

밀폐된 공간을 위한 통합안전시스템의 설계

정민승¹ · 이창신² · 조우현^{3*}

Design of Integrated Safety System for Sealed Places

Min-Seung Jeong¹ · Chang-Shin Lee² · Woo-Hyeon Cho^{3*}

¹Graduate student, Department of Computer Engineering, Pukyong National University, Busan, 48513 Korea

²CEO, Conis, Busan, 48059 Korea

^{3*}Professor, Department of Computer Engineering, Pukyong National University, Busan, 48513 Korea

요 약

최근 들어 산업현장에서의 재난 사고는 해마다 증가하고 있는 추세이다. 조선업의 경우 밀폐된 공간이 많기 때문에 작업시 발생하는 각종 유해가스에 대한 이슈와 작업장 구조가 복잡하기 때문에 사고가 발생하였을 경우 격벽으로 인한 통신, 사용자 위치추적의 어려움 등에 대한 문제점이 제기된다. 이러한 상황에서 여러 가지 재해나 재난이 발생할 경우 작업자의 피난이나 구조에 있어 상당한 어려움이 발생한다. 이에 본 논문에서는 밀폐된 공간에서 각종 재해나 재난이 발생할 경우 사고를 사전에 방지하기 위한 통합안전시스템을 제안한다. 제안하는 통합안전시스템은 작업자들에 대한 위치정보의 데이터를 실시간 관리하고 작업장에서 발생하는 가스, 산소, 이산화탄소 등의 수치도 실시간으로 관리가 가능하기 때문에 사고를 미연에 방지할 수 있다.

ABSTRACT

Disaster accidents at industrial sites have been increasing every year. In shipyards there are countless enclosed spaces causing issues like harmful-toxic gases stuck in those sealed areas. And due to such special and complicated structures of the working places with many layers of walls separating each other, there exist more issues of communication with workers trapped inside when accidents happen. Under this circumstance there must be a huge difficulty to evacuate or rescue the workers in case of any disaster. Therefore, in this paper, We would like to introduce the "integrated safety system" to more effectively deal with the problems and prevent such disasters in tough working environments. The suggested integrated safety system can prevent accidents in advance because it can control the data on the location of the workers in real time and the numerical values such as gas, oxygen, and carbon dioxide generated in the workplace in real time.

키워드 : LoRa통신, 메시, 피난, 표준 행동 절차, 재난

Keywords : LoRa Communication, Mesh, Evacuation, Standing Operating Procedure, Disaster

Received 7 November 2018, Revised 26 November 2018, Accepted 5 December 2018

* Corresponding Author Woo-Hyeon Cho(E-mail:whcho@pknu.ac.kr, Tel:+82-51-520-5123)

Professor, Department of Computer Science, Pukyong National University, Pusan, 48513 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.1.97>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 대형인명사고의 영향으로 산업현장의 재해안전 관리 및 대응시스템에 대한 사회적 관심과 함께 IoT 융합기술을 활용한 관제 및 대응 시스템에 대한 요구가 높아지고 있다[1]. 국내 산업현장의 경우 다양한 수의 협력업체 직원들이 작업하는 공간이기 때문에 각종 재해나 재난이 발생했을 경우 많은 인명피해가 우려된다. 이를 사전에 방지하기 위하여 협력업체 직원들에 대해 안전교육을 실시하고 이수하여 안전교육을 이수한 직원들을 대상으로 작업장을 출입할 때 작업허가서를 발행하도록 하여야 한다. 하지만 많은 직원들이 작업허가서를 발행받기에는 많은 시간이 소요되기 때문에 이 또한 문제점이 된다.

