

# 벡터의 성질을 활용한 딥러닝 기반 노인 낙상 감지 알고리즘

<sup>1</sup>문창욱, <sup>1</sup>이재욱, <sup>1</sup>원일용, <sup>2</sup>김현정

<sup>1</sup>서울호서직업전문학교 컴퓨터공학과 학부생

<sup>1</sup>서울호서직업전문학교 ICT융합보안학과 학부생

<sup>1</sup>서울호서직업전문학교 ICT융합보안학과 교수

<sup>2</sup>건국대학교 상허교양대학 조교수

bizmcw1217@gmail.com, dlwodnr59@gmail.com, clcccclcc@hoseo.ac.kr,

nygirl@konkuk.ac.kr

## Deep Learning-Based Fall Detection Algorithm for Elderly Utilizing Vector Property

Chang-Wook Moon<sup>1</sup>, Jae-Wook Lee<sup>1</sup>, Il-Yong Won<sup>1</sup>, Hyun-Jung Kim<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Computer Engineering, Seoul Hoseo College

<sup>1</sup>Dept. of ICT Convergence Security, Seoul Hoseo College

<sup>2</sup>Dept. of Sang-huh college, Konkuk University

### 요 약

고령화 사회로 인한 노인의 건강과 안전에 대한 관심이 증가함에 따라 낙상 문제는 더욱 중요해졌다. 기존 연구들은 영상에서 인체의 관절위치를 측정하고 이것만을 활용하여 낙상을 감지했지만, 본 논문에서는 방향과 속력 정보를 추가하여 탐지 능력을 향상시켰다. 실험결과 기존 방식에 비해 향상된 성능을 관찰할 수 있었다.

### 1. 서론

현재 고령화 사회에서 독거노인의 안전 문제는 점차 더 심각한 문제로 부각되고 있다[1]. 독거노인이 혼자 생활하면서 사고가 발생할 경우 신속한 대응이 이루어지지 않을 시, 생명에 직·간접적인 위협을 받을 수 있는 상황에 노출된다[2]. 이에 따라 독거노인의 안전과 건강을 보호하는 것은 절대적인 중요성을 갖고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 낙상 감지 연구는 주로 관절 좌표만을 이용하여 낙상을 탐지하는 방식을 사용했다. 그러나 이러한 방식은 낙상(Fall)을 감지하는 데에는 효과적일 순 있지만 정상적인 행위도 낙상으로 잘못 탐지하는 오탐지 문제가 존재한다[3].

따라서, 본 논문에서는 이러한 오탐지 문제를 개선하기 위해 관절 좌표에 방향과 속력 정보를 추가한 낙상 감지 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘의 유용성은 실험으로 검증하였다.

2장에서는 벡터 기반 낙상 감지 알고리즘의 세부 내용을 소개하고, 3장에서 실험 및 결과를 통해 유용성을 입증하였다. 4장에서는 결론 및 향후 과제를 언급하였다.

### 2. 벡터 기반 낙상 감지 알고리즘

본 논문에서는 낙상 감지의 정확성을 높이기 위해 인간이 넘어지는 순간의 움직임 방향과 속력 정보를 학습 데이터에 추가하였다. 방향 정보는 낙상(Fall) 시 발생하는 움직임의 방향을 나타낸다. 이를 통해 정상적인 행위와 낙상의 구별을 강화하고자 한다. 사용한 수식은 다음과 같다.

$$D = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 \quad [\text{수식 1}]$$

[수식 1]에서  $\vec{v}_1$  은 현재 프레임의 위치를 나타내는 벡터이고,  $\vec{v}_2$  는 이전 프레임의 위치 벡터이다. D 는 두 벡터 차로 이전 프레임부터 현재 프레임까지의 움직임 방향과 크기를 의미한다. 이 값을 통해 정상적인 행위와 낙상을 구별하고자 한다.

벡터의 속력 정보는 낙상 시 발생하는 움직임의 속력을 의미한다. 일반적 행위에 비해 낙상은 순식간에 발생하는 경우가 많아 S 값을 고려하였다.

$$S = \frac{\vec{v}_1 - \vec{v}_2}{t_1 - t_2} \quad [\text{수식 2}]$$

[수식 2]에서  $t_1$ ,  $t_2$ 는 현재 프레임의 관찰 시간, 이전 프레임의 관찰 시간이다. S는 두 프레임 사이

의 속력을 나타낸다.

요약하면, D는 두 프레임 사이의 방향을 측정한 것이고, S는 속력을 측정한 것이다.

제안하는 낙상 감지 알고리즘은 아래와 같다.

