

퍼셉트론 알고리즘을 이용한 활동상태 분류기법 개발

소지은* · 노윤홍* · 황기현** · 정도운**

*동서대학교 디자인 & IT 전문대학원,

**동서대학교 컴퓨터정보공학부

Development of Activity States Classifier Using Perceptron Algorithm

Ji-Eun So* · Yun-Hong Noh* · Gi-Hyun Hwang** · Do-Un Jeong**

*Graduate School of Design & IT, Dongseo University,

**Division of Computer & Information Engineering, Dongseo University

E-mail : soji0628@naver.com, dujeong@dongseo.ac.kr

요 약

현대사회는 인구의 고령화에 따른 노인인구의 증가 및 만성질환자의 증가에 따른 의료수요 급증이 예상되고 있다. 하지만 현재의 의료서비스 인프라는 증가하는 의료수요를 충족하기에는 역부족이 따르며, 이러한 문제점을 해결하기 위해 정보통신기술과 헬스케어기술이 결합된 유비쿼터스 헬스케어 기술이 부각되고 있다.

본 연구에서는 일상생활 중 움직임에 따른 활동 상태를 판별하여 운동량의 모니터링을 통한 건강 관리뿐만 아니라 낙상 등과 같은 응급상황의 모니터링이 가능한 시스템을 구현하고자 하였다. 이를 위하여 3축 가속도센서를 이용하여 인체의 움직임에 따른 활동 가속도 신호를 계측할 수 있는 센서 및 시스템을 구현하였다. 또한 계측된 센서신호를 PC 또는 휴대용 단말기로 무선전송하기 위하여 무선센서네트워크 기술을 적용한 데이터 전송시스템을 구현하였다. 계측된 가속도 신호로부터 활동 상태를 판별하기 위해 다층 퍼셉트론 알고리즘을 적용한 분류알고리즘을 제안하였으며, 분류알고리즘의 성능평가를 통해 실제 활동상태 모니터링에 적용 가능함을 확인하였다.

키워드

Accelerometer, perceptron algorithm, u-Healthcare, Sensor Network

1. 서 론

인구의 고령화에 따른 의료수요 증가와 정보통신 기술에 발전이 결합되어 보다 편리한 의료 서비스를 제공하기 위한 유비쿼터스 헬스케어 기술이 부각되고 있다.

2007년 기준 65세 이상 고령인구의 비율은 전체 인구대비 약 10%에 달하고, 2020년에는 전체 인구의 20% 이상을 초과할 것으로 예상되고 있다. 또한 OECD 국가의 대부분은 이미 2000년에 고령인구 비중이 14%를 넘어 고령사회로 진입하였고, 2050년에는 OECD 대부분의 국가의 3명중 1명이 65세 이상일 것으로 예측되고 있다.

특히 고령인구의 증가와 더불어 건강관리에

대한 관심이 높아짐에 따라 첨단 IT기술과 의료 기술이 접목된 다양한 연구개발들이 시도되고 있다. 최근에는 유비쿼터스 헬스 케어 기술의 부각에 따라 각종 건강지표 측정용 센서로부터 다양한 생체정보를 계측 및 분석하여 건강관리를 수행하는 기술들이 소개되고 있다[1].

유비쿼터스 헬스케어 기술의 부각에 따라 일상생활 중 지속적인 건강상태를 모니터링 하여 항상 건강한 상태를 유지하기 위한 다양한 시도들이 이루어지고 있다. 일상생활 건강모니터링 중 활동 상태를 모니터링 하여 활동량의 판단 및 낙상등과 같은 응급상황을 인지하는 것은 고령자 건강모니터링에서 아주 중요한 기술로 인식되고 있다. 활동상태 및 응급상황인지를 위해서는 활동량의 정량화와 자세 추정기술의 구현

이 필수적이며, 이를 위해 가속도 센서를 인체에 부착하고 가속도 변화를 추정하여 상황인지를 수행하는 다양한 연구들이 추진되고 있다[2-3].

