

3축 가속도센서와 기울기 센서를 이용한 낙상감지시스템 개발[†]

(The development of fall detection system using
3-axis acceleration sensor and tilt sensor)

류 정 탁*
(Jeong Tak Ryu)

요 약 고령화 사회에서는 노인의 신체적 취약성으로 인한 안전문제가 사회문제로 대두되고 있다. 판단, 상황대처 능력이 떨어진 노인은 체력과 균형감각 저하로 인하여 잦은 낙상을 경험한다. 낙상은 자칫 인명피해 및 골절, 유조직 손상 등을 유발 할 수 있으므로 빠른 응급대처가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 사용자의 허리에 부착하여 일상적인 움직임에 대한 가속도의 변화 및 낙상이 발생하였을 때의 가속도의 변화를 측정하였다. 측정된 값을 이용하여 낙상 감지 시스템을 구현하였으며, 여러 가지 낙상 상황을 가정하여 낙상 검출 여부를 판별 하였다.

핵심주제어 : 3축가속도센서, 노인낙상, 낙상감지시스템, 낙상판별, 기울기센서

Abstract The problem of elderly people with weak physical health has become a very important issue in the aging society. Elderly people with very low judgment and decision-making skills often falls because of the degradation of the strength and balance. Due to the fall triggered off fractures, parenchyma damage, and casualties, generally fast emergency treatment is needed.

In this paper, an automatic fall detection system consisting of a triaxial accelerometer and tilt sensor. Using the fall system, the performance of the system was analyzed in many situations. The experimental results showed more than 92% analytical skills.

Key Words : 3-axis acceleration sensor, fall detection system, elderly fall, tilt sensor

1. 서 론

본격적인 고령사회로 들어서기 전 단계인 고령화 사회에서는 노인의 신체적 취약성으로 인한 안전문제가 사회문제로 대두되고 있다. 통계청의 장래인구추계에 따르면 우리나라는 지난 2000년 65세 이상 인구가 총인구에서 차지하는 비중이 7.2%에 이르러 '고령화

사회'에 들어섰으며, 오는 2019년에는 이 비율이 14%를 넘어 '고령사회'에 진입할 것으로 전망되고 있으며 2026년에는 20%로 초고령사회에 도달할 것으로 보인다. 그리고 2030년에는 65세 이상 노인이 국민의 23%인 1천만 명을 넘을 것으로 추정된다[1,2].

판단, 상황대처 능력이 떨어진 노인은 체력과 균형감각 저하로 인하여 잦은 낙상을 경험한다. 60세 이상의 노인들 중 25%~30%가 낙상을 경험하였고, 70세 이상은 35%, 그리고 80세 이상은 50%가 낙상을 경험하였다고 한다[3,4].

[†] 이 논문은 2011년 대구대학교 교내 연구비 지원에 의해 연구되었음.

* 대구대학교 전자공학부, (jryu@daegu.ac.kr)

일부 노인들은 낙상을 경험한 후 생활양식이 크게 변화하여, 낙상에 대한 공포로 신체 기동성 저하가 생기는 증후군으로 진행되기도 한다. 낙상은 전 연령층에서 발생하나 낙상으로 인한 임상적 문제점은 골다공증이나 보호반사의 감소와 같은 신체 상태와 더 많이 관련된다. 특히 골밀도의 감소로 인해 골절이 쉽게 일어나게 되고 노화과정에 있으면서 만성질환을 보유하고 있는 노인들은 예상치 못한 낙상으로 인해 신체상해를 쉽게 입게 되며 이러한 신체상해는 신체기능 손상과 합병증 발생으로 이어지게 된다. 낙상은 자칫 인명피해 및 골절, 유조직 손상 등을 유발 할 수 있으므로 빠른 응급대처가 필요하다.

본 논문에서는 사용자의 허리에 부착하여 일상적인 움직임에 대한 가속도의 변화 및 낙상이 발생하였을 때의 가속도의 변화를 측정하였다. 측정된 값을 이용하여 낙상 감지 시스템을 구현하였으며, 여러 가지 낙상 상황을 가정하여 낙상 검출 가능 여부를 판별하였다.

