

---

## 데이터 글로브를 이용한 3차원 손동작 인식

### 3-D Hand Motion Recognition Using Data Glove

김지환, Ji-Hwan Kim\*, 박진우, Jin-Woo Park\*\*, Nguyen Duc Thang\*\*,  
김태성, Tae-Seong Kim\*\*\*

---

**요약** Proactive computing의 핵심 기술인 손동작 인식 (Hand Motion Recognition, HMR) 기술은 인간과 컴퓨터 사이의 상호작용(Human Computer Interaction, HCI) 분야에서 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 3축 가속도 센서를 부착한 data glove를 제작하고, 3차원 손 모델을 구현한 후, 이를 이용한 손동작 인식 기술을 개발하였다. Data glove는 가상현실에 대한 입력 장치로써 본 논문에서는 3축 가속도 센서를 사용하여 획득된 신호를 wireless communication으로 PC에 전송할 수 있도록 구현하였다. 손 모델링은 ellipsoid를 이용한 kinematic chain 이론 바탕의 3차원 손 모델을 구현하였으며, data glove에서 얻어진 가속도 정보에 rule 기반의 알고리즘을 적용하여 구현된 3차원 손 모델을 통하여 간단한 손동작(가위, 바위, 보)을 인식하였다.

**Abstract** Hand Motion Modeling and Recognition (HMR) are a fundamental technology in the field of proactive computing for designing a human computer interaction system. In this paper, we present a 3D HMR system including data glove based on 3-axis accelerometer sensor and 3D Hand Modeling. Data glove as a device is capable of transmitting the motion signal to PC through wireless communication. We have implemented a 3D hand model using kinematic chain theory. We finally utilized the rule based algorithm to recognize hand gestures namely, scissor, rock and papers using the 3-D hand model.

**핵심어:** *Data glove, Accelerometer, 3D Hand model, Hand-motion recognition*

---

본 연구는 지식 경제부 및 정보 통신 연구진흥원의 대학 IT 연구 센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음.

(IITA-2008-CC1090-0801-0002)

\*김지환 : 경희대학교 동서의료공학과 e-mail: [kjh\\_bme@khu.ac.kr](mailto:kjh_bme@khu.ac.kr)

\*\*박진우 : 경희대학교 동서의료공학과 e-mail: [relation83@naver.com](mailto:relation83@naver.com)

\*\*Nguyen Duc Thang : 경희대학교 컴퓨터공학과 e-mail: [thangth2082@yahoo.com](mailto:thangth2082@yahoo.com)

\*\*\*김태성 : 경희대학교 동서의료공학과 e-mail: [tskim@khu.ac.kr](mailto:tskim@khu.ac.kr)

## 1. 서론

최근 인간과 컴퓨터 간의 상호작용(Human Computer Interaction, HCI)에 관한 관심이 커짐에 따라 사용자의 의도를 파악하여 시스템이 능동적으로 정보를 제공하는 proactive computing 분야의 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, proactive computing 분야 중 넓은 표현 범위를 가진 손 동작 인식 (Hand Motion Recognition, HMR)은 많은 연구가 진행되는 분야로 무한한 잠재력을 가지고 있다[1].

HMR은 크게 비디오 센서 기반의 손동작 인식과 모션 센서 기반의 손동작 인식으로 나눌 수 있다[2][3]. 비디오 센서 기반의 HMR이란 비디오 센서에서 나오는 영상 신호를 기반으로 손동작을 인식하는 시스템을 말하며, 이 인식 방법은 비디오 센서의 적용 범위로 인한 공간적 제약성이 있다. 또한 다양한 빛의 영향, 주위 물체 영향 및 다른 변수로 인한 오차가 발생하게 된다는 단점이 있다[4]. 따라서 실내 활동의 모션을 인식하는 데 있어서는 다른 기반의 인식 기술보다 뛰어나지만, 실외 활동을 인식함에 있어서는 그 한계가 있다. 이에 반해 모션센서 기반의 HMR은 가속도 센서와 자이로 센서 등으로 대표되는 모션 센서에서 나오는 가속도 및 각속도를 이용하여 손동작을 인식하는 시스템이다. 모션 센서를 이용한 HMR은 주위 환경에 영향을 받지 않으며, 비디오 센서에 비해 적용 범위가 넓다는 장점으로 인해 현재 모션 센서 기반의 HMR에 대한 연구가 활발해지고 있는 추세이다.

