

3축 가속도 센서를 이용한 낙상 감지 시스템

임동하, 박철호, 김상훈, 유운섭*
 한경대학교 전기전자제어공학과
 e-mail: ysyu@khnu.ac.kr

Fall Detection System Using 3-Axial Acceleration

DongHa Lim, ChulHo Park, Sang-Hoon Kim, and Yun Seop Yu*
 Department of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong
 National University

요 약

본 논문은 3축 가속도 센서를 이용한 낙상 감지 시스템의 3가지 알고리즘을 제안한다. 낙상감지시스템은 3축 가속도 센서 데이터로부터 계산한 낙상 파라미터인 가속도 크기와 각도를 이용한다. 제안한 낙상감지시스템의 성능평가를 위해서 남자 2명과 여자 2명에 대해서 4가지 일상생활과 3가지 낙상상황에서 560개 데이터 값을 얻은 후에 3 가지의 알고리즘을 적용하여 최대 98.33%의 sensitivity와 94.37%의 specificity 결과를 얻었다.

1. 서 론

현대사회의 의학 기술의 발달로 고령화가 급속히 진행 중이다. 고령자들은 신체활동이 급격히 저하되어 다른 사람의 도움이 필요하다. 고령자의 건강을 해칠 수 있는 많은 요인 중에 특히 낙상은 심각하면 사망에 이를 수도 있어 큰 문제가 된다. 따라서 낙상을 감지하기 위해 여러 가지 알고리즘과 하드웨어 시스템의 필요성이 증가하고 있다. 그래서 낙상감지를 위한 시스템의 연구 결과가 발표되고 있다.

2. 관련연구 동향 및 문제점 정리

낙상 감지를 위한 시스템의 연구 결과 중에 대표적으로 센서를 이용하는 경우와 영상을 이용하여 감지하는 경우로 나뉜다. 센서를 이용할 경우는 3축 가속도 센서와 자이로스코프 등을 주로 사용하여 낙상을 검출하고[1-3], 영상의 경우는 고정된 카메라 등을 이용하여 낙상을 검출한다[4]. 대개의 낙상감지시스템은 서버 등에서 복잡한 낙상 감지 알고리즘을 적용해서 낙상을 감지하나 낙상을 몸에 착용할 수 있고 저사양의 임베디드 시스템에 적용하기는 어렵다.

본 논문에서는 낙상 알고리즘의 복잡도를 줄이면서 낙상 감지 정확도도 비교적 높은 3축 가속도 센서기반의 낙상 감지 알고리즘을 제안 및 평가한다.

3. 본론

3.1 낙상 감지 시스템 구성

본 논문에서 사용한 낙상 감지 시스템의 하드웨어는 본 연구는 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음. [(GRRC)환경2011-B03], 물류센터 관리를 위한 저전력 사물 통신 및 네트워크 기술 연구]

센서 노드와 게이트웨이 노드로 구성되어 있다. 센서 노드는 목걸이 형식으로 고령자의 가슴 높이에 위치하게 된다. 센서 노드와 게이트웨이 노드는 공통으로 무선 송수신기(CC2530, Texas Instruments)가 포함한다. CC2530에는 마이크로컨트롤러 기능과 RF 기능이 내장되어 있다. 센서노드에는 추가적으로 3축 가속도 센서(BMA150, Bosch Sensortec)가 포함한다. 3축 가속도 센서는 100Hz의 샘플링 속도를 가지며 ±4g의 가속도 범위를 가진다. 센서 노드와 게이트웨이 노드 사이에 통신은 2.4GHz의 Zigbee 무선 통신이며 IEEE 802.15.4를 이용한다.

3.2 낙상 감지 시스템의 파라미터

낙상 감지 시스템에서 센서노드는 목걸이 형식으로 실험 대상자의 가슴에 부착되어진다. 1초에 100개의 3축 가속도 데이터를 게이트웨이노드에 보내준다. 게이트웨이 노드는 PC와 연결되어 있어 실시간으로 가속도 데이터를 모니터링 할 수 있으며, 파일로 저장할 수 있다. 4명의 실험자가 하드웨어를 착용하여 실제 낙상(FALL)상황 3가지 경우와 낙상과 유사한 일상생활 활동(ADL: Activities of Daily Living) 4가지, 총 7가지 행동에 대한 3축 가속도 데이터를 얻었다. 획득한 3축 가속도 데이터 값을 바탕으로 3축 가속도 값의 SVM(Sum Vector Magnitude)과 중력방향과 센서노드의 각도를 구할 수 있다. 센서노드를 착용 시 y축이 중력방향의 반대 방향이기 때문에 y축과 중력이 이루는 각도만 구한다. y축의 각도 $\theta(y)$ 의 계산식은 식 (1)과 같다.

