

---

# 노약자 보호를 위한 무선 3축 가속도 센서를 이용한 움직임 검출 시스템

최정연\* · 정성부\*\* · 이현관\*\*\* · 엄기환\*

## Motion Activity Detection using Wireless 3-Axis Accelerometer Sensor for Elder and Feeble Person

Jeong-Yeon Choi\* · Sung-Boo Jung\*\* · Hyun-Kwan Lee\*\*\* · Ki-Hwan Eom\*

### 요 약

본 논문에서는 노약자의 관찰을 위하여 움직임 센서를 이용하여 움직인 정보를 이용하는 방식을 제안한다. 사람이 물체를 움직일 때에 물체에 부착된 3축 가속도 센서를 이용해 움직임 데이터를 전달받고 전달받은 움직인 데이터를 SVM을 이용하여 물체의 움직임을 추정한다. 제안한 시스템의 유용성을 확인하기 위하여 실험에 이용한 데이터들을 데이터베이스화 하여 신경회로망의 학습에 사용하였고, 일상적으로 걸어갈 때, 빠르게 뛰어갈 때, 넘어질 때의 3가지 경우의 움직임을 제대로 검출해 내는가에 대한 실험을 하였다. 실험 결과 80% 이상의 검출 성공률을 볼 수 있었다.

### ABSTRACT

This paper proposes an monitoring system of elder and feeble person's motion activity using an object's motion activity data. The proposed system used wireless 3-axis sensor module, product by Freescale(Wireless Sensing Triple Axis Reference Design Board (ZSTAR)). We distribute sensing data into three classes using Neural Network System SVM. We find performance of proposed system that simulate some case about walk, past walk, fallen. Classify result data and graph of sensing data present succes rate 80%.

### 키워드

노약자 보호 및 관찰, 움직임 인식, 3축 가속도 센서, 신경회로망

### Key word

Elder and feeble person's probation, 3-axis accelermeter sensor, Neural network

---

\* 동국대학교 전자공학과  
\*\* 서일대학  
\*\*\* 호남대학교

## I. 서 론

최근 노령인구의 증가에 따라 실버산업의 수요가 늘어나고 있다. 특히 이 노령 환자의 보호 관찰을 위해서는 여러 가지 방법을 사용하게 되는데, 이 때 보다 효율적으로 관리하기 위해서는 CCTV 등의 실시간 감시 기술이 유용하고 현재 상황을 빠르게 파악 할 수 있는 등의 장점이 있으나 사생활 침해 등의 이유를 들어 꺼려지는 면이 있다.

따라서 본 논문에서는 보다 사생활 침해가 적으며, 일상생활에 지장이 가지 않는 범위 내에서 환자의 움직임 관찰을 하기 위하여 무선 3축 가속도 센서를 이용하여 움직임 정보를 통해 노약자의 위험상황 혹은 일반 상황을 관찰 할 수 있는 시스템을 제안한다.

본 시스템은 무선 3축 가속도 센서가 측정한 데이터를 PC로 넘겨받아 특정 움직임들을 검출하여 보호 관찰에 적용시키는 방식을 제안하여 사생활의 침해는 적고 환자 및 노약자를 쉽게 관찰하고 보살필 수 있도록 한다.

본 논문에서 제안한 시스템의 유용성을 확인하기 위하여 FreeScale 사의 무선 3축 가속도 센서 Reference Board를 이용하여 움직임 정보를 측정하였다. 무선 3축 가속도 센서는 측정한 X, Y, Z 각 축의 데이터를 ZSTAR 무선 통신 프로토콜을 이용하여 PC로 넘겨준다. PC는 넘겨받은 데이터를 처리하여 움직임 정보를 분류하고, 각 움직임이 어떠한 행동을 하고 있는가를 분석하여 출력하게 된다. 3축 가속도 센서는 움직임 정보를 보다 정확하게 얻기 위해 발목과 척추의 두 부분에 부착하여 시간에 따른 움직임 데이터를 측정한다. 얻어진 무선 3축 가속도 센서의 데이터들은 초당 100회의 샘플링 타임을 가지고 측정된다.

