

무릎 각도 추정을 위한 적외선 카메라와 IR LED 를 이용한 각도 추정

Knee angle estimation using IR camera and IR LED

*김세은¹, #백윤수¹

*Seoun Kim¹, #Yoon Su Baek(ysbaek@yonsei.ac.kr)¹

¹연세대학교 기계공학부

Key words : angle estimation, infra-red camera, camera calibration

1. 서론

뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 보행 기능을 비롯한 여러 기능에 손상이 오게 되는데, 그 중 보행 기능 회복은 다른 기능 회복에 비해 만족도가 가장 높다고 알려져 있다.[1] 본 연구 팀에서는 Tekscan 社의 F-Scan system 을 사용하여 편마비 환자의 보행 재활 훈련 시스템을 개발하여 임상 실험을 수행하였다.[2] 그러나 사용된 장비가 고가여서 환자가 개인적으로 장비를 구비하여 훈련할 수 없어 치료 효과가 극대화되지 못한 단점이 있었다.

본 논문에서는 저가의 보행 재활 및 분석을 위해 저가형 적외선 카메라와 적외선 LED 를 사용하여 카메라 내부 파라미터를 정의하고 이를 인체에 설치하여 무릎 각도를 추정하는 방법을 소개하고자 한다.

2. 카메라 내부 파라미터 정의

적외선 카메라는 Nintendo 社에서 개발된 게임 컨트롤러인 Wiimote 에 포함된 카메라를 사용하였다. 이는 최대 4 개의 적외선 LED 를 감지할 수 있으며 해상도는 1016*760 pixel, 광각은 33° (폭 방향), 23° (길이 방향) 이다. 적외선 LED 는 파장이 960nm 인 EL-1KL2 를 사용하였다.

카메라 내부 파라미터 정의를 위해 x, y, z-축 병진 및 회전을 통해 카메라 화면 상에서 보여지는 적외선 LED 의 변화를 측정하였다. 실험 환경은 Fig. 1 과 같으며, 카메라와 적외선 LED 사이의 거리는 90cm, 적외선 LED 간의

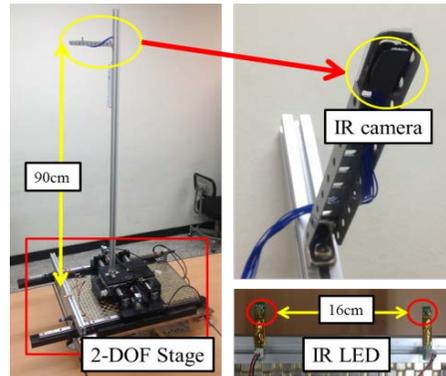


Fig. 1 Experiment environment for IR camera

거리는 16cm 로 설정하여 6 자유도 중 한 자유도씩 변화시키며 이미지를 촬영하였다.

x, y-축 병진 데이터(Fig. 2)를 사용하여 카메라 내부 파라미터를 정의하였다. 카메라 픽셀로 환산된 물체의 좌표와 실제 물체의 좌표 사이에는 다음과 같은 관계가 성립된다.

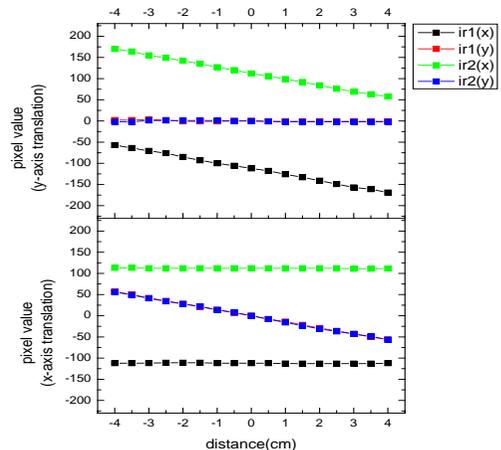


Fig. 2 IR LED pixel data (x, y-axis translation)

$$\begin{bmatrix} x_p \\ y_p \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & C_{skew}f_x & 0_x \\ 0 & f_y & 0_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_r/Z_r \\ Y_r/Z_r \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