현재 산업현장은 작업장의 안전작업을 허가 한 후 작업자의 작업환경에 대해 실시간 감시하게 되어 있으나 작업장의 폐쇄성으로 인한 감시가 용이하지 않는다. 따라서 작업현장이 바뀌는 경우 작업자의 사고발생 위험에 대한 빈도수는 높아질 수 밖에 없다. 이를 대비해 산업현장에서는 비상 대응팀을 꾸려 재난발생시 신속하게 대처할 수 있도록 훈련이 잘 되어 있어야 한다. 또한 피해 최소화를 위해서는 작업 현장의 수집된 정보가 통합관제센터로 전달될 수 있도록 네트워크의 안정성이 보장되어야 한다[2]. 비상 대응팀의 훈련이 잘 되어 있지 않은 경우 산업현장에서 재난 발생시 정확하고 신속한 대응활동이 이루어지지 않을 수 있다.

본 논문에서는 산업현장에서 발생한 재난상황을 대비해 각종 데이터 및 IoT 통신 정보의 통합 수집/분석/활용하여 일원화된 통합 관리를 하고 표준 행동 절차와 빅데이터 분석을 통한 이벤트 지능형 관제 및 상황정보와 사건 정보를 수집하고 상황정보를 분석하여 상황판단에 맞는 신속한 관제 및 상황전파로 인명과 재산 피해의 최소화에 대해 연구하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장 관련 연구에서는 IoT EndDevice, 표준 행동 절차, 휴대용 메시 게이트웨이, 실시간 작업환경 감시등에 대해 살펴보고, 3장에서는 지능형 통합 안전 시스템에서는 무선 휴대용 메시 게이트웨이와 통합 안전 관제 시스템, 대응 요소 설명에 대해 살펴보고, 4장에서는 결론을 제시한다.

II. 관련연구

2.1. LoRa 네트워크 모듈을 사용한 IoT EndDevice

사물인터넷(IoT: Internet of Things)은 사람, 사물, 데이터 등이 모두 인터넷으로 연결되어, 정보가 생성·공유·활용되는 기술 및 서비스를 통칭하는 개념으로 정의된다[3]. IoT를 이용하여 작업자에 대한 서비스를 제공하는 장치를 IoT EndDevice라고 칭한다. IoT EndDevice는 작업자가 작업복 등에 IoT EndDevice를 장착하여 작업자의 위치가 어디에 있는지에 대한 위치기반 서비스를 제공한다. IoT EndDevice는 LoRa 네트워크 기술을 사용하는데 LoRa 네트워크 기술이란 무선장거리통신 기술을 의미하며 저 전력이고 넓은 통신범위와 경제성을 고려해야 한다[4]. 단거리 네트워크보다 데이터 전송률은 낮지만, 통신거리가 길고, 모바일 네트워크보다 데이터 전송률은 낮지만, 통신거리가 비슷하고, 가격이 저렴하다[5]. 표 1은 LoRa 네트워크 및 무선통신의 기술을 특성 비교한 표이다.

Table. 1 Comparison of characteristics of LoRa and wireless communication technology

Division	Power	Velocity	Range	Cost
LoRa	Low	300bps	<21Km	Low
Bluetooth	Low	700Kbps	<30m	Low
Zigbee	Very Low	250Kbps	10-300m	normal
Wi-fi	Low-High	11-100Mbps	4-20m	normal
3G/4G	High	1.8-7.2Mbps	Cell range	High
NKX	Very Low	1.2Kbps	800m	normal
WirelessHART	Very Low	250Kbps	200m	normal
ISA100.11a	Very Low	250Kbps	200m	normal
6LoWPAN	Very Low	250Kbps	800m	normal
Wi-MAX	High	11-100Mbps	50km	High
RFID	Very Low	400Kbps	<3m	High

IoT EndDevice는 충전용 배터리를 장착하여 1개월 이상 사용할 수 있어야 하고 SOS 호출버튼을 장착하여 작업자가 위험을 감지하였을 경우 SOS 신호를 발송할 수 있어야 한다. 또한 배터리 수명을 위해 송신 시에만 신호를 발송하며, 메시 테이블을 가지고 있진 않는다. 그림 1은 완성된 형태의 IoT EndDevice의 가상모습이다.