본 논문에서 시스템의 유용성을 확인하기 위한 실험은 일상적으로 걸어갈 때, 빠르게 뛰어갈 때, 넘어질 때의 3가지 경우에 한정하여 진행하였으며, 무선 가속도 센서를 이용하여 측정한 각 축 데이터들의 분류는 신경 회로망의 일종인 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 분석하고 분류하도록 한다.

## II. 시스템 구성

본 무선 노약자 관찰 시스템은 크게 두 부분으로 나누어지는데, 움직임 정보를 직접 측정하는 센서 부분과 센서가 측정한 데이터를 넘겨받아 움직임을 판단하는 서버 부분으로 나누어지게 된다.

유선 센서를 이용하여 데이터를 측정하게 될 경우에는 무선을 이용할 때와 비교하여 데이터의 손실이 적기 때문에 보다 정확한 데이터를 얻을 수 있으나 피관찰자의 움직임을 심하게 제한할 가능성이 높다. 따라서 제안하는 시스템에서는 관찰 대상인 노약자의 움직임 정보를 얻기 위하여 무선 3축 가속도 센서를 이용하게 된다.

센싱 노드와 베이스 노드 사이에서는 무선 통신을 이용하여 데이터의 전송이 이루어지며, 전송받은 무선 데이터를 베이스 노드는 USB-to-Serial을 이용하여 가상 시리얼 포트에 시리얼 데이터 값을 PC로 넘겨주게 된다. 본 시스템의 구성도는 그림 1과 같다.

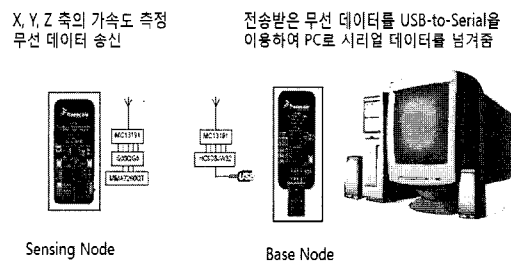
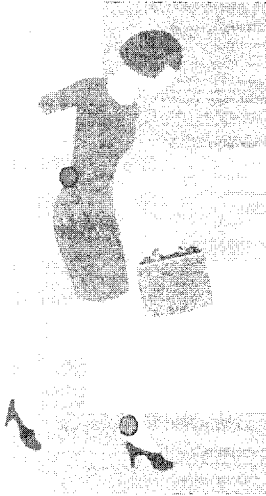


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1. System Configuration.

사람은 주로 다리를 이용하여 이동하게 되며, 움직이거나 넘어지는 등의 큰 변화는 다리의 움직임과 척추의 위치 변화를 통해 추정할 수 있기 때문에 센서는 사람의 다리와 척추에 부착하게 된다. 이때, 양 다리는 보통 대칭적으로 움직이게 되므로 그림 2와 같이 한쪽 발목과, 척추의 2 곳에 센서를 부착하여 움직임 정보를 얻도록 한다.



● : 무선 가속도 센서 부착위치

그림 2. 무선 가속도 센서 부착 위치  
Fig.2 Stick Location of W-Accelerometer Sensor

실험에 사용할 센서 모듈은 그림 3의 Freescale사의 MMA7260Q 3축 센서를 이용하고, 무선 통신에는 Zigbee Stack의 일종인 ZSTAR를 사용하는 Wireless Sensing Triple Axis Reference Design Board를 이용한다.