(x_p : x value in image pixel, y_p : y value in image pixel
 C_{skew} : skew value in camera pixel, f_x, f_y : focal length
 X_r, Y_r, Z_r : coordinate in real world,
 $0_x, 0_y$: principle coordinate offset)

각 데이터 별로 연립 방정식을 세워 도출된 카메라 내부 파라미터 행렬은 다음과 같다.

$$A_{wimote} = \begin{bmatrix} 1260 & 0 & 508 \\ 0 & 1275 & 380 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

3. 각도 추정

카메라가 x, y-축 회전할 경우, 회전하지 않았을 때 두 적외선 LED 가 이루는 선분의 길이를 l 이라 했을 때 $l / \cos \theta$ 로 투영되어 이미지 상에 그려지게 된다. (Fig. 3) 따라서 정해진 높이에서 이미지 상에 그려지는 l 의 길이를 알 때, 두 적외선 LED 와 카메라 사이의 각도를 알 수 있게 된다. Table. 1 은 카메라를 x-축 각도로 회전하였을 때 도출된 선분의 길이와, 그것에 $\cos \theta$ 를 곱하여 원래 높이에서 보여지는 선분의 길이를 보여주고 있다.

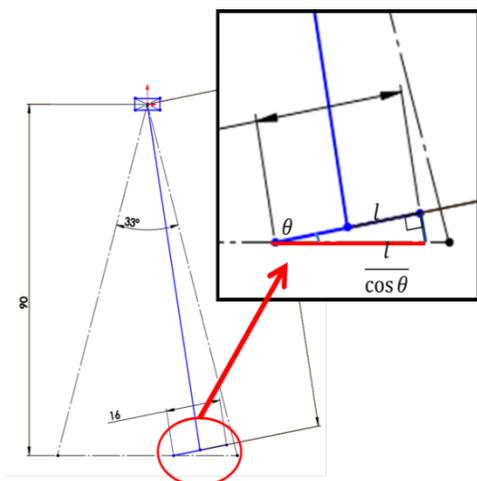


Fig. 3 IR LED with rotation in camera

Table. 1 IR LED distance in camera view

| Angle (°) | Distance | Distance (angle calculated) |
|-----------|----------|--------------------------------|
| -18 | 239.6882 | 227.9570 |
| -15 | 235.3318 | 227.3130 |
| -10 | 230.5789 | 227.0758 |
| -5 | 228.9258 | 228.0546 |
| 0 | 228 | 228 |
| 5 | 227.873 | 227.0058 |
| 10 | 231.2542 | 227.7409 |
| 15 | 235.3211 | 227.3027 |
| 18 | 238.5118 | 226.8382 |

4. 결론

시스템에 사용할 적외선 카메라의 내부 파라미터 행렬과 각도 추정 방법을 정의하였다. 향후 사람의 다리에 대한 수학적 모델링을 수행한 후 적외선 카메라를 허벅지에, 적외선 LED 를 발 바깥쪽에 설치하여 허벅지를 기준으로 하였을 때의 무릎 각도를 추정하는 알고리즘을 개발할 예정이다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 중견연구지원사업 (도약연구사업) 지원을 받아 수행된 것임(No. 20120000155).

참고문헌

1. Dobkin, B. H., "Rehabilitation after stroke," New England Journal of Medicine, Vol. 352, No. 16, pp. 1677-1684, 2005
2. 김세은, 김덕용, 김정훈, 최종현, 주소영, 강나경, 백윤수, "보폭 비대칭을 보이는 뇌졸중 후 편마비 환자를 위한 체중이동 훈련 시스템 개발," 한국 정밀공학회지, Vol. 30, No. 4, pp. 450-458, 2013.