

산업재해예방을 위한 IoT기반 스마트 건설안전시스템 전환에 관한 연구

김광배*, 이제동*, 신용태**

*송실대학교 IT 정책경영학과

**송실대학교 컴퓨터학과(교신저자)

asiakgb1@naver.com, jdlee@wise.co.kr, shin@ssu.ac.kr

A Study on the Conversion of IoT Infrastructure Smart Construction Safety System for Industrial Accident Prevention

Gwang-Bae Kim*, Je-Dong Lee*, YongTae Shin**

*Dept. of IT Policy and Management, Soongsil University

**Dept. of Computer Science and Engineering, Soongsil University

요 약

최근 많은 이슈가 되고 있는 제 4 차 산업혁명 기술을 건설 분야에 적용하여 다양한 형태의 센서를 활용한 IoT의 활용가치를 높이고 근로자의 위험사항을 사전에 예방함과 동시에 건설현장에서 IoT 기반 스마트 건설안전시스템 전호구축을 위한 아키텍처를 개발하는 것을 목적으로 하고 있다. 이를 위해 IoT의 개념을 살펴보고, 현장 안전관리 프로세스를 근로자 편리성을 감안한 아키텍처로 전환연구를 하고자 한다. IoT 기반 스마트 건설안전시스템 구축을 위해서 활용 가능한 위험지역을 도식화하고, 적용 가능한 영역을 파악하였고, 다양한 사전예측분석 알고리즘을 활용하여 안전사고 예방에 관한 사전예측 유형을 분석하였다. 이를 바탕으로 위험지역에 대한 근로자의 동선을 파악한 후 위험지역에 사전정보 제공을 통한 건설현장의 IoT 기반 스마트 건설안전시스템을 전환해서 재해율 감소에 기여하고자 한다.

1. 서론

사물인터넷(IoT: Internet of Things), 모바일, 빅데이터, 인공지능 등 제 4 차 산업혁명의 주요기술 기반으로 건설현장에서도 스마트 건설안전시스템 구축이 활발히 진행되고 있다.

제 4 차 산업혁명의 주요기술 요인으로 초 연결 기술로 볼 수 있는데 IoT 기술을 통해 인터넷을 기반으로 다양한 장비, 데이터, 사물, 프로세스가 유기적으로 연결되어 장소 혹은 시간에 맞는 지능화된 융합서비스를 자동적으로 제공하는 인프라가 구축되고 있다.

이러한 정보통신기술 융합기술은 최근 건설현장에서 재난이나 안전 분야에서도 적극 활용되어 산업안전을 도모하기 위해 재난 안전관리 기술과 서비스의 확대가 활발히 진행되고 있다.

정부는 '2019년 500억 원 이상 공공 건설현장에 IoT기반으로 실시간 현장 안전관리 시스템 도입을 의무화하고 있다.

또한 기업들도 현장 안전관리 강화의 일환으로 IoT 기반의 안전관리시스템 구축을 추진함으로써 기술지식 재산권 선점에 나서고 있으며, 건설 현장의 예방적 안전관리와 안전사고 저감에 앞장서고 있다.

업종별 재해현황에 따르면 2019년도 제조업과 건설업에서 건설 사망자(554명, 31%)가 많이 발생하였고, 특히 5인 이상 50인 미만인 건설사업장에서는 (236명) 가장 많이 발생하여 정부는 2022년까지 건설현장 사망자를 반으로 줄이겠다는 목표를 가지고 안전한 건설 환경조성을 위한 핵심과제를 마련하겠다고 발표하였다.

본 논문에서는 사물인터넷 기반 안전사고예방과 안전 프로세스를 접목한 형태로 구축된 IoT 기반 스마트 안전관리시스템을 살펴보고, 중대재해의 6대 서비스(근로자 위치추적, 가스 농도감지, 장비 협착방지, 타워크레인 충돌방지, 흙 막이 가시설봉괴방지, 풍속 감지)에 대한 예방 단계에서 수집된 각종데이터와 안

전사고 발생유형에 따라 구분하고 안전사고를 나타내는 다양한 수치와 위험요인을 조기에 감지할 수 있는 보다 발전된 안전사고 예방을 제공할 것으로 기대가 되어 IoT 기반의 스마트 안전관리시스템에 대한 아키텍처를 연구하고자 한다.

