

관성 센서를 이용한 동작 인식 시스템의 개발

Development of Gesture Recognition System using Inertial Sensors

임성빈¹, 최우경¹, 서재용², 김용민³, 전흥태¹

¹ 중앙대학교 전자전기공학부

E-mail: lsbiny@wm.cau.ac.kr

² 한국기술교육대학교 정보기술공학부

E-mail: sjyong@kut.ac.kr

³ 충청대학교 컴퓨터학부

E-mail: kymin@ok.ac.kr

요 약

스마트 홈서비스가 이루어질 앞으로의 가정에서는 거주자의 편리를 추구하는 다수의 가전기와 다양한 장치를 통해 여러 형태의 서비스가 제공된다. 그 환경의 중심에서 사용자는 무엇보다 손쉽게 편리하게 이들을 시용할 수 있어야 한다. 기존에는 사용자가 쉽게 휴대할 수 있는 소형 컴퓨터, PDA, 휴대폰을 이용해 스마트 홈서비스를 제어하는 연구가 이루어지고 있다. 하지만 이들을 사용하는 것은 복잡하면서 전문적인 지식이 필요할 수 있으며 항상 곁에 두어야 한다는 불편함이 있을 수 있다. 이에 본 논문에서는 관성센서를 이용한 동작인식 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 자이로 센서와 가속도 센서를 사용하며 3축의 자이로(각속도) 및 가속도를 측정할 수 있는 센서 모듈과 측정된 데이터를 이용해서 동작 패턴을 분류해 주는 알고리즘으로 구성된다. 차후에 홈 네트워크 시스템과의 결합을 통해 미리 지정된 간단한 손동작만으로 여러 가전기를 제어할 수 있을 것이며 특히 노약자나 장애인들이 기존의 리모트 컨트롤 등의 복잡한 제어 장치를 대신해서 간편하고 손쉽게 사용할 수 있을 것이다.

Key Words : Artificial neural network, Gesture recognition, Gyro sensor, Accelerometer

1. 서 론

디지털 기술과 인터넷 보급이 급속히 진행되면서 이를 활용하여 일반 사용자의 일상생활에 도움이 될 수 있도록 서비스를 제공하는 홈 네트워크 시스템구축이 초미의 관심사가 되고 있다. 이로 인해 앞으로 가정에서는 거주자의 편리를 추구하는 다수의 가전기와 다양한 장치를 통해 여러 형태의 서비스가 제공된다. 그 환경의 중심에 위치하는 사용자는 어떠한 서비스가 제공되는지 쉽게 알 수 있고 편리하게 사용할 수 있어야 한다. 또한 지능적으로 서비스

를 제공하는 홈 네트워크 환경에서도, 사용자가 직접 서비스를 제어하고 조작할 수 있어야 한다. 이런 사용자의 요구가 만족될 때, 마크 와이저가 예견한 "인간 환경에 적합한 컴퓨터"가 보조하는, 인간 중심의 컴퓨팅 환경을 이룰 수 있다.

홈 네트워킹 시스템이 구축된 미래 가정을 나타내는 용어로는 커넥티드 홈(Connected home), 디지털 홈(Digital home), 그리고 스마트 홈(Smart home) 등이 있다. 이들 각각의 용어는 많은 부분을 공통적인 개념으로 사용하고 있지만 커넥티드 홈은 가정 내 디지털 기기

들의 연결을 강조하고, 디지털 홈은 음악, 사진, 비디오 등 디지털 미디어를 공유하고, 인터넷 망과 연계하여 디지털 콘텐츠 서비스를 가정에 제공하는데 주력한다. 이에 비하여 스마트 홈은 가정 내의 디지털 기기들을 로컬 내지 원격에서 제어, 관리할 수 있는 홈오토메이션 서비스에 비중을 많이 두고 있다[1].

