

안드로이드 스마트폰 환경에서 속도벡터를 이용한 넘어짐 방향 판단 기법

이우식¹ · 송특섭^{2*} · Jong-Hoon Youn¹

Detection of Fall Direction using a Velocity Vector in the Android Smartphone Environment

Woosik Lee¹ · Teuk Seob Song^{2*} · Jong-Hoon Youn¹

¹Department of Computer Science, University of Nebraska at Omaha, Omaha, NE, 68182, USA

^{2*}Division of Convergence Computer and Media, Mokwon University, Daejeon. 302-318, Korea

요 약

넘어짐은 노인이나 산업현장에서 일하는 사람들에게 심각한 부상을 일으키는 원인이 되기 때문에 센서를 사용하여 넘어짐을 판단하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근 들어 스마트폰의 보급이 일반화 되면서 스마트폰에 내장된 센서를 사용하여 넘어짐을 판단하는 방법이 연구되고 있다. 가속도 센서에서 추출된 가속도벡터의 변화량을 분석하면 넘어짐은 어렵지 않게 판단할 수 있지만, 넘어지는 방향을 판단하기 위해서는 가속도벡터의 크기의 변화나 방향으로의 변화로 판단하기 어렵다. 일반적으로 가속도 벡터의 방향은 물체의 움직임의 방향을 의미하지 않기 때문이다. 한편, 속도 벡터는 물체가 움직이는 방향의 접선방향으로 나타나는 성질을 사용하여 넘어지는 방향을 판단하는 방법을 제안하였다.

ABSTRACT

Fall-related injuries are the most common cause of accidental death for the elderly and the most frequent work-related injuries in construction sites. Due to the growing popularity of smartphones, there has been a number of research work related to the use of sensors embedded in the smartphone for fall detection. Falls can be detected easily by measuring the magnitude and direction of acceleration vectors. In general, the direction of the acceleration vector does not show the object movement, but the velocity vector directly indicates the tangential direction in which the object is moving. In this paper, we proposed a new method for computing the fall direction based on the characteristics of the velocity vector extracted from the accelerometer.

키워드 : 넘어짐 판단, 안드로이드, 가속도 벡터, 속도벡터

Key word : Falling Detection, Android, Acceleration Vector, Velocity Vector

접수일자 : 2014. 07. 24 심사완료일자 : 2014. 11. 02 게재확정일자 : 2014. 11. 17

* **Corresponding Author** Teuk Seob Song(E-mail:teukseob@mokwon.ac.kr, Tel:+82-42-829-7635)

Division of Convergence Computer and Media, Mokwon University, Daejeon. 302-318, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.2.336>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

넘어짐은 노인이나 공사현장에서 골절과 같은 큰 부상의 원인 중 하나로 분류되고 있으며, 산업현장에서 6주 이상의 부상의 원인 중 하나가 넘어짐에 의한 것으로 보고되고 있을 정도로 중요한 산업재해로 알려져 있다 [1-4]. 넘어짐을 판단하기 위해 가속센서(Acceleration Sensor)에서 추출 되는 가속도벡터를 분석하는 방법이 사용된다. 가속센서는 물체나 사람의 움직임에 대한 가속도값을 3축(X,Y,Z)방향으로 발생해 주기 때문에 가속도 벡터의 변화를 분석하여 인간의 행위(넘어짐, 걷기, 뛰기 등)를 판단하는데 일반적으로 사용되는 방법이다 [1-3, 4-12].

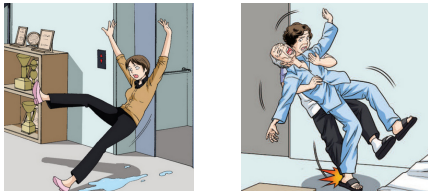


그림 1. 흔히 발생하는 넘어짐
Fig. 1 Falling occurs in common

스마트폰의 보급이 일반화되면서 되기 이전에는 신체 부착형 센서를 통해 인간의 행동을 파악하고 해석하고자 하는 연구가 진행되었으나 [1,7], 스마트폰의 활용이 증가하면서 스마트폰의 내장센서를 활용한 인간행위 분석과 행동패턴에 대한 연구와 가속센서와 다른 센서를 동시에 활용하는 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 [2,5]. GPS와 가속센서를 결합하여 특정지역 내에서의 행동패턴을 분석한 연구가 한 예라고 할 수 있다 [2-6, 8-12].

