

# YOLOv3 알고리즘을 이용한 실시간 낙상 검출

\*김지민, 윤기범, 심정용, 박소영, 신연순

동국대학교 컴퓨터공학과

\*[kluiop1@dgu.ac.kr](mailto:kluiop1@dgu.ac.kr)

## Real-time fall detection using YOLOv3 algorithm

Kim Ji Min, Yoon Ki Bum, Sim Jeong Yong, Park So Young, Sin Yeon Soon  
Dongguk Univ. Computer Science Engineering

### 요약

본 논문에서는 실시간 CCTV를 이용하여 사회적 문제인 급성 심장정지 발생으로 인한 낙상 사고를 조기에 방지하는 방법을 제안한다. 딥 러닝 기반의 YOLOv3 알고리즘을 사용하여 사람 객체를 검출하고, 검출된 사람 객체의 움직임을 바탕으로 낙상 검출 알고리즘을 제안한다.

### I. 서론

급성 심장정지 발생 환자 수는 꾸준히 증가하는 추세로 최근 고령화 사회로의 진입과 더불어 이 추세는 지속될 것으로 보인다. 질병관리본부 질병예방센터는 [1]을 통해 급성 심장정지 발생 환자 수가 2006년에서 2017년 사이 약 1.5배 증가하였다고 밝혔다. 그리고 심폐소생술(CPR) 시행률의 상승으로 환자들의 생존율과 뇌 기능 회복률 또한 증가하였다고 언급하였다. 하지만 이런 상황에도 생존율과 뇌 기능 회복률은 10%를 넘지 않고 있다. 이러한 지표는 CPR 시행률과 연관이 있다고 언급되는데, 현재 체계에서 환자 조기 발견 시스템이 그 해결책이 될 것이다.

이러한 급성 심장정지 외에도 독거 노인에게 낙상이 위험한 요소라는 것 이 널리 인식된 상황에서 낙상 관련 연구가 꾸준히 이뤄지고 있다. 기존의 낙상 검출과 관련된 선행 연구들은 센서를 이용한 검출 방법과 영상 처리 기술을 이용한 검출 방법으로 나뉜다. 센서를 사용한 방법은 가속도 센서나 자이로 센서를 이용하여 그 행동을 낙상으로 판단한다. 이 방법은 센서를 갖추는데 따르는 비용적 부담과 항상 몸에 지니고 있어야 한다는 사용상의 불편함이 있다. 영상 처리 기술을 이용한 방법은 차영상(subtraction image) 기법을 적용해 검출한 객체에 낙상 검출 알고리즘을 적용하는 방법이다. 이 방법은 차 영상 기법에서 사용할 기준 영상이 필수적이며, 움직이는 물체는 모두 사람이라는 가정이 단점으로 작용한다.

따라서 본 논문은 기존의 단점들을 보완하기 위해 딥 러닝 기반의 YOLOv3를 이용한 실시간 보행자 낙상 검출 방법을 제안한다.

### II. 실시간 낙상 검출 알고리즘

본 논문에서는 딥 러닝 기반의 YOLOv3를 이용하여 사람을 검출하고, 주변에 박스를 바운딩한다. 그리고 분류된 사람의 낙상을 판별하기 위해 2가지 알고리즘을 적용한다.

#### 2.1 실시간 사람 검출

기존의 차영상 기법의 사람 검출은 배경 기준 영상이 필요하고 움직이는 물체는 모두 사람이라는 가정이 단점으로 작용한다. 따라서 본 논문에서는 YOLOv3를 기반으로 사람을 검출한다. 이후 검출된 사람 주위에 바운딩 박스를 만들어 사람을 표시한다. 학습 데이터는 [3]에 있는 YOLOv3.weights와 YOLOv3.cfg를 이용하였고, 작동 방식은 연산 속도를 고려하여 1초에 2개 프레임을 대상으로 검출을 진행하였다.