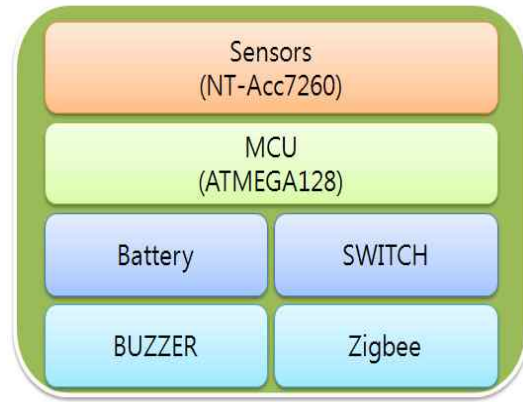
2. 시스템 구성 및 실험

그림 1은 본 논문에서는 구현한 낙상감지 시스템의 구성도이다. 사용된 가속도 센서 모듈은 NT-Acc7260으로 고감도의 3축 가속도 센서인 MMQ7260Q가 내장되어 있다. 전체 시스템을 제어할 MCU로 ATmega128이 사용되었으며, 낙상 여부 전송을 위해 지그비 통신을 이용하였다. 가속도센서와 ATmega128은 전자시스템 구성에 일반적으로 많이 사용된다[5-8]. 하드웨어는 허리에 착용할 수 있도록 제작되었다.

장착된 가속도 센서의 3축의 기준 값을 설정하여 자세변화를 구별하고 낙상을 가정한 상황에서는 일반적인 활동에서 볼 수 없는 넘어지는 방향으로의 급격한 가속도의 변화와 기울기 신호를 측정하여 임계값 이상이 될 경우 낙상을 판별하였다.

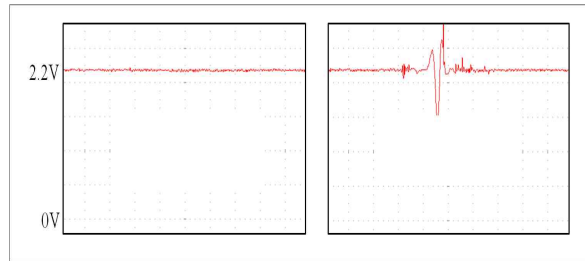
그림 2, 3, 4는 가속도 센서의 x, y, z축의 기준값과 움직임이 있을 경우의 변화를 나타낸 것이다.

그림 2의 좌측 파형은 x축의 기본전압(2.2V)이며, 우측 파형은 x축 방향으로 가속도가 발생되었을 때 나타나는 파형이다. 그림 3의 좌측 파형은 y축의 기본전압(1.6V)이며, 우측 파형은 y축 방향으로 가속도가 발생되었을 때 나타나는 파형이다. 그림 4의 좌측 파형은 z축의 기본전압(1.6V)이며, 우측 파형은 z축 방향으로 가속도가 발생되었을 때 나타나는 파형이다. 여

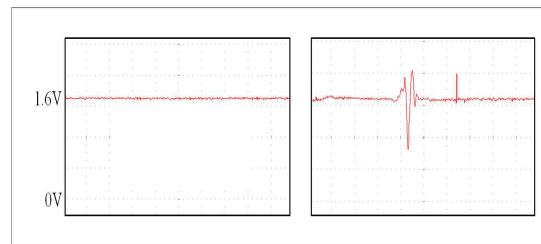


<Fig 1> 낙상감지 시스템 구성도

기서 측정된 파형은 3축의 (+)방향과 (-)방향의 구분 없이 측정된 것이다.



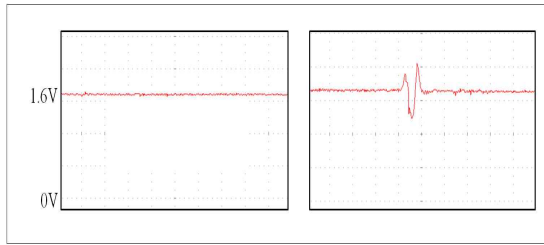
<Fig 2> 가속도 센서 x축 기본전압(좌), 가속도 발생 시 변화(우)



<Fig 3> 가속도 센서 y축 기본전압(좌), 가속도 발생 시 변화(우)

낙상 감지 실험에서 가속도 센서는 착용자의 좌, 우 방향을 x축, 앞, 뒤 방향을 y축, 위, 아래 방향을 z축으로 설정하고, 일상적인 움직임과 낙상 상황을 가정하여 실험하였다.