Fig. 1 IoT EndDevice

2.2. 표준 행동 절차

표준 행동 절차는 업무 시 발생 가능한 상황에 대비하여 사전에 대응 절차를 정리한 것이다. 표준 행동 절차를 사전에 만들어 놓으면 긴급상황이 발생했을 때 빠르고 정확하게 대응할 수 있다는 장점이 있지만, 갑자기 들이닥친 돌발상황에 대해서는 대처를 할 수 없다는 단점이 있다. 2003년 대구지하철 참사를 예로 들면 통합적인 무선통신망 미구축으로 효율적인 재난현장 대응이 미흡했다는 지적이 제기되면서 재난대응을 위한 기관간 통합대응에 관한 표준 행동 절차의 개선이 필요하다고 지적되어왔다. 재난 업무단계별 주요 요소의 중요도에 관한 설문결과 재난 예방, 대비, 대응, 복구 전 과정에서 표준 행동 절차의 중요도가 높게 나타나고 특히 재난 대응에 있어서 47.50%라는 가장 높은 비율을 차지하였다[6]. 표 2는 재난·재해 업무단계별 주요 요소의 중요도를 보여준다.

Table. 2 Importance of key elements in each stage of disaster and disaster work

Division(%)	Prevention · Contrast	Response	Restoration
Total	100	100	100
Equipment	31.25	18.75	35.63
Wireless	5.00	9.38	5.00
Manpower	9.38	9.38	18.75
SOP	39.38	47.50	30.00
Medical Quarantine	15.00	15.00	10.63

2.3. 휴대용 메시 게이트웨이

휴대용 메시 게이트웨이는 무선 메시 네트워킹 환경을 구축할 수 있도록 개발한 휴대용 게이트웨이로써 자동으로 메시망이 구성이 되는 휴대용 무선 중계기이다.

메시 네트워크 기술은 소출력으로 넓은 서비스 커버리지 확보가 가능하며, 유연성 있는 장비의 설치 및 재배치를 통한 네트워크 노드 당 경제성이 높은 기술이다 [7]. 무선 메시 네트워크 기술은 다른 이동 호스트로의 연결을 제공하기 위한 고정된 제어장치를 갖지 않으며, 각 이동 호스트가 라우터로 동작하여 이동 호스트로부터의 패킷을 다른 이동 호스트로 중계(relay) 하는 방법이다[8]. 휴대용 메시 게이트웨이는 1회 충전으로 2개월 이상 동작될 수 있도록 개발되어야 하며, LoRa 주파수 변조시스템(FSK 등)을 이용하여 통신에 차질이 없도록 개발되어야 한다. 또한 자석을 이용하여 탈부착에 있어 쉽고 간편하도록 제작되어야 한다. 그림 2는 완성된 형태의 휴대용 메시 게이트웨이의 가상모습이다.



Fig. 2 Portable mesh gateway

2.4. 실시간 작업환경 감시

작업장에서 작업이 이루어지기 위해선 작업전에 가연성가스나 독성가스등에 대한 가스농도 측정이나 안전점검 후 작업하는걸 원칙으로 하고 있다. 하지만 매일 측정을 하고 안전점검을 하기에는 시간적인 측면이나 비용적인 측면에서 비효율일 수 밖에 없다. 이러한 단점을 극복하기 위해 각종 센서와 유무선 신호 송출 시스템과 작업용 CCTV를 설치한다면 시간적인 측면이나 비용적인 측면에 대한 문제를 상당수 줄일 수 있다.

III. 지능형 통합 안전 시스템

3.1. 메시 네트워크 망 구성

휴대용 메시 게이트웨이간의 메시 네트워크는 엔드 노드와 통신하는 LoRa 모듈외에 통신 속도가 10배 빠른 FSK 모듈을 추가하여, 두 가지를 모두 이용하는 방식을

고려한다. 엔드 노드 즉 작업자의 위치 판단은 엔드 노드와 1hop으로 교신한 복수개의 휴대용 메시 중계기로 부터의 통신 여부 정보 외에 엔드 노드와 통신하기 위한 최소 RF출력 정보 등을 종합하여 층/블럭 정보를 추출한다. 연간 2천명 이상이 산업재해로 증대한 사고피해를 입는다. 이에 산소, 가스농도 등의 실시간 관리와 사고 지점의 파악을 위한 IoT솔루션의 필요가 요구되고 있다. 이러한 사고를 줄이기 위해 Wireless Mesh 네트워킹 환경을 구축할 수 있는 휴대용 게이트웨이와 작업자와 IoT 디바이스를 연결하는 LoRa 기반 통신 모듈을 개발 중이다. 아래의 그림 3은 휴대용 메시 게이트웨이와 LoRa통신을 이용한 무선 네트워킹 환경이다.