#### 2.2 낙상 검출 알고리즘

낙상 검출을 위해 기본적으로 [2]의 선행 연구에서 제시한 방법과 본 연구에서 새롭게 제시한 방법을 혼용하여 사용하였다.

##### 2.2.1 선행 연구

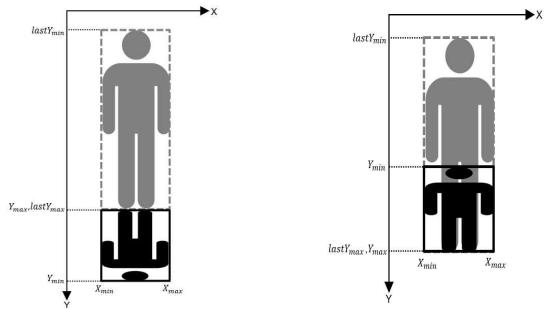


그림 a) 전방 낙상

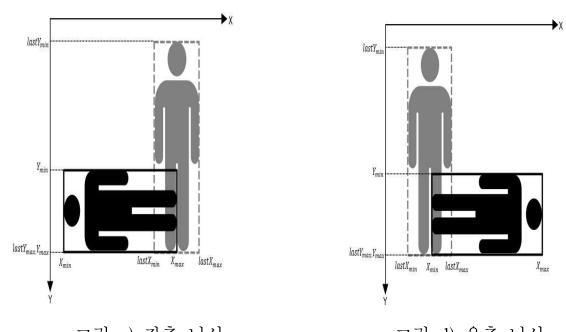


그림 c) 좌측 낙상

[2]에서는 낙상의 형태를 전방낙상 (그림 a)), 후방낙상 (그림 b)), 좌측낙상 (그림 c)), 우측낙상 (그림 d)) 으로 구분하였다. 해당 논문에서는 전방낙상의 경우, 객체 너비에 해당하는  $X_{\min}$  과  $X_{\max}$  값의 변화가 거의 없으며, 객체 높이에 해당하는  $Y_{\min}$  과  $Y_{\max}$  값이 증가한다고 분석했다. 후방낙상의 경우,  $X_{\min}$  과  $X_{\max}$ ,  $Y_{\max}$  값은 변화가 거의 없으며  $Y_{\min}$  값이 증가한다. 그리고 좌측 낙상의 경우  $X_{\min}$  과  $X_{\max}$ ,  $Y_{\min}$ 과  $Y_{\max}$  값은 감소,  $Y_{\min}$ 과  $Y_{\max}$  값은 증가하며 우측 낙상의 경우  $X_{\min}$ 과  $X_{\max}$  값 증가,  $Y_{\min}$ 과  $Y_{\max}$  값 또한 증가하는 것으로 분석했다. “결과적으로 4개의 방향으로 낙상할 경우 공통으로  $Y_{\min}$  값이 증가하며, 좌측과 우측 낙상의 경우  $X_{\max}$ 과  $X_{\min}$  값의 증가와 감소가 뚜렷이 나타나는 것을 볼 수 있다.”라고 결론지으며, 다음과 같은 식을 제안하였다.

$$A = \frac{X_{\max} + Y_{\min}}{2} \quad (1)$$

$$B = \frac{X_{\min} + Y_{\max}}{2} \quad (2)$$

여기서 식 (2)는 낙상 임계값을 구하는 연산식이고, 식 (1)은 해당 사람의 낙상 상태를 계산하는 연산식이다. 낙상 판별은 식 (1)의 값이 식 (2)의 값 이상일 경우 낙상으로 판단한다.

### 2.2.2 제안하는 낙상 검출 방법

제안하는 낙상 검출 방법은 넘어지는 속력을 이용한 방법이다. [4]에 따르면, 낙상 행동에서 땅에 닿기까지 상체는 약 0.8초, 하체는 약 0.5초의 시간이 걸린다고 분석했다. 이 특성을 이용해 같은 사람의 같은 신체 부위의 이용해 속력을 구하고, 그를 통해 낙상을 검출한다.