2. 관련연구

2.1 건설안전시스템의 개념

현재 건설현장에서 운영 중인 건설안전시스템은 시스템이 구축되어 있지만 원하는 형태의 정보가 부족하여 활용가치가 없다는 것이다. 관리자들은 시스템운영 방법을 모르고 재해달성을 위해서는 무조건 현장 안전교육과 패트롤(안전지킴이)에만 치중하라는 지시에 따라 사전예방을 위한 새로운 기술도입에는 소극적일 수밖에 없다.

또한 대부분 현장위험표식과 업무매뉴얼을 가지고 운영함에 있어서 재해 예방 활동관련 시스템은 존재하지 않는다.

이러한 현시스템에 문제점은 관리자 시행착오로 인해 안전관리시스템에 대한 현장에서 활용도는 떨어지고 있는 것이 현실이다.

안전관리시스템의 문제점을 살펴보면 다음과 같이 세 가지의 문제점이 있다는 것을 확인할 수가 있다.

첫째, 실시간 데이터 수집부족 특성 때문이다. 현장에서 발생하는 위험 요인에 대한 데이터를 수집할 수 있는 IoT기반 센서의 데이터가 없다.

따라서 수작업과 집계데이터도 시간으로나 방법적으로 획득에 어려움이 있어서 정보기술체계를 통한 데이터 확보가 쉽지 않다. 그래서 SMS를 통해서 산업재해에 대한 데이터 수집에 한계점이 존재할 수밖에 없다.

둘째, 현장업무 위험 프로세스의 자동화 구현 문제이다. 현장에 위험한 지역을 자동화해서 사전에 예방차원의 위험 프로세스 개선 노력이 부족한 현실이다. 그 이유는 위험 프로세스 자동화는 시간, 비용, 노력 등이 소요되는 일이다.

셋째, 안전사고를 사전에 예측, 예방할 수 있는 새로운 차원의 기술도입을 적용하려는 현장 관리자와 경영진의 기술 트렌드 변화의 관심 부족이다.

따라서 IoT 신기술<표 1>에서 보는 바와 같이 IoT기반 적용된 기술은 많은 사람들이 시간을 절약시키고, 재해저감 결과 또한 개선시키거나, 더 좋은 아이디어를 창출해 내고 이를 전체 조직에 중요한 가치로 증가시켜야 한다.

결국 성공적인 안전관리를 위해서는 구성원들에게 안전관리시스템에 적용 가능한 IoT 기술에 의한 행동변화를 유도하는 것이 중요하다.

<표1> IoT 적용기술

순번	재해 유형	IoT 적용기술	IoT 적용장비
1	공통	근로자 위치감지	idBLE Tag
2		위험구역 접근통제	idBLE Tag, gasBLE
3		경보, 알람	스마트 워치, 모바일
5	추락	난간 대 해체감지	센서
6	협착	장비 협착방지	랜탈 장비, 센서
7		장비 과 상승 방지	
8	충돌	TC 충돌감지	풍속센서, 기울기 센서
9		풍속감지	풍속 센서
10		흙 막이 붕괴감지	센서

2.2 IoT의 개념

IoT 시대는 인터넷 발전단계에서 보면 세번째 혁명이다. 모바일 시대까지는 PC와 스마트폰, 태블릿 등 정보전자기기들이 인터넷에 연결돼 우리들의 삶에 변화를 가져왔다.

그러나 이제 스마트 기기가 아닌 세탁기, 냉장고 등 가전제품에 서부터 의자, 책상, 식 도구 등 일상용품과 자동차에 이르기까지 우리 생활주변에서 볼 수 있는 모든 기기들이 인터넷에 연결되는 시대를 맞이하게 됐다.

IoT 시대의 패러다임 전환은 아래<표2>와 같다.