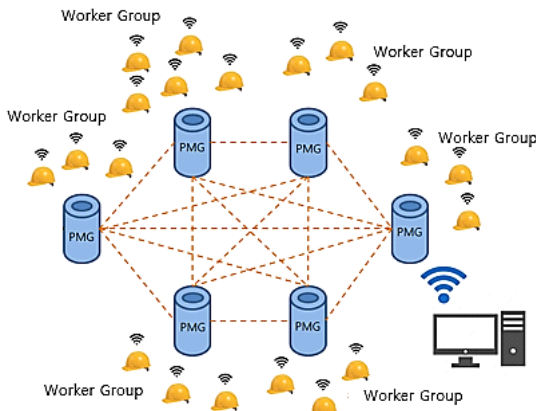


Fig. 3 Wireless networking environment

3.2. 재난관리를 위한 통합안전시스템

재난관리를 위한 통합안전시스템은 작업자용 엔드 노드 디바이스를 통해 작업자의 위치가 어디에 있는지, 게이트웨이 간 메시망의 연결 상태를 확인하여 통신은 잘되는지, 응급 상황시 응급호출기능과 위치확인 알고리즘을 이용하여 응급상황에 처한 작업자가 어느 위치에 있는지 등을 통합 관리하는 시스템이다. 그림 4는 조선소에서 사용하는 작업안전관리시스템을 기획해놓은 그림이다.

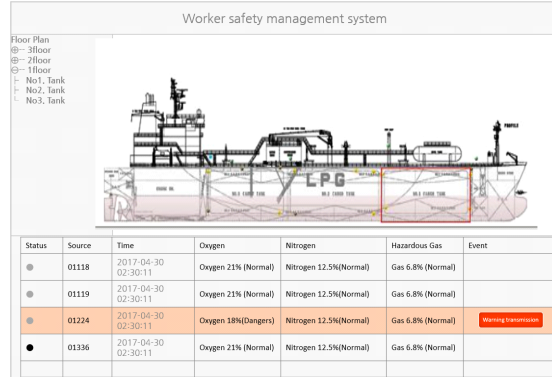


Fig. 4 Worker safety management system (plan)

통합안전시스템은 예방/대비, 대응, 복구와 같은 3단계 별로 관리가 가능하다.

3.3. 대응요소

대응요소는 다음과 같은 6가지 단계로 구성된다. 첫 번째로 사업장 출입관리 및 출입인원의 안전교육 이수 확인은 작업장 및 방문자 출입에 관한 제반 사항을 전산 관리를 통하여 실시간으로 집계·관리하고, 출입자의 신속한 공장출입과 출입의 편의성을 증진시킨다. 온라인을 통한 작업허가 및 안전관리가 가능하다. 그림 5는 사업장 출입관리 및 출입인원의 안전교육 이수 확인의 활용 및 기능이다.



Fig. 5 Utilization and function of the device

두 번째 사고 유형별 전자 비상대응 매뉴얼 시스템은 텍스트형 표준 행동 절차를 전자화하여 사고유형별에 따라 시나리오 기반의 대응 매뉴얼을 제시 하는 시스템이다. 재난 발생이 확인되면 자동으로 표준 행동 절차를 작동시켜, 재난 상황에서 방재요원들에게 임무를 전달

하고 중앙 관리센터에서 일목요연하게 비상대응을 지휘 관리할 수 있다. 그림 6은 표준 행동 절차 시스템의 개발순서이다.