이전 프레임과 현재 프레임에서 같은 사람을 찾는 방법은 다음과 같다. 후방과 좌측, 우측 낙상에 해당하는 그림 b), 그림 c), 그림 d)의 경우, 공통적으로  $Y_{\max}$  값보다,  $X_{\min}$ 과  $X_{\max}$  값의 변화량이 많다. 하지만 전방 낙상의 경우,  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$ ,  $Y_{\min}$ ,  $Y_{\max}$  값 모두가 변화량이 많다. 이에 전방 낙상의 경우를 제외한 나머지 경우 다음과 같은 검출식을 제안하였다.

$$a = (X_{\max} - \text{last } X_{\max}) \quad (3)$$

$$b = (X_{\min} - \text{last } X_{\min}) \quad (4)$$

$$c = (Y_{\max} - \text{last } Y_{\max}) \quad (5)$$

( $\text{last } X_{\min}$ ,  $\text{last } X_{\max}$ ,  $\text{last } Y_{\max}$ 는 이전 프레임의  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$ ,  $Y_{\max}$ )  
식 (3)은  $X_{\max}$  값의 변화량을 나타낸다. 식 (4)는  $X_{\min}$  값의 변화량이고, 식 (5)는  $Y_{\max}$  값의 변화량이다. 이 식들을 기반으로 동일 인물의 바운딩 박스를 찾는 알고리즘을 다음과 같이 제안한다.

$$\text{if } |a| < \delta \text{ and } |b| < \delta \text{ and } |c| < \delta \quad (6)$$

pseudo-code 식 (6)은 각 변화량이 오차범위  $\delta$  내에 있는지를 확인한다. 이와 같은 과정으로 같은 사람의 바운딩 박스를 구하고 중심점을 찾는다. 중심점은 사람의 배꼽 부분에 해당한다. 이 중심점을 기준 부위로 설정해 이동 시 속력을 구하는 다음과 같은 식을 제안한다.

$$P_{cen} = \left( \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2}, \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \right) \quad (7)$$

$$\text{last } P_{cen} = \left( \frac{\text{last } X_{\max} + \text{last } X_{\min}}{2}, \frac{\text{last } Y_{\max} + \text{last } Y_{\min}}{2} \right) \quad (8)$$

$$Pixel2Cm = (\text{last } Y_{\max} - \text{last } Y_{\min}) / \text{Height}_{\text{person}} \quad (9)$$

$$a = \left( \frac{X_{\max} + X_{\min}}{2} \right) - \left( \frac{\text{last } X_{\max} + \text{last } X_{\min}}{2} \right) \quad (10)$$

$$b = \left( \frac{Y_{\max} + Y_{\min}}{2} \right) - \left( \frac{\text{last } Y_{\max} + \text{last } Y_{\min}}{2} \right) \quad (11)$$

$$V = (\sqrt{a^2 + b^2} * Pixel2Cm) / (1/2) \quad (12)$$

식 (7)과 (8)은 각각 현재 프레임과 이전 프레임에 있는 박스의 중앙점 좌표를 구하는 식이다. 식 (9)는 사람 신장을 이용하여 1pixel에 해당하는 크기를 cm로 변환해준다. 식 (10)과 (11)은 중심점 각 축에서의 변화량을, 식 (12)는 총변화량 즉, 이동 시 속력을 나타낸다.

이후 기준 부위인 배꼽의 높이를 1m로 가정해, 상체가 땅에 닿는 약 0.8초, 하체가 땅에 닿는 약 0.5초의 시간을 이용하여 속력의 임계 범위를 만들고 범위에 속하면 해당 행동은 낙상이라고 판단한다.