또한, 동적인 상태로 판별 되었을 경우 급격한 자세 변화에 따른 가속도 변화에 의해 낙상으로 잘못 판별하는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 센서의 변화 값

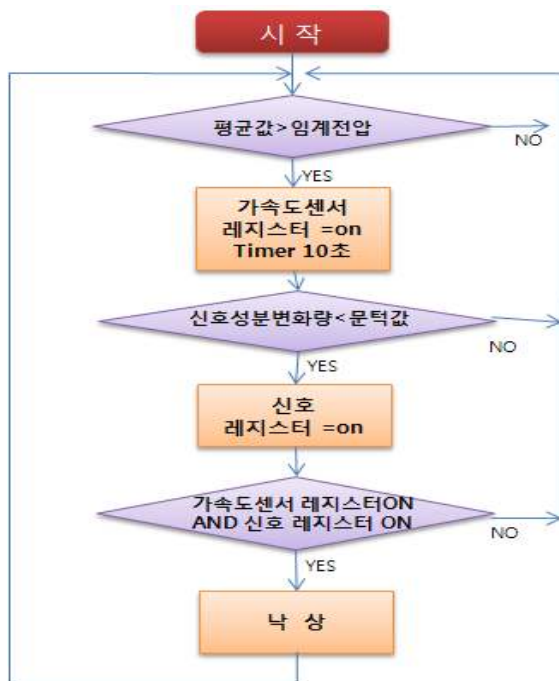


<Fig 4> 가속도 센서 z축 기본전압(좌), 가속도 발생 시 변화(우)

을 통해 낙상으로 판별 후 일정시간동안 피 실험자의 활동유무를 판별하여 움직임이 없거나 미소할 경우 최종적인 낙상으로 판별하도록 하였다.

지금까지 가속도센서를 이용한 낙상 관련 보고서는 많이 있다[9-16]. 임계점을 이용하는 방법[11-13], 신경망을 이용하는 방법[14-16] 등을 사용하여 왔다. 모든 보고서는 통계적 수치를 사용하여 시스템을 복잡하게 만들고 있다. 그러나 본 연구에서는 수식을 이용하지 않고도 낙상을 판별할 수 있는 기준값 비교를 통해 낙상유무를 판단하였으며 그 결과 값은 기존의 보고된 내용보다 우수하다.

그림 5의 낙상감지 시스템의 알고리즘은 가속도 센서의 3축(x축, y축, z축)의 방향의 신호 성분만을 사용

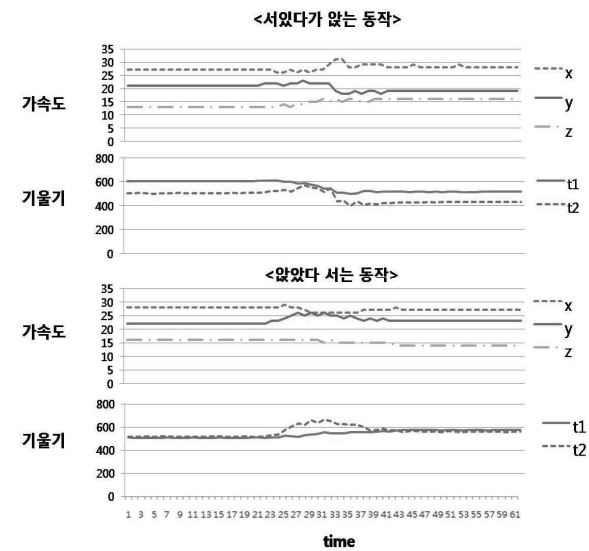


<Fig 5> 낙상감지 시스템 알고리즘

하여 구성된다. 먼저 y축과, z축의 임계값 이상의 값이 되면 레지스터를 ON 한다. 다음으로 TIMER를 10초 동안 작동시키고, 10초 동안 각 축의 신호 성분의 변화가 미묘한지 운동량이 있는지 구분한다. 3축의 임계값 이상의 변화가 있고, 10초 동안 신호성분이 미묘한 변화나, 움직임이 없다면 낙상으로 판별하고, 10초 안 동안 임계값 이상의 변화가 있더라도, 3축의 신호성분이 운동성 패턴을 보인다면 낙상으로 판별하지 않도록 구성하였다.

3. 실험결과

낙상현상에 관한 실험으로 일상적인 움직임으로 서 있다가 앉는 경우, 앉았다가 서는 경우를 가정하여 실험하였으며, 앞으로 넘어진 경우, 뒤로 넘어진 경우로 낙상상황을 인위적으로 가정하여 실험하였다.



