

적외선 배열센서를 활용한 비식별 동작감지센서 개발과 공중화장실 위급상황 감지 기술에 관한 연구

이동우, 권오성, 최동수, 박재현, 이주연, 김현진, 정다린, 오희재

(주)디앤샤인

ldw@dnshine.co.kr, kos@dnshine.co.kr, cds@dnshine.co.kr, jhpark@dnshine.co.kr, jylee@dnshine.co.kr
khj@dnshine.co.kr, jdl312@dnshine.co.kr, ohj@dnshine.co.kr

Development of a Non-Identifying Motion Detection Sensor Using an Infrared Array Sensor and Research on Emergency Detection in Public Restrooms.

Lee Dong Woo, Kwon O Seong, Choi Dong Su, Pak Jae Hyeon, Lee Ju Yeon, Kim Hyeon Jin, Jeong

Da Rin, Oh Hee Jae

DNSHINE. co., Ltd.

요약

최근 AI 기술이 대중화되면서 실시간 영상감지를 통한 범죄 관제 기술과 개인정보를 보호하는 영상 익명화 기술이 발전하고 있다. 그러나 공중화장실, 탈의실, 휴게실 등 영상장치 활용에 법적 제약이 있는 장소에서의 범죄예방 시스템 구축에 있어서는 명확한 해결책이 제시되지 못하고 있는 상황이다. 본 논문에서는 비렌즈식 적외선 배열센서를 사용하여 비식별 이미지를 획득하고, 이를 통해 동작 인식 및 위급상황을 검출하는 인공지능 기술을 제안한다.

I. 서론

우리나라는 2000년대 전후로 공중화장실 현대화 사업을 통해, 노후화 시설을 개선하고, 세계적인 수준의 청결한 화장실 환경을 구축해 가고 있다. 그러나 공중화장실에서의 강력범죄에 사건 사고에 대한 대응은 미흡한 실정으로, 한국지방행정연구원 통계자료에 따르면 불법카메라 및 폭행 등 범죄예방, 낙상/실신 등의 안전사고 감지에 대한 시민의 요구가 증가하는 추세이다[1]. 2023년도 6월 공중화장실법 개정으로 “비상벨” 설치 의무화 되어 안전범죄에 대응할 수 있는 장치가 마련되었지만, 수동적인 신고 체계와 오신고에 따른 공권력 낭비에 대한 근본적인 해결책 마련이 시급한 실정이다.

공중화장실의 불법촬영 및 낙상/실신 등의 사고에 대응하기 위해 다양한 인공지능 IoT 기반 기술이 개발되고 있지만, 개인 정보 보호가 중요시되는 환경 특성상, 활용 기술과 적용 범위가 극히 제한된다. 일례로 공중화장실은 영상장치 활용이 법적으로 불가하기 때문에 적외선 및 초음파 센서 등을 활용한 이벤트 검출 기술이 주를 이루고 있지만 인식할 수 있는 상황이 제한적이다[2]. 일부 연구에서는 ToF(Time of Flight), 적외선 카메라를 사용한 동작인식 AI 기술이 연구되고 있지만, 고가의 카메라 모듈 사용으로 시장성이 부족하고, 렌즈부 노출에 따른 공공시설 이용자의 거부감이 문제가 된다[3-4]

본 논문은 비식별 데이터를 사용하여, 공중화장실, 탈의실, 휴게실 등 개인 프라이버시가 요구되는 장소에서 위급상황을 자동인식하는 인공지능 IoT 기술을 제안한다. 제안 기술은 저해상도(8x8) 적외선 배열센서를 사용하여, 이용자의 모션정보를 수집하고, 이를 기반으로 동작 인식 및 위급 상황(불법 촬영, 실신)을 감지한다. 특히, 감시대상의 동작을 입체적으로 인식하기 위해 다시점(multi-view) 동작감지 센서 네트워크를 구축하고, 이를 처리하기 위한 CNN 기반 동작 인식 AI 모델을 제시한다. 실험결과 단일 시점에 비해 2-10% 포인트의 정확도와 재현도를 개선하였다.

II. 본론

본 논문은 공중화장실 위급상황 감지 기술을 개발하기 위해 (1) 저해상도 동작감지센서, (2) 대상의 입체적 동작 정보를 인식하기 위한, 다시점 센서 네트워크, (3) 다시점 비식별 데이터를 사용한 동작인식 AI 모델을 제안한다.