<표2> IoT시대 패러다임 전환

구분	모바일시대	IoT 시대
연결주체	사람중심	사람중심> 사물확대
서비스 방식	Pull 방식(빠르고 쉽게 찾는)	Recommend 방식 (사물이 제안)
연결상태	on-demand	Always-on
컨텐츠	정보	지혜

IoT는 단순히 사물의 방대한 양의 데이터인 것이 아니라 다양한 의미의 데이터가 존재한다. 그래서 IoT를 연구하는 학자들은 단순히 연구라고 정의하는 것보다 IoT 분석학으로 정의하는 것이 타당하다고 주장하고 있으며, IoT 분석학은 IoT를 이용해 의미를 해석하고 가치를 부여하는 고급 분석 기술이라고 할 수 있다.

IoT의 유형 및 특성에 따라 센서 네트워크, 빅데이터, 클라우드 등 다양한 수집 기술들이 많이 활용되고 있으며, 각 기술들의 특징은 <표 3>과 같다.

<표 3> IoT 기술특징

센서 네트워크	모든 사물들은 센서를 부착할 수 있다. 이러한 사물센서 정보를 실시간 수집한다
빅데이터	센서에서 보내온 정보는 한곳으로 모이는데 이게 바로 빅데이터 이러한 정보를 유의미한 인사이트로 만드는 정보분석
클라우드	인사이트한 정보를 언제 어디서든 쉽게 활용할 수 있게끔 만드는 기술

IoT의 세 가지 특징들(센서 네트워크, 빅데이터, 클라우드)을 기반으로 하여 가장 중요한 고려사항은 IoT 센서 네트워크에 대한 구체적인 접목이다. 센서의 다양한 기기들은 상호 연결하는 목적이 바로 사용자에게 새로운 가치를 제공하기 위함이다. IoT 서비스를 통해 편의성, 효율성, 지적 호기심, 심미적 만족감 등이 불편함 없이 이루어져야 한다.

두 번째 IoT의 빅데이터 정보를 보면 개별 데이터의 정보영역(공통, 추락, 협착, 충돌 등)과 적용 장비들(전력 소모, 연결기기 종류 및 수)이 다르기 때문에 데이터 특성에 맞는 맞춤형 기술 융합에 대하여 반드시 고려해야 한다. 이는 IoT 데이터별 다양한 기기들, 통신 및 네트워크, 빅데이터와 알고리즘 같은 서로 다른 기술들을 서비스 목적에 맞게 효율적으로 융합해야 하기 때문이다.

마지막으로 지속적으로 진화하고 있는 클라우드 적용 특징 때문에 IoT 서비스를 제공할 때에는 향후 서비스 확장을 고려한 단계적 접근을 반드시 고려해야 한다. 이를 위해서는 현재 활용 가능한 기술들에 대한 정확한 이해가 필요하다.

3. IoT기반 스마트 건설안전시스템

3.1 스마트 건설안전시스템 개념

본 연구에서는 IoT 기반 스마트 안전관리 시스템 구축을 위해 <그림 1> 와 같은 서비스 개념을 정의하였다.

앞장의 이론적 연구를 통해 산업재해예방과 안전관리시스템에 대한 필요성에 대해 알아보았고, 안전관리시스템과 재해유형에 대한 건설현장의 안전관리 프로세스에 대해서도 확인할 수 있었다. 본 장에서는 스마트 안전관리 시스템 기능과 서비스에 대한 형태를 IoT 기반 기술을 활용한 구현사례를 제시하고자 한다.



<그림 1> 스마트 건설안전시스템 구성도

<그림 1>에서 보는 바와 같이 스마트 안전관리시스템은 서비스(UI), 통합 IoT 플랫폼, 스마트 센서를 활용한 건설현장에서 적용 가능한 현장안전 6대 서비스에 대해서, 사전에 위험요인 값을 초기에 설정해서 입력 해놓고, 실시간으로 다양한 센서와 네트워크를 통해서, 데이터를 추적함으로써, 근로자가 착용하고 있는 단말기(모바일, 웨어러블, 사이렌)를 통해 소리와 진동으로 위험구역 내 접근 시 위험신호를 사전에 알림으로써 산업재해를 사전에 예방하는 것이 스마트 안전관리 시스템이다. 주요기능으로서 다음과 같은 다섯 가지가 있다.

