

ISSN 1738-9593
제25권 2호

www.ksii.or.kr

www.ksii.or.kr

2024 추계학술 발표대회 [논문집]

2024.10.24(목)~26(토)

라마다제주 더함덕호텔

주최 및 주관

(사)한국인터넷정보학회

후원

서울디지털재단, 차세대융합기술연구원,
쌍용정보통신(주), SK브로드밴드(주)

www.ksii.or.kr



KOREAN SOCIETY FOR INTERNET INFORMATION
사단 한국인터넷정보학회
법인 한국인터넷정보학회

J-8. 자동차 자율주행 사이버보안 모델의 현황과 개선방안 연구	179
박상진, 서승우(국제사이버보안인증협회)	
J-9. 개인정보보호 자격 제도의 필요성 및 활성화 방안	181
서승우(국제사이버보안인증협회)	
J-10. 안전한 가상자산 데이터품질 유지에 관한 연구: ISMS 인증 비교 중심으로	183
변승환, 공유민(국제사이버보안인증협회)	
J-11. LLM 기반 사이버 위협 분석 보고서 TTP 자동 추출 기술	185
최창희, 박용현, 김형록, 김지훈(국방과학연구소)	
J-12. MITRE ATT&CK 기반 APT 캠페인 데이터 증강 및 AI 학습을 통한 공격 주체 식별	187
김지훈, 김형록, 최창희(국방과학연구소)	
K. 과학치안/범죄예방/지능형CCTV응용(과학치안연구회 워크숍) / 좌장: 장정현 교수(경기대)	
K-1. 조도가 낮은 야간상황에서의 자율순찰 로봇 및 치안 이상상황 판별 기술 연구	193
박종승, 홍승표(전주대), 채나정, 최지호, 변성우(KETI)	
K-2. 멀티 스트리밍 환경에서 시스템 오버헤드 문제를 해결하기 위한 다중 쓰레드 기반 Frame Round-Robin 분석 방법	195
김규일, 유현, 정경용(경기대)	
K-3. 지리공간분석을 통한 서울특별시 어린이보호구역 내 무인교통단속카메라의 어린이 교통사고 예방 효과 분석	197
박준호, 황의갑(경기대)	
K-4. 노숙인 지원 시설 내 노인 노숙인 낙상 모니터링 시스템	199
양진모, 김현태, 진예진, 김영철(홍익대)	
K-5. Graph-based Indexing Video Retrieval System	201
팜단람, 장정현, 안상은, 김주창, 신경희, 김경숙, 김광훈(경기대)	
K-6. 프로세스 마이닝 기반 절차적 범죄상황 발견	203
조은비, 장정현, 팜단람, 김광훈(경기대)	

