

# 사이버글로브를 이용한 손동작과 캠코더의 흔들림 측정

## Measurement of hand motion and tremor of camcorder using a wired-glove system

박경수<sup>1</sup>, 임치환<sup>1</sup>, 이석우<sup>1</sup>, 이경태<sup>2</sup>, 박재희<sup>3</sup>

Kyung Soo Park<sup>1</sup>, Chee Hwan Lim<sup>1</sup>, Suk Woo Lee<sup>1</sup>, Kyung Tae Lee<sup>2</sup>, Jae Hee Park<sup>3</sup>

한국과학기술원<sup>1</sup>, 대불대학교<sup>2</sup> 한국표준과학연구원<sup>3</sup>

### Abstract

We developed the system which could trace the hand and arm motion to test the product usability by integrating a wired-glove and a magnetic position sensing system. The magnetic position sensing system traces the position and orientation of the arm while the wired-glove measures 18 phalangeal joint angles. A case study was performed on two different camcorders in weight. The heavier camcorder was more stable than the lighter one. Also the recording task is more stable than the zoom-in and zoom-out tasks. This system could be used to monitor and quantify the hand and arm motion in real time and also could be used to test the product usability where the hand motion is important.

### 1. 서론: 시스템의 구성

본 연구는 손과 팔의 미세 동작을 실시간으로 측정, 분석할 수 있는 시스템을 개발하고, 이를 이용한 제품 평가의 한 사례를 다루고 있다. 본 연구에서 손과 팔의 미세 동작은 Wired-glove 시스템의 하나인 Cyberglove™와 자기위치센서 (magnetic position sensor)인 Fastrck™ 시스템을 통합하여 측정 가능 하도록 하였다. 손의 위치와 자세를 측정하기 위해 Rijpkema와 Girad[1991]의 모델을 이용하였으며, 손의 18개 관절각을 측정하여 PC에서 손 동작을 실시간으로 재현/분석할 수 있도록 하였다.

이 시스템의 주요한 용도는 손과 팔의 움직임이 중요한 제품의 사용성 평가, 지금까지 수동으로 행해진 손과 팔의 기능적 치수의 실시간 측정, 장애인들의 손과 팔의 기능적 결함 정도(deformity)를 정량화 하는 것 등 이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 우선 사례로 캠코더의 흔들림(tremor)에 대한 분석을 하였다.

본 시스템에 대한 전체 구성은 그림 1에 나타나 있다. 팔의 운동은 자기장 측정 장치인 FASTRAK 시스템을 이용하였는데 2 개의 수신기(receiver)를 손목과 캠코더에 각각 부착하여 위치와 자세를 측정하였다. 이 값들은 RS232C를 통해 PC로 전송된다.

손의 각 관절각은 wired-glove(CyberGlove™)를 사용하여 측정하였다. 이 값들도 RS232C를 통해서

PC로 전송된다. 3차원 공간상에서 각 관절의 위치는 다음과 같은 절차로 계산한다. 먼저 자기장 발생기를 원점으로 하고 손목에 부착한 자기장 센서로부터 손목의 자세 및 위치를 측정 후 관절간의 거리 및 각을 이용해 손가락 각 관절점의 위치를 차례로 계산한다(forward kinematics).

실제 손가락의 위치와 재현된 손가락의 위치를 정확하게 일치시키려면 각 관절에서 나온 값에 대한 calibration이 필요하다. Wired-glove에서 나온 관절 각도에 대한 신호를 실제 관절굽힘각으로 맞추기 위해 손가락 각 관절을 여러 단계로 굽혀 보아 선형성을 조사하고 해당 관절에 대한 off-set과 gain을 측정하여 calibration에 이용하였다. 각 관절에 대한 해상도는 약 1° 이다.

3차원 공간상에서 손동작에 대해 실시간으로 측정/재현하여 컴퓨터 화면에 선 그림으로 표현하였다. 컴퓨터 화면상의 refresh rate는 20회/초이며 속도, 가속도, 3차원 공간상의 궤적 등의 실시간 측정이 가능하다.

