

ELK Stack 기반 항만 대기오염 통합 모니터링 시스템

전수현^{*}, 김종원^{*}, 박주현^{*}, 우자영^{*}, 김정민^{**1)}

^{*}전북대학교 IT정보공학과

^{**}KT

^{*}{hyeon0929, whddnjs5167, wngus960, dnwkud99}@jbnu.ac.kr, ^{**}cocowin@naver.com

ELK Stack-Based Port Air Pollution Integrated Monitoring System

Su-Hyeon Jeon^{*}, Jong-Won Kim^{*}, Ju-Hyeon Park^{*}, Ja-Young Woo^{*}, Jeong-Min Kim^{**1)}

^{*}Dept. of Information Technology and Engineering, Jeonbuk National University

^{**}KT

요 약

현재 우리 사회에서 대기오염에 대한 문제가 계속해서 대두되고 있다. 항만에서도 대기오염물질 발생에 대한 대책 마련이 필요한 실정이다. 따라서 ELK-Stack을 이용한 SW와 Arduino를 활용한 HW로 항만의 대기질 분석 및 오염도를 시각화하고, 이를 통해 항만 관계자들이 경각심을 기를 수 있는 배경을 마련한다. 또한, 해당 프로젝트로 정부의 친환경 항만 조성 정책에 가담하고자 한다.

1. 서론

미세먼지(Particulate Matter, PM)란 대기 중에 떠다니며 눈에 보이지 않을 정도의 작은 먼지를 말하며, 이는 질산염(NO_3^-), 암모늄 이온(NH_4^+), 황산염(SO_4^{2-}) 등의 이온 성분과 탄소 화합물, 금속 화합물 등으로 이루어져 있다.[1] 이러한 미세먼지를 장기간 흡입할 시, 입자가 미세할수록 코점막을 통해 걸러지지 않고 허파파리까지 직접 침투하여 천식이나 폐 질환 유병률, 조기 사망률이 증가할 수 있다.[2] OECD는 2060년까지 미세먼지 등 대기오염으로 인한 우리나라의 경제적 피해 비용이 OECD 국가 중 1위가 될 것이라고 분석하고 있다. 이렇게 미세먼지가 심각한 사회문제가 됨에 따라 항만 지역에서 발생하는 대기오염물질에 관한 관심 및 대책의 필요성도 증대되고 있다.[3]

국가 미세먼지 배출량 통계에 의하면 2017년 전체 초미세먼지 배출량 중 선박 배출량은 8.4%이며, 부산의 경우 도시 배출량 중 항만이 37.7%를 차지했다.[4] 이에 해양수산부는 '제1차 항만 지역 등 대기질 개선 종합계획'을 발표하고 중장기적으로 항만 지역에 대한 대기오염 개선대책의 체계적, 효과적인 추진을 위해 과학적 배출량 산정에 기반한 중

합계획 수립의 필요성을 강조했다.[5]

본 논문에서 제안하는 시스템은 울산항과 울산광역시 대기질 데이터, 울산항 입출항 선박 데이터와 이에 대한 대기질 농도 변화량 등의 데이터를 수집 및 분석하여 항만 지역의 대기오염 심각성을 보여주고자 한다. 또한, 간이 대기질 측정기를 오염원에 부착함으로써 해당 오염원에서 나오는 CO, NO₂, O₃, PM_{2.5} 등을 직접 측정하여 해당 구역의 대기 오염도를 파악하고자 한다. 수집한 각 데이터는 ELK-Stack²⁾을 기반으로 처리한다. ELK-Stack의 강점은 단순반복적인 작업을 최소화할 수 있고 터미널 로그 데이터까지 분석해 반영하여 특이점을 보여줄 수 있다는 것이다. 또한, 여러 시스템의 로그를 함께 보여줄 수 있어 연관분석이 가능하며, 검색 엔진을 사용함으로써 시각화 반영이 빠르다.[7] 이러한 강점을 기반으로 ELK-Stack을 대기오염 모니터링 시스템에 도입하여 Logstash로 여러 소스에서 동시에 다양한 형태의 대기질 데이터를 수집 및 변환하고, Elasticsearch를 통해 서버 사이드 파이프라인으로써 데이터를 처리한 후, Kibana로 대기오염물질 데이터를 그래프를 이용해 대시보드에 나타낸다. 이는 데이터를 빠르게 시각화해 보여주기 때문

2) Elastic 사에서 제공하는 Elasticsearch, Logstash, Kibana의 세 가지 오픈 소스 프로젝트의 약자[6]

1) Corresponding author

에 항만 종사자나 일반인에게 대기오염 정도를 지속적으로 제공할 수 있는 기반을 마련한다. 더 나아가 정부의 친환경 항만 조성 프로젝트에 가담하고자 한다.