이에 본 논문에서는 모션 센서 기반의 손동작 인식을 위해 데이터 글로브 제작, 3차원 손 모델 구현 및 구현된 모델과 데이터 글로브를 통한 손동작 인식을 시도 하였다. 전체적인 흐름도는 그림 1과 같다.

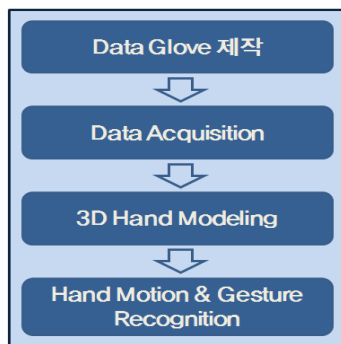


그림 1 전체 시스템에 대한 흐름도

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 3축 가속도 센서, controller(AVR), 블루투스를 이용한 data glove 시스템 구성에 관한 내용 및 데이터 신호의 획득에 대하여 설명하며, 3장에서는 kinematic chain 이론[9][10]을 바탕으로 한 3차원 손동작 모델링에 관한 내용을 기술하였다. 4장에서는 손동작 인식에 대한 설명을 기술하였으며, 마지막으로

기술에 대한 결과 및 결론을 맺는 것으로 본 논문을 구성하였다.

## 2. Data Glove

### 2.1 Data Glove의 제작

Data glove란 가상현실세계의 입력 디바이스 시스템을 의미하며, 본 논문에서는 Free Scale사에서 만든 3축 가속도 센서(MMA7260Q)[6]와 Atmel사에서 만든 micro controller (AVR)[7]을 이용하여 data glove를 구성하였다.

3축 가속도 센서의 출력은 0~3.3V의 범위를 가지는 아날로그 신호로써 가속도 발생 시 발생하는 capacitance의 변화량을 이용하여 가속도를 측정하며, 가속도가 발생하지 않는 경우에는 센서가 중력의 영향을 받음으로 인해 오프셋 값이 발생한다. 이 출력 값을 PC에서 사용하기 위해 센서와 PC간의 중간 단계로 micro controller(AVR)를 이용한 ADC 과정을 수행하였다. 샘플링 주파수는 사람의 손의 움직임을 고려하여 20Hz로 설정하였고, ADC의 양자화 레벨은 10bits이다. 다음 그림 2는 data glove의 신호 처리 과정을 나타낸다.

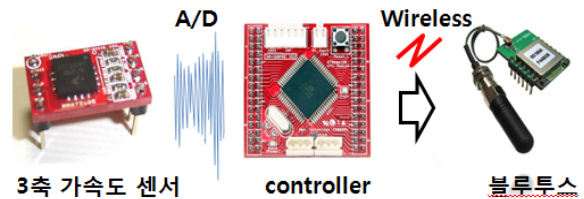


그림 2 Data glove 제작 과정

### 2.2 Wireless communication

ADC 과정을 거친 데이터를 블루투스를 이용하여 PC로 전달하였다. 본 논문에 사용된 블루투스는 Firmtech사에서 만든 9600bps의 baud rate를 제공하는 FB755AX이다[8]. 이 장치는 넓은 범위에서도 안정적인 데이터 송수신을 가능하게 한다.