가속도 벡터는 일반적으로 물체가 이동하는 방향과 일치하지 않는다. 넘어짐과 같은 이상행동을 가속도벡터의 변화의 크기를 분석하여 판단할 수 있지만 넘어지는 방향을 판단하기 곤란하다. 물체가 사람이 움직이는 방향을 판단하기 위해서 가속도 벡터와 각 가속도를 사용하여 판단한다. 그러나 두 개의 센서를 사용해야 하는 방법이다. 가속도 벡터의 패턴을 분석하여 넘어지는 방향을 판단하는 경우 물리적인 현상을 고려하지 않은 방법으로 일반적인 환경에 적용하는데 한계가 있다. 속도벡터는 일반적으로 물체가 움직이는 방향으로 나타

나기 때문에 속도벡터를 사용하여 넘어지는 방향을 판단하는 방법을 제안하였다. 속도벡터는 가속도 벡터를 한번 적분하게 생성되며, 넘어짐의 방향 판단을 위해 속도벡터를 XY평면으로 투영한 각도의 움직임을 통해 넘어지는 방향을 판단하는 방법을 제안하였다.

신체부착형 센서나 스마트폰을 사용하여 넘어짐을 판단하는 기존의 연구들은 [1,5] 대부분 가속센서에서 추출된 가속도 벡터의 변화를 분석하는 방법을 주로 사용하였다. 신체 부착형 센서는 사람의 일부분에 특정한 방향으로 고정할 수 있으며, 일정하게 고정된 상태에서 추출된 가속도 벡터를 사용하여 행동패턴이나 특정한 행위를 파악하는 방법을 사용한다 [10]. 그러나 스마트폰의 경우 특정한 위치나 방향으로 고정할 수 없기 때문에 같은 행동의 경우라도 스마트폰의 위치나 방향에 따라 가속센서에서 추출 되는 가속도 값이 다르게 추출된다. 따라서 스마트폰을 지구좌표계와 일치시키는 정규화 과정을 거쳐 스마트폰을 소지한 방향이 다르더라도 일정한 가속도 벡터를 추출 할 수 있는 방법을 사용하였다.

본 연구에서 제안한 방법의 장점은 다음과 같다. 첫 번째는 하나의 가속센서를 사용한 넘어짐 방향 판단 기법을 제시하였다. 여러개의 센서를 사용하는 경우보다 분석과 적용이 쉬운 장점이 있다. 한 개의 센서만 있는 경우에도 적용가능하다. 두 번째는 물리적인 현상을 고려한 방향 판단 기법을 제시하였다. 가속도 벡터의 변화를 분석하는 경우 실험 환경이나 대상에 따라 종속적인 방법일 수 있지만 속도벡터의 경우 움직이는 방향으로 항상 발생하기 때문에 적용분야가 다양하다. 세 번째는 스마트폰의 소지 방향이 다르더라도 정규화 과정을 거쳐 가속도벡터의 값을 일정한 방향으로 보정하는 방법을 적용하였다. 신체부착형 센서와 같이 특정 위치에 고정되어 있지 않더라도 일정한 값을 추출 할 수 있는 방법을 적용하였다.

II. 관련연구

가속센서를 사용하여 사람의 행동을 분석하고자 하는 연구는 오래전부터 활발히 연구되는 분야이며 다양한 시도가 있었다. 본 장에서는 신체부착형 센서와 스마트폰 센서를 이용하여 넘어짐을 판단하는 기존 연구

를 소개한다. 신체부착형 가속센서와 압력센서를 사용하여 넘어짐의 방향을 판단하는 방법을 제시하였다. 넘어짐의 판단은 가속센서의 크기를 이용한 표준편차를 사용하였으며 넘어지는 방향을 판단하는 것은 가속센서의 크기와 Z축의 방향코사인을 사용하여 넘어지는 방향을 구한 것이 특징이다[6]. 넘어지는 방향을 앞뒤와 옆 축으로 구별하는 방법을 제시하였다.

몸에 부착다리와 가슴에 두 개의 센서를 부착하는 방법을 사용하여 두 개의 센서 간의 차이를 이용한 방법을 사용하였으며, 가속센서와 회전하는 항을 구하여 일반적인 행동과 넘어지는 행동을 구하였다. 넘어짐의 판단은 방향을 고려하지 않고 단순 넘어짐만 판단하는 방법을 사용하였다[1].

