어 내는 시술을 연습하기 위한 시뮬레이터이다. 시뮬레이터는 그림 1처럼 3차원 도시부분, 힘반향 구현 부분, 사용자 인터페이스 부분부분으로 이루어져 있다.

#### 2.1 볼륨렌더링을 이용한 3차원 도시

정밀한 3차원 도시 부분의 구현을 위해 CT(Computer Tomography) 데이터를 받아 볼륨 렌더링(Volume Rendering) 방법을 사용하였으며, 바늘의 움직임을 3차원으로 표현하기 위하여 표면 렌더링 기법을 사용하였다. 구현된 시스템 사양은 Pentium III 600Mhz Dual CPU를 사용하여 바늘의 움직임만 렌더링 할 경우 20프레임 이상으로 동작한다. 본 시스템에서 사용한 CT 데이터는 335장의 512x512 12bit영상으로, 슬라이스 내에서의 해상도는 0.707mm이고, 슬라이스간의 간격은 1mm이다. 3차원 객체가 움직일 경우에는 256x256x256 영상이 평균 5Hz이상으로 렌더링된다. 시뮬레이션 시에는 그래픽 업데이트 속도를 높이기 위해 시술 부위가 결정되고 나면 바늘의 움직임만 렌더링한다.

#### 2.2 힘반향 구현