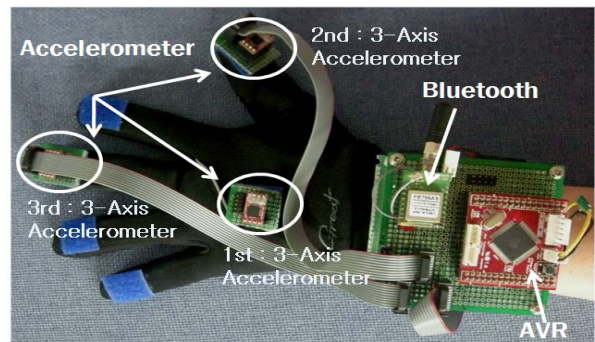


그림 3. 완성된 Data glove의 그림

그림 3은 3개의 3축 가속도 센서를 손등, 엄지손가락과 중지손가락에 부착시킨 완성된 data glove의 모습을 나타낸다.

### 2.3 Data Glove를 통한 데이터 신호 획득

데이터 획득은 다음과 같은 절차로 이루어진다. Data glove로부터 데이터를 전송받고 전송된 데이터의 오류여부를 판단한 후, 이상이 없는 경우에 한 해 데이터를 표현하도록 구성하였다. 그림 4는 전송받은 데이터를 표현한 그래프로 각 행은 X, Y, Z 방향의 가속도 신호, 각 열은 손등, 엄지, 중지의 가속 신호 값을 나타낸다.

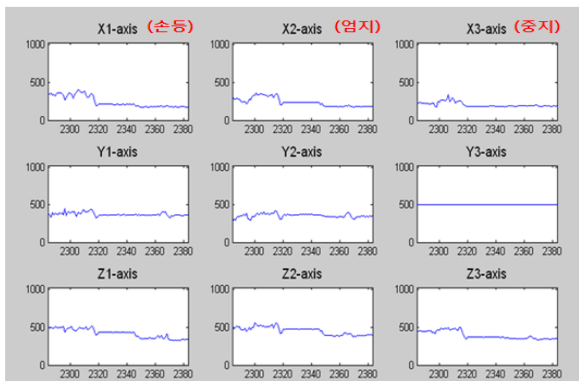


그림 4. Data display

### 3. 3-D Hand Modeling

3차원 손 모델링은 기존의 ellipsoid를 이용한 kinematic chain 이론 바탕의 사람 모델을 기반으로 구현하였다[9][10]. 각각의 segment를 표현하게 되는 ellipsoid는 손의 특성에 맞게 크기를 설정하였고, standard ellipsoid equation을 이용하여 표현하였다.

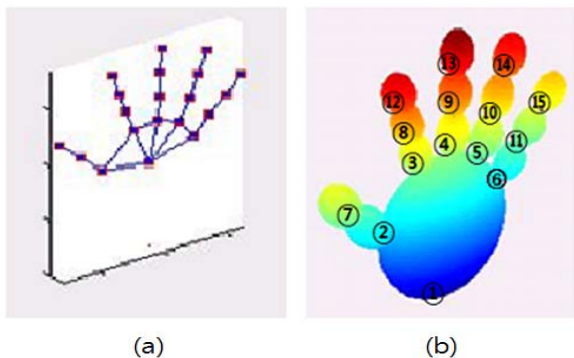


그림 5. 3-D Hand Model (a) Skeleton presenting joints and segments, (b) Ellipsoid hand model

그림 5의 (a)는 skeleton을 이용한 모델이고, (b)는 ellipsoid를 이용한 모델이다. 위 그림에서 확인할 수 있듯이

손 모델은 16개의 segment와 15개의 joint로 구성되어 있다. 각각의 ellipsoid는 joint에 의해 연결되며, 이의 움직임은 father-joint에 의해 제어되도록 연결되어 있다.