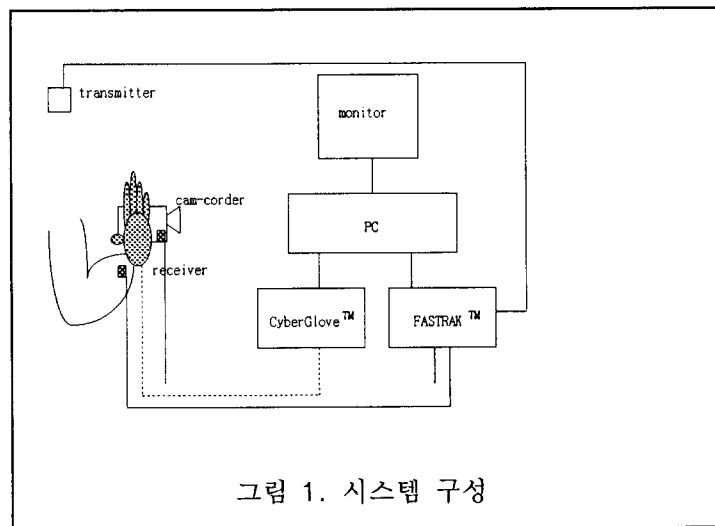


그림 1. 시스템 구성

## 2. 실험방법

### 2.1 실험계획

본 실험은 Within-Subject Design으로 구성되었으며 두 개의 캠코더와 세가지 작업들의 조합으로 이루어진 여섯 가지 실험 조건에서 6명의 대학원생이 실험에 참가하였다.

피실험자들이 수행할 작업은 세 가지로 구성되었다. 첫번째 작업은 비디오 촬영 모드(mode)에서 일시정지(pause) 상태를 녹화(record)상태로 변환하여 촬영을 일정시간 동안 한 후 다시 일시정지(pause) 상태로 변환하는 것이다. 두번째 작업은 먼저 wide 상태로 초기화를 한 후 zoom-in 기능을 작동하는 것이다. 세 번째 작업은 반대로 zoom-out 기능을 수행하는 것이다.

본 연구의 실험은 예비실험 및 훈련, 본 실험 및 실험 후의 설문조사(debriefing)의 세 부분으로 구성된다. 먼저 피실험자에게 실험의 목적 및 전체적인 실험 진행 순서 등에 대해 간단하게 설명한 후, 피실험자가 CyberGlove 를 착용하고 직접 두 가지 종류의 캠코더를 충분히 사용하게 하였다.

예비 실험은 피실험자에게 CyberGlove에 의한 편향 효과를 최소화하기 위해 수행되었다. 예비 실험을 통해 피실험자는 CyberGlove에 적응할 수 있도록 하였으며, 실험의 내용을 바로 이해했는지 확인할 수 있었다.

본 실험에서는 각 피실험자가 여섯 가지의 실험 조건을 미리 정해진 순서에 따라 수행하였으며, 실험 결과의 신뢰도를 확보하기 위하여 각각의 조건에 대하여 3 회 씩의 반복 평가를 실시하였다. 본 실험의 평가 후 각 실험 조건에 대한 피실험자의 의견을 기록하였다.

### 3.2 평가방법

먼저 손과 팔의 미세 동작이 캠코더 촬영시 어떤 영향을 미칠 것인지를 알아보기 위하여 각 손가락의 3차원 위치 좌표와 캠코더의 위치좌표 간에 상관관계 분석을 이용하였다.

또한, 캠코더 촬영 시 작용된 힘에 따라 캠코더의 중심 위치가 시간에 따라 변하는데 실험기간 동안의 캠코더의 이동 거리를 구하여 캠코더의 흔들림을 분석하는데 이용하였다. 캠코더의 흔들림은 전후 방향(x좌표)과 측면 방향(y좌표), 그리고 상하 방향(z좌표)으로 움직인 거리로 나타낼 수 있다.

