

# 컨테이너 안전사고 방지 위한 지능형 컨테이너 및 청소 로봇 구현

조형준<sup>1</sup>, 정민환<sup>2</sup>, 김인수<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경기대학교 전자공학과, <sup>2</sup>한국공학대학교 IT경영학과, <sup>3</sup>한전KDN  
junn7119@gmail.com, alsghks9700@naver.com, diun81@daum.net

## Implementation of intelligent containers and cleaning robot to prevent container safety accidents

Hyeong-Jun Jo<sup>1</sup>, Min-Hwan Jeong<sup>2</sup>, In-Soo Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Dept of Electronic Engineering, Kyonggi University

<sup>2</sup>Dept of IT Management, Tech University of Korea

<sup>3</sup>KEPCO Knowledge Data & Network Co.

### 요 약

‘22년 중대재해처벌법과 항만안전특별법이 본격 시행되었다. 이에 대비하기 위하여 본 논문에서는 위험물 컨테이너에서 발생하는 안전사고를 사전에 방지하는 지능형 컨테이너 및 청소 로봇을 제안한다. 지능형 컨테이너 및 청소 로봇은 다음과 같은 기능을 수행한다. 첫째, 유해물질 감지 센서와 산소 센서 등을 통해 컨테이너 상태를 실시간으로 관리한다. 둘째, 유해물질 유출 및 산소 농도가 부족한 경우 위험 컨테이너로 변경 관리한다. 셋째, 컨테이너 내부 유해물질 청소를 위해 로봇을 호출하고 지능형 청소 로봇은 방제약품과 흡착포를 통해 컨테이너 내부를 청소한다. 넷째, 위험 컨테이너는 자동문 개폐관리 기능을 통해 유해물질 청소 완료 전까지 문을 폐쇄하여 안전사고를 방지한다. 본 논문은 제시한 기능을 통해 위험물 컨테이너에서 발생하는 작업자 질식사 등의 사고를 감소시키는 것을 목표로 한다.

### 1. 서론

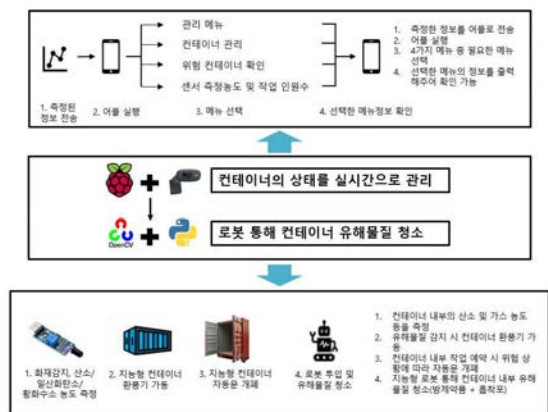
‘22년 시행된 중대재해처벌법과 항만안전특별법은 항만 내 작업 중 안전·보건 조치의무를 위반하여 인명피해가 발생한 경우 사업주 등의 처벌을 규정하여 산업 재해를 예방하고 작업자의 생명과 신체를 보호하는 것이 목적이다.[1][2] 이에 따라 해양수산부는 ‘22년 컨테이너 안전관리 계획’을 수립하여 위험화물 적재 컨테이너에 대한 안전점검을 강화한다. 컨테이너를 열고 내부 위험물을 확인하는 개방점검을 확대하여 위험물 적재 컨테이너의 안전관리 실효성을 높이려고 한다.[3] 다만 점검자가 직접 컨테이너에 대한 안전점검을 수행하는 것은 유해물질에 직접적으로 노출될 가능성이 높으며, 위험물(화학약품 등)이 적재된 모든 컨테이너를 점검자가 전수 점검하는 것은 한계가 있다. 안전점검이 미흡한 위험물 컨테이너 내부에서 산소가 부족하거나 유해가스가 발생한 경우, 해당 밀폐공간에서 작업자가 6분 이상 작업 시 뇌세포 파괴로 사망에 이른다.[4]

안전점검을 위한 인적 자원에 한계점을 극복하고, 컨테이너(밀폐공간)에서의 안전사고를 효과적으로 방지하기 위해 본 논문은 지능형 컨테이너 및 유해물질 청소 로봇을 제안한다.

