

#2

개인정보 침해 없는 CCTV 기반 근로자 산업현장 AI 안전관리 시스템



글. 김태훈 (주)딥핑소스 대표

딥핑소스는 AI가 학습이나 분석에 사용하는 데이터의 개인정보를 제거하면서도 데이터의 AI 활용도를 유지하는, 시용 데이터 익명화 기술을 보유하고 있다. 익명화 기술이 적용된 카메라를 리테일 분야에 적용해 왔으며, 최근 산업 안전용 시로 확장 중이다. 기존 카메라를 근로자의 개인정보나 인권 침해 없는 익명화 처리된 데이터 분석 기기로 개량하여 안전관리를 수행하는 솔루션을 소개한다.

건설이나 물류, 공장 등 산업현장에서 산업재해가 점진적으로 감소하고 있는 추세이나, 여전히 국내 산재사고 사고 사망률

은 독일 등 선진국의 2-3배 수준으로 높은 편이다. 최근 4차 산업혁명 시대에 대응하는 산업계의 노력으로 산업 현장에서의 생산성을 높이면서도 동시에 재해율을 낮추기 위한 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 인공지능(AI) 등의 기술 도입이 점점 활발해지는 추세이다. 이와 같은 스마트 건설 관련 기술로 건설 현장을 안전하게 만들고 건설 폐기물의 발생을 줄이면서 작업의 효율성 또한 크게 높일 수 있을 것으로 예상된다. 정부에서도 산재 예방을 위한 대책을 발표하고 이에 맞는 제도 개선을 추진 중이며, AI 기반의 안전 기술 개발 R&D 지원 등을 통하여 현장 수요를 반영한 기술에 대한 투자를 진행 중이다. 이를테면 안전 기술 개발과 제품화에 대한 지원 사업들과 안전산업 정보 공유 통합포털의 운영 등이 있다.

그림 1. 딥핑소스의 AI 데이터용 익명화. 데이터 분석에 필요한 주요 특징은 보존하며 개인정보 소멸. 영상 전체 또는 지정된 일부 영역에 적용 가능



스마트 안전관리 시스템

사고가 발생하기 전에 예방하는 것이 최고의 안전이라는 것은 널리 알려진 사실이다. 이에 따라 작업 안전에 주의를 기울이고 선제적으로 예방 교육을 하는 등의 안전관리를 수행하고 있으나 현장에서는 다양한 이유로 안전사고가 발생할 가능성이 여전히 존재한다. 이러한 사고를 예측하고 예방하기 위해 스마트 안전관리 시스템이 지속적으로 개발되고 있다. 스마트 안전 관리 시스템은 사물인터넷 기반의 센서와 무선 네트워크 등을 활용하여 산업 현장에서 일어나는 다양한 정보를 실시간으로 수집, 공유, 가공하여 근로자들의 현재 안전 상황을 상시적으로 인지할 수 있게 함으로써 사고를 예측하고 예방한다. 이를

테면 중장비 접근 감지, 화재 및 연기 감지, 유해가스 감지, 안전 장비 착용 여부 등을 판정할 수 있는 센서를 다수 설치하거나, CCTV 및 드론을 통해 현장 작업자에게 영상 기반 현장 분석 결과 및 위험상황 발생 여부 판단 결과를 신속하게 전달한다.

카메라 기반 AI의 편익성과 도입의 어려움

카메라는 넓은 공간 내의 상황을 상세히 포착하여 육안으로 확인할 수 있는 장점이 있어 AI 기술이 빠르게 적용되어 왔다. 산업 현장 내 설치된 CCTV나 액션캠, 드론 등을 통해서 특정 공간 내 근로자의 수 및 보호장구 착용 여부, 근로자의 행동과 안전 상황 뿐만 아니라 건물의 시공 상태, 장비의 작동 등을 동시에 관찰하여 실시간에 관리자에게 다양한 정보를 제공할 수 있다. 또한 저장된 영상은 기록물로서의 가치도 높아 사고 발생 시 사고의 경위를 분석하는 사후처리에도 유용하다.