여기서 움직인 거리란 처음 위치에 관한 각 샘플 값들 사이의 산술적인 거리를 나타낸다. 총 움직인 거리는 작업별로 수행 시간이 다르므로 비교를 위해서는 얻어진 샘플 수로 나누어 단위 시간당 평균거리 개념인 Root Mean Square를 이용하였다.

$$RMS_j = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2 + (z_k - z_{k-1})^2}$$

i = camcorder, 1, 2

j = task, 1, 2, 3

k = sample number, 1,2,3 ... n

### 3. 실험결과 및 토론

그림 2는 두 캠코더에 대한 RMS 결과이다. 캠코더2를 사용할 때 모든 피실험자가 더 심한 흔들림(tremor)을 보이고 있다. 캠코더2는 캠코더1에 비해 훨씬 소형이고, 가볍기 때문에 이런 결과를 보인 것으로 생각된다.

그림 3은 작업별 RMS결과인데 피실험자 3을 제외하고는 모두 일정한 경향을 보이고 있다. 즉, task1의 RMS 값이 가장 작으며 task3, task2의 순서를 보이고 있으며, task2 와 task3를 비교해볼 때 검지를 쓰는 task3가 중지를 쓰는 task2보다 캠코더를 적게 흔들리게 하면서 조종이 가능하다는 것을 알 수 있다.

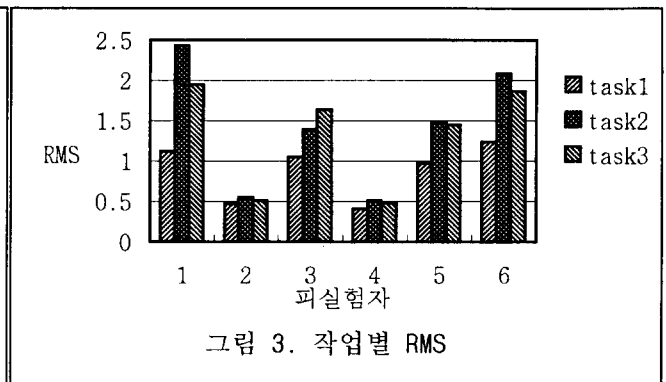
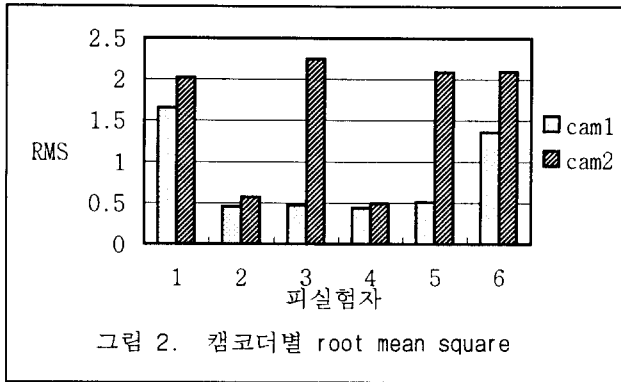


그림4는 첫번째 실험 조건 (캠코더1,task1) 일 때의 각 손가락의 x, y, z 방향 (전후, 좌우, 상하 방향)의 움직임과 캠코더의 x,y,z 방향의 흔들림에 대한 상관관계를 보여주고 있다. 그림에서 x1은 엄지손가락, x2는 검지손가락, x3는 중지손가락의 x좌표이고, xc는 캠코더의 x좌표이다.

그림을 보면, 주로 각 손가락이 움직이는 방향과 캠코더의 움직이는 방향은 거의 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 또한, 엄지와 검지가 전방으로 움직이면 캠코더의 각도는 아래로 내려가는 경향이 있었다. 이는 캠코더의 디자인과 밀접한 관계가 있을 것이라 추측되며 이에 대한 자세한 연구는 진행 중에 있다.

