

건설현장 근로자 안전을 위한 현장 대응형 안전 관제 시스템 설계에 관한 연구

김봉완, 김광수, 정형석, 장인성
한국전자통신연구원

{kimbw, enoch, e4dol2}@etri.re.kr

A Study on the On-site Correspondence Safety Control System Design for Construction Worker Safety

Bong Wan Kim, Kwang Soo Kim, In Sung Jang
Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI)

요 약

본 논문은 건설현장 근로자의 안전을 위한, 현장 대응형 안전 관제 시스템의 설계 방법에 관한 것이다. 건설현장은 다양한 공정이 존재하며, 공정별로 다양한 위험 요소가 있다. 근로자 안전을 위해, 이러한 다양한 위험 요소를 고려하여, 재해율을 감소시킬 수 있는, 실시간 현장 수집 정보 분석에 기반한 안전 관제 방법에 대한 연구가 필요하다. 본 논문에서는 건설현장의 다양한 고려 요소를 반영할 수 있는 안전 관제와 현장 정보 수집 및 분석 방법에 관한 연구를 진행하였다.

I. 서 론

2021 년 4 월에 발표된 고용노동부 산업재해 사고사망 통계 발표에 의하면, 2020 년 산업재해에서 건설업의 산업재해가 가장 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다 [1]. 건설업 사고사망자는 458 명으로 전체 산업재해 사망자 882 명 중 51.9%를 차지하고 있으며, 이는 전년도보다 30 명이 증가한 것으로 조사되었다. 건설업 사망사고를 재해유형별로 살펴보면, ‘떨어짐’ (236 명), ‘물체에 맞음’ (42 명), ‘부딪힘’ (38 명), ‘화재’ (36 명), ‘깔림.뒤집힘’ (33 명), ‘무너짐’(24 명) 순으로 분석되었다. 사고사망 만인율을 보면, 1 억원 미만 (5.17 퍼밀리어드), 1~20 억원 미만 (3.36 퍼밀리어드), 20~120 억원 미만 (1.99 퍼밀리어드), 120 억원 이상 (0.80 퍼밀리어드) 순으로 높아져, 공사금액이 적을수록 사고사망만인율이 높은 경향을 보였다 [1]. 종합하면, 산업재해 사고사망자는 건설업종에서 절반 이상이 발생하고 있으며, 공사금액이 낮을수록 사망사고 만인율이 더 높게 나오고 있다.

통계에 따르면, 건설현장, 그 중에서도 특히 중소 건설현장에서의 사고를 줄이는 것이, 가장 효과적인 산업재해 사고사망자를 줄이는 방법이 된다. 중소 건설현장은 별도의 안전관리자를 두기도 어려울 정도로, 열악한 환경인 경우가 적지 않다. 이러한 작업 환경에서 사고를 줄이기 위해서는, 사람의 눈에 의존하기 보다는, 카메라나 센서 같은 현장 수집 정보를 효과적으로 분석하여, 위험 상황에 이르기 전에 현장에 경보를 줄 수 있는 안전 관제가 필요하다.

본 논문에서는 건설현장에서의 사고를 줄이기 위한 안전 관제에 필요한 정보의 종류를 살펴보고, 효과적인 현장 정보 수집 및 분석 방법 및 안전 관제 시스템에 관해 고찰한다.

II. 본론

건설현장에는 다양한 사고 위험요소들이 존재하며, 이러한 위험요소들이 실제 위험상황에 이르지 않도록, 안전 관제를 통한 모니터링 및 관리가 필요하다 [2]. 본 연구진은 사전 연구를 통해, 건설현장에서의 현장 안전 과제를 위한, 안전 관제 서비스의 요구사항에 대한 표준화 작업을 진행하였다 [3]. 이 표준에서는 건설현장 안전을 위한, 현장 대응형 안전 관제 시스템, 데이터 수집 장치, 사고 분석, 현장 근로자 위험 알람 등에 대한 요구사항을 정의하고 있다.