<Fig 6> 일상적인 움직임 측정

그림 6은 일상생활에서 자주 일어나는 움직임의 형태로 서 있다가 앉는 동작과 앉아 있다가 서는 동작에 대한 가속도센서 및 기울기 센서 값의 변화를 나타낸 것이다. 움직임이 있는 시점에서의 센서 값의 변화는 크게 일어나지 않음을 알 수 있다. 이것은 급속하게 움직임의 변화를 감지하게 되는 가속도 센서 값의 변화가 크게 나타나지 않았음을 의미한다.

한편 그림 7은 가상된 낙상 상태에서의 센서 값들

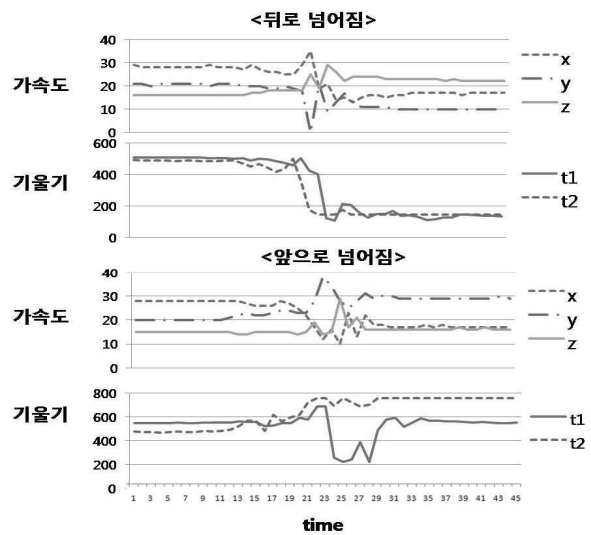
의 변화를 관찰한 결과이다. 일상적인 움직임에서는 가속도와 기울기의 변화가 완만하게 나타나는 반면 낙상 시 가속도와 기울기의 변화가 급격하게 이루어지며 그 변화도 크게 나타난다.

뒤로 넘어지는 경우 x축과 y축의 가속도 변화가 z축의 가속도 변화량 보다는 많이 나타난다.

앞으로 넘어지는 경우 역시 z축의 가속도 변화량 보다는 x축과 y축의 가속도 변화량이 크게 나타남을 알 수 있다. 이것은 y축이 앞과 뒤의 값을 나타내는 센서로서 낙상 현상을 적극적으로 반영하고 있음을 의미하고 있는 것으로 판단된다.

임의의 상황에서의 낙상을 가정하여 실험자3명이 각 30회 낙상을 판별 실험하여 표 1에 그 결과를 나타내었다.

실험 결과를 보면 일상적인 움직임의 앉았다 서기, 서있다 앉기 두 경우 100%의 검출율을 나타내는 반면 의자에서의 낙상과 뛰다가 낙상 한 경우, 97.5%의 높은 검출율을 보였다. 임의의 상황에서의 낙상 현상 검출에서는 실험자 1의 경우 83.3%, 실험자 2의 경우 93.3%, 실험자 3의 경우 90.0%의 검출률을 보였다. 검출률의 약간의 차이가 나타나는 이유는 각 실험의 신체적 조건에 따라 낙상시스템이 부착되는 위치 및 몸 무게에 따른 낙상 가속도의 차이에서 발생하는 것으로 판단된다.



<Fig 7> 낙상 현상 측정

4. 결 론

구현한 시스템은 사용자의 허리에 부착하여 일상적인 움직임에 대한 가속도의 변화 및 낙상이 발생하였을 때의 가속도의 변화를 측정하였고, 그 값을 이용하여 낙상 여부를 판별해 보았다. 여러 가지 낙상 상황을 가정하여 낙상 검출 여부를 실험해 본 결과 약

<Table 1> 상황에 따른 낙상 검출율

		상황	실험횟수	검출	미검출	검출율	
낙상 현상 검출	낙상	임의의 상황에서의 낙상	실험자1	30	25	5	83.3%
			실험자2	30	28	2	93.3%
			실험자3	30	27	3	90%
		의자에서 낙상	40	39	1	97.5%	
		뛰다가 낙상	40	39	1	97.5%	
	일상적 움직임	앉았다 서기	40	40	0	100%	
		서있다 앉기	40	40	0	100%	
		합계	250	238	12	95.2%	
낙상 현상 분류	앞으로 넘어짐		40	35	5	87.5%	
	뒤로 넘어짐		40	36	4	90%	
	합계		80	71	9	88.75%	

92% 이상의 낙상을 판별해 낼 수 있었다. 실험에서 낙상을 판별하는 변수로 가속도 센서의 x, y, z축의 변화만을 감지하여 낙상을 판별하는 알고리즘을 이용하였다. 추가적으로 착용자가 어떤 형태로 넘어졌는지에 대한 변수를 낙상 알고리즘에 포함시킨다면 더욱 정확한 판별이 가능할 것이다.