본 연구에서는 일상생활 중 활동상태 및 응급상황의 모니터링을 위한 사전 연구로서 3축 가속도를 이용한 자세추정 기법을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 단일칩으로 구성된 3축가속도 센서와 무선센서네트워크 기술을 접목하여 착용형 활동상태 모니터링 시스템을 구현하였으며, 계측된 가속도 신호로부터 자세변화를 추출하기 위해 다층 퍼셉트론 알고리즘을 적용한 자세판별 알고리즘을 구현하였다.

II. 본 론

1. 전체 시스템 구성

본 연구에서는 신체의 활동 상태에 따른 가속도 정보를 측정하여 활동상태의 판별을 위한 알고리즘을 개발하고자 하였다. 이를 위해 저전압, 저 전력 동작 및 슬립모드를 지원하는 MMA7260Q(Freescale Co. Ltd., USA) 3축 가속도센서를 이용하여 활동변화에 따른 가속도 변화를 계측하도록 시스템을 구성하였다.

가속도 센서부의 구동 및 무선센서노드의 동작을 위해 초소형 고용량의 리튬폴리머 충전지를 사용하여 전원부를 구성하였다. 가속도 센서의 동작에 따른 클럭노이즈를 제거하기 위해 센서의 출력단에 저역통과필터를 구성하였으며, 출력신호의 인터페이스 시 발생할 수 있는 임피던스 부정합을 방지하기 위하여 단전원으로 동작 가능한 연산증폭기(OPA4379, Burr-Brown, USA)를 이용한 버퍼회로를 설계하였다.

가속도 센서로부터 계측된 3축의 아날로그 신호를 디지털로 변환하고 무선으로 전송하기 위하여 Zigbee 호환 무선 센서노드인 TIP710CM(Maxfor Co., Korea)을 이용하였다. 또한 무선 전송된 데이터를 PC상에서 모니터링하기 위한 전용 모니터링 프로그램을 설계 및 구현하였으며, 본 연구에 의해 구현된 활동상태 모니터링 시스템의 전체적인 구성을 그림 1에 나타내었다.

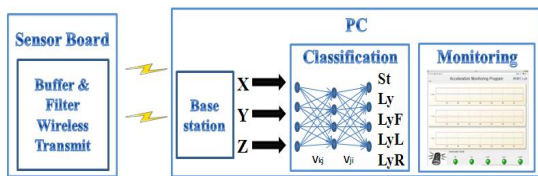


그림 1. 전체 시스템의 구성.

2. 활동상태 분류 알고리즘

본 연구에서는 일상생활 중 움직임에 따라 계측된 가속도 정보로부터 활동 상태를 자동으로 판별하기 위한 연구를 수행하고자 하며, 활동상태의 판별에 앞서 3축 가속도 신호의 분석을 통한

정직한 자세변화를 판별하는데 중점을 두어 연구를 수행하였다. 계측된 3축 가속도 정보로부터 자세판별을 수행하기 위하여 다층 퍼셉트론 알고리즘을 이용한 분류기를 구현하였다.

신경망이론은 과거에 수집된 데이터로부터 반복적인 학습과정을 거쳐 데이터에 내재되어 있는 패턴을 찾아내는 모델링 기법이며, 학습이 가능하여 훈련 집합에 따른 연결 강도를 자동으로 추정하여 신경망을 구성한다. 또한 일반화 능력이 뛰어나고, 학습이 끝난 후 새로운 패턴이 주어지면 학습에 사용한 패턴에 비해 큰 차이 없는 인식 성능을 보인다. 그리고 병렬 처리가 가능하며, 신경망이 수행하는 연산의 대부분은 노드의 출력을 노드의 연결 강도와 곱하는 것으로서 이들은 독립적으로 계산이 가능하므로 병렬 처리가 가능하다. 현재 실용화되어 있는 자동차 번호판 인식, 지문 인식, 자동 검사, 우편 주소 인식, 음성 인식, 온라인 필기 인식 등의 많은 시스템에 신경망 분류기를 장착하여 다양한 문제의 해결 도구로도 사용되며, 분류, 예측, 합성, 평가, 제어, 신호 처리 등의 다양한 분야의 문제 해결에도 성공적으로 응용되고 있다.