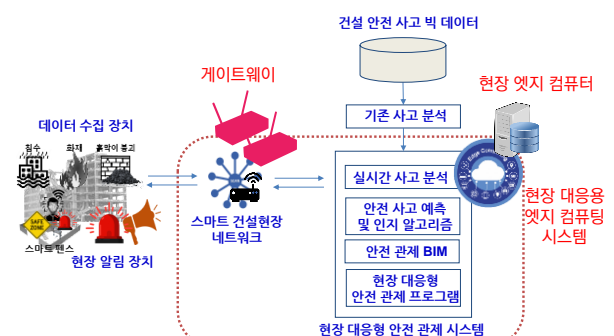


그림 1. 현장 대응형 안전 관제 시스템

그림 1은 건설현장 안전 관리 서비스 표준에 기반한, 현장 대응형 안전 관제 시스템 구성을 나타내고 있다. 기존에 건설안전 사고에 대한 빅데이터 분석을 통해, 어떤 건설 공정에서, 어떤 작업 과정에 위험 요소가 있는지를 분석한다. 이러한 분석을 바탕으로 실시간으로 수집되는 현장 정보에서 위험도를 분석할 수 있게 된다. 즉 기존 사고 분석과 실시간 현장 분석을 종합하여, 위험 상황인지 판단할 수 있는 알고리즘을 개발하고, 이 분석 알고리즘에 따라, 현장 근로자가 위험한 상황에 이르기 전에 이를 예측하여, 위험이 예상되면 현장 알람 장치를 통해 이를 현장에 알려, 위험 상황을 예방하게 된다.

건설 현장의 위험 요소는 현장 데이터 수집 장치를 통해 수집된다. 화재, 흠박이 붕괴, 침수 등은 센서를 통해 이를 감지한다. 위험 구역 내 진입을 막기 위한 스마트 펜스를 설치하여, 위험 구역 내로 근로자가 진입 시, 경고를 할 수 있다. 최근 인공지능 기술을 기반으로 한 영상 분석 기술을 통해, 건설 공정별 위험 상황에 대한 분석도 함께 진행한다.

건설현장의 사고 사례를 보면, ‘떨어짐’, ‘물체에 맞음’, ‘부딪힘’ 등의 비중이 높는데, 이런 사고들은 순식간에 발생한다. 이러한 사고를 막기 위한 안전 관제 시스템은, 건설현장에 설치되어 실시간으로 분석하고, 현장에 바로 알람을 보내는 것이 효과적이다. 그림과 같이 현장 대응형 엣지 컴퓨팅 시스템을 통해, 현장에서 신속하게 안전 관제를 실시하는 것이 바람직하다.

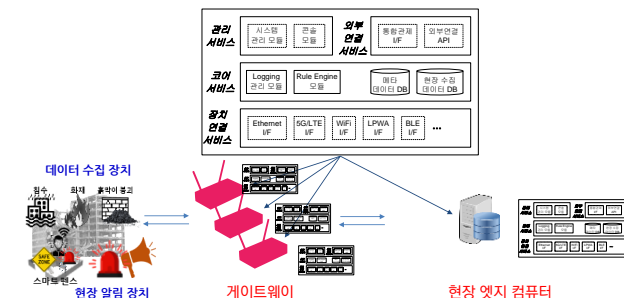


그림 2. 안전 관제 시스템의 다단계 구성

그림 2는 안전 관제 플랫폼의 구조와, 안전 관제를 다단계 구성을 통해 실시하는 구성을 보여주고 있다. 안전 관제 플랫폼은 시스템 관리를 담당하는 ‘관리 서비스’, 종합 관제나 외부 연결 API가 있는 ‘외부 연결 서비스’, 안전 관제를 위한 데이터 및 핵심 서비스를 위한 ‘코어 서비스’, 그리고 유무선의 각종 물리적 통신 연결을 위한 ‘장치 연결 서비스’로 구성한다.