Kinematic model에서 사용되는 파라미터는 서로 연결된 segment에 연관된 모든 Euler angle를 사용하게 되며, 이에 의해서 joint를 컨트롤하게 된다. 이 때, 사람의 움직임을 고려하여 각 joint의 자유도 (Degree of Freedom, DOF)를 설정하였으며, segment의 특성에 맞게 제한된 동작 각도를 갖도록 설정하였다. 예를 들어 그림3에 표시된 중지손가락의 joint(4) 경우, 2-DOF를 가지며, 90°의 제한된 동작 각도를 가지게 된다.

### 4. 손동작 및 제스처 인식

#### 4.1 손동작 인식

3축 가속도센서는 그림 6(a)과 같은 형태로 직교 좌표계를 이루도록 glove에 부착시켰다. 본 논문에서는 손가락 펴기, 손가락 구부리기, 주먹 쥐기와 같은 동작을 표현하는데, 이는 Y축을 기준으로 한 회전 움직임이므로  $\alpha$ ,  $\gamma$ 를 고정시킨 상태에서  $\beta$ 값만을 이용하여 움직임을 표현할 수 있다 (그림 6(b)). 변수  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 를 이용한 일반 rotation matrix는 아래 식 (2)과 같고, 본 논문에서  $\alpha$ ,  $\gamma$ 는 고정이므로 0을 대입한다. 여기서 사용된 변수  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ 는 각 축을 기준으로 한 회전각도 계수를 의미한다.

$$R = \begin{bmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\beta & 0 & -\sin\beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\beta & 0 & \cos\beta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\gamma & -\sin\gamma \\ 0 & \sin\gamma & \cos\gamma \end{bmatrix} \quad (2)$$

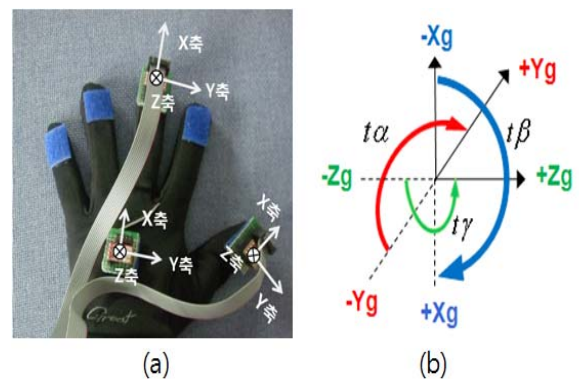


그림 6. Data glove에 부착된 센서의 축

3차원 손 모델에 적용시키기 위해서 센서의 출력 값을 0~1로 정규화 하였으며 그 값은 식 (2)의 입력 값으로 사용된다. 3축 가속도 센서 3개를 사용, 전체적인 손의 움직임을 표현하기 위해서 검지손가락에서 새끼손가락까지의 입력 신호는 동일한 가속도 센서의 출력 값을 이용하였다. 정규화를 시키는 데 있어서는 식 (3)을 이용하였고, 여기서  $a_k$ 는 가속도를 의미하고, k는 X, Y, Z축을, 그리고 n은 데이터의 순

열 값을 의미한다.

$$value = \frac{a_{k[n]} - a_{k_{min}}}{a_{k_{max}} - a_{k_{min}}} \quad (3)$$

HMR을 함에 있어서 손등의 default 각도에 따라 3축 가속도 센서가 받는 중력 값이 다르기 때문에 이에 따른 오차를 최소화하기 위해 동작을 구분해 줄 필요가 있다. 이에 본 논문에서는 손등에 부착한 3축 가속도 센서의 출력 정보를 이용하여 그림 7과 같이 손등의 default 각도 값을 0~45°, 45~135°, 135~180°의 3단계로 분류하였고 이를 바탕으로 HMR을 수행하였다.

