

# 부비동 수술을 위한 내시경 홀더 시스템과 증강현실 수술내비게이션의 연동

이성풍<sup>1</sup>, 윤현수<sup>2</sup>, 정유삼<sup>4</sup>, 홍제성<sup>1</sup>, 이병주<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>대구경북과학기술원 대학원 로봇공학전공

<sup>2</sup>한양대학교 전자전기 제어계측공학과

<sup>3</sup>한양대학교 전자시스템공학과

<sup>4</sup>울산의과대학 서울아산병원 이비인후과

jhong@dgist.ac.kr

**요약 :** 본 논문에서는 부비동 수술에서 사용되는 내시경을 원하는 위치에 홀드할 수 있는 내시경 홀더 시스템과 다른 장기에 의해 가려진 장기의 정보를 시각적으로 제공할 수 있는 증강현실 기반 수술 내비게이션 시스템을 통합 개발하였다. 실제 부비동 수술과 유사한 환경에서 전문의들과 4 차례 팬텀 실험을 통해 시스템의 기능을 확인했다.

**핵심어 :** 증강현실, 수술 내비게이션, 내시경 시스템, 핸드-아이 캘리브레이션, 카메라 캘리브레이션.

## 1. 서론

부비동은 진입 구간이 매우 협소하며, 인접한 중요 기관과 함께 복잡한 구조로 이루어져있다. 수술 부위가 안구 및 뇌와 이웃해 있기 때문에 부비동 수술과정에서 안와 손상, 뇌척수액 누출로 인한 합병증이 동반될 수도 있다 [1]. 따라서 보다 안전하고 정확한 수술을 위해 일찍이 수술 내비게이션 시스템이 사용되어 왔으며 이에 대한 안정성이 검증되어왔다 [2]. 하지만 [2]와 같은 시스템은 다른 장기에 의해 가려진 부분을 볼 수 없다는 단점을 지니고 있다.

그림 1과 같이 현재 부비동 수술에서 의사의 한 손은 항상 내시경을 붙잡고 다른 한손으로 미세분쇄기, 흡입기와 같은 수술기구들을 교체해가면서 수술을 하기 때문에 의사의 양손 사용에 제약이 발생한다.



그림 1. 부비동 수술에서의 내시경 사용 모습

본 연구에서는 부비동 수술에서 기존 수술 내비게이션 기능과 더불어 의사들에게 다른 장기에 의해 가려진 장기의 정보를 시각적으로 제공할 수 있는 증강현실 기반 수술 내비게이션 시스템을 개발하였고, 내시경을 의사가 원하는 위치에서 고정할 수 있는 내시경 홀더 시스템을 개발하여 두 시스템을 연동시켰다. 실제 부비동 수술과 유사한 환경에서 전문의들과 총 4차례 팬텀 실험을 통해 시스템을 확인하였고, 보완 및 개선하였다.

## 2. 방법론

### 2.1 증강현실 기반의 수술 내비게이션 시스템

그림 2은 개발된 전체적인 수술 내비게이션 시스템 화면을 보여준다. 시스템 화면의 좌측 상단 부분은 증강현실 화면, 우측 상단 부분은 가상현실 화면, 하단은 각각 Axial, Sagittal, Coronal 화면을 보여준다. 팬텀 실험을 통해 보완된 주요 기능은 다음과 같다. 1) 거리에 따른 투명도 변화 기능, 2) 선택적 경고 기능, 3) 내시경 위치 표현 기능.

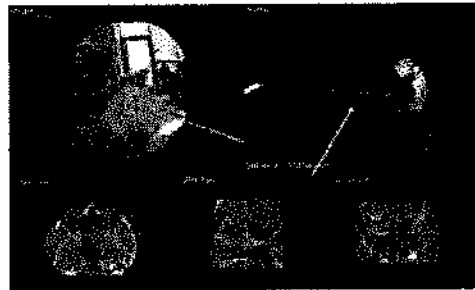


그림 2. 전체적인 수술 내비게이션 시스템 화면

#### 2.1.1 거리에 따른 투명도 변화 기능

그림 3는 거리에 따른 투명도 변화 기능을 보여준다. 그림 3과 같이 총 7단계에 걸쳐 투명도가 변하게 된다. 거리를 빠르게 계산하기 위해 대상의 점 정보들은 KD-Tree 자료 구조를 통해 관리되며, 실시간으로 수술 도구와 가장 가까운 점들의 위치를 찾

아내어 거리를 계산하게 된다. 사용자가 정한 일정 거리에 도달 할 때마다 대상의 투명도는 사용자가 정한 투명도를 가지게 된다.

