

마그네틱 센서를 이용한 영상유도 뇌정위 시스템 개발

\*우지환, 장동표, \*김영수, 김선일  
 한양대학교 의용생체공학과, \*한양대학교 의과대학 신경외과

The development of Frameless Image-Guided Surgery system  
 based on magnetic field digitizers

J. H. Woo, D. P. Jang, \*Y. S. Kim, Sun I. Kim  
 Dep. of Biomedical Engineering, Hanyang University  
 \*Dep. of Neurosurgery, College of Medicine, Hanyang University

Abstract

Image-guided surgery (IGS) system has become well known in the field of neurosurgery and spine surgery. A patient's anatomy is first registered to preoperatively acquired CT/ MRI data using the point matching algorithm. A magnetic field digitizer was used to measure the physical space data and the system was based on Workstation of Unix system.

To evaluate the spatial accuracy of interactive IGS system, the phantom consisting of rods varied height and known location was used. The RMS error value between CT/MR images and real location was 3-4mm. For the more convenience of the surgery, we provide various image display modules.

서론

영상유도 뇌정위 수술 장치는 CT나 MRI 의 진단용 의학 영상을 이용하여 수술시 수술의 정확도와 안정성을 높이며, 따라서 뇌 속에 깊게 자리한 종양제거에 효율적인 방법을 제시한다.

지난 10년간 뇌수술시 정확한 위치 선정을 위하여 사용되어진 뇌정위두부고정기는 머리에 고정시켜야 하기 때문에 수술시 많은 불편함과 환자에게도 고정기(stereotactic frame)를 착용해야하는 부담이 있다. [1][2]

영상유도 뇌정위 시스템을 사용하게되면 수술 전 CT/MRI 단층촬영 시 표시마커(fiducial marker)를 환자의 머리에 붙이기만 하면 된다. 따라서 수술시 불편함이 없으며, 환자에게도 부담을 주지 않게된다. 이러한 방법으로 영상유도 뇌정위 시스템에서는 수술시 의사가 원하는 환자의 머리의 위치에 위치센서가 부착된 probe로 표시하면 그 부위의 관한 2차원, 3차원의 다양한 영상데이터를 제공하게된다.

본 논문에서는 다양한 모듈을 제공하는 영상유도 뇌정위 시스템개발과 아크릴 팬텀을 이용한 실험을 제시한다.

재료 및 방법

본 시스템의 개발은 워크스테이션 상에서 UNIX를 기반으로 하였으며, magnetic 센서를 위치센서로 사용하였다. 미리 촬영된 CT/MRI 영상데이터를 워크스테이션에 입력한 뒤, 위치감응 장치의 공간좌표와 영상의 좌표를 일치시킨다. 이러한 수술전처리 과정이 끝나게 되면, 의사는 수술 중, 해부학적 구조를 알고자하는 환자 머리 위치부위에 위치센서가 부착된 장비를 위치시키면 그 부분의 다양한 영상을 얻을 수 있다.(그림1)

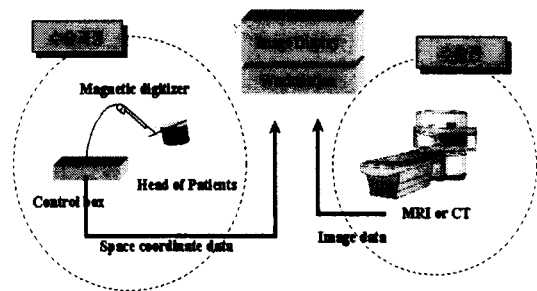


그림1. 영상유도수술장치 시스템 구성도

본 연구의 영상출력부분은 의사의 수술시 활용방법에 따라서 수술의 정확도와 종양등의 해부학적 판단을 용이하게 하기 위하여 세 부분의 모듈을 제시하며, 그림 4는 그중 한부분의 모듈이다.

영상유도뇌정위시스템에서 센서와 의사가 사용할 Probe의 관계는 (1)식에 의하여 위치데이터를 계산한다.(그림2)

$$\vec{X}_{Probe\ tip} = R \vec{X}_{probe} + \vec{X}_{Sensor} \quad (1)$$

R : rotation direction vector of sensor

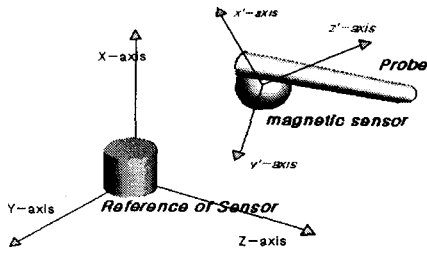


그림2. magnetic센서와 Probe와의 관계

또한, 환자의 실제 머리의 좌표와 CT/MRI 영상의 좌표를 일치시키기 위하여 표시마커(fiducial marker)를 사용한 (2)식을 최소로 하는 점일치방법을 사용한다.

$$Q = \sum_{i=1}^N \|P_i - (RP_i + T)\|^2 \quad (2)$$

$P_i$  : 영상좌표의 점,  $P_i$  : 실제환자좌표의 점  
 R : 3\*3 rotation matrix, T: translation matrix  
 Q : 에러함수

이러한 방법에 의한 개발된 영상유도장치의 정확도를 측정하기 위하여 두개모양의 팬텀을 이용하였다.(그림3) 팬텀 내부에는 서로 크기가 다른 막대가 있어 이를 중심으로 에러를 측정하게 된다.