신체부착형 가속센서와 자이로스코프 센서에서 추출되는 값의 패턴을 분석하여 일반적인 행동인 걷기 뛰기를 분석하였고 넘어지는 경우를 판단하는 방법을 제시하였다. 넘어지는 경우 방향을 판단하지 않고 단순 넘어짐으로 분류 하여 판단하는 방법을 제시하였다[5].

스마트폰을 이용한 넘어짐 판단 방법을 제시하였으며, 넘어짐 판단은 가속도 벡터의 크기를 사용하여 판단하였고 넘어진 방향은 스마트폰이 넘어진 후에 놓인 방향으로 추출 하는 방법을 제시하였다[8].

표 1. 기존 연구 요약

Table. 1 Summary of previous works

구분	[1,5]	[8]	[6]	제안방법
사용 센서	가속센서/ 자이로스코프	가속센서	가속센서/ 압력센서	가속센서
판단 방법	가속도벡터/각 가속도 크기	가속도 벡터 표준편차 비율	가속도 벡터의 방향	속도벡터방향
정규화 사용	No	No	No	YES

기존의 넘어짐을 판단하는 방법으로 대부분 가속도 벡터의 크기를 사용하거나 패턴을 분석하는 방법을 사용하고 있다[1,5]. 넘어진 후 센서의 방향을 판단한 [8]의 경우 센서가 고정되어 있지 않고 움직이는 환경에서는 적용하기 곤란한 방법이다. 기존연구의 경우 정규화 방법을 적용하지 않았기 때문에 센서가 움직이는 경우 일관된 결과를 알아내기 어려우며, 물리적인 현상을 고려하지 하지 않았기 때문에 다양한 환경에 적용하기 곤란하다.

III. 속도벡터를 이용한 넘어짐 방향 판단 방법

3.1. 스마트폰 정규화

안드로이드 스마트폰의 방향은 지구좌표계를 중심으로 스마트폰이 회전된 방향의 각도를 나타낸다. 지구 좌표계를 중심으로 x축의 회전은 Pitch값이 출력되며 시계 방향으로 움직이게 되면 -180에서 180까지의 값을 출력 한다[13]. Y축 회전은 Roll값이 출력되며, 회전 각도는 시계반대방향으로 회전할 때 증가한다. z축 회전은 Azimuth라 하며, 북쪽 방향이 0도 이며 동쪽, 남쪽, 서쪽이 각각 90,180,270도의 각도 이며, 0에서 359까지 값을 갖는다.

표 2. 안드로이드 회전 각도 범위

Table. 2 Range of rotation angle in Android

회전축	증가방향	각도범위
X(Pitch)	Z축이 Y축으로 방향으로 회전	-180 ~ 180
Y(Roll)	시계반대 방향	-90 ~ 90
Z(Azimuth)	북쪽 0, 동쪽 90, 남쪽 180, 서쪽 270	0 ~ 359

가속센서에 의해 출력되는 가속도 벡터 값은 스마트폰이 회전된 상태에서 발생하는 가속도의 값을 나타 내기 때문에 같은 가속도 값을 갖더라도 스마트폰의 회전 상태가 다를 수 있기 때문에 사람 또는 물체의 움직임 을 스마트폰이 회전된 상태를 기준으로 나타낸다.

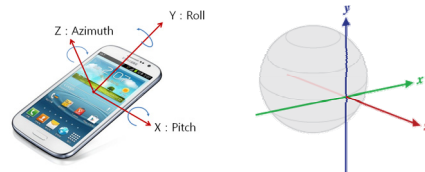


그림 2. 안드로이드 회전축과 지구좌표계

Fig. 2 Rotation axis in Android and world coordinate system

스마트폰이 회전된 상태를 기준으로 출력된 가속도 벡터의 값을 방향센서에 의해 출력된 값을 이용하여 스마트폰의 방향을 지구 좌표계와 일치 시켜주는 과정을 정규화(Normalization)이라 한다[11]. 정규화 과정은 3 차원 회전변환 행렬을 가속도 값에 적용하여 구하였다. 식 (1)-(3)은 각축에 대한 회전변환 행렬이다.