### 2.4 연구 결과

실험 결과에 대한 평가를 위해 다음과 같은 식을 제안한다.

$$\text{오인식률} = \frac{\text{오인식된 이미지들}}{\text{검출된 낙상 이미지들}} \quad (13)$$

$$\text{미인식률} = \frac{\text{미인식된 낙상수}}{\text{검출되어야하는 낙상수}} \quad (14)$$

실험에 사용할 실험 영상들은 핸드폰 카메라(삼성 갤럭시 노트10 5G)와 지능형 CCTV를 사용하여 서울 소재 D 대학에서 촬영하였고, 실험은 카메라에 나온 사람들의 전신이 모두 카메라 앵글 내에 존재한다는 전제 하에 영상 분석이 이루어졌다.

표 1) 실험분석 결과

촬영장소 _촬영기구	indoor _phone	indoor _CCTV	outdoor _phone	outdoor _CCTV
인식률	75%	100%	100%	33%
인식 정확도	84.7%	77%	71.2%	50%
인식률 = 100 - 미인식률, 인식 정확도 = 100 - 오인식률				

본 실험에서는 [2]의 실험 조건과 다르게 다양한 장애물과 변수가 존재하는 야외에서 촬영한 영상을 사용했다. CCTV의 균질하지 못한 화질, 객체와의 먼 거리, 부정확한 촬영 각도 등의 요인으로 낮은 정확도를 보인다. 오인식은 앉아있는 객체를 낙상으로 인식하는 경우가 대다수였고, 미인식은 상체가 장애물에 의해 가려지는 상황에서 발생했다.

실상황에 가까운 야외 CCTV 환경에서 인식률은 부족했지만, 핸드폰 환경에서 그 인식률이 높게 상승한 것으로 보아, 화질 개선 및 주변 장애물들을 고려한 CCTV 장소선정이 뒷받침된다면 정확한 낙상 검출을 할 수 있을 것이다.

### III. 결론

본 논문은 기존의 낙상 검출을 개선하여 실시간으로 낙상을 검출하는 방법을 제안하였다. YOLOv3를 사용하여 사람을 검출하고 바운딩 박스로 검출된 사람을 표시하였으며, 낙상 판별을 위해 [2]에서 사용된 낙상 검출 방법에 추가로 속도를 이용하여 낙상을 검출하는 방법을 제안하였다. 기존의 영상 처리를 이용한 낙상 검출연구는 사람을 추출할 때 차 영상 기법을 사용하여 매우 제한된 조건에서만 적용할 수 있었지만, 본 논문은 딥러닝 기반의 YOLOv3를 적용해 실시간 환경에 적합하게 만들었다. 하지만 본 논문에서 사용된 실험 영상은 야외 CCTV 환경에서 촬영을 진행하여 실제와 같은 속력으로 넘어지는 낙상을 연출하기 제한적이고 또한 외부 환경에서의 많은 변수와 장애물이 있었다. 이러한 문제점으로 인하여 [4]의 속력을 이용한 낙상 검출에 필요한 표본을 획득하기 어려웠고, 여러 변수가 경계조건으로 작용해 정확도가 하락하였다. 이후 본 연구는 정확한 표본을 획득하기 위해 화질 개선 부분과 화각 조절 그리고 인식 정확도를 위한 알고리즘을 지속해서 개선해나갈 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학 지원사업의 연구결과로 수행되었음"(2016-0-00017)

### 참 고 문 헌

- [1] 윤하정, 권윤형, 안주연, 김영택. (2018). 2006-2017년 급성심장정지조사 주요 결과. 주간 건강과 질병 제 11권 제51호: 질병관리본부 질병예방센터 만성질환관리과
- [2] 황세현, 반성범. (2016). 오픈소스 하드웨어와 RGB 카메라를 이용한 낙상 검출 시스템. 한국정보기술학회논문지 12(4), 2016.4, 19-24(6 pages)
- [3] <https://pixeddie.com/darknet/yolo/> (2013-2016)
- [4] 김성현, 김용욱, 권대규, 김남균. (2006). 낙상 방향에 따른 신체 관절의 동적 특성 분석. 한국정밀공학회 학술발표대회 논문집. 2006.10.451-452(2 pages)