References

- [1] 대한민국 통계청자료 고령자 통계 (2004)
- [2] 송유진, “사별 후 혼자 사는 노인1인가구의 특징” 한국지역사회생활과학회지, Vol. 18, No.1, 2007, pp.147-160
- [3] Jansson, S., & Soderlund, A.A, New treatment programme to improve balance in elderly people—an evaluation of an individually tailored home-based exercise programme in five elderly women with a feeling of unsteadiness. *Disability Rehabilitation*, 26(24), 2004, pp. 1431-1443.
- [4] Downton, J., Falls, J. N., and Tallis, R. "Brocklehurst's Textbook of Geriatric Medicine and Gerontology, (5th ed), London: Churchill Living stone (1998)
- [5] K. A. Cha and S. Yeo, "Smart phone Application Development for Aware of Unexpected Conditions using Accelerometer Sensors" *Journal of the Korea industrial information systems society*, Vol. 17, No. 5, (2012) pp. 1-8
- [6] J. T. Ryu, I. K. Kim "The development of indoor location measurement System using Zigbee and GPS", *Journal of the Korea industrial information systems society*, Vol. 17, No. 4, (2012) pp. 1-7
- [7] J. T. Ryu, C. H. Choe, B. H. Moon "Development of portable Merchandise Information Providing System Using RFID", *Journal of the Korea industrial information systems society*, Vol. 11, No. 2, (2006) pp. 98-102
- [8] I. K. Kim, J. T. Kim, "Development of embedded Home Automation System using Multi-sensor", *Journal of the Korea industrial information systems society*, Vol. 11, No. 5, (2006) pp. 11-17
- [9] G. Wu and S. Xue, "Portable Preimpact Fall Detector With Inertial Sensors", *IEEE Transactions on Neural systems and rehabilitation engineering*, Vol. 16, No. 2 2008 pp. 178- 183
- [10] Y. Hou, N. Li, and Z. Huang, "triaxial Accelerometer-Based Real Time Fall Event", *International Conference on Information Society(i-Society 2012)* pp. 386-390
- [11] D. M. Karantonis, M. R. Narayanan, M. Mathie, N. H. Lovell, B. G. Celler, "Implementation of a Real-Time Human Movement Classifier Using Triaxial Accelerometer for Ambulatory Monitoring", *IEEE Transactions on information technology in biomedicine*, Vol. 10, No. 1, 2006, pp. 156- 167
- [12] M. J. Mathie, B.G. Celler, N. H. Lovell, A.C.F. Coster, "Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer" *Medical & Biological Engineering & Computing* Vol. 42, (2004) pp. 679-689
- [13] Amit Purwar, Do Un Jeong, Wan Young Chung, "Activity Monitoring from Real-Time Triaxial Accelerometer data using sensor network", *International Conference on Control, Automation and Systems 2007*. Oct., 17-20 in COEX, Seoul, Korea
- [14] J. Jatoba, J. Grobmann, "Development of a Self-Constructing Neuro-Fuzzy Inference System for Online Classification of Physical Movements" *9th International Conference on e-Health Networking, Application and Services*, IEEE June 19-22, 2007. pp. 332 - 335
- [15] J. S. Lim, "Finding Fuzzy Rules by Neural Network with Weighted Fuzzy Membership Function," *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, Vol. 4, No. 2, 2004, pp. 211-216,
- [16] J. S. Lim, "Finding Features for Real-Time Premature Ventricular Contraction Detection Using a Fuzzy Neural Network System", *IEEE Trans. On Neural Networks*, Vol. 20, No. 3 2009 pp. 522-527



류 정 탁 (Jeong Tak Ryu)

- 종신회원
- 1992년 2월 : 영남대학교 전자공학과 (공학사)
- 1996년 : 오사카대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1999년 : 오사카대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 ~ 현재 : 대구대학교 전자공학부 교수

논문 접수일 : 2013년 05월 30일
1차수정완료일 : 2013년 06월 23일
2차수정완료일 : 2013년 07월 26일
게재확정일 : 2013년 08월 12일