$$R_x(t_x) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(t_x) & -\sin(t_x) \\ 0 & \sin(t_x) & \cos(t_x) \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$R_y(t_y) = \begin{pmatrix} \cos(t_y) & 0 & \sin(t_y) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(t_y) & 0 & \cos(t_y) \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$R_z(t_z) = \begin{pmatrix} \cos(t_z) & -\sin(t_z) & 0 \\ \sin(t_z) & \cos(t_z) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$R_x(t_x), R_y(t_y), R_z(t_z)$ 는 각각 X,Y,Z축을 중심으로 회전하는 것을 의미하며 안드로이드에서 가속벡터를 정규화 시키기 위해서 식 (4)를 적용하였다.

$$\begin{pmatrix} a'_x \\ a'_y \\ a'_z \end{pmatrix} = R_z(t_z)R_y(t_y)R_x(t_x) \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \quad (4)$$

다음 그림 3과 4는 스마트폰에서 추출된 가속도벡터 이고 정규화 과정을 거친 후의 가속도 벡터이다.

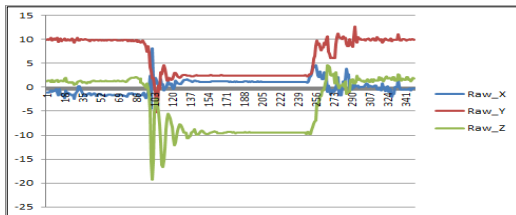


그림 3. 정규화전 가속벡터 그래프
Fig. 3 Graph of acceleration vector before normalize

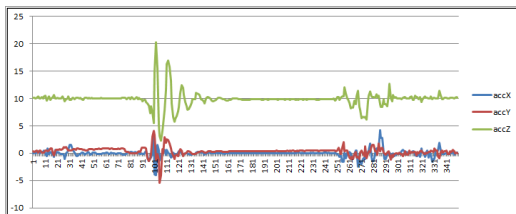


그림 4. 정규화후 가속벡터 그래프
Fig. 4 Graph of acceleration vector after normalize

그림3은 넘어지기 전에 움직임이 거의 없는 상태에서 Y값이 10에 가까운 값을 보여주고 있음을 보여 주고 있다. 이것은 스마트폰이 거의 수직으로 서 있기 때

문에 중력가속도가 Y축 방향으로 작용하고 있음을 나타내고 있음을 할 수 있다. 정규화 이후의 그래프 그림4는 Z축에 중력가속도가 작용하고 있으며 다른 축은 움직임이 거의 없음을 보여 주고 있다.

3.2. 속도벡터 추출

가속도 벡터는 물체가 특정 방향으로 얼마나 가속되었는가를 나타낸다. 가속도 벡터는 물체의 움직임의 방향과 상관없이 발생하는 것이 일반적이다. 원운동을 하는 물체의 경우 가속도 벡터의 방향은 중심을 향하게 된다. 그러나 속도벡터는 물체가 움직이는 접선방향으로 항상 나타나기 때문에 물체의 움직임의 방향을 해석하는 데는 가속도벡터보다 속도벡터를 사용하는 것이 보다 의미가 있다고 할 수 있다. 순간속도의 경우 특정 시간 t 에서 물체가 향하는 방향과 속도를 나타낸다. 안드로이드 스마트폰의 가속센서에서 얻어지는 가속도 벡터는 스마트폰의 움직임에 대한 가속도 벡터를 발생한다. 가속도벡터를 적분하면 속도벡터를 얻을 수 있다. 안드로이드의 경우 연속적인 값이 아니며 설정한 시간 간격으로 가속도벡터가 추출 된다. 연속이 아닌 값을 사용하기 때문에 수치해석학에서 사용하는 적분방법을 사용하여 속도벡터를 추출 하였다.

본 연구의 실험을 위해서 가속도 벡터의 성분은 0.01 초 간격으로 수집하였기 때문에 각성분의 높이의 평균과 시간 간격인 0.01를 누적하여 구하였다. 정적분은 다음과 같이 사각형의 넓이로 근사하는 방법을 사용하였다. 시간 t 에서의 속도 $v(t)=(v_x(t),v_y(t),v_z(t))$ 를 구하기 위해서 근사식은 식 (6)을 사용 하였다.

$$v_k(t) = \int_0^t a_k(\tau) d\tau \quad (5)$$

$$\approx \sum_{i=1}^n (t_{i+1} - t_i) \frac{a_k(t_i) + a_k(t_{i+1})}{2}$$

여기서 k 는 x, y, z 를 의미한다.

