

넘어짐(낙상) 검출

。 장용원, 황재윤, 강재민, 김희찬

서울 대학교 대학원 협동과정 의용 생체 공학 전공

Fall Detection

。 Y.W. Jang, J.Y. Hwang, J.M. Kang¹, H. C. Kim²

Interdisciplinary Program, Biomedical Engineering Major, Graduate School, Seoul National University¹, Department of Biomedical Engineering, College of Medicine and Institute of Medical & Biological Engineering, Medical Research Center, Seoul National University²

ABSTRACT

Sometimes we hear of people injuring themselves by falling down, especially on slippery sidewalks and on ice-covered streets. The danger of serious falls in these meteorological street conditions sometimes seems almost inevitable for the everyday pedestrian. In many cases it is the elderly who are most vulnerable to the most serious of injuries due to falls. Prompt treatment for these types of injuries must be applied in order to minimize the trauma, especially when the accident involves the elderly. Therefore, prompt notification of accidental falls to the authority, family or any other who are able to take proper action, is important, especially to the more vulnerable senior citizens. This prompt notification will be able to minimize the trauma, even when the victim is unconscious. Thus many previous researchers endeavored to detect falls by using accelerometers or gyroscopes, but there are some limits to attach sensors on body and its accuracy. To overcome this problems, we have devised a total system to detect accidental falls using accelerometers, gyroscopes and tilt sensors in this paper.

This system receives useful information acquired by various sensors through wireless module(Blue Tooth), can perform real-time monitoring and relieves us from uncomfortableness given by two or more

attached equipment ; just one attached place (chest), and the accuracy was 97.5%.

Introduction

낙상은 노인들에게 있어서 가장 흔한 사고이며 그들의 건강에 주된 위협이 되고 있다[1]. 75 세 이상 노인들에 대한 표본조사시 32%에 달하는 노인들이 한번이상의 낙상사고를 경험하였고, 그 중 24%는 심각한 상해를 입은 적이 있다고 한다[2]. 게다가, 낙상은 노인들의 독립적인 삶에 대한 자신감과 동기를 제한할 수 있다. 산업 국가의 인구 중 75 세 이상의 노인들의 인구 비중을 고려해볼 때, 낙상은 이들에게 주요한 문제 중 하나가 될 것이다[3],[4]. (2050년에는 전세계 인구의 16.4%, 유럽인구의 27.6%가 65 세 이상이 될 것이며, 유럽 9 개국을 포함한 14 개국에서 총인구의 10%가 80 세이상 노인이 될 것이다[5].) 현재 낙상의 위험은 일반적으로 질문조사로 평가되는데, 이는 주관적이고 기억에 의존하며 부정확하다. 또한 일상생활에서의 자세와 걸음걸이, 일상생활에서의 독립성, 인지도 그리고 시력에 의해서도 측정될 수 있다. 그러나, 현재 어떤 객관적인 방법도 유용하지 않다. 따라서, 낙상은 사고 후 조속한 조치가 가장 중요하다고 할 수 있으며, 넘어져서 움직이지 못하는 경우 이를 병원이나 가족 등 다른 주체에게 알림으로써 사고의 신속한 처리를 도울 수 있다.

중풍 환자들은 대개 걷기 시작할 때, 앉거나 일어서는 도중에 낙상 사고가 많다고 한다[6]. 그러나 이런 자세 이동중에 대한 낙상의 위험 관계에 대한 연구는 많으나, 사용된 조사 방법들은 실험실이나 force-platform 과 같은 장비에 대한 심각한 제약사항이 많다[7]. 따라서 환자와 병원간의 실시간 감시 체계는 당연히 힘들것이다. 그리고, 이전의 연구에서는 보행용

낙상 위험 감지 시스템의 경우 신체 부위중 두곳 이상에 센서를 설치하였고, 짧은시간 감시밖에 할 수 없었다. 또 여러군데 설치한 센서는 평상시 행동과는 다소 다른 어색한 행동을 유발하기 쉽다[8],[9].