이러한 안전 관제 시스템은 그림과 같이, 다단계 구성을 통해, 더 효과적으로 건설현장에 적용될 수 있다. 분석이 비교적 용이한 센서 기반의 분석 등은 현장 게이트웨이 내의 안전 관제 시스템을 통해, 현장 분석을 마치고, 바로 가까운 현장 근로자에 위험 상황 예측에 따른 경고를 보낼 수 있다. 게이트웨이에서 분석이 어려운, 영상 분석이나 센서 수집 정보와 결합된 종합 분석은, 현장 엣지 컴퓨터를 통해 분석 및 현장 대응이 이루어진다.

그림 3은 카메라와 IoT 센서들이 포함된, 건설 현장에 적용된 안전 관제 시스템을 보여주고 있다. 그림에서는 안전 관제 플랫폼을 간략히 표시하고 있다. 안전 관리자가 상주할 수 있는 경우에는, 안전관리자에게 현장의 영상과 함께, 알람 상황을 표시해 주는 사용자 인터페이스를 갖추는 것이 바람직하다.

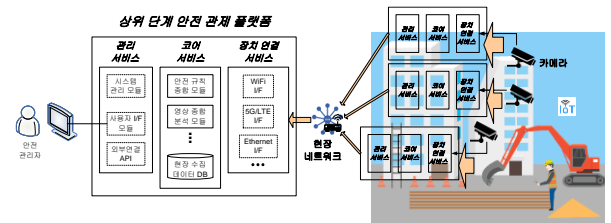


그림 3. 현장 대응형 안전 관제 시스템의 현장 적용

코어 서비스에서는 현장에서 수집되는 IoT 센서의 수치 데이터에 기반한, 안전 규칙 종합 모듈을 통해, 위험 상황에 이르기 전 단계에서의 위험 예측 알고리즘을 적용할 수 있다. 또한 영상 종합 분석 모듈을 통해, 카메라를 통해 수집되는 영상에서, 근로자의 위험한 행동이나 화재 연기 등의 위험 요소 발견 시, 즉각적인 조치를 취하게 된다.

III. 결론

본 논문에서는 건설현장에서 실시간으로 수집되는 현장 정보를 바탕으로 한 현장 분석을 실시하는, 안전 관제 시스템의 설계에 관해 기술하였다.

사망사고가 많이 발생하는 중소 건설현장에서 건설 근로자의 안전을 위해서는, IoT 센서 및 카메라 영상 분석을 통해, 사고 가능성을 미리 예측하여 사전에 이를 경고하는 안전 관제 시스템이 필수적으로 필요하다. 또한 이러한 안전 관제 시스템은 신속한 판단 및 의사결정을 위해, 현장에 있는 엣지 컴퓨터와 같은 장비를 통해 구현하는 것이 효과적이다.

본 논문에서는 보다 효과적인 안전 관제를 위해 다단계로 구성할 수 있는 안전 관제 시스템의 설계 방법을 제안하였다. 이를 통해 조기에 사고 가능성을 예측하여, 이를 현장에 경고 알람을 할 수 있도록 하였으며, 향후에 실제 건설현장에서 기술 검증과 실증을 진행할 예정이다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21SMIP-A156371-02).

참 고 문 헌

- [1] 고용노동부 산재예방정책과 보도자료, "20년 산업재해 사고사망 통계 발표", 2021. 04. 14.
- [2] 임석빈, 박찬식, 김형관, 김세훈, 이도엽, 박기창, "스마트건설기술개발사업 중점분야 III 스마트 안전 통제 관계기술," 대한토목학회지, 제 68 권 제 8 호, pp.44-51, Aug. 2020.
- [3] 스마트건설 현장 대응형 안전관리 서비스 - 제 1 부: 요구사항, 사물인터넷융합포럼 표준 IoTFS-0195, 2021.