넘어지는 방향을 판단하기 위해서 속도벡터가 X,Y 평면상에서 어떻게 변화 하는지 속도벡터의 방향을 추적하였다. 속도벡터의 X,Y성분이 이루는 각을 arctan함수 식(6)를 사용하여 구하였다.

$$\theta_i = \tan^{-1} \left(\frac{v_{y,i}}{v_{x,i}} \right) \quad (6)$$

그림 5는 가속도벡터를 사용하여 구한 속도벡터가 X,Y 평면에서 이루는 각의 변화를 보여주고 있다. 넘어지는 방향에 따라 속도벡터가 이루는 각이 다를 것을 보여주고 있다.

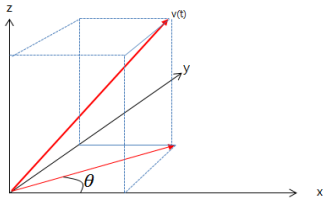


그림 5. 속도벡터의 회전각
Fig. 5 Angle of velocity vector

그림 6에서 9는 넘어지는 방향에 따라 변화하는 속도벡터의 변화를 그래프로 나타낸 것으로 넘어지는 순간의 속도벡터의 방향을 알 수 있다.

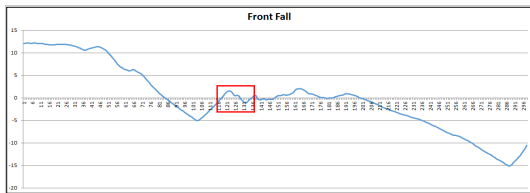


그림 6. 앞으로 넘어짐의 속도벡터의 회전각
Fig. 6 Angle of velocity vector of fall front

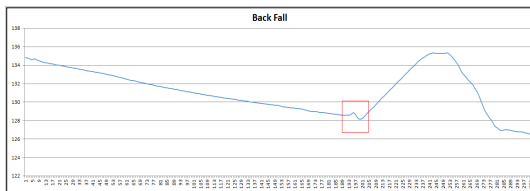


그림 7. 뒤로 넘어짐의 속도벡터의 회전각
Fig. 7 Angle of velocity vector of fall back

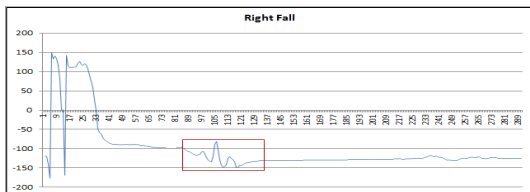


그림 8. 오른쪽 넘어짐의 속도벡터의 회전각
Fig. 8 Angle of velocity vector of fall right

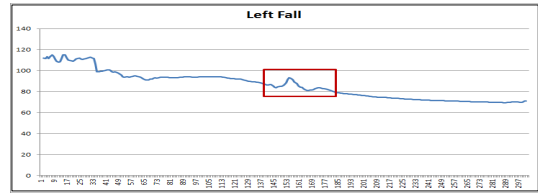


그림 9. 왼쪽 넘어짐의 속도벡터의 회전각
Fig. 9 Angle of velocity vector of fall left

그림 10은 속도벡터를 사용하여 넘어진 방향을 판단하기 위한 순서도이다. 가속도로부터 속도벡터를 구하고 X,Y평면상에서 속도벡터가 이루는 각을 추적하여 일정범위에 따라 넘어지는 방향을 판단한 것이다.