기존에는 사용자가 쉽게 휴대할 수 있는 소형 컴퓨터, PDA, 휴대폰을 이용해 스마트 홈 서비스를 제어하는 연구가 이루어지고 있다. 하지만 이들을 사용하는 것은 복잡하면서 전문적인 지식이 필요할 수 있고 항상 곁에 두어야 한다는 불편함이 있을 수 있다. 이에 본 논문에서는 관성센서를 이용한 동작인식 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 자이로 센서와 가속도 센서를 사용하며 3축의 자이로(각속도) 및 가속도를 측정할 수 있는 센서 모듈과 측정된 데이터를 이용해서 동작 패턴을 분류해 주는 알고리즘으로 구성된다. 차후에 홈 네트워크 시스템과의 결합을 통해 미리 지정된 간단한 손동작만으로 여러 가전기기를 제어할 수 있을 것이며 특히 노약자나 장애인들이 기존의 리모트 컨트롤 등의 복잡한 제어 장치를 대신해서 간편하고 손쉽게 사용할 수 있을 것이다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 동작 패턴 분류에 사용된 신경망의 역전파 학습알고리즘(backpropagation learning algorithm)에 대해 간단히 기술하고, 3장에서는 동작인식 시스템의 전체적인 구성에 대해 설명하며, 4장에서는 시스템의 성능에 대한 실험과 분석을 하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺고 추후연구에 대해 기술한다.

2. 신경망과 역전파 학습알고리즘

우리가 일반적으로 말하는 신경망이란 컴퓨터가 사람의 학습 기능을 갖게 하기 위해 고안된 것이다. 학습의 기능을 갖는 사람의 두뇌는 다수의 뉴런이 서로 연결된 신경망으로 구성되어 있다. 신경망은 이러한 생물학적 신경망에서 아이디어를 얻어 그래프 형태와 수학적 알고리즘으로 모델링한 것이다. 신경망은 생물학적 뉴런을 모델링한 유닛(unit)들과 그 유닛 사

이의 연결강도(weight)들로 이루어지며 반복과 훈련을 통해 각 유닛 사이의 안정적인 연결강도를 찾아간다. 또한 모델과 학습 방법에 따라 입력변수와 목적변수의 속성이 연속형이나 이산형인 경우를 모두 다룰 수 있으며 주어진 데이터로부터의 반복적인 학습 과정을 거쳐 패턴을 분류하는데 강력한 성능을 보인다.

이에 본 논문에서는 센서로부터 입력되는 다수의 연속적인 데이터를 가지고 동작 패턴을 분류하기 위해서 신경망과 역전파 학습알고리즘을 사용하였다. 이는 최소자승(least mean square)알고리즘의 비선형적인 확장으로 미분의 반복규칙(chain-rule)을 여러 번 반복적으로 적용하여 확률 근사치 프레임워크(stochastic approximation framework) 와 관련지음으로써 유도해낼 수 있다. 역전파 학습알고리즘의 기본 원리는 다음과 같다. 입력층(input-layer)의 각 유닛에 입력패턴을 주면, 이 신호는 각 유닛에서 변환되어 히든층(hidden layer)에 전달되고 최후에 출력층(output layer)에서 신호를 출력하게 된다. 이 출력 값과 기대 값을 비교하여 차이를 줄여나가는 방향으로 연결강도를 조절하고, 상위층에서 역전파하여 하위 층에서는 이를 근거로 다시 자기 층의 연결강도를 조정해나간다[2][4][5].

[Back-propagation Learning Algorithm]

1. Apply the input vector, $X_p = (x_{p1}, x_{p2}, \dots, x_{pN})^T$ to the input units.
2. Calculate the net-input values to the hidden layer

