

스테레오 카메라를 이용한 정위 두부 프레임의 정도관리 기법 개발

Siyong Kim¹⁾ · 오승중²⁾ · 서태석²⁾

1)Department of Radiation Oncology, Mayo Clinic, Jacksonville · 2)가톨릭대학교 의공학교실

E-mail: bhead@catholic.ac.kr

중심어 (keyword) : 정위적 방사선 수술, 정위적 프레임, 정도관리, 스테레오 비전

서론

정위적 방사선 수술은 두개골에 물리적으로 고정된 정위프레임을 정위프레임 지지대에 설치하여 한번에 고선량의 방사선을 치료하고자 하는 부위에 정확히 전달할 수 있다는 이점을 가지고 있으며, 1990년 American Society for Testing and Materials Committee F-4.05에 의해 정위프레임의 물리적 정확도는 1 mm 이하로 유지되어야 한다고 발표되었다. 그러나 1994년 Maciunas등이 Neurosurgery에 발표한 연구에 의하면 두개골에 나사를 이용해 고정된 정위프레임 역시 프레임을 지지대에 결합하는 과정에서 프레임에 가해지는 무게에 따라, 정확도는 최대 6 mm 까지 떨어질 수 있다는 점이 지적되었으며, 이후 2002년 Rohlfing등은 환자의 눕고, 엎드린 자세에서 얻어진 CT 영상을 가지고 영상정합을 수행하여, 환자의 내부 구조를 이용한 영상정합과 정위프레임을 이용한 정합간에 최대 2.76 mm의 오차가 있음을 보였다. 이를 통해 환자의 자세에 따라 정위프레임이 왜곡(distortion)돼 잘못된 좌표 정보를 나타낼 수 있는 문제를 가지고 있음이 지적되었다.

이러한 문제점들에도 불구하고 현재 정위프레임을 이용한 정위적 방사선 수술에서 처음 정위프레임을 장착할 때와 실제 치료할 때 발생했는지 모를 정위프레임의 왜곡 또는 움직임은 효과적으로 점검하고 보정할 수 있는 장비가 존재하지 않고 있다. 본 연구에서는 스테레오 카메라를 이용한 정위 두부 프레임의 정도관리 시스템을 개발 하였으며, 개발된 시스템의 재현성과 정확성, 유용성을 검증하였다.

재료 및 방법

스테레오 카메라 시스템 초기모델은 최대 해상도가 2048×1536인 2대의 CMOS 카메라와 이를 제어하기 위한 컴퓨터로 구성되었다. 이 시스템은 카메라 보정과 삼각측량법을 응용해 두 대의 카메라로부터 얻어진 좌우 영상으로부터 공간상에 위치한 물체의 3차원 좌표를 계산할 수 있다. 카메라의 제어와 영상획득을 위한 소프트웨어는 C언어를 이용하여 작성하였으며, 영상처리와 좌표계산을 위한 프로그램은 Matlab을 이용하여 작성하였다. 재현성 검증을 위하여, 실험대에 단단히 고정된 원형 패턴을 5분 간격으로 25분간 촬영하여 총 여섯 쌍의 좌우 영상을 획득하였다. 이후, 각 원의 중심점의 좌표를 계산하여 시간에 따라 각 중심점의 좌표 변화를 확인하였다. 정확성 검증을 위하여, 평행이동과 회전이동을 수행한 후, 각각의 이동 후 좌우 영상을 획득하였다. 이 후 특이점분해를 통해 기준영상과 이동영상간의 회전이동과 평행이동 값을 구하여, 실제로 이동시킨 값과의 차이를 비교하였다.

결과 및 고찰

구현된 카메라 시스템은 구하고자 하는 물체의 3차원 좌표를 25분간 0.5 mm 이내의 재현성을 가지고 계산하였다. (Table 1)

Table 1: Reliability of the stereo camera system during 25 minutes. The 3D coordinates of three points were measured within 0.5 mm.

Interval (min)	Vector Distance from Initial Reading (mm)		
	Point 1	Point 2	Point 3
5	0.40	0.03	0.08
10	0.15	0.00	0.09
15	0.24	0.02	0.14
20	0.48	0.01	0.10
25	0.17	0.03	0.15
mean	0.29	0.02	0.11
STD	0.15	0.01	0.03

특이값 분해를 통해 얻어진 평행이동 값의 경우 1 mm 이하, 회전각도의 경우 1°이하의 정확도를 가지고 계산되었다. (Table 2)

Table 2: The accuracy of the stereo camera system in three test cases. The board with circle pattern was translated 30 mm along the x-axis in case 1. The board was translated 30 mm along the y-axis in case 2. The board was translated 90 mm along the x- and y-axis, and then rotated 90° about the z-axis in case 3. The translation errors were within 1 mm and the rotation errors were within 1° .

Test cases	Translation error (mm)			vectors	Rotation error (°)		
	x	y	z		x	y	z
1	0.09	-0.1	-0.1	0.20	0.10	-0.09	0.41
2	0.07	-0.2	-0.9	0.97	-0.0	-0.48	0.34
3	0.18	-0.4	0.07	0.53	-0.9	0.35	0.03

결론

본 연구에서는 정위두부프레임의 왜곡 및 위치 검증을 위한 방법으로 카메라 기반 시스템을 제안하였으며, 해당 시스템의 신뢰성과 정확성을 평가하였

다. 시스템 신뢰성의 경우 25분간 측정오차 0.5 mm 이하의 만족할 만한 성능을 보였으며, 정확성의 경우 1 mm, 1도 이하의 정확도를 얻을 수 있었다. 신뢰성과 정확도의 경우 고급 카메라와 렌즈를 사용함으로써 더 우수한 결과를 획득 할 수 있을 것이며, 향후 연구를 통해 시스템을 발전시켜 나갈 것이다.

참고 문헌

1. American Society for Testing and Materials Committee F-4.05 "Standard performance specification for cerebral stereotactic instruments," in Annual Book of ASTM Standards, F 1266 - 89. Philadelphia, (1990)
2. H. Treuer et al. "The influence of head frame distortions on stereotactic localization and targeting," Phys Med Biol 49, 3877-3887 (2004)
3. R. Maciunas et. al. "The application accuracy of stereotactic frames," Neurosurgery 35, 682-695 (1994)
4. T. Rohlfsing et. al. "Effect of changing patient position from supine to prone on the accuracy of a Brown-Roberts-Wells stereotactic head frame system," Neurosurgery 52, 610-618 (2003)