

# 항만 지역 스마트 안전관리시스템 개발

김승규\*, 손준섭\*, 최주원\*\*  
 \*호서대학교 정보통신공학과  
 \*\*한국사회보장정보원

ksg980920@naver.com, wnstjq105216@naver.com, sylph0721@naver.com

## Development of a Smart Safety Management System for Port Areas.

Seung-Gyu Kim\*, Jun-Seop Son\*, Joowon Choi\*\*  
 \*Dept. of information and communication, Ho-Seo University  
 \*\*Korea Social Security Information Service

### 요 약

본 시스템은 항만지역에서 지속적으로 발생하는 안전사고에 대응하기 위하여 사물인터넷 기술을 적용한 스마트 웨어러블 기기를 활용하여 근로자의 추락, 협착, 충돌 등 사고 정보를 실시간 수집하고 GIS기반의 모니터링 서비스를 통해서 위급 상황 발생 시 능동적이고 즉각적인 구조 활동 지원 및 골든타임 확보와 지속적 분석을 수행하여 귀중한 인명사고 구조체계를 개선하는데 목적이 있다.

### 1. 서론

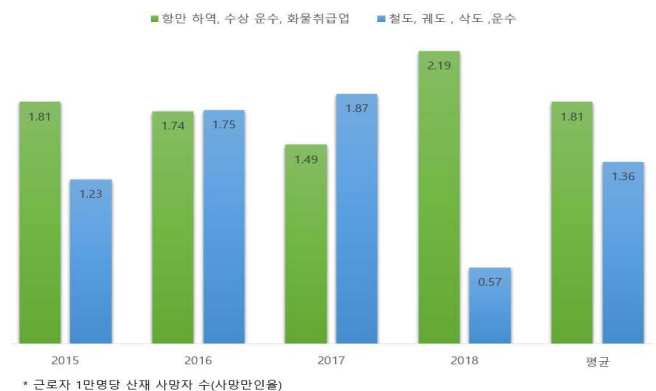
현재 항만 근로자는 작업 간에 특수 복장 및 장갑을 착용하여 긴급하게 스마트폰 사용이 불가할 때가 많고, 특히 항만에서 바다에 빠졌을 때 정신을 잃거나 스마트폰의 통신이 어려운 경우가 다수 발생할 수 있다. 본 시스템은 항만의 특수한 환경을 반영하고 항만근로자들에 대한 안전사고를 능동적이고 즉각적으로 탐지, 골든타임을 확보하기 위한 스마트 웨어러블 안전 조끼를 개발하고, GIS기반 모니터링 서비스를 통하여 실시간 위치추적을 수행하며, 중장기적으로는 인공지능 학습을 통해 분석, 예측을 수행하고 사전 사고 예방을 계획하는데 목적이 있다.

### 2. 이론적 배경

항만하역 산업재해는 정부를 비롯하여 항만하역업체 및 항만물류협회와 항운노동조합 등 관련 기관이 함께 노력하여 점진적 개선을 이루고 있다. 항만하역 재해방지 예방을 위한 적극적인 관심과 노력으로 2021년 현재, 10년 전인 2011년에 비해서 재해자 수는 44.1% 감소하였다.

그러나 아직도 타 산업 대비 사망자 등 중대 재해의 발생비율은 높다. (그림1)의 항만 쪽 재해를 상세히 분류한 2015~2018년 고용노동부 통계를 보면, 항만 하역업 등을 포함하는 ‘항만 하역·수상운수·화물취급업’의 연평균 사망만인율은 1.8로, ‘철도·궤도·삭도·운수업’(1.4)보다 1.3배 정도 높다[1]. ‘20년 항만

물류협회가 조사한 항만 하역 재해 건수를 보면, 재해자 99명 가운데 25명(25.3%)이 ‘추락’, 18명(18.2%)은 ‘협착’(끼임), 16명(16.2%)은 ‘충돌’로 다쳤다. 사망한 3명은 두 명이 협착, 한 명이 충돌이 사유였다.



(그림1) 최근 3년간 국가기반시설 노동자 사망만인율 현황

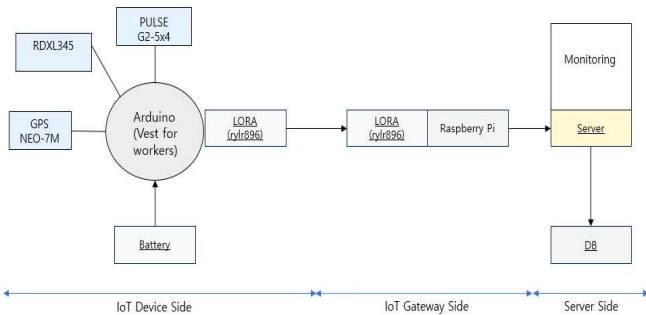
항만사고 특성상 높은 사망률과 초기 능동적이고 즉각적인 구조조치 프로세스를 개선하기 위해서는 먼저 법제도 측면의 연구가 필요하다. 유관 법제도를 분석하면 현재 항만하역작업 안전기준은 1990년 7월 제정 이후 30년간 단 한 번도 개정되지 않았다. 이외에 항만 등 특수 시설물이나 건설현장 등의 안전관리 프로세스를 고도화하기 위한 스마트 건설기술 로드맵(‘18.10, 국토부)를 통해 건설현장 및 시설물의 안정성 향상을 위한 예측형 사고 예방 시스템