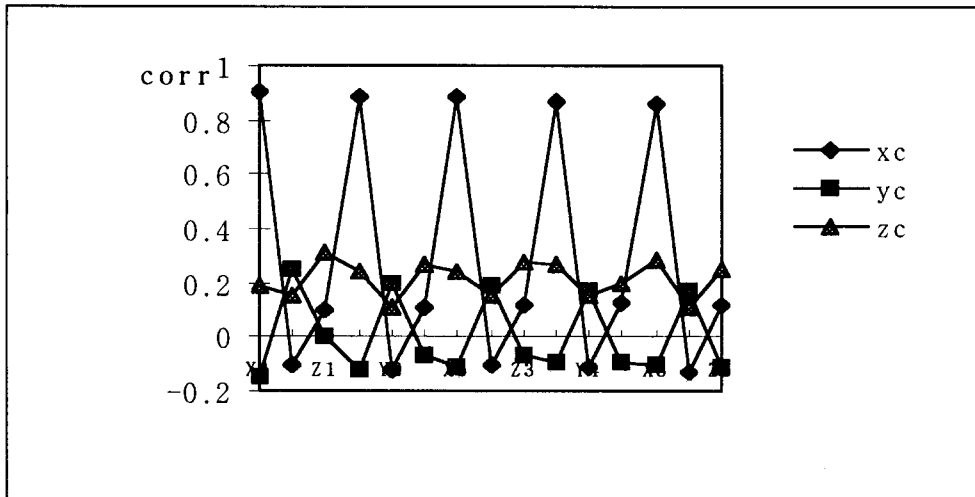


그림4. 손가락좌표와 캠코더좌표와의 상관관계

#### 4. 결론

본 연구는 인체동작반응 측정평가시스템 개발의 일환으로 인체의 동작 중 손/팔 동작의 실시간 측정 및 분석을 위한 시스템 개발에 관한 것을 다루고 있다. 이러한 시스템은 손의 움직임이 중요한 작업이나 제품의 사용성 평가에 이용 가능할 것이다. 우선 본 연구에서는 캠코더의 사용동작에 대한 사례 연구를 통하여 본 시스템의 응용 가능성을 살펴보았다.

이 시스템은 제품의 사용성 평가 외에도 손/팔에 대한 기능적 치수 측정에도 이용될 수 있는데 자동으로 여러 관절을 동시에 단시간에 측정할 수 있는 장점이 있다. 또한, 인체 관절이 서로 완전히 독립적으로 움직이는 것이 아니므로 이런 상호작용을 이해하는데 이용될 수 있다.

## 참고문헌

- [1]Cutkosky, M. R., "On Grasp Choice, Grip Models, and the Design of Hands for Manufacturing Tasks", IEEE Transaction on Robotics and Automation, Vol. 5, No. 3, pp. 269-279, June 1989.
- [2]Gourret, J.-p., Magnenat-Thalmann, N., and D. Thalmann, "Simulation of Object and Human Skin Deformations in a Grasping Task", Computer Graphics, Vol. 23, No. 3, pp.21-30, July 1989.
- [3]Thompson, D. E. and Giurintano, D. J., "A Kinematic Model of The Flexor Tendons of the Hand", J. Biomechanics, Vol. 22, No. 4, pp. 327-334, 1989
- [4]Thomas J. Armstrong, "Development of a Biomechanical Hand Model for Study of Manual Activities", in Easterby et al. Anthropometry and Biomechanics, pp. 183-192. 1982
- [5]Yun, M. H., Freivalds, A., and Lee, M. W., "Analysis of total grip tasks using a glove-based hand posture measurement system", J. of the Ergonomics Society of Korea, vol. 14, No. 1, pp. 69-81, 1995.
- [6] Mackenzie, L.C., The grasping Hand, Elsevier Science B.V., Netherlands, 1994
- [7] Kim, J.Y., Song, H. Y., Yun, M. H., and Lee, M. W., Effect of Tool Weight and Hand Posture on the Postural Tremor of the Upper Extremity, 대한인간공학회지, vol. 15, No.2, pp.177-184, 1996.