인권 침해 우려와 개인정보 보호 문제

이와 같은 편익함으로 기업에서는 건설 현장이나 공장 등의 작업장에 카메라 설치를 추진하려는 수요가 높다. 안전관리 강화 및 운영 최적화가 주요 목적이나, 근로자들은 CCTV 등의 영상 촬영 장비의 설치 및 확대가 근로자 감시 가능성이 있다고 판단하여 거부감을 갖고 있으며 실제로 생산 라인 중단 등의 사건이 발생한 사례가 있다. 따라서 안전 관리의 목적이라도 카메라의 설치 및 운영은 노사 협의가 필요한 사안이 될 수 있으며, 근로자들의 개인정보와 인격권 침해를 최소화하는 방안이 필요하다. 또한 카메라 등의 영상정보 처리기기가 수집하는 데이터를 활용하는 데에 있어 개인정보 보호법이 엄격히 적용되므로, 영상 데이터에 개인정보가 존재하는 이상 데이터의 적법한 활용을 위해 주의가 필요하다. 이는 국내는 물론 GDPR로 개인정보와 사생활이 보호 받는 유럽이나 CCPA와 NY Privacy Act 등이 적용되는 미국 등 대다수의 국가에서 동일하다. 따라서 카메라만큼 높은 활용도를 유지하면서 개인정보 및 인권 침해 염려가 없도록 데이터를 수집하고 분석하는 방안이 필요하다.

데이터 부족으로 인한 AI 개발의 어려움

AI를 현장에 적용하고 활용하기 위해서는 AI 알고리즘의 개발이 필요하며, 이에는 방대한 양의 학습 데이터가 사용된다. 그러나 기존의 실험실용 데이터 위주로 개발된 AI는 건설 등 산

업 현장에 설치 운영될 때 높은 정확도를 보장하기 어렵다. 실험실용 데이터가 실제 현장 데이터의 화질, 각도, 조명, 시설물, 복장 등의 다양한 환경을 모두 반영하고 있지 않기 때문이다. 가장 확실한 방안은 AI를 적용하는 현장에서 충분한 양의 데이터를 수집하고 가공한 뒤 이들 데이터로부터 AI가 주요 정보들을 추가로 반복 학습하는 것이지만, 학습 데이터 구축을 위해 카메라 영상을 저장하고 가공하는 과정에서 개인정보 침해 위험이 높다. 카메라에 담긴 '개인'이라 함은 산업현장 근로자 뿐만 아니라 방문자 또는 우연히 포착된 행인 등도 포함하므로 이들 모두에게 데이터 수집 및 활용 동의를 받기는 현실적으로 불가능하다. 일부 상황에서는 영상 내 사람들의 얼굴을 검출한 뒤 얼굴 영역을 삭제(masking)하거나 블러(blurring)시켜 비식별화 처리하여 사용하기도 했으나, 이 경우 데이터의 AI 활용도가 크게 떨어진다. 예를 들어 AI는 블러 처리와 얼굴이 높은 연관 관계가 있다고 학습하게 되어 실제 상황에서 얼굴만 보이는 사람은 검출하지 못하고, 흐릿하게 포착된 영역을 사람 얼굴로 오판하기도 한다. 또한, 데이터 비식별 처리 과정에서 검출에 실패한 얼굴의 경우 블러 처리되지 않고 원본 영상 그대로 남게 되어 개인정보 침해가 일어난다. 현재 최신(state-of-the-art) 얼굴 검출 기술의 정확도는 실험실 데이터를 대상으로도 불과 90% 초중반 수준이다.¹⁾ 데이터 부족으로 인해 실제 현장에 적용 가능한 수준의 정확도를 갖는 AI가 개발되기 어렵고 결과적으로 AI의 현장 적용 가능성이 낮아지는 현실이다. 따라서 개인정보를 제거하면서 데이터를 수집하고 가공하여 AI의 혁신을 이루는 방안이 필요하다.

솔루션: 개인정보 침해 없는 CCTV 기반 AI 안전관리 시스템

딥핑소스는 기존의 CCTV를 재사용하여 근로자의 개인정보와 인권 침해 없이 AI로 공간을 분석하고 안전을 제공하는 솔루션을 보유하고 있다. 제안된 솔루션은 CCTV 뿐만 아니라 드론, 웨어러블 액션캠 등의 카메라로도 손쉽게 확장될 수 있다.