을 제안하고 있으나 항만이라는 지역적 환경을 충족하고 차별화된 안전관리시스템에 대한 제안은 아직 부족하다[2].

### 3. 시스템 설계

#### 3.1 아키텍처 설계

본 연구에서는 ①소형 IoT 디바이스에 각 센서부품류와 통신부품들을 조립하고 항만 작업자가 편히 착용할 수 있는 형태의 조끼에 부착하여 스마트 웨어러블 안전조끼의 개발과 ②스마트웨어러블 조끼와 서버군의 통신을 관리하는 IoT GW 개발, ③스마트웨어러블 조끼의 데이터를 수집하고 GIS시스템을 통해서 모니터링 및 이력관리와 분석을 수행할 수 있는 서버군 개발로 구조화하여 설계하였다. 전체 블록 다이어그램은 (그림 2)와 같다[3].



(그림 2) 블록 다이어그램

#### 3.2 시스템 구성

##### 3.2.1 스마트 웨어러블 안전조끼

스마트 웨어러블 안전조끼는 ①IoT 디바이스 전체를 관리하는 MCU군, ②주변 환경 상태를 체크하는 센서군, ③능동적 사고대응 장치군, ④조끼 패키징장치군의 총 4개 부분으로 설계된다.

먼저, MCU는 스마트 웨어러블에 최적화된 아두이노 릴리패드를 기반하며 각종 상황 체크는 심박수 센서를 통해서 근로자의 심박수를 체크하고, 가속도 센서를 통해 근로자의 추락과 쓰러짐을 감지하며 GPS 모듈을 활용하여 근로자의 위치를 파악한다. 이와 함께 능동적 사고대응 장치군에는 작업자가 위급 시 스스로 능동적으로 구난신호를 보낼 수 있는 위급신호 전송 장치와 겨울철 해상 조난을 대비한 발열체 가동 장치, 야간 조난자 위치식별을 용이하게 하기 위한 LED조명 발광 장치를 내장한다. 마지막으로 조끼 패키징과 관련해서는 항만지역 혹은 수상 부근이라는 환경적 한계로 인해 방수와 통신품질 저

하에 대비한 구성대안이 필수이며 이에 대응하여 IP68등급의 방수와 조끼 상단에 안테나를 위치시켜 최대한 통신품질을 확보하였다. 아울러 IoT 디바이스 한계를 극복하고자 저전력 기반의 부품이나 소프트웨어 설계가 요구된다. 이러한 기능을 반영한 핵심 구성요소는 <표 1>과 같다.

<표 1> Smart Wearable Safety Vest Component.

Classification	Function	explanation
S/W	IoT Device Control	Implement a program that controls Micro Controller Unit.
H/W	IoT MCU	(Arduino Lilypad) Key modules that manage and control IoT smart vests.
	IoT Sensors	-(NEO-7M) : Sensors that receive GPS information -(RDXL345) : Sensor to collect information on 3-axis acceleration. -(G2-5x4) : Sensors to receive heart rate information
	Active Rescue Device.	-Alarm device : Alarm occurs when you touch it three times. -A heating operating device. -Lighting operating device.
	Communication Module	(Rylr896) : Lora communication sensor module(Use low power)
	Vest for Workers	Vest for workers in the workplace for assembling wearable devices
	Battery	Power supply of IOT Device.

##### 3.2.2 IoT Gateway

다수의 스마트웨어러블 조끼에서 수집된 데이터를 상위 서버에 전달하고 각 IoT 디바이스를 등록 > 제어 > 모니터링 및 관리하기 위해서는 IoT Gateway(GW) 구성이 필수로 요구된다.

<표 2> IoT Gateway Component.

Classification	Function	explanation
S/W	Device Management	Provides a function to register & manage servers or IoT devices.
	Intercommunication	Providing communication interworking with IoT devices or servers other than IoT devices.
H/W	IoT Communication Module	Provides various communication interfaces such as Lora, Ethernet, and Wifi.
	MCU	General control of GW devices.

IoT GW는 통신 전 주기를 관리하고 다양한 인터페이스와 연동이 필요하여 라즈베리파이로 설계하였다. 이를 구현하기 위한 핵심구성요소는 <표 2>와 같으며, IoT 디바이스와의 통신은 LoRA 방식, 서버와의 통신은 Ethernet 및 Wifi를 지원한다.