첫 번째로 저해상도 동작감지센서는 개인 프라이버시 보호가 필요한 공공장소에서 비식별 데이터를 수집하기 위한 장치로서 그림 1로 확인할 수 있다. 그림과 같이 8x8 해상도의 Panasonic AMG8833 적외선 배열센서를 사용하여, 전방 대상의 비식별 데이터를 획득 할 수 있다. 특히, 해당 센서는 비렌즈(non-lens) 방식의 이미지 캡처로 공공시설에서 상시 모니터링에 따른 대상자의 거부감을 최소화 할 수 있다. 동작감지센서의 본체는 라즈베리파이4를 사용하였고, 적외선 배열 센서 외에도 초음파 센서를 장착하여 재실 감지기능을 추가하였다. 주기적인 재실감지를 통해, 감시대상이 없는 상황의 비식별 데이터를 획득하고, 이를 기준으로 대상의 동작정보를 정확하게 식별할 수 있다. 동작감지센서의 단점은 낮은 해상도로 감시대상의 상세한 동작 식별에는 제약이 있으며 특히, 대상의 입체적 움직임을 해석할 수 없다는 문제가 발생한다. 이러한 한계를 극복하기 위해 다시점 센서 네트워크 구축을 구성한다.



그림 1. 저해상도 동작감지센서 구성

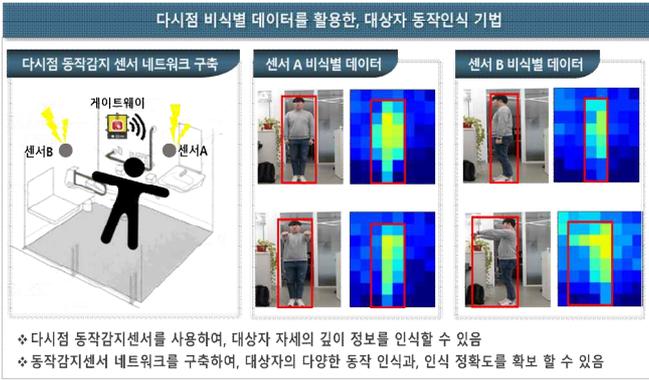


그림 2. 다시점 비식별 데이터 획득 개념도

두 번째로 다시점 동작감지센서 네트워크를 구축하여 대상의 동작정보를 입체적으로 수집하고, 동작인식 모델에 입력으로 활용한다. 그림 2은 다시점 동작감지센서 네트워크의 개념을 설명하고 있다. 공중화장실에서 위급상황을 인식하기 위해, 서기, 쪼그려 앉기, 엉덩이 깔고 앉기, 상태 속이기, 누워있기, 한손들기, 양손들기, 대상 없음의 8개의 분류 체계를 정의하였다. 이때 몇몇 자세는 형태의 유사성으로 비식별 데이터에서 정확한 분류가 어렵다. 일례로 쪼그려 앉기, 엉덩이 깔고 앉기, 누워있기등의 자세는 정면의 동작감지센서 만으로는 분류가 어렵다. 다시점 동작감지센서 네트워크는 정면, 측면, 상단의 3차원 시점에서 대상을 관찰함으로써, 유사한 형태의 자세를 분류할 수 있다. 동작감지센서 네트워크의 구성은 마스터-2개의 슬레이브 구조로 구성한다. 슬레이브 동작감지기는 비식별 데이터를 유선 또는 무선채널을 통해 전송하고, 마스터 동작감지센서는 3개의 위치에서 획득된 비식별 데이터를 통해 대상의 동작을 인식한다.

세 번째로 동작인식 AI 모델을 사용하여, 감시대상의 동작을 분류하고, 위험상황을 추정한다. 그림 3은 단일시점에서 획득한 비식별 데이터를 사용한 동작인식 AI 모델과 다시점 동작인식 AI 모델을 각각 보여주고 있다. 동작인식 AI 모델은 AlexNet의 이미지 분류모델 구조를 참고하여 개발하였다[5]. 단, 동작인식 AI 모델은 개발 초기단계로 서기, 쪼그려 앉기, 대상 없음의 4가지 분류만을 학습 및 평가 하였다. 단일시점 동작인식 AI 모델은 정면에서 획득한 8X8의 비식별 데이터를 입력으로 컨볼루션 레이어와 풀링 레이어 완전연결층을 통해 동작을 분류한다.