제안하는 제품은 HW와 SW 2가지 관점으로 분류된다. HW는 다양한 센서를 탑재한 지능형 컨테이너와 청소용품을 탑재한 로봇으로 구성된다. SW는 센싱을 통해 취득한 정보를 제공하며 컨테이너와 로봇 동작을 제어하는 애플리케이션으로 구성된다.

### 2. 본론

#### 2.1 서비스 구성도

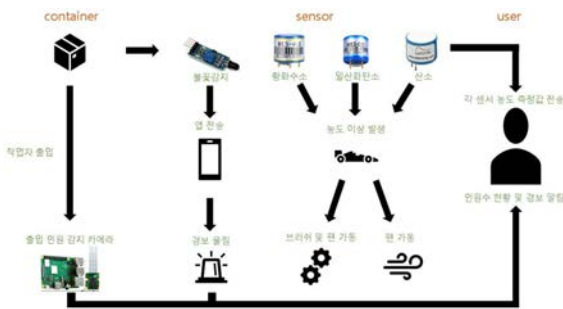


(그림 1) 서비스 구성도

(그림 1)은 본 논문에서 제안하는 서비스 구성도이다. 사용자는 컨테이너에 탑재된 황화수소, 일산화탄소, 산소농도 센서를 통해 수집된 정보를 앱으로 실시

간 확인한다. 컨테이너 내부에 화재 발생 시 컨테이너 관리자에게 경고 알림 서비스를 제공한다. 유해가스 발생 및 산소 농도가 부족한 경우 위험 컨테이너로 변경 관리되며, 안전 컨테이너로 상태 변경을 위해 청소 로봇을 호출한다. 호출된 로봇은 방제 약품과 흡착포를 통해 유해물질을 제거한다. 유해물질 제거 후 컨테이너 내부에서 작업이 가능해지면, 컨테이너 자동문이 개방된다. 컨테이너 출입 인원을 감지하여, 실시간으로 작업 상태와 출입 인원을 모니터링 할 수 있다.

2.2 서비스 흐름도



(그림 2) 서비스 흐름도

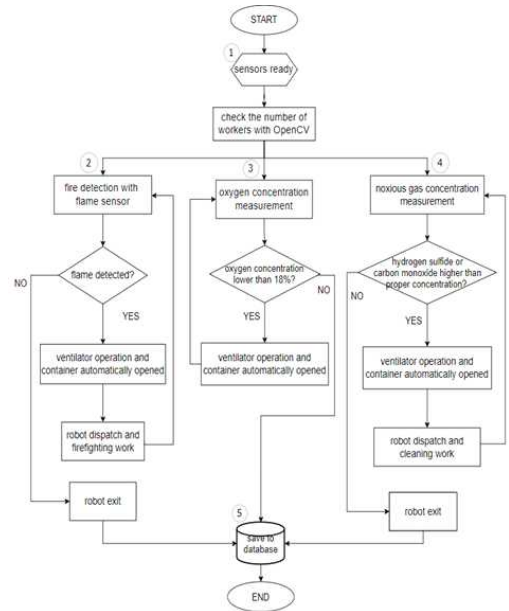
(그림 2)는 컨테이너 내부 동작과 로봇 동작으로 구분한다. 컨테이너 내부 동작은 5단계로 분류되며 ① 화재 감지, 산소 및 유해가스 농도 측정 ② 센싱 정보 SW 앱 전송 ③ 유해가스 제거 위해 환풍기 동작 ④ 작업 가능 여부 판단 ⑤ 작업 가능한 경우 컨테이너 문 개방 || 작업 불가능한 경우 문 폐쇄 및 로봇 호출. 청소 로봇 동작은 4단계로 분류되며 ① 호출 요청한 컨테이너로 로봇 자율이동 ② 컨테이너 문 개방 요청 및 진입 ③ 컨테이너 내부 유해물질 제거 ④ 유해물질 제거 후 로봇 대기 장소로 이동.