<표 2> 낙상 감지 의사코드

```

1 LOOP
2   CJC <- MediaPipe(Frame)
3   EKA <- angle(elbow, knee)
4   Direction <- vector(PJC - CJC)
5   Speed <- (PJC - CJC) / time
6   GID <- [[CJC, EKA, Speed, Direction]]
7   IF Sequence( Fall -> Lie ) THEN
8     fall_detect()
9   END IF
10 END LOOP
# EAK: Elbow Knee Angle, GID: GRU Input Data
# PJC: Previous Joints Coordinates CJC: Current Joints
coordinates
    
```

3. 실험 및 결과

3.1 실험 데이터셋

학습 알고리즘은 GRU를 사용하였고, 우리가 필요한 데이터를 구하기 어려워 필요한 행위 데이터를 직접 만들어 사용하였다. 모델 학습에 사용된 행위 영상은 Fall, Walking, Lie, Sit이며, 각각 52개씩 총 208개의 영상을 사용하였다. 모델의 성능을 평가하기 위해서 인터넷에서 30개의 낙상 영상을 수집하여 사용하였고 나머지 행위를 각각 30개씩 사용하였다.

영상 데이터는 시계열 데이터로 각각의 영상마다 Sliding Window를 이용하여 학습데이터를 생성하였고, Window의 크기는 30으로 설정하였다.

실험 데이터셋은 관절 좌표, 사이 각도, 방향 및 속력 정보로 구성된다. 관절 좌표는 'MediaPipe'를 활용하여 추출하였다[4]. 아래 그림은 위 방법으로 만들어진 학습 데이터의 일부분이다.

|                |                |                |                |
|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 3.34768176e-01 | 4.27208841e-01 | 6.98122457e-02 | 9.99558270e-01 |
| 3.36658090e-01 | 4.15258527e-01 | 4.93618846e-02 | 9.99531925e-01 |
| 3.36733758e-01 | 4.15029645e-01 | 4.93377522e-02 | 9.99538898e-01 |
| 3.36837649e-01 | 4.14793551e-01 | 4.93238941e-02 | 9.99636948e-01 |
| 3.38743210e-01 | 4.14810002e-01 | 6.89215958e-02 | 9.99649346e-01 |
| 3.40256184e-01 | 4.14207041e-01 | 6.89396858e-02 | 9.99603331e-01 |

(그림 1) 학습 데이터

3.2 실험결과

일반적으로 낙상감지에서는 낙상여부를 정확하게 판별하는 것이 중요하기 때문에 실험결과는 Recall 값을 중심으로 관찰하였다.

실험 결과, 제안 알고리즘은 다양한 각도의 낙상 영상에서 기존 모델보다 높은 낙상 감지율을 보였고 낙상을 다른 행위로 감지하는 비율 또한 낮았다.

<표 3> 실험결과

|        | 기존모델(A) | 제안모델(B) |
|--------|---------|---------|
| Recall | 88.3%   | 95.3%   |

<표3>은 제안한 알고리즘과 기존 모델 Recall 비교 결과로, 제안한 모델(B)의 Recall은 95.3%로 기존 모델(A)의 88.3%보다 7% 높은 성능을 보였다. 이를 통해 제안한 방법이 낙상 감지의 정확성을 높이는 데 효과적임을 확인했다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 인간의 관절 좌표와 낙상 시 발생하는 방향과 속력 정보를 활용하여 독거노인의 낙상을 감지하는 알고리즘을 제안하였다. 실험에 의하면 제안된 방법은 기존 모델보다 낙상을 더 효과적으로 감지하였다. 그러나 실험에서는 재현된 낙상 데이터셋을 사용하였기에 실제 상황과 차이가 있을 수 있다는 한계가 있다.

향후 연구에서는 실제 상황에서 발생한 낙상 데이터셋을 활용하여 실험하는 것이 필요하다. 또한 실험에 사용한 GRU이외에 다양한 시계열 모델을 적용하여 실험하는 것이 필요하다.

참고문헌

[1] 이승우, 백기청, 이경규, 이석범, 김경민, 김도현 and 이정재. "독거노인의 외로움에 영향을 미치는 위험요인" 정신신체의학 27, no.2 (2019) : 173-180.  
 [2] 김원욱.(1998).노인의 낙상에 관한 고찰.재활간호학회지,1(1),43-50.  
 [3] 광철민(CheolMin Kwak),김유상(YuSang Kim), 이중범(JoongBeom Lee),정지민(JiMin Jung),and 유철중(CheolJung Yoo). "딥러닝 기반 독거노인 이상 행동 감지 모니터링 시스템." Proceedings of KIIT Conference 2022.6 (2022): 461-465.  
 [4] LUGARESI, Camillo, et al. Mediapipe: A framework for building perception pipelines. arXiv preprint arXiv:1906.08172, 2019.