팬텀은 1.5mm 간격으로 axial 방향으로 CT 촬영을 하였다. 팬텀에는 1.5 mm 표시마커가 부착되어(그림3의 표시부분들) 이를 중심으로 영상과

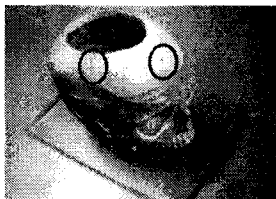


그림3. CT용 팬텀

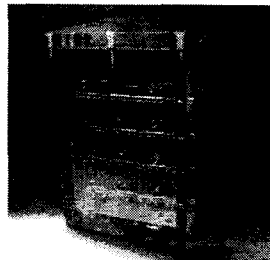


그림 4. MRI용 팬텀

모형간의 좌표일치과정을 수행하게 된다. 이러한 좌표일치과정이 끝나면 센서가 부착되어 있는 probe를 모형의 임의의 위치에 위치시키면 그 부분의 axial, coronal, sagittal 방향으로의 영상을 얻게 된다. 그림5는 그 결과를 보여준다.

또, MRI Data를 이용할 경우의 정확도를 측정하기 위하여 그림 4와 같은 팬텀을 사용하였다. 아크릴내부를  $MnCl_2$  0.1mM 용액을 채운 뒤 3mm 간격으로 MRI data를 얻어 같은 실험을 하였다.

### 결과 및 토의

본 시스템에서의 모형실험결과 평균 3mm의 오차가 발생하였다. 이는 좌표일치과정에서 정확한 위치데이터 습득에서의 에러와 영상데이터가 1.5mm와 3mm 간격인데에 기인한다. 본 시스템을

뇌수술에 적용할 경우 뇌종양이나 다른 두개강내 질환이 있는 경우, 기존의 CT/MRI의 2차원 영상만으로는 수술시 어려움을 극복하여 뇌의 아주 민감한 영역 수술에 효율적인 방법을 제시할 것이다.

본 개발에서는 수술 전 마커(fiducial marker)를 이용한 좌표일치작업이 행하여지고 있으나, 이러한 방법은 수술과정에서 뇌수액이 빠져나가거나 종양의 제거 등으로 두부의 좌표가 변화하였을 경우 오차가 발생하게 된다. 따라서 이러한 오차를 줄이는 보다 나은 하드웨어적, 소프트웨어적 방법의 개발이 요구된다.

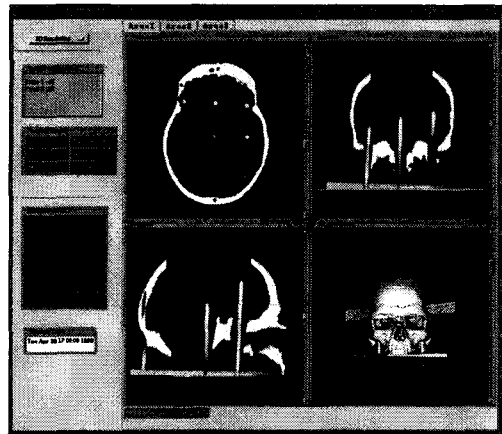


그림4. 팬텀 테스트 프로그램 결과

### 참고문헌

- [1] John G. Gilfinos et al : Clinical use of frameless stereotatic arm: results of 325 cases : J Neurosurg 83:197-205, 1995
- [2] Lucia J Zamorano, Lutz Nolte, A.Majeed Kadi and Zhaowei Jiang : Interactive intraoperative localization using an infra-red-based system : Neurological Research, Volume 15, October, 1993
- [3] Dabid A. Simon, Martial Herbert, Takeo Kanade : Techniques for Fast and Accurate Intrasurgical Registration : J Image Guid Surg 1:17-29, 1995
- [4] S. James Zinreich, Scot A. Tebo, : Frameless Stereotaxic Integration of CT Imaging Data : Accuracy and Initial Applications : Radiology 735-742, Sep. 1993

※ 이 연구는 1997년도 보건복지부 G7의료기술개발사업의 연구지원에 의해 수행되었음.