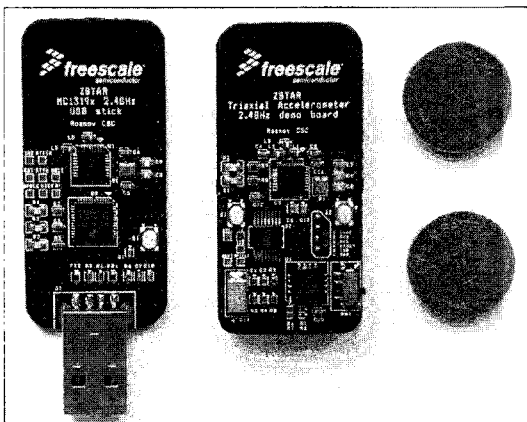


그림 3. 실험에 사용한 무선 센서 모듈  
Fig.3 Wireless Sensor Module for Experiment.

이 무선 3축 가속도 센서 모듈에 사용된 칩으로는 3축 가속도 센서 데이터를 측정하는 MMA7260QT, 센싱된 데이터의 ADC에 이용되는 MC9S08QG8, Zigbee Standard에 따른 통신 모듈에 사용되는 MC13191,

MCU에 해당되는 MCHC908JW32 Features가 있으며, 각 칩들의 특징은 아래 표 1과 같다. 각 MCU들은 Low cost, Low voltage consumption을 만족시키므로 지속적인 데이터 수집을 가능하게 해 준다.

무선 통신부분에는 PCB 패턴안테나가 사용되며, 센싱 노드측의 전력 공급에는 수은전지가 사용된다. 컴퓨터에 연결하여 데이터를 받아 들이는 Base Node의 경우에는 USB 전원을 이용하여 전력을 공급받게 된다.

표 1. 무선 3축 가속도 센서 모듈의 스펙  
Table. 1 Specification of Sensor Module

사용 칩	특징
MMA7260QT	3-axis Accelerometer
MC9S08QG8	Up to 20MHz operating frequencies at >2.1 volts and 16MHz at <2.1 volts 8 K Flash and 512 bytes RAM
MC13191	2.4 GHz ISM Band Low Power Transceiver
MCHC908JW32 Features	Maximum internal bus frequency: 8MHz at 3.5-5V operating voltage 32,768 bytes user program FLASH memory with security feature 1,024 bytes of on-chip RAM

센서 모듈의 무선통신에는 IEEE 802.15.4 Zigbee Standard를 따른 ZSTAR Zpacket을 이용하여 이루어지며, 패킷 구조는 그림 4(a)와 같이 구성되어 있으며, 실제 데이터 부분의 구성은 그림 4(b)와 같다.

센서 모듈에서 무선으로 넘겨받은 데이터는 Serial-to-USB를 이용하여 서버에 해당되는 PC로 시리얼 포트로 전송받는다. 넘겨받은 데이터는 서버가 신경회로망의 일종인 SVM을 이용하여 분류하여 현재의 행동을 검출할 수 있게 된다. 본 시스템에서의 분류 실험은 Cornell University의 Department of Computer Science의 Thorsten Joachims가 만든 다중 클래스 분류가 가능한 SVM multiclass를 이용하여 진행하였다.

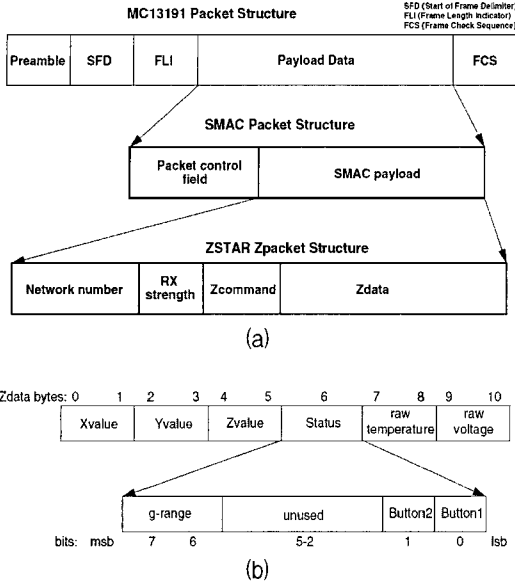


그림 4. ZSTAR Zpacket 구조  
 (a) Packet 구조 (b) Zdata 구조  
 Fig.4 Construction of ZSTAR Zpacket.  
 (a) Packet Construction (b) Zdata Construction