첫째, IoT 기반 센서를 활용하여 근로자가 위험지역에 접근 시 웨어러블 디바이스로 위험 알림 기능이 있다. 둘째, 안전재해가 발생했을 때 근로자에게 실시간 대피방송으로 대형사고를 최소화하는 기능. 셋째, 웨어러블 디바이스를 통해 근로자가 작업 중에도 쉽고, 안전하게 자동으로 위험 경보를 알림 하는 기능이 있다.

넷째, 안전재해에 대한 IoT 기반 센서를 활용하여 근로자가 현장에서 안전하게 일할 수 있도록 현장모니터링을 실시간으로 구현한 현장 안전 모니터링 관리 서비스 기능이 있다.

마지막으로 건설현장을 상시 모니터링을 통해서 실시간 정보공유 가능 체제로 정보가 본사와 현장이 협업 가능한 시스템으로 구성 되어있다.

4. IoT기반 스마트 건설안전시스템 구축

4.1 스마트 건설안전시스템 모니터링

<그림 2>에서 보는 바와 같이 메인 대시보드 화면에서는 건설현장에서 필요한 안전에 관한 통합 모니터링 상황을 실시간 정보로 보여주는 메인 화면이다.

이러한 화면들은 ①에서는 대시보드를 통해 해당 사이트의 전체 정보를 종합해서 보여주는 과정이다.

그리고 ②에서는 오늘 알림 내역을 클릭할 경우, 오늘 알림 내역 리스트가 열리며, 알림 경고현황을 실시간으로 파악할 수 있는 과정이다.

또한 ③에서는 대시보드 하위메뉴로 각 서비스(근로자위치, 가스 농도감지, 장비 협착, 타워크레인 충돌, 흙막이 가시설 붕괴, 풍속감지) 상세 정보를 맵에서 확인할 수 있다.



<그림 2 > 스마트 건설안전시스템 모니터링

5. 결론

제4차 산업혁명의 새로운 기술이 건설현장에서 근로자의 안전한 작업환경을 구축함과 동시에 산업재해 감소와 재해예방을 통해서 생산성 증기로의 연결 가능성을 볼 수 있었다.

또한 안전한 작업장 구현은 스마트한 현장조성과 IoT 기반 스마트 안전관리 통합 실시간 모니터링 서비스를 한층 강화시켰다. 현장 근로자에게 편안하고 안전한 작업환경을 만들어 가려면 정보통신기술 솔루션을 적극적으로 활용하는 것이 하나의 지름길이다.

철저한 안전 예방관리가 산업재해 저감으로 이어지고, 나아가 좋은 작업 환경을 높인다는 점을 자각하고, 실효성 있는 신기술 전환으로 새로운 작업환경변화를 추진해가는 것이 실효성이 있다고 할 수 있다.

앞선 신기술로 재해가 없는 안전관리를 실천하려면, 현장안전관리에 대한 융합적인 사고전환과 인식을 새롭게 하고, 다양한 신기술을 접목을 하면서, 산업재해 리스크를 저감하는 노력을 기울여야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 정병용, 인간중심의 현대안전관리, 민영사, 2019.9
- [2] “IoT기반 재난예방과 안전모니터링 기술”. ETRI, 2018.2
- [3] 최규호, “철강업종 100인미만 사업장의 안전관리 문제점과 개선방안에 관한 연구”, 동국대학교 대학원, 2017.2.
- [4] 유승대, 장병태 “IoT기반 밀폐공간 안전관리 시스템” 한국통신학회 학술대회논문집, 2016.6
- [5] 정성일, 신강욱, 홍성택 “IoT를 이용한 SMART 물관리시스템 구축, 한국통신학회 학술대회 논문집, 2015.6.
- [6] ZigBee, Alliance:” ZigBee RF4CE Specification “, Version 1.00, March 2009.
- [7] 전상훈, 산업안전관리의 전략적분석과 개선방안에 관한 연구, 조선대학교 경영대학원, 2006.02.