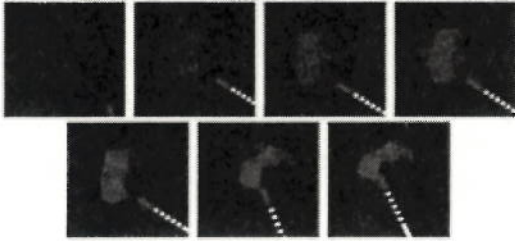


그림 3. 거리에 따른 투명도 변화 기능.

### 2.1.2 선택적 경고 기능

그림 4은 선택적 경고 기능을 보여준다. 부비동 수술에 있어 중요한 부위들을 개별적으로 선택하여 경고 시스템이 동작하도록 하였다. 그림 4 (좌)은 경고 시스템이 병변 (초록색)에 적용되었을 때를 보여주고, 그림 4 (우)은 경고 시스템이 대상에 적용되지 않았을 때를 보여준다. 그림 4의 좌, 우에서 표현된 수술 도구의 위치는 같다.

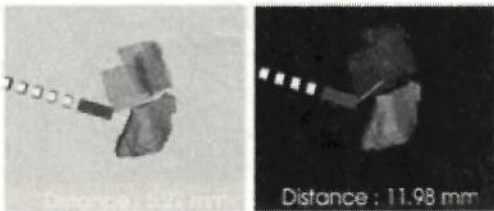


그림 4. 선택적 경고 기능.

### 2.1.3 내시경 위치 표현 기능

그림 5는 내시경의 위치 표현 기능을 보여준다. 그림 5와 같이 내시경과 프로브가 동시에 가상 화면에서 트래킹 정보가 시각적으로 표현 가능하며, 거리 측정시 거리 측정 대상을 프로브에서 내시경 혹은 내시경에서 프로브로 변경할 수 있다.

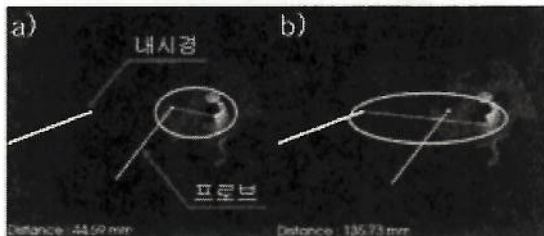


그림 5. 내시경 위치 표현 기능.

## 2.2 비과용 내시경 홀더

비과용 내시경 홀더는 무게추를 이용한 중력보상이 가능한 적층형 병렬 메커니즘과 내시경을 장착할 수 있는 엔드이펙터로 구성된다. 적층형 병렬 메커니즘은 2자유도의 병진운동과 1자유도의 회전운동이 가능하고 엔드이펙터는 2자유도의 회전 운동이 가능하여 내시경 홀더는 총 5자유도를 갖는다. 또한 내시경 홀더의 각 관절에는 마그네틱 브레이크가 장착되어 사용자가 엔드이펙터를 원하는 위치에 위치시킨 후 고정시킬 수 있다.



그림 6. 비과용 내시경 홀더 프로토타입

## 3. 결과 및 결론

실제 부비동 수술과 유사한 환경에서 총 4번에 걸쳐 증강현실 기반 수술 내비게이션 시스템과 비과용 내시경 홀더 시스템을 이용하여 팬텀 실험을 하였다. 이 과정에서 전문의들이 개발된 시스템을 조작하면서 보완점들과 필요 기능들을 확인하였고, 이를 개발된 시스템에 반영하여 시스템을 개선하였다. 개선된 대표적인 결과들은 앞서 소개된 기능들과 같다. 또한 개발된 시스템이 충분히 실제 수술에서 유용할 것으로 예상하였으며, 추후 사체 실험을 통하여 이를 입증할 것이다.

현재 이 시스템의 문제점인 내시경 회전에 따른 AR 화면의 회전을 보상할 수 있는 알고리즘을 개발 중에 있으며, 자체적으로 개발한 하이브리드 추적 시스템을 통해 위치센서마커의 부착없이 수술도구를 보다 정확하게 추적할 수 있도록 할 계획이다.

## 사사

본 연구는 산업통상자원부 산업 원천 기술개발사업 (10040097)의 지원으로 수행되었음.

## 참고문헌

[1] Raj Sindwani, "Image-Guided Surgery of the Paranasal Sinuses and Skull Base", Missouri Medicine, Vol. 105, pp. 257-261, 2008.  
 [2] L. Masterson, E Agalato, C Pearson, "Image-guided sinus surgery: practical and financial experiences from a UK centre 2001-2009", The Journal of Laryngology & Otology, Vol. 126, pp. 1224-1230, 2012.