2.3 전체 동작 알고리즘

(그림 3) 동작 알고리즘은 5가지 동작으로 분류된다. ① 센서 세팅, OpenCV 이용하여 컨테이너 내부 작업 중인 인원수 파악한다. ② 불꽃 감지 센서를 이용하여 화재 감지. 화재가 감지되면 컨테이너 문이 자동으로 개방되어 작업자 대피. 이후, 로봇이 출동하여 진화작업을 수행한 뒤 불꽃 감지 센서로 재측정 후 화재가 감지되지 않는 경우 로봇은 대기 장소로 이동한다. ③ 산소 센서를 이용하여 산소 농도 측정. 측정된 농도가 18% 미만이면 환풍기를 가동하고, 컨테이너 문을 자동 개방하여 작업자를 외부로 내보냄으로써 산소결핍으로 인해 발생하는 안전사고를 예방한다. ④ 센서를 이용하여 유해가스(일산화탄소와 황화수소) 농도를 측정한다. 일산화탄소농도 또는 황화수소 농도가 적정 수치보다 높으면(황화수소 10ppm이상, 일산화

탄소 30ppm 이상) 환풍기 가동. 컨테이너 내부 작업 전까지 작업에 적합한 산소 확보가 어렵다면 로봇이 출동하여 유해물질 청소 작업을 실시하고, 유해가스 농도가 정상 범위로 떨어지면 로봇은 대기 장소로 이동한다.

⑤ 서버에 센싱 정보, 화재발생 여부 등을 전달하여 DB에 해당 데이터를 저장한다.




(그림 3) 전체 동작 알고리즘

2.4 모바일 앱 흐름도



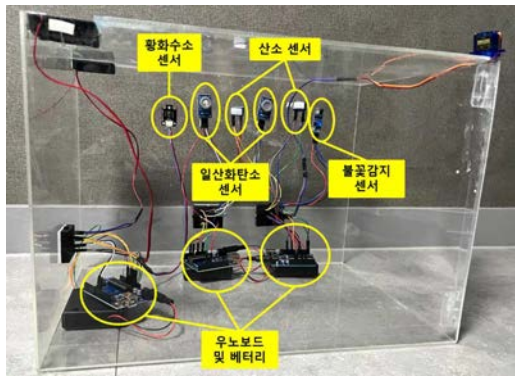
(그림 4) 컨테이너 및 로봇 관리 모바일 앱 흐름도

모바일 앱 화면	모바일 앱 기능 설명
	위험 컨테이너로 분류되어 현재 작업이 불가능한 컨테이너의 정보를 나타내는 화면이다. 산업안전보건기준에 따르면, 밀폐공간 내에서 적정 공기농도 기준은 산소 18%이상 23.5% 미만, 일산화탄소 30ppm 미만, 황화수소 10ppm 미만이어야 한다. 위 기준을 하나라도 만족 못한 경우 위험 컨테이너로 분류되며 문이 폐쇄된다. 사용자는 환풍기 관리 메뉴를 통해 환풍기를 작동시킬 수 있고, 문 개폐 또한 조작 가능하다.
(그림 4-1)	
위험 컨테이너 관리	

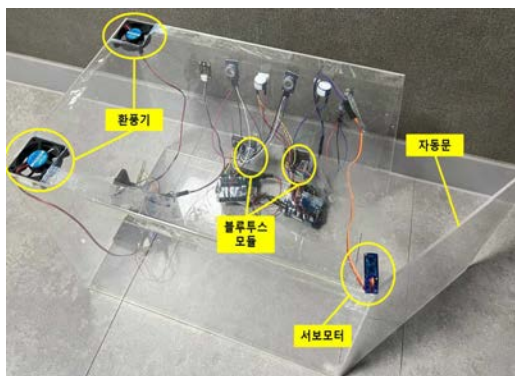
모바일 앱 화면	모바일 앱 기능 설명
	<p>컨테이너 내부 산소농도가 부족한 경우, 환풍기를 조작하여 산소를 확보하지만 일산화탄소와 황화수소 농도가 기준치 이상인 경우 환풍기로는 작업자 안전을 보장하기 어려우므로 로봇을 호출하여 청소 작업을 진행한다. 로봇의 상태는 대기 중, 이동 중, 컨테이너 도착, 작업 중, 작업 완료, 복귀 중 총 6가지로 구분된다. 로봇이 컨테이너에 도착하면 문을 개방하고 로봇을 투입한다. 유해물질 청소 후 일산화탄소와 황화수소 농도가 안전 수준까지 확보되면 작업을 완료한다.</p>
<p>(그림 4-2) 청소 로봇 관리</p>	
	<p>위험 컨테이너의 유해물질 청소 작업이 진행 중임을 나타내는 화면이다. 컨테이너 내부 작업 12시간 전에 미리 로봇을 호출하여, 작업 1시간 전까지 청소를 완료한다. 만약 1시간 전까지 적정 산소 농도를 확보하지 못한 경우, 해당 컨테이너의 작업 가능 여부를 불가능으로 처리하고 유해물질 제거 작업을 진행한다. 청소 작업 완료 후 로봇은 복귀 신호를 수신하고 작업 가능 여부를 가능으로 변경한다.</p>
<p>(그림 4-3) 청소 중 컨테이너 관리</p>	