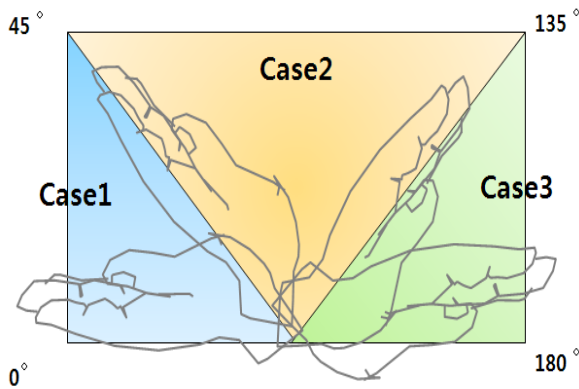


그림 7. 손등의 default값에 따른 동작 분류

- Case 1: default 값이 0~45° 인 경우, 손이 펴진 상태에서 주먹을 쥐게 되면 손가락에 부착한 센서의 Z축이 중력 방향과 동일하게 되므로, 출력 값의 범위는 순차적으로 증가하게 된다. 따라서 Z축 출력 값의 정규화 된 값을  $\beta$  값으로 입력시켜 손 모델이 손의 움직임을 인식할 수 있다. 식 (4)을 이용하여 얻은  $\beta$  값으로 실제 모델의 움직임을 제어한다.

- Case 2: default 값이 45~135° 일 경우는 Z축의 방향이 중력의 방향과 일치하지 않음으로 초기 상태의 default 값만큼 중력을 받는다. 따라서 손이 펴진 상태에서 주먹을 쥐게 되면, default 값이 0~45° 일 경우와는 다르게 Z축의 값은 증가하다가 손가락이 쥐어지는 시점에서 값이 감소하게 되는 문제점이 있다. 이 경우는 중력 방향과 일치하는 X축 출력 값을 손 모델의  $\beta$  값으로 이용하여 손의 움직임을 인식할 수 있다.

- Case 3: 마지막으로 default 값이 135~180° 일 경우는 default 값이 0~45°의 경우와 정확하게 반대가 됨으로 default 값이 0~45°의 경우를 활용하여 해결할 수 있다.

Joint의 컨트롤은 default 각도에 관계없이 식 (4)을 이용하여 수행하였다. 여기서 사용된 변수  $i$ 는 joint의 번호를 의미하며,  $\beta$  값은 입력된 값을 의미한다.

$$joint(i).\beta = value \times (joint(i).\beta_{max} - joint(i).\beta_{min}) + joint(i).\beta_{min} \quad (4)$$

## 4.2 Rule 기반 손 제스처 인식

Data glove에서 얻은 가속 센서 정보를 이용하여 rule 기반의 간단한 손 제스처 (가위, 바위, 보)를 인식하였다 [11].

앞서 본 바와 같이 3축 가속도 센서의 출력 값은 축이 중력방향으로 움직일 때, 그 변화량 크게 달라진다. 이 점에 착안하여, 손등부분에 부착된 3축 가속도 센서의 출력 값을 이용하여 손바닥이 지면과 평행할 때와 수직일 때를 먼저 구분한다. 다음 평행할 때는 중력방향인 Z축의 출력 값을 이용하였으며, 수직일 때는 중력방향이 X축이 되므로 X축의 출력 값을 이용하여 손동작을 인식하도록 시스템을 구현하였다. 잡음에 의한 오차를 줄이기 위해 식 (5)를 이용하여 10 point moving average를 사용하였다. 식에 사용된  $k$  값은 X, Y, Z축을 나타내고,  $i$ 는 데이터의 순열 번호를 의미한다.

$$A_{k_{avg}[i]} = \frac{\sum_{n=0}^9 k[i-9]}{10} \quad (5)$$

## 5. 결과

### 5.1 손동작 인식 결과

4.2절에서 설명한 알고리즘을 이용하여 data glove에서 출력되는 값을 바탕으로 실시간 HMR을 수행하였다. 실험의 동작으로는 손가락 펴기, 손가락 구부리기, 주먹 쥐기, 엄지손가락만 움직이기 및 엄지손가락을 제외한 손가락만 움직이기를 수행하였다. 모델링의 결과는 다음의 그림 8, 9, 10과 같다.