그래서, 본 논문에서는 기존의 낙상 가능성이 있는 노인들의 연구에서 문제점이 되었던 불편함과 제약 사항들을 다소나마 해소하고, 정확성을 높이기 위하여 가속도계, 각속도계 그리고, 기울기 센서를 이용한 새로운 알고리즘을 제안하고, 또 환자와의 의사들 간의 실시간 모니터링을 위해 Bluetooth 모듈을 장착하여 긴급 상황에 독립적으로 대처할 수 있는 시스템의 모델을 구현하였다.

Materials and Methods

1. 실험

본 논문에서는 각속도계(Gyroscope, Murata Manufacturing), 3 축 가속도계(Tri-axial Accelerometer, Measurement specialities), 기울기 센서(Tilt Sensor, Sharp)를 사용하였고, 환자와 의사간의 실시간 통신을 위해 Initium 사의 Bluetooth 모듈을 사용하였다. 그림 1 가)는 전체 시스템 구성도이고, 나)는 착용한 모습이다. 먼저, 각속도계와 가속도계의 신호를 검출하여 이로부터 넘어짐의 감지를 구분해야 하므로 키 180cm, 몸무게 79Kg 의 남자가 가슴에 넘어짐 검출기를 부착하고 앞과 뒤로 넘어져서 움직임이 없는 경우, 서 있다가 눕는 경우, 의자에 앉는 경우 각각 10 회씩, 총 40 회를 넘어지면서 얻은 데이터로 각 넘어짐의 상황에 따른 사례를 분석하였고, 마지막으로 일상 생활처럼 행동하는 경우를 통해서 시스템을 검증하였다.



그림 1 가) 전체 시스템 나) 착용한 모습

2. 알고리즘

넘어짐은 기본적으로 가속도계의 세 축 (x,y,z) 방향의 신호 성분과 각속도계의 회전(Roll) 각속도, 그리고 기울기 센서의 신호 이렇게 다섯가지 신호로부터 검출한다. Flow Chart 는 그림 2 와 같으며, 다음과 같은 방식으로 넘어짐을 검출한다.

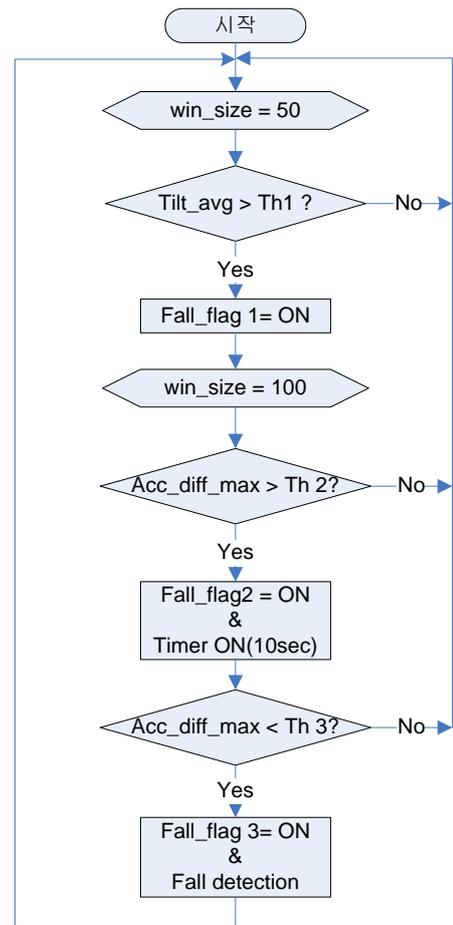


그림2. 넘어짐 검출 알고리즘

(이때 Th 1,2,3 값은 적절한 문턱값 이다.)