<표 1> 주요 모바일 앱 화면 및 기능 설명

3. 구현 결과

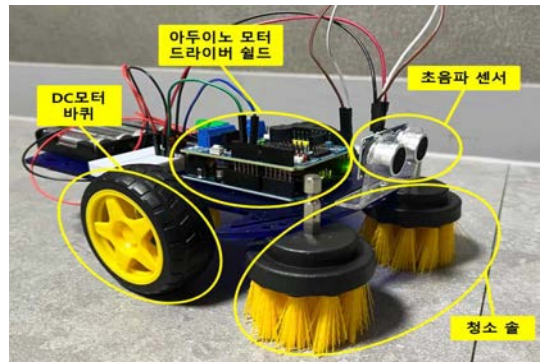


(그림 5-1) 지능형 컨테이너 측면부



(그림 5-2) 지능형 컨테이너 상단부

(그림 5-1/2/3)은 개발이 완료된 지능형 컨테이너 및 청소 로봇이다. 컨테이너 측면은 (그림5-1)과 같이 산소센서, 일산화탄소 센서, 황화수소 센서, 불꽃감지 센서를 부착했고, 우노보드와 연결하여 센서 동작을 구현했다. (그림5-2)는 센서 측정 결과 사고 위험성이 높은 경우 상단부에 설치된 환풍기를 가동한다. 또한, 서보모터를 활용한 자동문을 만들어 로봇 출입 및 화재 발생시 문 개폐를 자동으로 수행하도록 구현했다.



(그림 5-3) 스마트 청소 로봇

(그림 5-3)은 스마트 청소 로봇으로 우노보드와 모터 드라이버 쉘드를 이용하여 장비를 동작시켰다. DC모터 바퀴로 로봇을 이동하고, 전방에 설치한 초음파 센서를 통해 장애물 감지를 한다. 전방 하단에 청소 솔을 부착하여 컨테이너 내부의 유해물질을 청소한다.

4. 결론

중대재해처벌법과 항만안전특별법 시행에 따라 항만에서의 안전사고 예방은 어느 때보다 강조되고 있다. 이에 따라 본 논문은 위험물 컨테이너에서 발생하는 안전사고(질식사, 화재 등)를 방지할 수 있는 지능형 컨테이너 및 청소 로봇 서비스를 제안했다. 제안한 서비스를 통해 항만안전특별법 대비 측면으로 위험한 작업 환경에서의 인명사고를 방지할 수 있으며, 중대재해처벌법 대비 측면으로 현장 작업자의 단순 실수 또는 부주의로 인해 사업자가 억울하게 처벌받는 것을 방지할 수 있는 효과를 기대한다.

Acknowledgement

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

참고문헌

- [1] 중대재해처벌법 (2021.1.26. 법률 제17907 호)
- [2] 항만안전특별법 (2021.8.3. 법률 제18369 호)
- [3] 해양수산부. (2022). ‘해양수산부, 2022년 컨테이너 안전관리계획 수립’, 1월24일.
- [4] 안전보건공단. (2021). ‘[질식 재해 예방] 밀폐공간 작업’, 5월28일.