$$\theta(y) = \arctan\left(\frac{\sqrt{Acc(x)^2 + Acc(z)^2}}{Acc(y)}\right) \times \frac{180}{\pi} \quad (1)$$

Acc(x)는 x축의 가속도 값, Acc(y)는 y축의 가속도 값,

Acc(z)는 z축의 가속도 값을 의미한다. x축, y축, z축 가속도 SVM 파라미터 값의 계산식은 식 (2)와 같이 표현된다.

$$Acc_{svm} = \sqrt{Acc(x)^2 + Acc(y)^2 + Acc(z)^2} \quad (2)$$

3.3 낙상 감지 실험 방법

실제로 실험대상자들의 낙상과 일상생활 활동을 구분할 수 있기 위해 일상생활 활동 중 가속도 값이 크게 유발될 수 있는 행동에 관해 실험하였고 실험 항목은 걷기(ADL-a), 뛰기(ADL-b), 제자리에서 점프(ADL-c), 침대에 눕기(ADL-d)이다. 또한, 실험대상자들의 낙상의 경우 3가지로 실험하였고 그 실험 항목은 물건에 걸려서 앞으로 넘어지는 경우(FALL-a), 균형을 잃어서 옆으로 넘어지는 경우(FALL-b), 미끄러져서 뒤로 넘어지는 경우(FALL-c)이다.

낙상 알고리즘을 검증하기 위해서 실험 대상자는 20대 남자 2명과 20대 여자 2명이었고 한 사람당 낙상상황 3가지와 일상생활 활동 4가지를 각각 20번씩 실험하였다. 낙상의 경우 매트리스에서 진행되어 있으며 실제 낙상을 모방하여 실험을 하였다. 7개의 행동에 대한 데이터를 가지고 3가지 알고리즘을 적용해보았다.

- i) ACC_{svm} 임계값을 초과한 후 70개의 데이터 중 $\theta(y)$ 의 임계값이 초과될 경우 낙상이라 판단.
- ii) $\theta(y)$ 의 임계값이 초과한 후 70개의 데이터 중 ACC_{svm} 임계값이 초과될 경우 낙상이라 판단.
- iii) $\theta(y)$ 의 임계값이 초과한 시점에서 전후 50개의 데이터 중에서 ACC_{svm} 임계값이 둘 다 초과될 경우 낙상이라 판단.

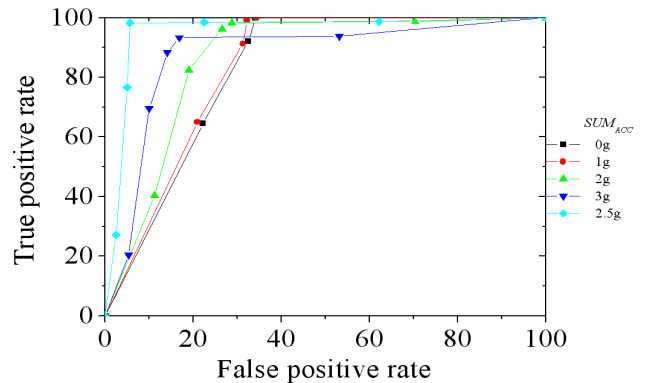
4. 실험 결과 및 결과 분석

3가지의 알고리즘을 적용하여 sensitivity와 일상생활 활동 상황 specificity를 Receiver Operating Characteristic(ROC) curve를 이용해서 구했다. 그림 1, 그림 2, 그림 3은 각각 첫 번째 알고리즘, 두 번째 알고리즘, 세 번째 알고리즘을 적용하여 실험한 결과이다. 그림 3은 세 번째 알고리즘은 ROC커브가 다수 나오는데 그 중 제일 좋은 Area under the ROC curve(AUC)값이 나오는 $\theta(y)$ 의 임계값이 넘기 전의 50개 데이터 중에서 ACC_{svm} 임계값 1g로 설정해 놓고 실험한 결과이다. 첫 번째 알고리즘에서 ACC_{svm} 임계값 2.5g, $\theta(y)$ 의 임계값이 60°일 경우 98.33%의 sensitivity와 94.37%의 specificity로 가장 좋은 결과 값이 나왔다.