- 1) 먼저, 기울기 센서가 ON 이 되었는지 관찰 한다. 이때는 크기가 50 인 윈도우를 이용하여 그 안에 저장되어있는 값들의 평균값이 문턱값 이상이면 Fall_flag1(기울기 센서 레지스터) = ON 이 된다.
- 2) 기울기 센서가 ON 이 되었으면 각 축 방향의 가속도의 변화량을 감지한다. 여기서는 가속도 피형을 미분한 후 크기가 100 인 윈도우에 저장하고 이 값들 중 최대값을 저장하여 최대값이 Threshold 보다 크면 Fall_flag2(가속도계 레지스터) = ON 이 된다. 그리고 이때부터 타이머가 작동한다.
- 3) 타이머가 10 초가 되면 다시 그때(타이머 종료후)의 가속도 윈도우에 저장되어있는 미분값을 확인한다.(보통 낙상으로 넘어져있는 사람들은 움직임이 없기 때문에 가속도의 변화가 없다.) 이때 최대값이 Threshold 보다 작으면 Fall_falg3 = ON 이 된다.
- 4) 위 Fall_flag 1~3 모두가 ON 일때 넘어짐이라고 감지한다.

Results

본 실험에서는 1) 앞과 뒤로 넘어져서 움직이지 않는 경우, 서있다가 눕는 경우, 의자에 앉는 경우, 그리고 2) 일상 생활처럼 행동하는 경우 등 여러 가지 실험을 하였다. 1) 실험은 각각을 10 회씩 반복하여 총 40 회의 실험을 했다. 그 결과, 단 1 회의 검출 오류가 있었을 뿐, 모두 제대로 넘어짐을 감지했다. 실험시 무선 모듈을 통해 받은 정보를 이용하여 넘어짐을 검출하는 모습의 예로 앞으로 넘어질 때의 그래프를 그림 3에 나타내었다.

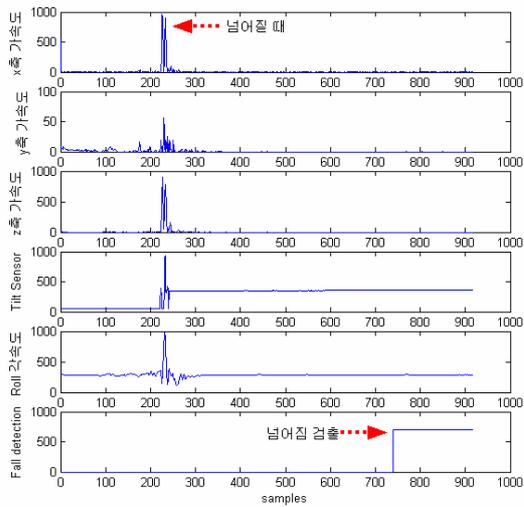


그림 3. 뒤로 넘어지는 경우
(맨아래의 그래프(Fall detection)는 위 다섯 개의 그래프가 그림 2의 알고리즘대로 처리되어 10 초후 넘어짐을 감지하는 그림이다. 1~5 그래프의 최대값이 일어날 때와 마지막 그래프의 계단 파형까지의 간격이 10 초이다.)

넘어짐 감지는 40 회 실험 중 97.5%의 정확도를 보였다. 그리고, 아울러 한 실험에서 수직축에서 70 도 정도로 상체를 기울인 경우 기울기 센서가 ON 이라도 넘어짐으로 감지하지 않았다. 이는 기울기 센서가 ON 상태라도 가속도 센서의 출력값이 문턱값을 넘지 않을 경우 넘어짐으로 감지하지 않기 때문이다. 또, 넘어질 경우라도 10 초 이내에 상체를 세워 기울기 센서가 OFF 상태가 된다면 넘어짐으로 감지 하지 않는다. 그림 4는 일상 생활처럼 움직이는 경우의 파형을 관찰한 모습이다. 예상대로 넘어짐 감지 신호가 0의 값(OFF)을 가리키고 있으며, 이 경우도 넘어짐으로 감지하지 않았다.

