

건설현장 안전관리를 위한 지능형 CCTV의 활용 현황 및 한계 분석

Analysis of Utilization Status and Limitations of Intelligent CCTV for Safety Management at Construction Sites

김재민¹ · 유정호^{2*}

Kim, Jae-Min¹ · Yu, Jung-Ho^{2*}

Abstract : The construction industry is a hazardous environment in which many field workers work. Therefore, there is a limit to the safety manager's grasp of all situations. In order to solve these problems, the application of automatic control technology in connection with AI and CCTV is being introduced, and the development of intelligent CCTV to reduce the safety accident rate is actively progressing. This study seeks to present future directions by identifying the current status of intelligent CCTV developed to reduce the safety accident rate at construction sites and analyzing its limitations. Through this, the range of accident prevention types of the safety control system at the construction site will be confirmed and the need for future intelligent CCTV function development will be suggested.

키워드 : 지능형 CCTV, 객체 인식, 건설현장, 인공지능

Keywords : intelligent cctv, object detection, construction sites, artificial intelligence

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설산업은 수작업과 반복적인 과정으로 인해 안전사고 발생 위험이 높은 산업이며, 사고 발생률을 줄이기 위해 AI와 CCTV를 연계한 자동관제 기술이 도입되고 있다. 본 연구는 건설현장에서 활용되고 있는 각 기업의 지능형 CCTV 현황과 주요기능을 분류하고 건설업 5대 사고유형을 대상으로 사고 예방 가능성을 파악하여 한계를 분석하고 향후 발전 방향을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 2022 한국건설안전박람회, 2023 코리아빌드위크 참여기업, 기사, 인터넷 검색을 통해 건설 안전관리 분야의 지능형 CCTV 정보를 수집하였다. 각 기능과 인식 객체를 정리하여 현황을 분석하였으며, 해당 기능이 예방할 수 있는 안전사고 유형을 파악하고 한계점을 분석하였다. 안전사고 유형은 2022 산업재해 현황 통계에서 발생 비율이 높은 5대 사고를 범위로 한다.

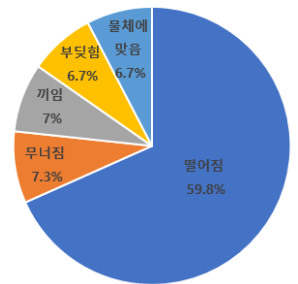


그림 1. 2022 재해유형별 건설업 사망사고 현황

2. 건설현장 지능형 CCTV 정의와 현황

2.1 지능형 CCTV 정의

지능형 CCTV는 기존 CCTV에 인공지능을 접목하여 효과적인 감시 및 분석을 하는 기술이다. 지능형 CCTV에 이용되는 지능형 영상감지 기술은 카메라에 입력되는 영상을 기반으로 실시간 분석하여 일정 규칙을 벗어나는 경우 알람을 준다. 영상 모니터링만 가능했던 기존 CCTV와 다르게 자동으로 객체를 인식할 수 있으며, 데이터 학습을 통해 정확도를 향상시킬 수 있다. 또한 사람 의존도를 낮추어 기존 운영의 근본적인 문제점을 구조적으로 개선하고 사고를 예방하기 위해 활용되고 있다[1].

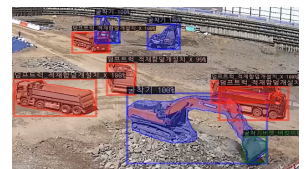


그림 2. A시스템 중장비인식

2.2 건설현장 지능형 CCTV 현황

건설현장의 안전을 위해 다양한 기업에서 개발한 지능형 CCTV 시스템이 활용되고 있으며, 이를 통해 건설현장에서 발생하는 위험 상황을 감지하여 사고율을 줄이고 있다. 표 1은 지능형 CCTV를 개발한 총 19개 기업에서 제공하는 지능형 CCTV 시스템의 안전관리 기능을 정리한 표이며, 그림 2, 그림 3은 A시스템과 B시스템을 통해 객체 인식하는 모습을 나타낸다.

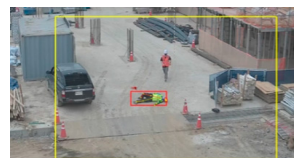


그림 3. B시스템 쓰러짐인식

1) 광운대학교, 석사과정

2) 광운대학교, 교수, 교신저자(myazure@kw.ac.kr)

표 1. 기업별 지능형 CCTV 시스템 및 기능

지능형 CCTV 시스템	기능	지능형 CCTV 시스템	기능
A시스템	중장비, 안전장비 착용, 추락, 낙하, 전도, 협착	J시스템	안전장비 미착용감지, 불꽃감지, 협착, 자재 넘어짐 감지
B시스템	위험구역침입, 쓰러짐, 안전모 착용, 불꽃, 연기, 중장비인식	K시스템	작업자 이상행동, 안전모 미착용, 안전규정 미준수 탐지
C시스템	통신인프라 구축없이 안전장비 착용과 쓰러짐을 감지	L시스템	작업자, 중장비 인식, 작업 영역이탈 판단.
D시스템	안전장비 미착용, 긴급 위험 상황, 위험구역 침입 감지	M시스템	행동, 사물 인식 분석, 연기, 불꽃, 침입, 배회 감지
E시스템	중장비, 사람 인식 위험구역진입 감지.	N시스템	금지구역 침입, 쓰러짐, 장기체류, 불안정한 행동 인식
F시스템	고위험작업구역, 밀폐구역 관리, 배회, 침입, 쓰러짐 감지	O시스템	위험 동작 인식, 건설장비, 작업자 인식, 화재 감지.
G시스템	안전모 미착용 감지, 쓰러짐 감지, 외부 출입자 감지	P시스템	화재나 연기, 근로자의 이상행동 감지, 경고
H시스템	안전모 미착용감지, 쓰러짐, 화재, 위험구역 진입 여부 파악	Q시스템	안전모 감지, 불꽃, 연기 감지, 위험구역 접근 감지
I시스템	안전고리 체결 여부 확인, 추락, 화재감지	R시스템	안전모, 안전화, 안전장갑, 안전띠 착용, 걸음걸이 분석
		S시스템	고소작업 시 안전고리 사용 여부, 이상행동 감지