노숙인 지원 시설 내 노인 노숙인 낙상 모니터링 시스템

양진모¹, 김현태², 진예진², 김영철³
^{1,2}홍익대학교 소프트웨어융합학과 석사과정
³홍익대학교 소프트웨어융합학과 교수

e-mail : {yjmd2222, hyuntaekim, yejin_jin}@g.hongik.ac.kr, bob@hongik.ac.kr

Elderly Homeless People's Fall Detection Monitoring System in Homeless Shelters

Jinmo Yang¹, Hyuntae Kim², Ye Jin Jin², and R. Young Chul Kim³

1. 서론

노숙인은 경제적이고 심리적인 이유로 자립적인 생활을 하기 어렵다. 따라서 정부와 각종 복지 단체는 노숙인에게 각종 지원을 제공하여 노숙인이 기초적인 생활을 할 수 있도록 돕는다. 시설 노숙인은 거주지를 지원 받아, 거주 시설 없이 거리에 노숙하는 거리 노숙인[1] 대비 위험 요소가 적고 조금 더 안정적인 생활을 하지만, 거주 시설과 건강 상태 등 여러 요인으로 인해 여전히 사고는 발생할 수 있다. 반면, 세계보건기구에 따르면 2021년 기준 낙상은 우발적 사고 사망 요인 중 2위를 차지했다 [2]. 따라서 본 연구는 노인 노숙인 지원 시설 내 노인 노숙인 낙상(Fall Down/Slide Down) 모니터링 시스템을 제안한다. 이 모니터링 시스템은 실시간으로 발생한 낙상을 감지하고 경고하여 노인 노숙인이 즉시 의료 지원을 받을 수 있도록 하는 것을 목표로 한다. 또한, 연산량을 대폭 낮추는 방향으로 알고리즘을 고안하여, 낮은 성능의 장비를 보유한 대부분의 지원 시설[3]에서도 문제없이 작동할 것을 기대한다. 2장에서는 관련 연구를 소개한다. 3장에서는 노인 노숙인 지원 시설 낙상 모니터링 시스템을 소개한다. 4장에서는 시스템의 낙상 감지 알고리즘의 연산량을 언급한다. 5장에서는 결론을 언급한다.

2. 관련 연구

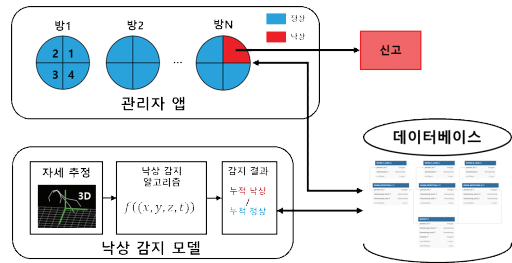
자세 추정(pose estimation)은 사람 신체의 주요 관절들에 좌표(키포인트, keypoints)를 추론하는 컴퓨터 비전 영역의 딥러닝 기술이다[4]. 이를 활용하여 사람의 행동이나 상태를 나타낼 수 있으며, 따라서 낙상 감지에도 사용할 수 있다. 관련 연구로, pose estimation-based fall detection methodology(PEFDM)는 먼저 영상 데이터에서 자세 추정을 통해 키포인트를 추론했다 [5]. 이후 LSTM을 기반으로 한 감지 모델에 키포인트를 입력시켜 낙상 또는 정상을 판단했다. 이는 비교 대상인 타 모델들에 비해 월등히 높은 감지 성능을 보여주었다. 하지만 LSTM은 인공신경망을 기반으로 하므로 복잡도가 매우 높다.

Alam *et al* [6]은 타 낙상 감지 기술들이 매우 높은 연산 능력을 요구하는 것을 제한사항으로 보았다. 따라서 자세 추정과 추론된 키포인트로 낙상을 감지하는 알고리즘 둘 다 실시간과 낮은 연산량 만족할 것을 제시했다. 먼저 자세 추정은 대부분의 기기에서 30 FPS 이상의 성능을 보이는 MoveNet Thunder 모델을 사용했다. 낙상 감지 알고리즘은 키포인트와 침대의 좌표를 분석하는 방법을 제안했다. 이 방법은 타 낙상 감지 시스템에 비해 연산량이 매우 적다. 하지만 카메라의 각도를 고려하지 않고, 자세 추정 모델은 침대를 인식하지 못하기 때문에

각각의 낙상 감지 환경마다 별도의 설정이 필요하다.

3. 모니터링 시스템

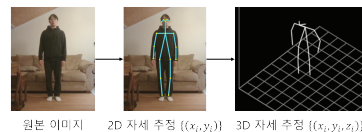
노인 노숙인 지원 시설 낙상 모니터링 시스템은 낙상 감지 부분에 인공지능보다 연산량을 대폭 감소시키면서도 각 상황에 튜닝을 필요하지 않는, 일반적인 환경에서도 매우 준수한 성능으로 작동하는 시스템이다. 이는 낙상 감지 모델, 데이터베이스, 그리고 관리자 앱으로 구성되어 있다. 그림 1은 전체 모니터링 시스템의 도식화를 보여준다.