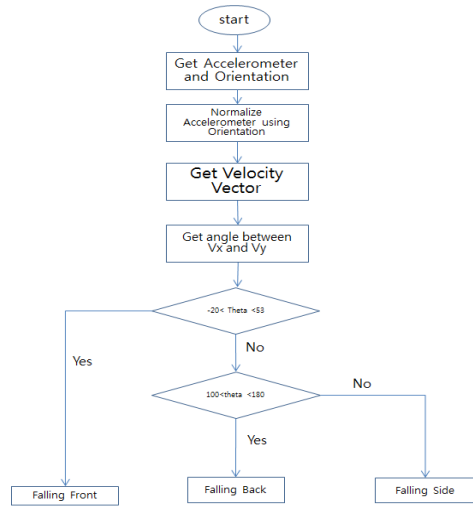


그림 10. 넘어짐 방향 판단 순서도
Fig. 10 Flow chart of decision of falling direction

IV. 실험 및 평가

실험에 사용된 기기는 갤럭시 S3에 내장된 가속센서를 사용하였으며, 안드로이드 버전 4.4.2를 사용하였다. 개발 환경은 이클립스(Eclipse) 기반으로 구글에서 제공하는 안드로이드 개발 툴 킷을 사용하였다. 넘어짐은 1초 내외의 빠른 시간에 일어나기 때문에 가속센서의 추출 주기를 100ms로 하여 가속센서의 값을 추출 하였다.

본 논문에서는 2명의 실험자가 전후좌우방향으로 넘어지는 실험을 수행하였다. 전후로 넘어지는 경우로 분

류하였을 경우는 100% 넘어지는 방향을 판단 할 수 있었다. 하지만, 측방을 측정하는 경우에는 전후방으로 잘 못 예측하는 경우가 한번 발생하여 87.5%의 정확성으로 판단하였다. 전체 실험성고율은 93.75%이다.



그림 11. 넘어짐 방향 실험사진
Fig. 11 Pictures of falling direction test

앞뒤로 넘어지는 경우에는 넘어지는 방향이 상이하 여 정확하게 판단할 수 있었지만, 측면으로 넘어지는 경우에는 사람의 따라 넘어지는 특성이 있고, 넘어지면 서 몸을 회전하는 경우가 많이 발생하여 약간의 정확도 가 낮은 것을 알 수 있었다. 하지만 대부분의 경우엔 속 도 벡터를 가지고 정확한 넘어지는 방향을 예측 가능하 다는 것을 실험을 통해 알 수 있었다.

표 3. 실험 결과 분석표
Table. 3 Confusion Matrix of test results

구분	Front	Back	Side
Front	4	0	0
Back	0	4	0
Side	0	1	7

표 4. 실험결과 비교표
Table. 4 Table of Comparison

구분	[1]	[8]	[6]	제안기법
분석 방법	2개의 가속도벡, 가속도벡터 변화량	스마트폰의 방향	가속도벡터의 Z성분 방향	속도벡터의 방향
성공률	91.4%	94%	83.33%	93.75

본 논문에서는 전후방 측방 판단을 위해서 넘어지는 순간의 30개의 샘플의 평균값을 활용하였다. 전방으로

판단되는 경우에는 -20 ~ 53범위에 들어가는 값으로 판 단하고, 후방의 경우에는 100 ~ 180범위에 들어가는 값 으로 설정하였고, 나머지는 모두 측방으로 판단을 하였 다. 제안기법과 기존 연구의 실험 및 방법이 달라 직접 비교하기 곤란하지만 표3과 4와 같이 유사하거나 약간 높은 성공률을 보였다. 2개의 가속도벡터를 사용하여 넘어짐과 넘어지는 방향을 판단한 [1]의 경우 평균 91.4%의 판단 성공률을 보였으며, 넘어진 후의 스마트 폰의 방향으로 판단한 [8]의 경우 94% 인식 성공률로 제안기법보다 약간 높은 성공률을 보였다. 가속도 벡터 의 Z성분의 방향으로 판단한 [6]의 경우 83.33%의 성 공률을 보였다.

V. 결 론

가속센서를 사용하여 인간의 행동을 분석하고 해석 하고자 하는 시도는 오래된 연구 분야이다. 특히 넘어 짐의 경우 노인이나 산업현장에서 부상의 중요한 원인 으로 분류 되고 있다. 가속센서에서 추출되는 가속도 벡터를 사용하면 일반적인 행동과 넘어짐을 어렵지 않 게 구별할 수 있다. 그러나 넘어짐의 방향을 판단은 가 속도 벡터만을 사용하여 판단하기 어렵다.