AI용 데이터 익명화

딥핑소스는 영상 데이터에서 개인을 식별할 수 있는 개인정보를 제거하면서도 AI가 영상을 분석하는데 필요한 주요 정보들은 보존하는 독창적인 익명화 기술을 자체 보유하고 있다.²⁾ 그림 1과 같이 데이터는 육안으로도, 얼굴 인식 등의 AI로도 개

그림 2. 개인정보 침해 없는 CCTV 기반 AI 안전관리 시스템



인을 식별할 수 없는 형태로 변조되며 이와 같이 익명 처리된 데이터는 원본으로 되돌리지 못한다. 데이터는 익명 처리된 형태 그대로 시에 주어지고, 시는 별도의 복호화(해독) 과정 없이 데이터를 분석하여 공간 내 사람의 위치나 행동 뿐만 아니라 화재 등의 특이상황도 분석할 수 있다. 모든 처리는 실시간으로 수행되며, 이때 AI 정확도는 익명 처리되지 않은 원본 영상 데이터를 사용하는 이상적인 상황에서 개발된 시와 동일한 수준이다. 그림 1에서 확인할 수 있듯이 사람의 얼굴만을 찾아서 삭제하거나 블러 처리하던 기존 기술과는 달리, 본 익명화 기술은 영상 전체를 알아볼 수 없게 변조하므로 옷차림 등의 부가 정보로 개인이 식별될 가능성도 없다. 또한, 개인정보 뿐만 아니라 공간 내 시설물 등 비밀 정보도 무단으로 수집되거나 유출될 염려 없이 보호할 수 있다.

개인정보 침해 없는, 익명화 기반 AI 카메라

익명화 기술을 적용하면 다수의 카메라를 활용하여 건물 규모의 넓은 공간 내 다수의 근로자와 방문자를 대상으로 이동, 행동, 상황 등을 분석할 수 있다. 기존 지능형 CCTV 도입의 가장 큰 어려움이었던 개인정보 뿐만 아니라 낮은 AI 정확도 문제 또한 해결할 수 있다. 설치된 시가 현장에서의 영상 데이터를 익명 처리 후 필요한 정보들을 선별한 뒤 스스로 학습하면서 현장에 적응하기 때문이다. 솔루션을 사용하는 시간이 길어

질수록 시가 현장에 맞게 진화하여 안전의 정확도가 높아진다.

일반 카메라는 다수의 기기들로부터 분석된 정보를 통합하는 과정에서 동일인의 중복 정보를 제거할 때, 개인정보를 기반으로 동일인 식별을 하게 될 가능성이 높으나, 딥핑소스의 솔루션은 익명화된 정보만을 활용하므로 개인정보법 관점에서도 안전하다. 높은 정확도로 수십에서 수천대 이상 규모의 카메라들까지 모두 통합하여 넓은 공간을 하나의 정밀 센서로 관찰하는 듯한 효과를 줄 수 있는 솔루션은 전세계적으로도 딥핑소스가 유일하다. 공간 내 분석 결과는 안전관리 시스템의 대시보드를 통해 통계 또는 실시간 상황 정보로 제공된다(그림 2).

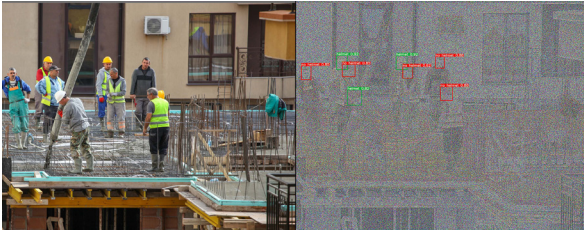
위치 및 이동 경로 추적 결과의 활용 예

제안된 솔루션은 산업 현장 안전 관리와 빅데이터 구축에 활용될 수 있으며, 기본적인 기능은 공간 내 사람의 위치 및 이동 경로를 실시간으로 추적한다. 위치 및 이동 경로 추적 결과의 대표적인 활용 예는 다음과 같다(그림 2와 그림 3).

안전 관리

A. 출입 근로자 카운팅: 특정 공간 내의 인원수를 파악하기 위해 출입 구역의 카메라를 이용하여 시간대별 입장, 퇴장, 공간 내 잔류 인원을 정확히 파악할 수 있다. 공간 내부의 카메라를 추가로 활용하는 경우에는 안전 관리 시스템 대시보드

그림 3. 건설현장 근로자 보호구 착용 등 안전관리 장면



에서 관리 대상 구역과 가상의 출입문을 설정하여 관찰할 수 있다.