$$net_{pj}^h = \sum_i w_{ji}^h x_{pi} + \theta_j^h$$

3. Calculate the outputs from the hidden layer:

$$i_{pj} = f_j^h(net_{pj}^h)$$

4. Move to the output layer.
Calculate the net-input values to each unit:

$$net_{pk}^o = \sum_j w_{kj}^o i_{pj} + \theta_k^o$$

5. Calculate the outputs:

$$o_{pk} = f_k^o(net_{pk}^o)$$

6. Calculate the error terms for the output units:

$$\delta_{pk}^o = (y_{pk} - o_{pk}) f_k^{o'}(net_{pk}^o)$$

7. Calculate the error term for the hidden unit:

$$\delta_{pj}^h = f_j^{h'}(net_{pj}^h) \sum_k \delta_{pk}^o w_{kj}^o$$

8. Update weights on the output layer:

$$w_{kj}^o(t+1) = w_{kj}^o(t) + \eta \cdot \delta_{pk}^o i_{pj}$$

9. Update weights on the hidden layer:

$$w_{ji}^h(t+1) = w_{ji}^h(t) + \eta \cdot \delta_{pj}^h x_{pi}$$

10. Be sure to calculate the error term:

$$E_p = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M \delta_{pk}^2$$

3. 시스템 구성

본 논문에서는 간단한 손동작의 인식을 위해 <그림 1>과 같이 3개의 자이로 센서와 2개의 2축 가속도 센서 그리고 ATMEGA16을 컨트롤러로 사용하는 3축 자이로(각속도) 및 가속도 센서 모듈을 제작하였다.

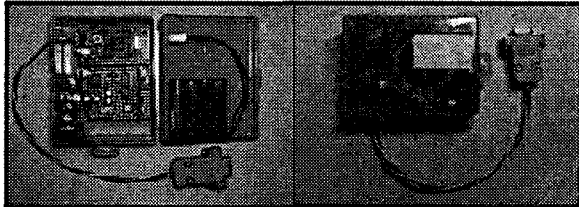


그림 1. 센서 모듈

<그림 2>의 시스템 구성도와 같이 이 모듈을 손목에 착용하고 간단한 손동작을 취하면 측정된 각속도 및 가속도 데이터가 메인 서버로 전송이 되고 신경망을 통해 정해진 패턴중 하나로 분류된다.

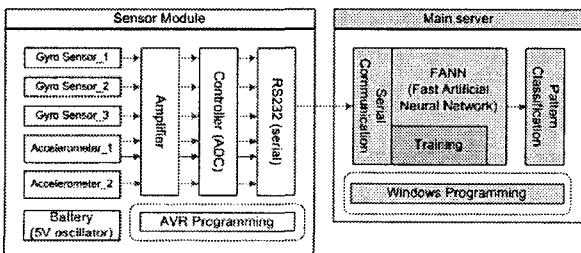


그림 2. 시스템 구성도

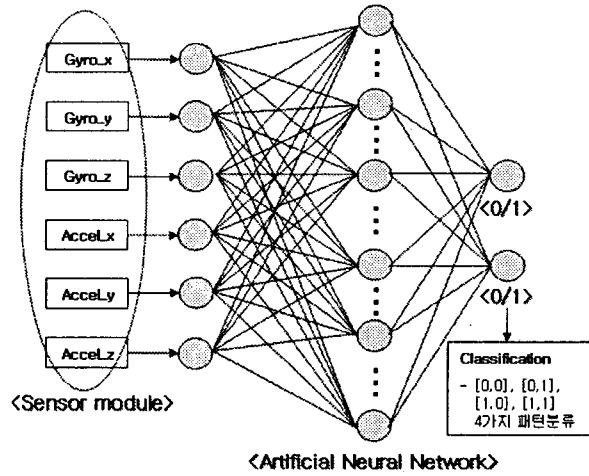


그림 3. 동작 패턴 분류

<그림 3>은 신경망에 의해 동작 패턴이 분류되는 과정을 그린 것이다. 센서를 통해 각 속도 및 가속도 데이터가 측정되면 증폭 및 샘플링 과정을 거쳐 사전에 학습 데이터(training set)에 의해 학습이 이루어진 신경망의 입력으로 들어간다. 그러면 신경망의 출력 단에서는 [0,0], [0,1], [1,0], [1,1] 중의 하나로 동작 패턴이 분류된다[3][6].

4. 시뮬레이션 및 분석

본 논문에서는 4가지의 간단한 손동작을 가지고 실험을 하였다.

1. 손으로 원을 그린다(Ex1).
2. 팔을 상하로 흔든다(Ex2).
3. 팔을 좌우로 흔든다(Ex3).
4. 손목을 좌우로 비튼다(Ex4).

위의 동작을 각각 100번씩 시행해서 학습 데이터를 만든 후에 허용오차를 0.001로 제한하고 학습을 시켰다.