본 연구에서 적용한 다층 퍼셉트론은 입력 층과 출력 층 사이에 하나 이상의 중간층이 존재하는 신경망으로 은닉 층을 갖는 계층적 구조이며, 입력 층은 입력데이터와 Bias의 노드까지를 포함한다. 본 연구의 다층 퍼셉트론은 입력 층, 은닉 층, 출력 층 방향으로 연결되어 있으며 입력 층에는 X축, Y축, Z축의 실제 데이터를 입력 받아 가중치의 계산이 이루어지며, 서있는 자세(standing, St), 누워있는 자세(lying, Ly), 뒤로 누워있는 자세(lying-front, LyF), 왼쪽으로 누워있는 자세(lying-left, LyL), 오른쪽으로 누워있는 자세(lying-right, LyR)의 다섯 가지 자세 판단을 하도록 구현하였으며, 구성도는 그림 2와 같다.

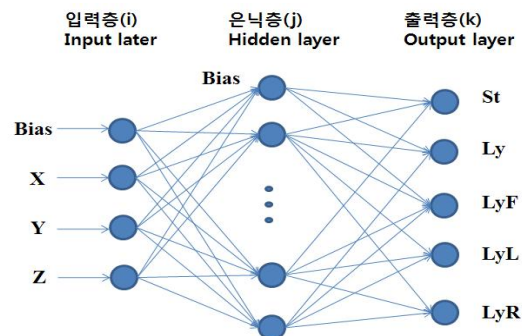


그림 2. 다층 퍼셉트론 구조.

다층 퍼셉트론 알고리즘의 학습을 위해 우선 가중치와 임계치를 초기화시킨 후 입력과 목표 출력을 제시하고, 제시된 입력벡터를 이용하여 은닉 층 j번째 뉴런으로 입력 값 계산을 수행하며, 이를 위한 계산 수식은 다음과 같다.

$$z_j = \sum_{i=1}^N u_{ij} x_i + u_{0j} \quad (1)$$

다음으로 시그모이드 함수를 사용하여 은닉 층의 출력(z_j)을 계산하며, 은닉 층의 출력을 이용하여 출력 층 뉴런 k 로의 입력 값을 계산하는 수식은 다음과 같다.

$$o_k = \sum_{j=1}^M v_{jk} z_j + v_{0k} \quad (2)$$

시그모이드 함수를 사용하여 출력 층의 출력(o_k)을 계산 후 입력패턴의 목표출력(t_k)과 실제 출력(o_k)과의 오차(E)와 출력을 오차 값(δ_k)을 다음 수식으로 계산한다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^L (t_k - o_k)^2 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \delta_k &= (t_k - o_k) f'_k(o_sum_k) \\ &= (t_k - o_k) o_k (1 - o_k) \end{aligned} \quad (4)$$

은닉 층 뉴런 j 의 출력 값(z_j)과 출력 층의 오차 값(δ_k)을 사용하여 출력 층의 가중치(v_{jk})를 갱신하며, 이를 위한 수식은 다음과 같다.

$$v(h+1) = v(h) + \Delta v_{jk} \quad (5)$$

$$\Delta v_{jk} = -\rho \frac{\partial E}{\partial v_{jk}} = \rho \delta_k z_j \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \delta_k &= (t_k - o_k) f'_k(o_sum_k) \\ &= (t_k - o_k) o_k (1 - o_k) \end{aligned} \quad (7)$$

출력 층 오차 값(δ_k)과 은닉 층과 출력 층의 가중치 값(v_{jk})을 이용하여 은닉 층의 오차(η_j)를 계산한다.

$$\begin{aligned} \eta_j &= f'(z_sum_j) \sum_{k=1}^M \delta_k v_{jk} \\ &= \sum_{k=1}^M \delta_k v_{jk} z_j (1 - z_j) \end{aligned} \quad (8)$$

입력 층과 은닉 층의 가중치 값을 갱신한다.

$$u_{ij}(h+1) = u_{ij}(h) + \Delta u_{ij} \quad (9)$$

$$\Delta u_{ij} = -\rho \frac{\partial E}{\partial u_{ij}} = \rho \eta_j x_j \quad (10)$$

모든 학습패턴에 대하여 전부 학습 할 때까지

반복 수행하고, 출력 층의 오차 합 E 가 허용 값 이하이거나 최대 반복회수거나 크면 종료, 그렇지 않으면 입력과 목표 출력 제시부분에서부터 반복한다.