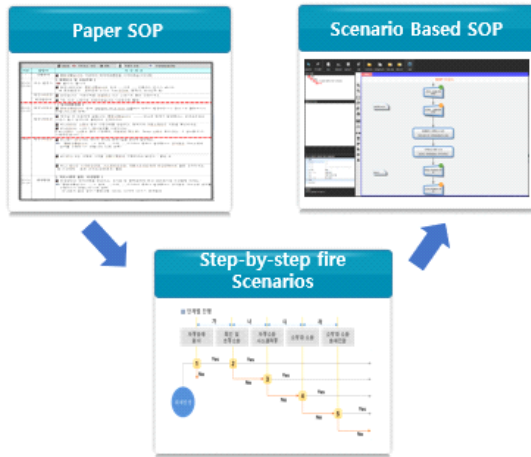


Fig. 6 The development sequence of the standard behavior procedure system

세 번째 지능형 위치 추적 시스템은 재난 상황 발생시 사원중에 심어진 IoT 칩을 통해 위치를 모니터링 하여 지능형 피난 알고리즘에 의해 신속한 대피 안내를 하게 하는 인명 구출에 필요한 정보를 공유하는 시스템이다. 피난상황에 따라 색상 코드를 통해 육안으로도 쉽게 구별이 가능하다. 그림 7은 지능형 위치 추적 시스템이다.

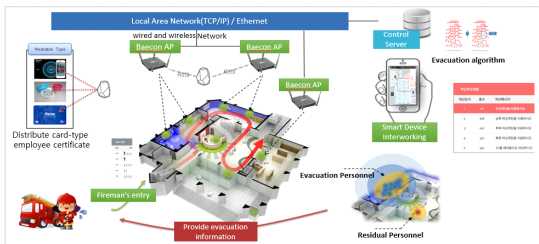


Fig. 7 Intelligent Location Tracking System

네 번째는 비상소통 앱을 활용한 비상피난 유도 및 구조에 필요한 정보제공이다. 모바일 지원시스템은 평상시, 재난상황 발생시, 보다 빠른 정보제공과 1:N의 효율적인 정보공유를 위한 시스템으로 작업자 및 유관기관에게 공지사항 및 재난정보, 작업지시 등의 정보를 주고 받는다.

다섯 번째 방재설비 검사 및 이력 관리 자동화는 안전하게 피난로를 확보하기 위해 피난설비에 대한 작동명령뿐만 아니라 작동여부를 방재시스템에 반영하고 SI 시스템과 연계하여 운영할 수 있는 시스템을 구축한다. QR코드를 이용하여 장비 검사결과를 손쉽게 입력관리할 수 있다. 그림 8은 방재설비 이력 관리 시스템이다.

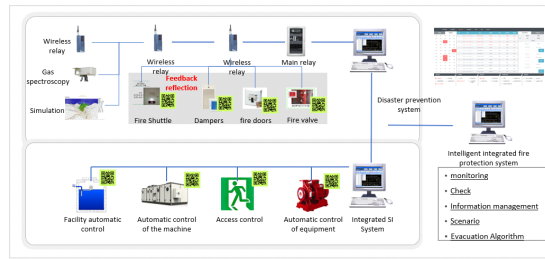


Fig. 8 Disaster prevention equipment history management system

마지막으로 여섯 번째는 빅 데이터의 활용이다. 빅 데이터의 활용은 화재설비의 장애 및 교체를 예측하여 서비스하고 방재설비의 집중관리 대상 및 위치 파악이 가능하다. 그림 9는 빅 데이터의 내용 및 흐름을 정리해 놓은 그림이다.