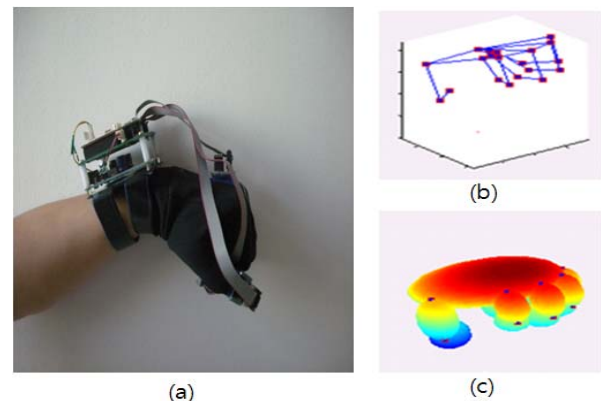


그림 8. default : 135~180° 일 때 주먹을 쥔 상태,  
(a) 실제 손의 움직임, (b) Skeleton Hand Model,  
(c) Ellipsoid Hand Model



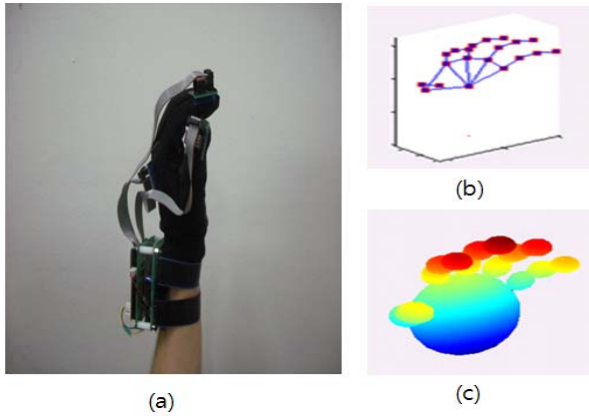


그림 9. default : 45~135° 일 때 손가락을 구부린 상태,  
 (a) 실제 손의 움직임, (b) Skeleton Hand Model,  
 (c) Ellipsoid model Model

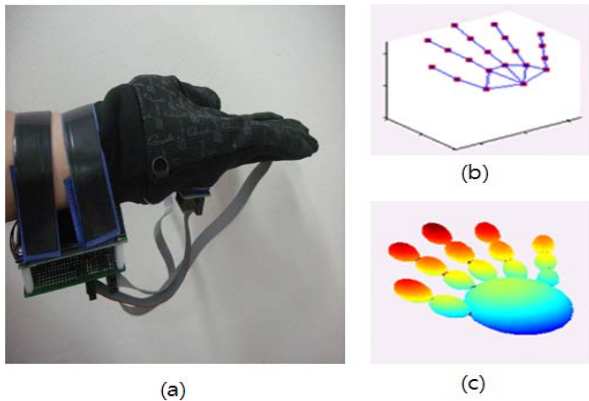


그림 10. default : 0~45° 일 때 손가락을 편 상태  
 (a) 실제 손의 움직임, (b) Skeleton Hand Model,  
 (c) Ellipsoid Hand Model

### 5.2 손 제스처 인식 결과

사용자가 data glove를 착용하고 가위, 바위, 보의 제스처를 취할 때 발생하게 되는 데이터를 rule 기반을 이용하여 인식하였다. 그림 11은 실시간 손 제스처 인식 결과를 보여준다.