III. 실험 및 결과

1. 시스템 구현결과

본 연구에서는 신체의 활동 상태에 따른 가속도 정보를 측정하기 위하여 3축가속도 센서와 무선센서네트워크 기술을 적용한 활동상태 모니터링 시스템을 구현하였다. 실제 본 연구를 통해 구현된 가속도 측정용 보드와 무선센서노드, 시스템의 외형을 그림 3에 나타내었다.

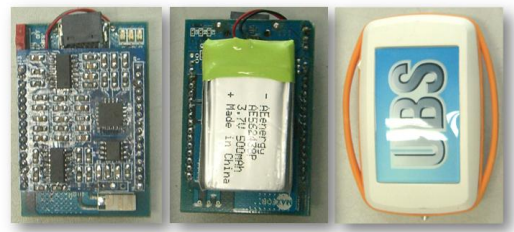
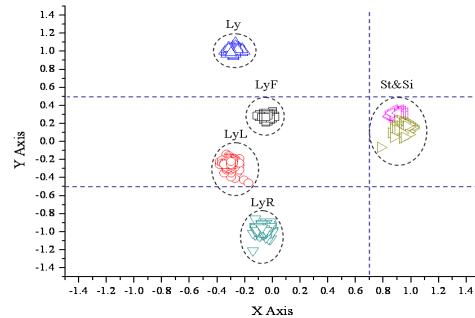


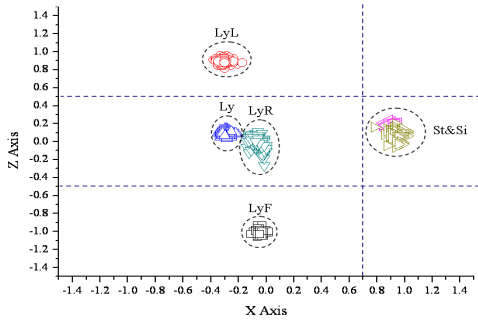
그림 3. 구현된 가속도 측정 시스템.

2. 자세변화에 따른 가속도신호 계측

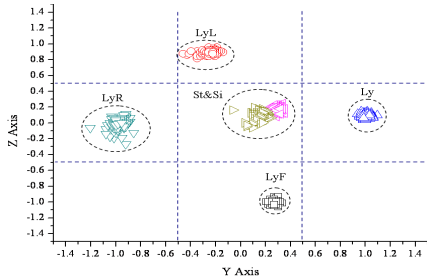
본 연구에서는 퍼셉트론 알고리즘의 학습에 따른 가중치를 계산하기 위하여 인위적인 자세 변화를 유발하고 각 자세에서 20초 동안 3축의 가속도 신호를 계측하였다. 자세변화에 따라 계측된 가속도신호를 그림 4에 나타내었다.



(a) x-y축 가속도 변화.



(b) x-z축 가속도 변화.



(c) y-z축 가속도 변화.

그림 4. 자세변화에 따른 가속도변화.

3. 자세판별 성능평가

상기에서 제시한 가속도 측정법과 동일한 방법으로 각 자세별 가속도 변화를 계속하여 본 연구에서 제안한 자세판별 알고리즘인 퍼셉트론 알고리즘의 학습데이터로 활용하였다. 각 자세별 가속도 신호를 학습 후 본 연구에서 적용한 퍼셉트론 알고리즘의 분류성능을 평가하기 위하여 가속도 측정용 센서보드를 피험자의 오른쪽 허리에 부착하여 실제 자세변화에 따른 가속도신호의 변화를 계속하였다. 또한 계속된 가속도 신호로부터 퍼셉트론 알고리즘을 이용하여 실제 자세와 자세판단 분류를 수행하여 그 결과를 그림 5에 나타내었다. 분류 결과에서 앉아있는 자세 또는 서있는 자세는 '1', 바로 누워있는 자세는 '2', 뒤로 누워있는 자세는 '3', 왼쪽으로 누워있는 자세는 '4', 오른쪽으로 누워있는 자세는 '5'로 판단하도록 프로그래밍 하였으며, 0.5초 간격으로 무빙윈도우를 적용하여 자세판단 결과를 정규화 하였다. 그림 6의 분류결과를 살펴보면 자세변화구간을 제외한 전 구간에서 100%의 자세판별이 이루어짐을 확인 할 수 있다.