(그림 1) 노숙인 지원 시설 내 노인 노숙인 낙상 모니터링 시스템 도식화

3.1 낙상 감지 모델

낙상 감지 모델은 먼저 자세 추정 모델 중 3D Lightweight OpenPose 모델 [7]을 사용한다. 이 모델은 이미지상의 사람으로부터 2D 키포인트를 추론하고, 이를 바탕으로 3D 공간 내 너비, 깊이, 그리고 높이에 맞추어 3D 키포인트를 추론한다. 이는 시설 내 각 방에 설치된 웹캠의 이미지 프레임으로부터 진행된다.



(그림 2) 3D Lightweight OpenPose를 통한 3D 자세 추정 과정
 추론된 3D 키포인트는 낙상 감지 알고리즘에 입력된다. 이를 위해 우선 키포인트는 너비 x , 깊이 y , 그리고 높이 z 별로 표준 편차(σ)를 계산하는 것에 사용된다. 사람이 넘어졌다면 높이의 표준 편차가 너비나 깊이의 표준 편차보다 작을 것을 가정하여 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$curStatus = \text{int}(\sigma_z < \sigma_x \text{ or } \sigma_z < \sigma_y) \quad (1)$$

여기서 $curStatus$ 은 현재 상태, 즉 현재 이미지 프레임상 사

람의 상태로, 정수(int)로 반환되면 넘어짐 상태의 경우 1, 정상 상태의 경우 0의 값을 가질 수 있다.

다음으로는 환승간의 포착으로 최종 결과를 내지 않고 결과를 누적하여 특정 임계값을 넘어지면 최종 결과를 내는 과정이 있다. 이는 바닥에 떨어진 물건을 줍기 위해 몸을 굽혔다 일어서는 행동 등이 위양성으로 감지되는 것을 방지하기 위한 과정이다. 임계값 th에 대해 누적 상태 cumulStatus는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$cumulStatus(t_s, t_f) = \text{int} \left(\frac{\sum_{t=t_s}^{t_f} curStatus(t)}{\#_{t=t_s}^{t_f} t} \geq th \right) \quad (2)$$

여기서 t_s 는 프레임이 찍힌 시간, s 는 시작, f 는 종료, 그리고 $\#$ 는 시작과 종료 사이 프레임의 개수를 세는 연산을 의미한다. 임계값과의 비교 결과를 정수로 변환하여 누적 낙상 상태는 1, 누적 정상 상태는 0의 값을 반환한다.

마지막으로 노숙인 지원 시설 특성상 다수의 인원이 하나의 방에 거주[3]할 수 있는 것을 고려하여 다중 인물에 대해 누적 상태를 감지할 수 있도록 객체 추적(object tracking) 기술을 사용한다[8]. 각 사람의 키포인트의 바운딩박스로부터 객체 추적 모델에 입력시켜 웹캠 상 모든 사람에게 번호를 부여해 각각의 누적 상태를 감지한다. 이제 방별로 낙상 감지 모델을 실행하여 전체 노숙인 지원 시설의 낙상을 감지한다.

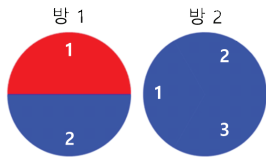
3.2 데이터베이스

데이터베이스는 oracle 데이터베이스로 설계되었다. 노숙인 지원 시설 내 방마다 설치된 웹캠의 낙상 감지 모델의 결과로부터 각 사람, 각 프레임마다 낙상 여부를 기록된다.



(그림 3) 데이터베이스의 E-R 다이어그램

3.3 관리자 앱



(그림 4) 관리자 앱 상태 표기 화면

관리자 앱은 Node.js로 설계되었다. 노숙인의 신상을 보호하고 한눈에 전체 시설의 낙상 현황을 확인할 수 있도록 방별로 원형차트를 그리고 노숙인의 낙상 현황을 파이 조각으로 나타낸다. 만약 특정 노숙인의 누적 상태가 정상이라면 해당 파이 조각을 파란색으로, 낙상이라면 빨간색으로 칠한다. 빨간색의 경우 경고창을 띄워 관리자에게 알린다. 관리자는 상황 판단 후 버튼을 눌러 119에 신고하거나 보류할 수 있게 한다. 동시에 데이터베이스에 신고가 기록된다.

t_s 부터 t_f 까지의 윈도우의 간격을 10초, th를 0.8로 설정하고 i7-13700HK, RTX4070, 32 GB 램, 그리고 FHD 웹캠의 밝은 테스트 환경에서 모니터링 시스템을 작동시킨 결과 28.2 초당 프레임

의 속도와 30개의 낙상 및 정상 비디오에 대해 94.7 %의 F1-Score를 기록했다. 이는 Alam et al[6]의 성능과 견줄 만하다.