3.2.3 Server

서버는 크게 3가지 기능을 수행한다. 첫 번째는 수집된 데이터의 저장과 관리, 두 번째는 GIS기술 기반으로 데이터를 표출하고 가시화, 세 번째는 데이터의 이력 관리, 통계, 분석과 인공지능 기반 학습을 통해서 사전 예측과 정책에 활용을 통해 안전사고 사전 예방을 강화한다. <표 3>은 서버에 요구하는 기능을 수행하기 위한 핵심 구성요소를 나타낸다.

<표 3> The Server Component..

Classification	Function	explanation
S/W	IoT Device Monitoring	Development of a GIS system that monitors data in real time.
	Database	Building a database that can manage history and store data.
	AI Analysis	Data learning & prediction are performed using neural network algorithms.
H/W	Server Group.	It consists of a GIS-based web server, a DB server, and an artificial intelligence analysis server.

4. 인터페이스 개발

4.1 스마트웨어러블 안전조끼

(그림 3)은 항만 작업자가 착용하는 스마트웨어러블 안전조끼의 실제 프로토타입 모형으로 각종 센서가 사용자 신체에 인터페이스하여 데이터를 수집하고 전송하는 구조로 개발되었다. 웹 서버(NodeJs)는 LoRA 통신을 통해 조끼부터 받아온 데이터들의 값들을 데이터베이스(MySql)에 각 근로자 상태를 지속적으로 저장하고 전체 데이터를 웹 소켓통신을 이용하여 웹 페이지에 주기적으로 전달한다.

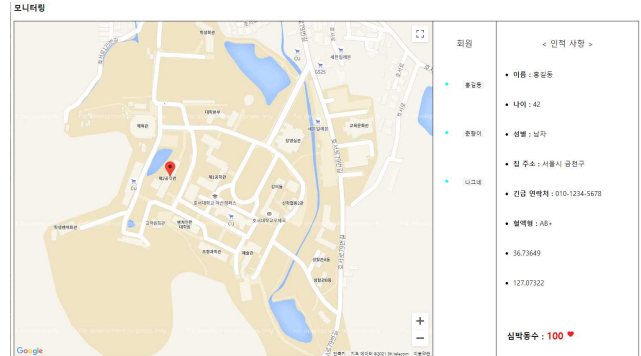


(그림 3) 스마트웨어러블 안전조끼 인터페이스

4.2 GIS기반 스마트 안전관리시스템

웹 페이지에서는 서버로부터 받은 주기적인 데이터를 분류하여 각 근로자의 위치정보, 심박수, 근로자의 상태, 개인정보들을 실시간으로 표출하여 모니터

링 서비스를 제공한다. (그림 4)에서와 같이 위치정보는 GIS 맵으로부터 API를 받아와 실제 항만 지도를 보여줌으로 좌표에 대한 가시화를 수행한다.



(그림 4) GIS기반 스마트 안전관리시스템 인터페이스

5. 결론

본 연구를 통해 항만 근로자들 대상 안전사고의 사전 예방 > 실시간 감지 > 사후 즉각적 대응이 가능한 항만지역 스마트 안전관리시스템의 설계를 수행하였다. 이를 구현하기 위해 첫 번째, 착용이 가능하고 주위의 사고와 관련한 환경정보를 체크하는 센서기능과 긴급신고, 발열체 및 조명 구동기능을 제공하는 능동형 안전 기능, 그리고 방수와 통신품질을 향상시키는 조끼 패키징 기능 등을 포함하는 스마트웨어러블 안전조끼를 설계하였으며, 두 번째, 조끼와 상위 서버를 연동하는 IoT GW설계, 세 번째는 수집된 데이터를 GIS 기반으로 표출하고 실시간 모니터링 서비스를 제공하며, 인공지능 학습 프로그램을 통하여 다 사고 발생지역, 유형 등의 분석으로 사전 정책적인 사고 예방을 수행하도록 시스템을 개발하였다. 이를 통해 항만사고의 골든타임 확보와 인명구조 체계개선은 물론 항만에 4차산업혁명을 촉진, 스마트항만 도입 및 확산에 기여하고자 한다[4].

'본 논문은 해양수산부 실무형 해상물류 일자리 지원사업의 지원을 통해 수행한 ICT멘토링 프로젝트 결과물입니다.'

참고문헌

[1] 고용노동부, '20년 산업재해사고 사망통계, 2021.  
 [2] W.H. Lee, 'A Study on Improvement of Cargo Handling Safety Management using AHP', Korea Maritime & Ocean University, 2017.  
 [3] 행정안전부, '정부 사물인터넷 도입 가이드라인', 2019.  
 [4] 조용철, '스마트 항만의 국내외 서비스 사례연구', 대한안전경영과학회 춘계학술대회, 2019, p83-106.