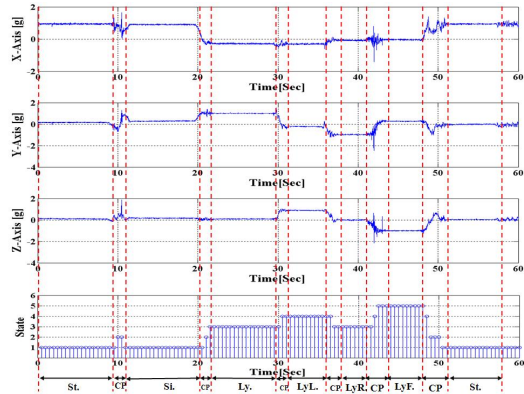


그림 5. 정적인 자세 분류 결과.

본 연구에서는 다층 퍼셉트론 알고리즘의 자세판별 성능을 보다 자세하게 평가하기 위하여 건강한 대학생 5명을 대상으로 다섯 종류의 자세변화를 5분 동안 자유롭게 변화시키며 자세판별 성능을 평가하였다. 실험결과 5종류의 자세가 정확하게 판별되었으며, 자세변화가 발생하는 구간에서만 판별의 오류가 발생하였으며, 고정적인 자세에서는 100% 분류 성공률을 보였다. 자세변화 시의 오류를 포함한 자세판별 성능평가 결과 평균 98.1%의 우수한 분류 성공률을 보였다.

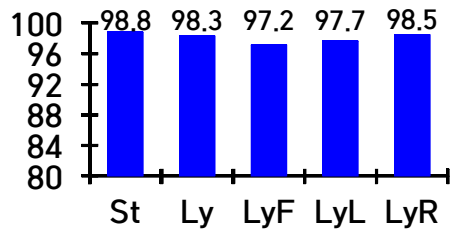


그림 6. 정적인 자세 분류 성공률.

IV. 결 론

본 연구에서는 일상생활 중 활동가속도의 모니터링을 통해 활동 상태를 판별하기 위한 기초 연구로서 가속도 신호를 이용한 자세판별 기법을 개발하였다. 실험결과 자세판별 성공률은 자세변화를 감안하더라도 평균 98.1%의 우수한 판별성능을 보였다.

향후 연구에서는 본 연구 결과를 바탕으로 자세변화 뿐만 아니라 종합적인 활동상태 및 응급상황 인지를 위한 시스템 구현 및 알고리즘 개발에 관한 지속적인 연구를 수행하고자 한다.

감사의글

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업 및 지식경제부의 지

역혁신센터사업으로 수행된 연구결과임

참고문헌

- [1] Najafi, B., Aminian, K., Paraschiv-Ionescu, A., Loew, F., Bula, C. J., Robert, P., "Ambulatory System for Human Motion Analysis Using a Kinematic Sensor : Monitoring fo Daily Physical Activity in the Elderly", IEEE Trans Biomed Eng, Vol.50, N0.6, JUNE 2003.
- [2] G. Meijer, K. R. Westertep, F.M.H. Verhoeven, H.B.M. Koper, F. Hoor, "Method to assess physical activity with special reference to motion sensor and accelerometers", IEEE Trans. Biomed. Eng., vol. 38, no. 3, 1991.
- [3] S. H lee, H. D. Park, H. R Yoon, K. J. Lee, "Design of a portable activity monitoring system", The Korea Institute of Electrical Engineer, vol. 51, pp.32-38, 2002.