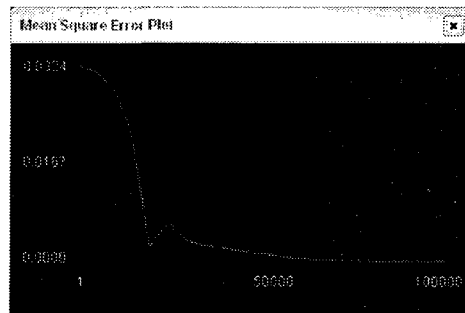


그림 4. 학습 결과 그래프

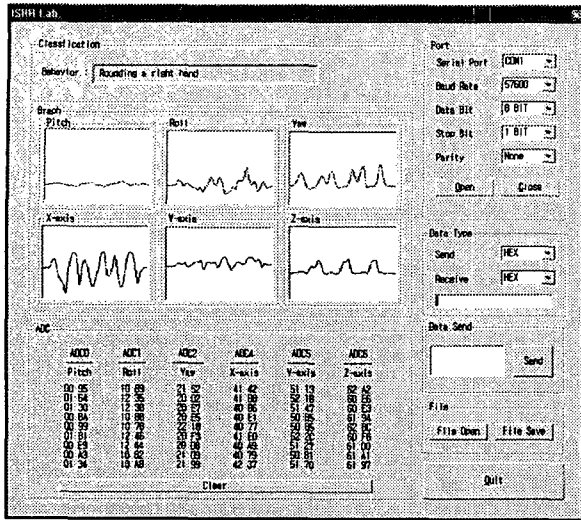


그림 5. 모니터링 프로그램

측정되고 있는 데이터 및 결과를 보기 위해 위의 <그림 5>와 같은 프로그램을 작성했다. 패턴 분류 결과와 수신된 데이터 값을 수치는 물론이고 그래프로 나타내 이해하기 쉽도록 했으며 텍스트 파일로 저장할 수도 있다. 4가지 동작을 각각 30번씩 실행한 결과 평균 93.3%의 인식 성공률을 보였다. 동작의 움직임이 많고 복잡해질수록 인식률이 떨어진다는 것을 볼 수 있었다.

표 1. 동작인식 실험결과

동작	실행횟수	성공횟수	인식률
Ex1.	30	25	83.3
Ex2.	30	27	93.3
Ex3.	30	29	96.6
Ex4.	30	30	100

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서 우리는 관성센서를 이용한 동작 인식 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 자이로 센서와 가속도 센서로 이루어진 센서 모듈과 측정된 데이터를 이용해서 동작 패턴을 분류해 주는 알고리즘으로 구성된다. 실험 결과 높은 성공률이 나왔지만, 이는 가장 단순한 동작들에 대한 결과이고 동작이 복잡할수록 인식률이 떨어지는 것을 볼 수 있었는데 이는 현재 망구조 개선을 통해 계속 성능을 향상시

켜 나가는 단계이다. 이 밖에도 블루투스를 이용한 무선 통신으로의 변환, 그리고 모듈의 단순화 및 소형화가 추후과제로 남아있다. 본 동작인식시스템은 차후에 홈 네트워크 시스템과의 결합을 통해 미리 지정된 간단한 손동작만으로 여러 가전기기를 제어할 수 있을 것이며 특히 노약자나 장애인들이 기존의 리모트 컨트롤 등의 복잡한 제어 장치를 대신해서 간편하고 손쉽게 사용할 수 있을 것이다.

감사의 글 : 본 논문은 산업자원부의 뇌신경 정보학 연구 사업에 의해 지원 받았습니다.

참 고 문 헌

- [1] 이진우, 배창석, 디지털 홈 기술동향
- [2] 김대수, 신경망 이론과 응용(1), 하이테크 정보, 1992.
- [3] <http://leenissen.dk/fann/> ; (FANN library)
- [4] James A. Freeman, David M. Skapura, Neural Networks ; Algorithm, Applications, and Programing techniques, Addison-Wesley Publishing Company, 1991.
- [5] Jyh-Shing Roger Jang, Chuen-Tsai Sun, Eiji Mizutani, Neuro-Fuzzy and Soft Computing A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence, Prentice-Hall, Inc. 1997.
- [6] Simon Haykin, NEURAL NETWORKS ; a comprehensive foundation, second edition, Prentice-Hall, Inc. 1999.