- B. 위험지역 내 작업자 존재 여부 실시간 파악: 재난 상황 발생 초기 재난 장소에 근로자의 존재 유무를 파악할 수 있으며, 근로자의 이동 상태를 파악하여 부상을 입었거나 고립되어 이동이 어려운 상황도 조기 감지할 수 있다. 대시보드에서 설정한 출입 금지 구역에 진입하거나 접근하는 근로자가 발견될 때 관리자에게 알람을 보낼 수 있다.
- C. 보호 장비 착용 여부 확인: CCTV나 웨어러블 카메라를 통해 근로자들의 보호 장구 착용 여부를 확인하고 장비 미착용이나 오착용 시 알람을 준다. 보호구 미착용은 산재 사망사고 중 15% 이상을 차지하기에 조기 예방이 상대적으로 중요하므로 보호 장비 착용 관리 시스템의 도입은 효과적이다.
- D. 공간 내 혼잡도 분석, 거리두기 파악: 공간내 혼잡도가 높으면 사고의 위험도 함께 증가하므로 근로자의 위치와 동선으로부터 혼잡도가 높은 구역을 찾고 공간의 배치를 조정할 수 있다. 또한 근로자 사이 또는 근로자와 위험 장비 사이의 거리두기 조건을 설정하여 유지하도록 안내할 수 있다.
- E. 부상 등 특이 상황 감지: 근로자가 넘어지거나 쓰러지는 등의 부상 가능성 있는 상황, 화재나 허가되지 않은 기기 작동 등의 특이 상황을 감지하여 관리자에게 즉시 알릴 수 있다.

산업 현장 빅데이터

특정 기간 및 작업 구역 별 근로자 동선, 위치 정보, 히트맵

(heat-map) 등을 누적, 수치화하여 시각적 리포트 제공할 수 있으며, 필요시 데이터의 상세 정보를 대시보드를 통해 조회함으로써 사고 발생 경위를 살피고 향후 사고 가능성을 조기 감지할 수 있다. 솔루션 도입으로 영상 데이터 기반 실시간 상황 분석과 데이터 수집이 이루어지고 이에 기반하여 현장의 안전과 효율을 높이기 위한 시뮬레이션 및 공간 운영 계획을 수립하는데 사용될 수 있다. 또한 새로운 건설 현장 등을 운영할 때 이전의 데이터를 기반으로 공간 시뮬레이션과 위험 상황 예측에 즉시 활용할 수 있어 안전과 운영 최적화 모두 가능하다.

AI 기술의 적용과 향후 산업 안전 및 지속 가능 경영 전망

연간 국내 운전자 10만 명당 교통사고 사망자는 5.9명이고³⁾, 근로자 10만 명당 치명적 산업재해 수는 4.6건으로 알려져 있다⁴⁾. 주행 안전을 위한 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS) 시장은 2020년 현재 글로벌 30조 원에 달하고 연평균 성장률이 19% 이상이지만, 산업 안전 시장 규모는 글로벌 6조 원에 연평균 성장률 6.7%에 불과하다. 업계에서는 ‘안전에 1달러를 투자하면 결국 2-6달러를 절약하는 효과가 있다’⁵⁾고 알려져 있음을 고려할 때 지금보다 더 빠르고 적극적으로 시가면 안전 관리 시스템을 도입할 필요가 있다.

소개된 익명화 카메라 기반 영상 분석 시스템을 도입한다면, 근로자의 개인정보 및 인권을 보호하면서 공간을 분석하여 작업의 효율과 산업 현장의 안전을 동시에 강화할 수 있을 것이다. 딥핑소스의 솔루션은 이미 쇼핑몰, 마트, 전시장 등에서 고객의 데이터에 기반한 공간 최적화와 마케팅에 적용되어 정확도와 활용도를 검증 받고 있는 만큼, 산업 현장에서도 근로자의 안전을 지키는데 유용할 것으로 예상된다.

디지털 전환 시대에 맞춰 공간의 데이터를 활용하여 인력과 장비의 운영 및 작업 효율을 향상시킬 수 있으며, 이는 작업 환경과 결과물의 질을 높임과 동시에 비용의 절감효과도 가져온다. 작업자와 작업환경의 안전을 확보함으로써 지속 가능한 가치를 창출하는 ESG 경영을 실현할 수 있을 것으로 기대한다.

1) <https://paperswithcode.com/sota/face-detection-on-wider-face-hard>
 2) 딥핑소스는 AI용 데이터 익명화 관련 국내외 특허 50건 보유
 3) https://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?cmspage=1&id=95085341
 4) https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_2KAA308.OECD
 5) <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/10414-the-roi-of-safety>

...	저자소개	↗
김태훈 (㈜딥핑소스 대표는 카이스트를 졸업하고 동 대학교에서 석사 학위와 박사 학위를 취득했다. 2005년 삼성전자 책임연구원으로 입사, 이후 2006년 주식회사 올라웍스 CTO를 공동 창업했다. 2012년부터는 Principal Engineer로 있었으며 2018년 주식회사 딥핑소스를 공동 창업했다.		