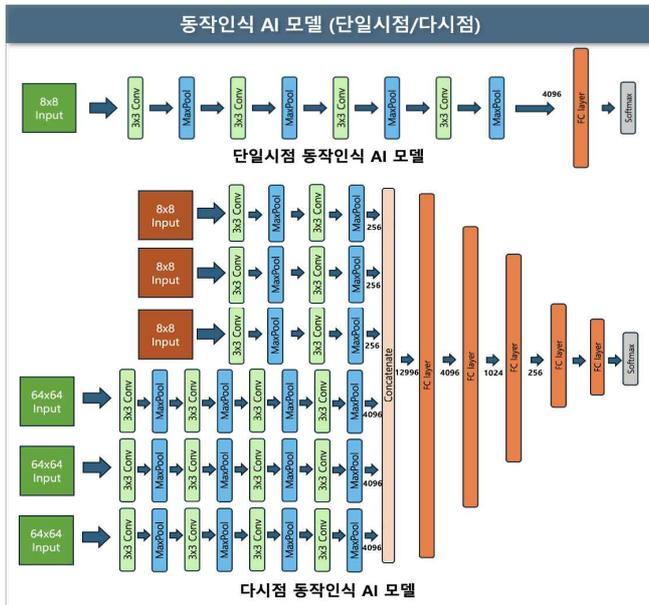


그림 3. 단일시점 및 다시점 동작인식 AI 모델

구분	단일시점		다시점	
	Precision	Recall	Precision	Recall
대상없음	99.31%	100%	100%	100%
서기	89.18%	95.65%	95.84%	99.27%
양손들기	96.18%	88.73%	98.59%	98.59%
쪼그려 앉기	99.37%	100%	100%	100%

표 1. 단일시점 및 다시점 동작인식 AI 모델 성능 비교

다시점 동작인식 AI 모델은 감시대상의 정면, 측면, 상단에서 획득한 8X8 비식별 이미지와 이를 64X64 해상도로 보간한 이미지를 동작 분류에 사용하였다. 다시점 정보와 2개의 해상도의 입력에서 얻어진 특징들이 합쳐지면서 더 풍부한 특징맵을 형성할 있도록 하였으며, 다양한 스케일에서 얻어진 특징들이 결합되어 동작을 인식할 수 있도록 설계하였다.

단일시점 AI 모델과 다시점 AI 모델의 시험결과는 표 1로 확인할 수 있다. 시험을 위해 5,040개의 학습데이터와 2,400개의 검증데이터를 사용하여 모델을 학습하고, 4개의 분류에 대한 정확도와 재현율을 평가하였다. 시험결과 다시점 적용을 통해, 서기와 양손들기 분류 성능 향상을 확인할 수 있었다.

III. 결론

본 논문에서는 공중화장실, 탈의실, 휴게실등 개인정보보호 유지가 중요하지만, 한편으로는 기밀성 유지가 오히려 범죄 및 안전사고의 취약지점이 되는 시설에서 적용가능한 비식별 동작감지센서를 사용한 위급상황감지 기술을 제안하였다. 이를 위해 비식별 동작감지센서와 감시대상의 동작을 입체적으로 인식하기 위한 센서 네트워크, 그리고 AlexNet 기반의 다시점 동작인식 AI 모델을 개발하였다. 이를 통해 공중시설에서 개인정보 획득 없이 위험상황 인식이 가능함을 확인하였다.

본 연구결과를 바탕으로 당사의 자가진단 비상벨을 IoT 인공지능 비상벨로 개발하고 기존 수동형 비상벨 운용체계를 능동형 체계로 확장할 계획이다. 이를 위해 (1) 위험상황을 인식할 수 있도록 다양한 동작을 분류하는 모델로 확장하고, (2) 동작의 연속적인 변화를 통해 대상의 동작을 이해하고 이를 기반으로 위험 행동, 위급 상황을 인식하는 AI 모델 개발할 계획이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 경기도 기술개발사업의 연구개발지원(과제번호 D2409028)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 임태경, 이소영, “공중화장실 운영 실태조사 및 개선방안 연구:지자체 사례를 중심으로”, 한국지방행정연구원, 2020
- [2] Danielsen, A. “Non-intrusive Bedside Event Recognition Using Infrared Array and Ultrasonic Sensor.” Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence, pp. 15-25, 2016
- [3] Oprisescu, O., Burlacu, C., Buzuloiu, V. “Action recognition using time of flight cameras.” International Conference on Communications, pp. 153-156, 2010
- [4] Michael, T., Thomas, M., Marco, M., Jurgen, B. “Low Resolution Person Detection with a Moving Thermal Infrared Camera by Hot Spot Classification.” CVPR Workshop paper, pp. 209-216, 2014
- [5] Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. E. “ImageNet classification with deep convolutional neural networks.” Advances in Neural Information Processing Systems. 25, pp. 1097-1105, 2012.