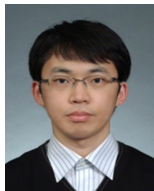
속도 벡터는 물체의 움직이는 방향의 접선방향으로 나타나기 때문에 본 연구에서는 넘어지는 방향을 속도 벡터의 방향을 고려하는 방법을 제시하였다. 넘어짐의 방향을 판단하는데 방법으로 속도벡터를 사용하는 방 법은 제시된 적이 없는 방법이며, 향후 다양한 분야에 적용 가능한 방법으로 판단된다. 넘어짐 방향을 속도벡 터의 방향을 이용함으로써 물리적인 현상을 고려하였 지만 완벽하게 판단하는 방법을 개발하고, 일반적인 환 경에 적용하기 위해서는 향후 지속적으로 연구 되어야 할 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행 된 것임 (2014-017928).

REFERENCES

- [1] Q. Li, J.A. Stankovic, M.A. Hanson, A.T. Barth, J. Lach, and Z. Zhou, "Accurate, fast fall detection using gyroscopes and accelerometer-derived posture information," in *Proceeding of Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, 2009, pp. 138-143, 2009.
- [2] R.K. Jennifer, M.W. Gary, and A.M. Samuel, "Activity recognition using cell phone accelerometers," *ACM SIGKDD Explorations Newslette*, vol. 12, no. 2, pp.74-82, 2010.
- [3] N. Noury, "A smart sensor for the remote follow up of activity and fall detection of the elderly," in *Proceedings of the 2nd International IEEE EMBS Special Topic Conference on Microtechnologies in Medicine and Biology 2002*, pp. 314-317, 2002.
- [4] Available: <http://www.segiair.co.kr>.
- [5] T.H. Quoc, D.N. Uyen, V.T. Su, N. Afshin, and Q.T. Binh, "Fall detection system using combination accelerometer and gyroscope," in *Proceeding of the Second International Conference on Advances in Electronic Devices and Circuits 2013*, pp. 52-56, 2013.
- [6] S. Abbate, M. Avvenuti, F. Bonatesta, G. Cola, P. Corsini, and A. Vecchio, "A smartphone-based fall detection system," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 8, no. 6, pp. 883-899, 2012.
- [7] M. Tolkiehn, L. Atallah, B. Lo, and G.Z. Yang, "Direction sensitive fall detection using a triaxial accelerometer and a barometric pressure sensor," in *Proceeding of Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*, pp. 369-372, 2011.
- [8] S.Wang, J. Yang, N. Chen, X. Chen, and Q. Zhang, "Human activity recognition with user-free accelerometers in the sensor networks," in *Proceeding of the Neural Networks and Brain, 2005, vol.2, pp. 1212-1217, 2005*.
- [9] Y.W.Bai, S.C. Wu, and C.H. Yu, "Recognition of direction of fall by smartphone," in *Proceeding of the Electrical and Computer Engineering (CCECE), 2013 26th Annual IEEE Canadian Conference*, pp. 1-6, 2013.
- [10] A. Anjum and M.U. Llyas, "Activity recognition using smartphone sensors," in *Proceeding Consumer Communications and Networking Conference 2013 IEEE*, pp.914-916, 2013.
- [11] S. Thiemjarus, "A device-orientation independent method for activity recognition," in *Proceeding of the IEEE Body Sensor Networks 2010*, pp. 19-23, 2010.
- [12] S. Abbate, M. Avvenuti, F. Bonatesta, G. Cola, P. Corsini, and A. Vecchio, "A smartphone-based fall detection system," *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 8, no. 6, pp. 883-899, 2012.
- [13] Available: developer.android.com/reference/android



이우식(Woosik Lee)

2009년 2월 경기대학교 컴퓨터과학과 (이학박사)
 2011년 2월 경기대학교 컴퓨터과학과 (이학석사)
 2011년 3월 ~ 현재 경기대학교 컴퓨터과학과 박사과정 중
 ※ 관심분야 : 무선 네트워크 시스템, 센서 네트워크



송특섭(Teuk Seob Song)

2001년 2월 연세대학교 수학과 (이학박사)
 2006년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과 (공학박사)
 2006년 3월 ~ 현재 목원대학교 융합컴퓨터미디어학부 부교수
 ※ 관심분야 : 웹환경 어노테이션, 센서네트워크



Jong Hoon Youn

2002년 8월 Dept. Computer Science at Oregon State University (Ph.D.)
 2002년 9월 ~ 2008년 8월 Assistant Professor in the Computer Science Department at the University of Nebraska - Omaha
 2008년 9월 ~ 현재 Associate Professor in the Computer Science Department at the University of Nebraska - Omaha
 ※ 관심분야 : Wireless Communication and Mobile Computing