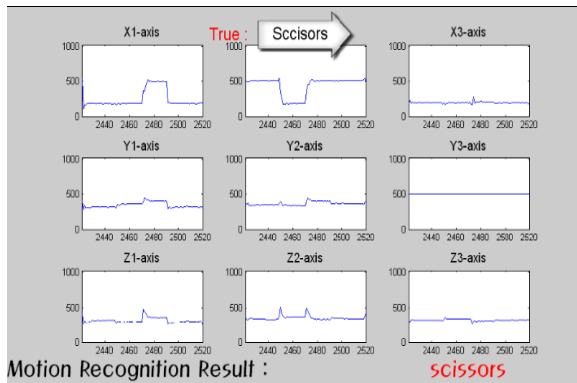


그림 11. Real-time Hand Motion Recognition 결과

이 시스템을 이용한 손동작의 인식률은 표 1과 같다. 실

험은 여러 사용자가 세 가지 손동작을 임의적으로 수행하도록 실험을 수행하도록 하였고, 결과는 표에서 보여주듯이 높은 인식률을 나타냄을 확인할 수 있다.

표 1. 손동작 인식률

Activity	실험횟수	인식률
가위(Scissors)	50	100%
바위(Rock)	50	100%
보(Paper)	50	100%

### 6. 결론

본 논문에서는 data glove를 제작, 3차원 손 모델을 구현하고, data glove를 통해 획득한 신호를 이용하여 손동작을 인식하였다. Data glove를 통한 HMR은 PC에서의 신호 처리 시 발생하는 지연 시간이 있었지만, 인식 면에서는 뛰어난 성능을 발휘한다는 것을 확인할 수 있었다. 손동작 인식 시 본 논문에서 3가지의 기본적인 제스처(가위, 바위, 보)를 구분하여 높은 정확도를 구현하는 것을 확인하였다. 그러나 비슷하고 복잡한 동작을 구분하기에는 rule 기반의 알고리즘만으로는 한계가 있다. 향후 인식부분에서의 알고리즘을 더 발전시킨다면 본 기술은 손의 움직임만을 이용한 새로운 형태의 입력장치로 발전, 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

- [1] S. Mitra, T. Acharya, "Gesture Recognition: A Survey", IEEE Reansactions on Systems, Man and Cybernetics," VOL. 37, NO. 3, MAY 2007, pp. 311-324
- [2] U. X. Tan, K. C. Veluvolu, W. T. Latt, C. Y. Shee, C. N. Riviere, W. T. Ang, "Estimating Displacement of Periodic Motion With Inertial Sensors," IEEE Sensors Journal, VOL. 8, NO. 8, August 8 2008, pp. 1385-1388
- [3] 박재완, 송대현, 이철우, "실시간 손가락 제스처 인식," HCI2008, PP. 847-850
- [4] A. M. Khan, T. S. Kim, "Accelerometer Signal-Based Human Activity Recognition using Augmented Autoregressive Model Coefficients and Artificial Neural Nets," IEEE EMBC 2008, pp. 5172-5175
- [5] 김선태, 마평수, "데이터 글로브를 이용한 사용자 인터페이스 구현," 2002년 멀티미디어학회 추계학술발표논문집, pp. 1-6
- [6] <http://www.freescale.com/files/sensors/doc/datasheet/MMA7260QT.pdf>

- [7] [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2467.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf)
- [8] [http://www.firmtech.co.kr/01pro/main\\_kor.php?index=100&proinfo=16](http://www.firmtech.co.kr/01pro/main_kor.php?index=100&proinfo=16)
- [9] N. D. Thang, P. T. H. Truc, Y. K. Lee, S. Y. Lee, and T. S. Kim, "3-D Human Pose Estimation from 2-D Depth Images," uHealthcare 2008 부산국제학술대회, pp. 184-187
- [10] P. Fua, A. Gruen, R. Planker, N. D. Apuzzo, D. Thalmenn, "Human body modeling and motion analysis from video sequences," International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing 1998, Vol. 32, pp. 866-873
- [11] A. K. Bourke, J. V. O' Brien, G. M. Lyons "Evaluation of a threshold-based tri-axial accelerometer fall detection algorithm," Gait & Posture, Elsevier 2007, Vol. 26, pp. 1974-1999.