4. 낙상 감지 알고리즘 연산량

낙상 감지 부분에서의 연산량을 확인하기 한 사람의 키포인트로부터 누적 감지까지 FLOPs(floating-point operations)를 계산하고, 매 감지마다 결과를 확인하기 위해 감지에 포함된 프레임의 개수로 나누어주어 FLOPs/f를 계산한다[9]. 계산된 결과는 361 FLOPs/f이다. 동일한 방법으로 PEFDM의 FLOPs/f를 계산하면 35,460을 얻을 수 있다. 이를 통해 본 시스템의 낙상 감지 알고리즘은 인공지능망을 사용한 모델에 비해 100배가량 연산량이 작은 것을 확인할 수 있다.

5. 결론

노숙인 지원 시설 내 노인 노숙인 낙상 모니터링 시스템은 시설 내 노인 노숙인의 낙상 여부를 실시간으로 감지하여 경고하는 시스템이다. 연산량이 적은 것에 초점을 맞춰져 낙상 감지 알고리즘이 제안되었으며, 361 FLOPs/s의 매우 적은 연산량을 보여준다. 따라서 시설의 장비 성능이 낮더라도 매끄러운 작동을 기대할 수 있다. 현재 밝은 테스트 환경에서는 94.1 % F1-Score의 준수한 감지 성능을 기록했다. 향후 시설 관리자가 빛의 부족으로 상황 판단이 어려운 야간에도 시스템이 작동할 수 있도록 더욱 적절한 자세 추정 모델과 저가의 야간카메라를 선정하여 시스템을 보완할 예정이다.

Acknowledgment

본 연구는 2024년도 문화체육관광부의 재원으로 한국콘텐츠진흥원 (과제명: 인공지능 기반 사용자 대화형 멀티모달 인터랙티브 스토리텔링 3D장면 저작 기술 개발, 과제번호: RS-2023-00227917, 기여율: 50 %) 지원과 한국연구재단의 4단계 두뇌한국21사업(과제명: 초분산 자율 컴퓨팅 서비스 기술 연구팀, 과제번호: 202003520005, 기여율: 50 %)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고 문헌

- [1] 임덕영 외 10인, “2021년도 노숙인 등에 대한 실태조사,” 2021.
- [2] World Health Organization, “Global health estimates: Leading causes of death,” <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghs-leading-causes-of-death>.
- [3] 다시서기종합지원센터, 24시간게스트하우스, “국내최초 노숙인 생활개선을 위한 SW 개발,” 2024년 5월-7월, 서울: ICT콤플렉스.
- [4] C. Zheng et al., “Deep learning-based human pose estimation: A survey,” *arXiv*, 2023.
- [5] W. Chang, C. Hsu, and L. Chen, “A pose estimation-based fall detection methodology using artificial intelligence edge computing,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 129965-129976, 2021.
- [6] E. Alam et al., “Real-time human fall detection using a lightweight pose estimation technique,” *CICBA*, pp. 30-40, 2024.
- [7] D. Osokin, “Real-time 3d multi-person pose estimation demo,” Github repo, <https://github.com/Daniil-Osokin/lightweight-human-pose-estimation-3d-demo.pytorch>.
- [8] A. Despande, “Multi-object trackers in Python,” Github repo, <https://github.com/adipandas/multi-object-tracker>, 2020.
- [9] R. Tang, A. Adhikari, and J. Lin, “Flops as a direct optimization objective for learning sparse neural networks,” *arXiv*, 2018.