2. 관련 연구

지속적인 세계 경제 성장에 따른 무역량의 증가는 항만 물동량의 증가로 이어져 항만의 경제 성장을 통한 지속 가능한 발전에는 상당 부분 기여를 하고 있다. 하지만 항만에서 배출되는 대기오염 물질로 인해 각종 대기오염지수가 높아져 항만 종사자 및 인근 지역 주민들의 건강에 상당한 악영향을 미치고 있다는 연구 결과가 밝혀졌다. 이에 친환경 항만정책을 통해 쾌적한 항만 조성 및 주민 건강 보호를 위해 대책을 마련하고 있다.[8]

우리나라에서도 정부 및 항만 관련 기업에서 항만의 대기오염 개선을 위한 방안을 계속해서 고안한다. 인천항만공사는 인천항 탄소중립 로드맵을 마련하고 ‘인천항 2050 탄소중립’의 종합 계획과 장기 추진전략 등을 구체화했다. 대기오염물질 배출이 많은 노후 디젤연료 예선을 LNG 연료 추진 선박으로 대체하는 등 미세먼지와 같은 대기오염물질 배출 저감 효과를 극대화하는 사업을 추진하고 있다. 특히 2017년부터 인천항 선박 육상전원공급 시설 확대 도입을 통해 대기오염물질 저감 및 화석연료 사용 비중을 줄이고 있으며, ‘인천항 선박 저속운항 프로그램’을 시행하여 선박에서 발생하는 미세먼지 저감을 위해 노력하고 있다.[9]

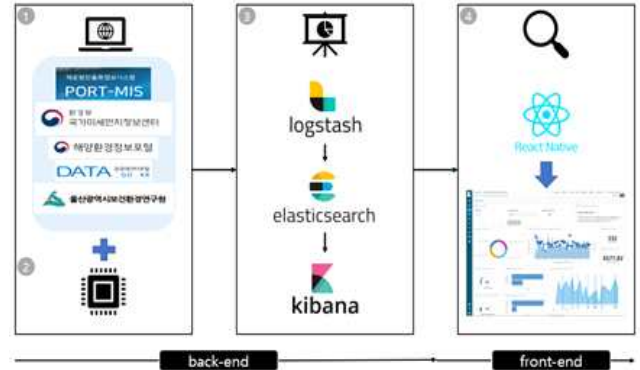
부산시가 전체 사업을 총괄하고 울산시와 경상남도도 세부 사업별로 참여하는 동남권 그린 수소 항만 조성 사업 또한 추진 예정이다. 이는 국가 균형발전위원회 초광역 협력 사업으로, 항만에서 나오는 온실가스를 줄이고 탄소 중립 실현을 목표로 하는 사업이다. 수소를 활용한 하역 장비, 선박, 드론 등을 개발하고 수소 연료전지로 항만에 친환경 전력을 공급하는 것을 목표로 하고 있으며, 이를 통해 미세먼지 및 이산화탄소 등 대기오염 물질을 최소화하고 수소 산업을 육성하고자 한다.[10]

선박은 우리나라 미세먼지 배출량의 9.9%를 차지하고 있으며, 황 함유량이 높은 중유를 사용하기 때문에 대형 선박일수록 미세먼지를 다량으로 유발한다. 따라서 정부뿐만 아니라 항만 지역과 각 지자체에서도 친환경 항만 조성과 미세먼지 감소를 위해 계속해서 노력하고 있다. 이러한 노력은 우리 항만

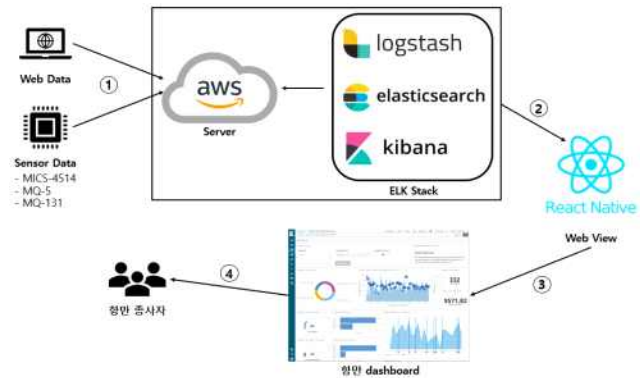
이 그린 뉴딜로의 발전에 발판을 마련할 것이다.

3. 시스템 흐름

3.1 서비스 시나리오



[그림 1] 서비스 시나리오



[그림 2] 서비스 구성도

3.2 개발환경

구분		상세내용
S/W 개발환경	OS	Ubuntu Server 20.04 LTS, Windows10
	개발 환경 (IDE)	Visual Studio Code, pycharm, JDK
	개발 도구	AWS, ELK, Pandas, React
	개발 언어	Python3.7, HTML, CSS, JavaScript, JAVA
H/W 개발환경	OS	Aduino ORANGE BOARD, Arduino
	센서 및 장비	MiCS-4514, MQ131, MQ-5, GP2Y1010AU0F
	통신	Wifi communication, Socket communication

4. 설계

4.1 SW

• 울산항 대기오염 시각화

울산항의 대기오염 정도를 ELK stack을 통해 시각화하여 보여준다.