3. 현장 안전관리를 위한 지능형 CCTV 한계

3.1 사고 예방범위의 한계

표 2는 지능형 CCTV 인식 객체에 따른 사고 예방 유형이다. 현재 지능형 CCTV는 안전장비 인식을 통해 안전모, 안전고리 착용 여부 확인에 집중되어 있으며 가설구조물 인식은 부족하다. 안전 문제를 해결하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있지만, 기존 연구 역시 작업자의 안전장비 인식에 중점을 두고 진행되고 있다[2]. 표 3은 건설업 5대 사고유형을 대상으로 지능형 CCTV의 주요기능 별 안전사고 예방 가능성을 기호와 점수로 나타낸 표이다. 현재 활용되는 지능형 CCTV는 건설현장의 떨어짐 사고를 사전 감지하는 기능은 부재하며 사고 예방에 한계가 있다.

표 2. 지능형 CCTV 인식 객체에 따른 사고 예방 유형

시스템 수	인식 객체	인식 상황	사고 예방 유형
12	안전장비	착용 여부	물체 맞음, 떨어짐 예방
19	사람	배회	충돌 사고 예방
		쓰러짐	2차 사고예방, 빠른대처
8	불꽃	화재 발생	화재 발생 사고 예방
5	중장비	중장비위치	중장비 협착, 충돌 예방
1	장애물	장애물여부	충돌, 기암 사전예방
9	위험구역	위험구역 진입 여부	장비와의 충돌 및 기암 사고 예방
1	가설구조물	작업 형태	위험 작업 진행 시 작업 형태 감시

표 3. 지능형 CCTV 기능에 따른 안전사고 예방 가능성

지능형 CCTV 주요기능	주요 안전사고 유형												
	떨어짐(59.8%)					무너짐(7.3%)			끼임(7%)		부딪힘(6.7%)		물체에 맞음 (6.7%)
	비계	지붕	사다리	고소 작업대	철골및거푸집 동바리	굴착면	거푸집 동바리	지반 침하	건설기계 장비	흔재 작업	충돌		
안전모 착용 인식	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
안전고리 착용 인식	O	X	X	O	O	X	X	X	X	X	X	X	
쓰러짐 감지	X	X	X	X	X	X	X	X	X	O	O	X	
위험구역 진입감지	X	△	X	△	△	O	X	△	O	O	O	△	
화재 감지	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
중장비 인식	X	X	X	△	X	X	X	X	O	O	O	X	
장애물 여부 감지	△	△	X	X	X	X	X	X	O	O	O	X	
가설구조물 인식	△	X	△	X	X	X	X	X	△	△	△	X	

O: 예방 가능성 높음, △: 예방 가능성 보통, X: 예방 가능성 낮음

3.2 기술적 한계

배경과 객체 행동을 인식하는 지능형 CCTV는 조명, 날씨 변화, 그림자 인식으로 인해 행동 탐지의 정확도가 낮아지며, 이동성과 알고리즘에 한계가 있다. 모델을 학습시킬 학습데이터가 충분하지 않거나 데이터 셋의 품질이 떨어질 경우 지능형 CCTV의 알고리즘 성능이 낮아지며, 이러한 한계를 극복하기 위해서는 양질의 학습데이터로 훈련된 알고리즘이 필요하다.

4. 결론

현장에서 이용되는 지능형 CCTV의 인식 객체는 안전장비에 집중되어 있으며, 사고 예방보다는 피해를 감소시키거나 2차 사고 발생을 줄이는 역할을 한다. 본 연구는 현재 개발된 건설현장 지능형 CCTV 중 일부를 범위로 하여 분석했다는 점에서 한계를 가지며, 각 기능별 사고유형에 대한 예방 가능성을 분석한 결과가 객관적인 수치가 아니라는 점에서 한계를 갖는다. 가장 많이 발생하는 추락사고를 예방하는 방법에 대한 연구가 필요하며, 사람의 행동을 기반으로 한 기술과 떨어짐 사고를 세분화하여 관련된 객체 인식 기술이 연구된다면 건설현장의 사고 발생률을 더욱 감소시킬 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 20ORPS-B158109-04).

참고문헌

- Hong Sangwan, Park Youngjin, Lee Hacheol. Experimental and Analytical Study on the Water Level Detection and Early Warning System with Intelligent CCTV. Journal of The Korean Society of Disaster Information. 2014. pp. 105-115.
- 박준성, 건설근로자 추락사고 예방을 위한 컴퓨터 비전기술 기반 근로자 불안정한 행동 탐지모델. 중앙대학교 석사학위논문. 2023.