III. 실험 및 결과

제안하는 시스템의 유용성을 확인하기 위하여 실험을 진행하였다. 사람의 모든 행동들을 실험해 볼 수는 없기 때문에 걷기, 뛰기, 넘어지기의 특징적인 3가지 움직임으로 제한하여 실험을 하였다. 실험에 사용한 움직임 데이터는 X, Y, Z 축의 3방향 가속도 데이터를 이용하였으며, 샘플링 타임은 1초에 100회의 데이터를 측정하였다.

걷기 움직임은 1초에 2미터를 이동하는 움직임을 걷기로 규정하였고, 뛰기 움직임은 1초에 6미터를 이동하는 움직임으로 규정하였다. 넘어짐 데이터는 방향성을 고려치 않고 실험하였다.

넘겨받은 걷기 움직임의 3초 간 5미터를 움직일 때 척추에 부착한 3축 방향 데이터의 파형은 그림 5와 같다. 걷기 움직임의 보폭은 약 50cm씩 초당 2 보를 움직이는 것을 기준으로 하였다.

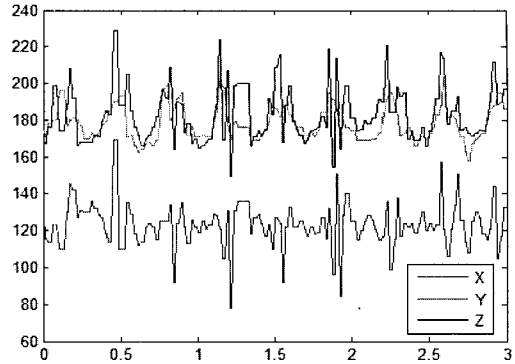


그림 5. 걷기 움직임 3축 파형(척추 부착)  
 Fig.5 3 Axis Waveform of Walking.

그림에서 확인이 가능하듯 일정한 패턴으로 각 축의 데이터가 반복적으로 변화하는 것을 볼 수 있는데, 이를 이용하여 움직임에 해당되는 특징점을 추출한다. 분류 실험은 SVM multiclass들을 이용하여 진행하였다.

움직임 검출 실험에 사용한 데이터는 측정한 움직임들을 1초 단위로 데이터를 잘라 사용하였으며, SVM 분류기를 위한 특징점은 약 0.03초 단위로 33개의 특징점을 사용하였다. 분류를 위한 학습에는 각 움직임마다 X, Y, Z 축 별로 200세트의 움직임 데이터를 이용하였다.

시스템의 유용성을 확인하기 위한 실험에는 각 움직임마다 50세트의 움직임 데이터를 사용하였다.

실험조건을 제한시키기 위하여 움직임 속도는 일정하게 하였으며, 넘어짐 데이터의 경우 초당 2미터의 속도로 천천히 걸어갈 때 넘어지는 데이터를 측정하였다. 움직임을 검출한 실험결과는 표 2와 같다.

표 2. 실험 결과  
 Table. 2 Experimental Result

움직임	실험횟수	성공횟수
걸어갈때	50	41
뛰어갈때	50	37
넘어질때	50	43

#### IV. 결 론

가속화되는 노령화 사회로 인해 노약자의 요양을 위한 보호 및 관찰을 위한 시스템이 필수적이다. 때문에 본 논문에서는 사행활의 침해를 줄이기 위해 사람의 행동을 계속 CCTV등을 이용하여 감시하는 것이 아니고 무선 3축 가속도 센서가 측정한 X, Y, Z축의 움직임 데이터를 토대로 하여 움직임을 검출하여 이를 모니터링 하는 방식을 제안하였다. 사람이 움직일 때에 척추 부분과 발목에 부착된 무선 3축 가속도 센서를 이용해 움직임 데이터를 무선으로 전달받고 전달받은 움직임 데이터는 서버에서 학습을 진행한 SVM multiclass 툴을 이용하여 사람의 움직임을 검출하였다.