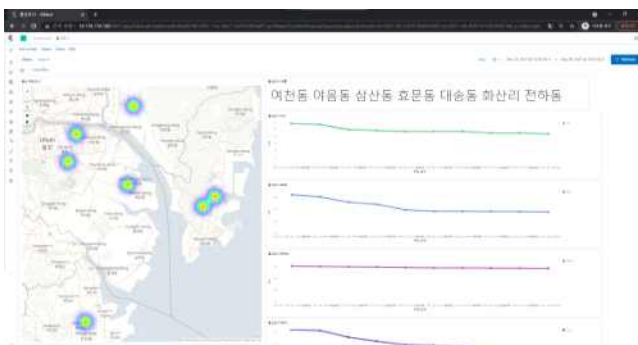


[그림 3] 울산항 대기질 대시보드

해양환경정보포털에서 제공하는 대기질 측정 정보 중 울산항의 이산화황(SO_2), 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO_2), 오존(O_3), 미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$), 기온 값을 얻을 수 있다. 이를 Chrome Driver와 Pyvirtualdisplay, Python Selenium로 크롤링을 통해 실시간 수집하고 Logstash를 통해 오염도 구분 및 Type 지정 등 데이터 필터링을 통한 전처리 후 Elasticsearch에 전달하여 저장한다. Elasticsearch 데이터 값을 Kibana를 통해 시각화할 때, 각 오염 물질별 오염 정도를 구별하여 보여주고 위도, 경도를 Geo_point 값으로 표시한 지도와 오염 물질의 시간별 변화량을 나타낸 Line 그래프를 통해 항구의 위치에 따른 오염도를 항만 관계자에게 한눈에 보여준다.

• 울산항 주변 지역의 대기질 시각화

울산항과 인접해 있는 주변 지역인 울산광역시 남구 여천동, 야음동, 삼산동과 북구 효문동, 동구 대송동, 화산리, 전하동의 대기오염 정도를 각 대기오염물질과 함께 시각화하여 보여준다.

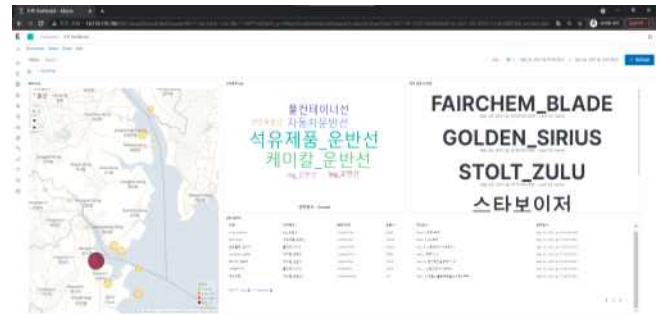


[그림 4] 울산항 주변 지역 대기질

울산광역시보건환경연구원에서 제공하는 실시간 대기 정보에서 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO_2), 오존(O_3), 미세먼지(PM_{10}), 초미세먼지($PM_{2.5}$) 값과 통합대기환경지수(CAI)를 울산항 대기오염 물질을 크롤링하는 방법과 동일하게 실시간 수집한다. 수집 데이터를 Logstash를 통해 전처리하고 Elasticsearch에 저장한다. Kibana에서의 시각화는 Geo_point 값을 통해 각 주변 지역의 위치를 나타내는 지도와 지역별 오염물질의 값 변화 및 대기오염 정도를 시각적으로 보여주어 인근 지역 주민들이 오염도를 쉽게 확인하도록 도와준다.

• 울산항 입출항 선박 데이터 시각화

PORT-MIS에서 수집한 울산항 입출항 선박 데이터를 ELK를 통해 시각화한다.



[그림 5] 선박 입출항 대시보드

PORT-MIS에서 Chrome Driver와 Python Selenium, Pyvirtualdisplay를 통해 울산항 코드(820)와 입항 날짜를 입력하여 원하는 날짜의 울산항 입출항 선박에 대한 엑셀 파일을 내려받는다. 해당 엑셀 파일 중 필요한 정보를 Logstash를 통해 필터링하고 전처리된 데이터를 Elasticsearch에 전송한다. 이때, 항만 코드집을 기준으로 엑셀 파일의 선박 계선 장소를 온산부두, 염포부두, 장생포부두, SK 부두 등으로 분류하고 각 계선 장소의 경도와 위도 값을 Geo_point로 저장한다. Kibana를 통한 시각화에서 각 계선 장소를 지도에 표현하고 해당 위치로 입출항하는 선박의 수, 명칭, 용도, 톤 수 등을 보여준다. 특히 선박의 용도에 따라 선박의 크기, 대기오염 배출량이 다르므로 Tag Cloud를 통해 강조한다.