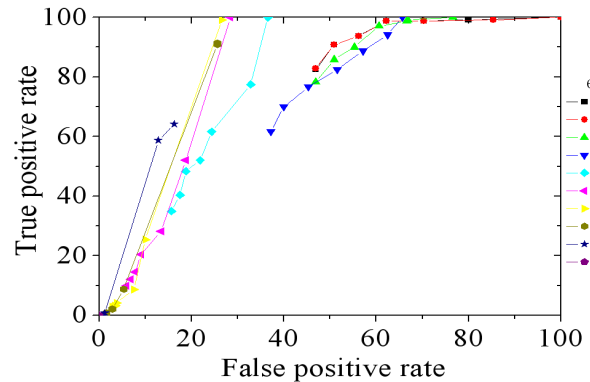
5. 결론

3축 가속도 센서를 이용한 낙상 감지 시스템의 3가지 알고리즘을 제안했다. 낙상감지시스템은 3축 가속도 센서 데이터로부터 계산한 낙상 파라미터인 가속도 크기와 각도를 이용했다. 제안한 낙상감지시스템의 성능평가를 위해서 남자 2명과 여자 2명에 대해서 4가지 일상생활과 3가

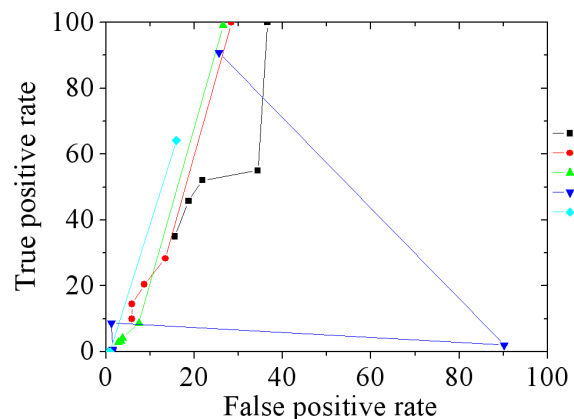
지 낙상상황에서 560개 데이터 값을 얻은 후에 3 가지의 알고리즘을 적용하였다. 그 중에 첫 번째 알고리즘인 ACC_{svm} 임계값 2.5g를 초과한 후 70개의 데이터 중 $\theta(y)$ 의 임계값 60°를 초과될 경우에 98.33%의 sensitivity와 94.37%의 specificity로 가장 좋은 결과 값이 나왔다. 낙상 파라미터 값들인 ACC_{svm} 과 $\theta(y)$ 들이 ADL-d 인 침대에 눕는 경우와 FALL-c인 뒤로 넘어지는 경우가 비슷하



(그림 3) 알고리즘 1의 ROC커브



(그림 4) 알고리즘 2의 ROC커브



(그림 5) 알고리즘 3의 ROC커브

게 나와서 서로 구별하는데 오차가 발생하였다.

추후 연구에서는 조금 더 많은 알고리즘을 연구하고 실제 고령자들을 대상으로 실험을 하여 조금 더 정확한 낙상을 인식할 수 있도록 할 것이다.

참고문헌

- [1] T. Zhang, J. Wang, L. Xu and P. Liu, "Fall Detection by Wearable sensor and One-Class SVM Algorithm", in Lecture Notes in Control and Information Sciences, pp.858-863, 2006.
- [2] Maarit Kangas, Irene Vikman, Jimmie Wiklander, Per Lindgren, LarsNyberg, Timo Jamsa, "Sensitivity and specificity of fall detection in people aged 40 years and over", Gait & Posture, Vol.29, pp.571-574, 2009.
- [3] T. Degen, H. Jaeckel, M. Rufer and S. Wyss, "SPEEDY: a fall detector in a wrist watch", in Proc. 7th IEEE Int Symp. Wearable Computers, pp.184-187, Oct 2005.
- [4] Zhengming Fu, Tobi Delbruck, Patrick Lichtsteiner, Eugenio Culurciello, "An Address - Event Fall Detector for Assisted Living Applications", Ieee Transactions on Biomedical Circuits and Systems, Vol.2, No.2, 2008,