결론

본 논문에서 제안한 방법은 블루투스를 이용한 가슴 부착형 시스템을 구현함으로써 몸의 여러 부위에 센서를 착용 했던 기존에 시스템보다 낙상 검출시 사용자의 불편함을 줄일수 있었고, 또 새로운 알고리즘 적용을 통해서 낙상 검출 시 정확성을

높일 수 있었다. 세가지 센서의 다섯가지 신호로부터 판단한 알고리즘은 대부분의 경우에서 정확했으며 2.5%의 오류율만을 나타내었다. 여러 실험 결과에서도 보듯이 넘어지지 않고 누운 경우나 70 도 정도로 기울인 경우, 그리고 일상 생활처럼 활동할 경우와 낙상이 일어난 경우를 잘 구별할 수가 있었다.

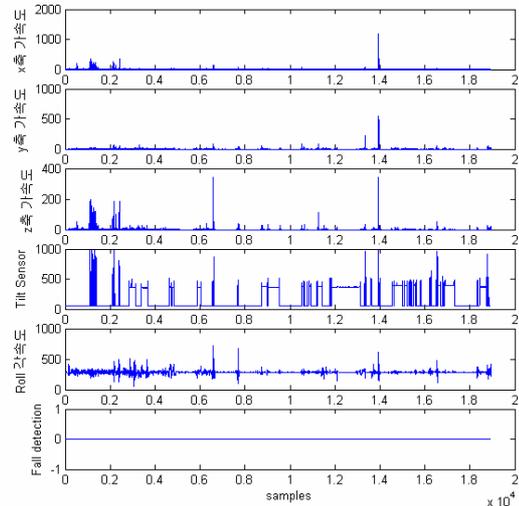


그림 4. 일상생활의 경우

본 연구가 노인의 낙상 검출에 적용되면 노인과 환자들간의 실시간 감시를 할수 있기 때문에 많은 경우 낙상의 큰 피해를 피할 수 있을 것이다. 그리고, 이것이 휴대용 통신수단과 연결되면 노인의 낙상사고, 등산시 실족으로 인한 실종 등 실생활에서 낙상의 위험이 있는 경우에 유용하게 쓰일 것이다.

참고문헌

- [1] J. Askham, E. Glucksman, P. Owens, C. Swift, A. Tinker, and G. Yu, "Home and leisure accident research: A review of research on falls among elderly people," Age Concern Institute of Gerontology, King's College, London, U.K., 1990.
- [2] M. E. Tinetti, M. Speechley, and S. F. Ginter, "Risk factors for falls among elderly persons living in the community," N. Eng. J. Med., vol. 319, pp. 1701-1707, 1988.
- [3] M. V. Georges and J. Perreault, "Projections démographiques pour le Canada, les province et les Territoires 1984-2006," Ministère des Approvisionnement et Services, Ottawa, ON, Canada, 1985.
- [4] D. Oliver, M. Britton, P. Seed, F. C. Martin, and A. H. Hopper, "Development and evaluation of evidence based risk

assessment tool (STRATIFY) to predict which elderly inpatients will fall: Case-control and cohort studies," *BMJ*, vol. 315, pp. 1049-1053, 1997.

[5] E. Diczfalusy, "The demographic revolution and our common future," *Maturitas*, vol. 38, pp. 5-15, 2001.

[6] L. Nyberg and Y. Gustafson, "Patient falls in stroke rehabilitation. A challenge to rehabilitation strategies," *Stroke*, vol. 26, pp. 838-842, 1995.

[7] P. T. Cheng, M. Y. Liaw, M. K. Wong, and F. T. Tang et al., "The sit-to-stand movement in stroke patients and its correlation with falling," *Arch. Phys. Med. Rehab.*, vol. 79, pp. 1043-1046, Sept. 1998.

[8] B. Najafi, K. Aminian, C. Bula, G. Ruggieri, and Ph. Robert, "Falling risk evaluation in elderly using miniature gyroscope: Relation between gait and risk of falling," in *Proc. Int. Soc. Postural and Gait Research (ISPG)*, 2001, pp. 135-139.

[9] J. M. Hausdorff, H. K. Edelberg, S. L. Mitchell, A. L. Goldberger, and J. Y. Wei, "Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers," *Arch-Phys-Med-Rehab.*, vol. 78, no. 3, pp. 278-283, Mar. 1997.