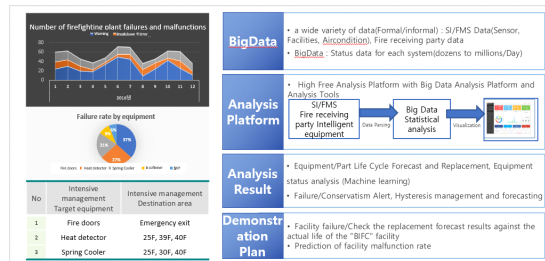


Fig. 9 Contents and Flow of Big Data

IV. 결론

본 논문에서는 재난이 발생하였을 때 많은 빠른 대응을 통해 피해를 줄일 수 있는 지능형 피난 알고리즘에 대해 제안하였다. 본 논문을 통하여 LoRa 통신 네트워크를 이용한 기술, 표준 행동 절차의 중요성, 무선 휴대용 메시 게이트웨이에 대해서 알아볼 수 있었다. 실제로 논문에서 제안한 내용처럼 LoRa통신을 이용한 휴대용

메시 게이트웨이가 개발되어 진다면 가장 많은 사건사고가 일어나는 조선업 뿐만 아니라 석유화학, 제철소, 발전소 등 주요산업시설로 확대적용 되어 재난 재해부터 사전에 예방할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 대응요소 6가지 단계를 순차적으로 적용하고 시행한다면 기존에 재해로 일어난 사건, 사고, 사망률이 대폭 줄어들 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by a Research Grant of Pukyong National University(2017 year)

REFERENCES

[1] Electronics And Telecommunications Research Institute, "Technology of Portable Gas Measurement System in a Enclosure," Technical Report, 2015.

[2] T. H. Yoon, W. S. Jung, D. S. Yoo, and H. K. Choi, "LoRaWAN Class Yard : Development of LoRaWAN Relay System to overcome Radio Shadow Area," *Proceedings of the KICS 2018 Summer General Conference*, pp. 724-725, July 2018.

[3] Y. J. Choi, and H. Choi, "Accident Prevention in Confined Space Using IoT Technology", *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no. 9, pp. 1159-1164, September 2018.

[4] T. W. Kim, "Power Supply Characteristic of IoT Electrical Safety Monitoring Device according to the LoRa Technology," *Proceedings of the KIEE 2016 Spring Conference*, pp. 256-257, October 2016.

[5] J. H. Ko, D. K. Han, S. R. Lee, H. Y. Park, and D.H. Kim, "Implementation of GPS-based Wireless Loss Prevention System using the LoRa Module," *Journal of Digital Contents Society*, vol. 18, no. 4, pp. 761-768, July 2017.

[6] Ministry of Public Administration and Security, "Disaster response standard operating procedure (SOP) - Policy research and information service," Dongguk University Industrial Cooperation Group, Technical Report, 2012.

[7] K. U. Jung. (2016, October). An Analysis of Technology Trends for Ubiquitous Computing. [Internet]. Available: http://www.ubiu.net/board/view.php?id=u_trend&page=1&sn1=&divpage=1&sn=off&ss=on&sc=on&select_arrange=

headnum&desc=asc&no=3.

[8] D. H. Ryu, "A Development of Protatable Mesh Network Gateway for Disaster Relief," *The Journal of the Institute of Internet Broadcasting and Communication*, vol. 11, no. 3, pp. 99-105, June 2011.



정민승(Min-Seung Jeon)

2016년 경남정보대학교 컴퓨터정보공학과(학사)
 2016년~현재 재: 부경대학교 산업대학원
 컴퓨터공학과 석사과정
 2017년~현재 재: 쉐커니스 기업부설연구소 연구원
 ※관심분야: 네트워크 기술, 메시, 재난 안전,
 사고 예방



이창신(Chang-Shin Lee)

1994년 부산대학교 환경공학과(학사)
 2017년~현재 재: 부경대학교 기술경영대학원
 석사과정
 2017년~현재 재: 쉐커니스 대표이사
 ※관심분야: 네트워크 기술, 메시, 재난 안전,
 사고 예방



조우현(Woo-Hyeon Cho)

1985년 경북대학교 전자공학과 전산공학전공
 (학사)
 1988년 경북대학교 전자공학과 전산공학전공
 (석사)
 1998년 경북대학교 전자공학과 전산공학전공
 (박사)
 1989년~현재 재: 부경대학교 공과대학
 컴퓨터공학과 교수
 ※관심분야: 지능형 데이터베이스, 멀티미디어
 인덱싱, 객체 데이터베이스 관리 기술