제안한 시스템의 유용성을 확인하기 위하여 실험에 이용한 데이터들을 데이터베이스화 하여 신SVM multiclass의 학습에 사용하였고, 일상적으로 걸어갈 때, 빠르게 뛰어갈 때, 넘어질 때의 3가지 경우의 움직임을 제대로 검출해 내는가에 대한 실험을 하였다.

실험 결과 다음과 같은 검출 성공률을 볼 수 있었다.

- 걸어갈 때 : 82%
- 뛰어갈 때 : 74%
- 넘어질 때 : 86%

추후 발전 과제로서 비슷한 움직임들을 보다 정확하게 분류해 낼 수 있도록 실험에 사용한 방법 이외의 신경 회로망을 이용하거나, Fuzzy 등의 방법을 추가하여 움직임 검출이 보다 정확하게 이루어질 수 있도록 하고, 조건을 한정시키지 않았을 경우의 실험에 대응할 수 있도록 성능을 향상시킬 예정에 있다.

#### 참고문헌

[1] X. Hong, C.D. Nugent, M. Mulvenna, S. McClean, B. Scotney, S. Devlin, "Evidential fusion of sensor data for activity recognition in smart homes," *Pervasive and Mobile Computing*, May 2008, in press, 2008

[2] Tong Zhang, Jue Wang, Ping Liu and Jing Hou, "Fall Detection by Embedding an Accelerometer in Cellphone and Using KFD Algorithm", *IJCSNS*

*International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL.6 No.10, October 2006

[3] Juan M. Corchado, Javier Bajo, Yanira de Paz, Dante I. Tapia, "Intelligent environment for monitoring Alzheimer patients agent technology for health care", *Departamento Informática y Automática Universidad de Salamanca, Plaza de la Mercaed s/n, 37008, Salamanca, Spain*

[4] Yasushi Nakachi, Katsunori Noguchi, Pongsak Somwong, Takashi Matsubara, "Human Intention Detection and Activity Support System for Ubiquitous Sensor Room", *J Rob Mechatron (L0735A)*, VOL. 16 NO. 5 P 545-551 (2004)

[5] I.A. Essa, "Ubiquitous sensing for smart and aware environments: technologies towards the building on an aware home," *Position Paper for the DARPA/NFS/NIST workshop on Smart Environment*, 1999.

#### 저자소개

엄기환(Ki Hwan Eom)



1972년 동국대학교 전자공학과 (공학사)  
1985년 동국대학교 전자공학과 (공학박사)

1989년~1990년 Toho Univ. Post Doc.  
2000년~2001년 Univ.of Canterbury Visiting Professor  
1994년 3월~현재 동국대학교 전자공학과 교수  
※관심분야: 시스템 응용, 통신전자제어설비

최정연(Jeong Yeon Choi)



2008년 동국대학교 전자공학과 (공학사)  
2008.3 ~ 현재 동국대학교 전자공학과(재학)

※관심분야: 센서 네트워크, 무선 통신, 임베디드 시스템



정성부(Sung Boo Jung)

1979년 동국대학교  
전자공학과(공학사)  
1981년 동국대학교전자공학과  
(공학석사)

2002년 동국대학교 전자공학과 (공학박사)  
1987.9월~현재 서일대학 전자과 교수  
※관심분야: 퍼지, 신경회로망, 적응제어, System  
identification



이현관(Hyun Kwan Lee)

미국 인디애나주립대학  
전자공학과(공학사)  
미국 인디애나주립대학  
전자학과(공학석사)

2002년 동국대학교 전자공학과 (공학박사)  
삼성전사 자동화 연구소 근무  
현재: 호남대학교 인터넷학부 교수  
※관심분야: 인공지능, 자동제어