• Web Dashboard

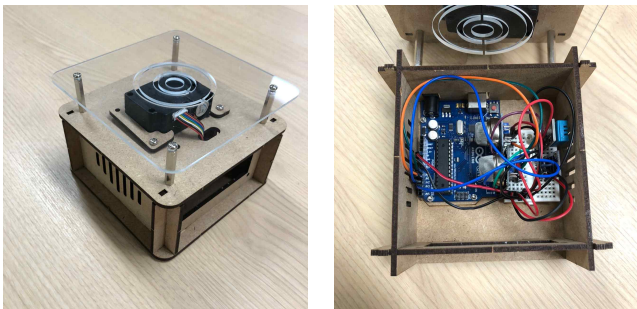
울산항 대기오염과 울산항 주변 지역의 대기질 사이의 관계, 혹은 울산항 대기오염의 원인일 수 있는 선박의 위치 및 용도 등을 쉽게 파악할 수 있도록 Web 페이지에서 대시보드들을 React를 사용하여 Responsive Web으로 한 번에 제공한다. 이에 더하

여 각 지자체 및 정부에서 직접 제공하는 데이터뿐만 아니라 각 구역에 직접 설치하여 확인할 수 있는 간이 대기질 측정기의 센서 데이터까지 추가로 시각화하여 비교한다. 선박이 대기오염에 주는 영향과 항구가 주변 지역에 주는 영향을 시각화한 통합 대기오염 모니터링 시스템을 항만 관계자들에게 제공하고 이를 통해 대기오염에 대한 경각심을 불러일으킨다.

4.2 HW

• 간이 대기질 측정기

Arduino Uno에 MICS-4514(NO_2 , CO 측정), MQ-5(LNG 측정), MQ-131(O_3 측정) 센서를 부착해 간이측정기를 제작한다. 이를 오염도를 파악하고자 하는 구역에 설치해 일산화탄소(CO), 이산화질소(NO_2), 오존(O_3), 초미세먼지(PM2.5) 대기오염 측정용 데이터를 수집한다. 이때, 액체화물 물동량이 높은 울산항이 대상이기 때문에 LNG 가스센서를 부착한다.



[그림 6] 간이 대기질 측정기

간이로 제작되어 선박 근처에서도 대기질 데이터 수집이 가능하다. 이는 실제 지자체 및 정부에서 제공하는 데이터보다 정확한 데이터를 실시간으로 얻을 수 있다는 장점이 있다. 간이 대기질 측정기의 아두이노 오렌지 보드나 아두이노 보드에서 Wifi 통신으로 AWS 서버에 센서 측정값을 전송하고, ELK-Stack을 통해 대시보드에 간이측정기에서 측정한 대기 오염도를 시각화하여 보여준다.

5. 평가 및 기대효과

항만의 대기오염 정도를 시각화함으로써 항만의 오염을 한눈에 파악할 수 있다. 또한, 접근성이 좋은 웹 서비스 형태로 제공되므로 항만 관계자에게는 안전한 근무 환경을 제공하고, 해당 지역의 거주민의 국민 보건·환경적 피해를 저감하고 개인의 건강 상태에 맞는 활동을 계획함으로써 생활환경과 삶의 질

을 제고할 수 있다.

간이 대기질 측정기를 이용해 대기오염의 발원지 및 오염물질을 구체적으로 알아내어 신뢰도 높은 항만 대기오염물질 기초자료를 확보하고 이를 분석해 항만의 대기오염이 해당 지역의 대기질에 끼치는 영향력을 예측하여 개선 방향을 제시할 수 있다. 향후 수질오염 분야나 해양 사고로 인한 해양 쓰레기 분야에서 추가 연구가 진행된다면 항만 통합 오염 모니터링을 통한 친환경 항만 조성에 더욱 기여할 것으로 기대된다.

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

참고문헌

- [1] 미세먼지 개요
<https://namu.wiki/w/%EB%AF%B8%EC%84%B8%EB%A8%BC%EC%A7%80>
- [2] 미세먼지 영향
<https://www.safekorea.go.kr/idsiSFK/neo/sfk/cs/contents/prevent/SDIJKM5140.html?menuSeq=127>
- [3] OECD, “The economic consequences of outdoor air pollution”
- [4] 해양수산부, “항만지역 등 대기질 개선 종합계획”, 2021
- [5] 해양환경팀, “‘항만 대기오염 줄여라’... 국내서 첫 종합대책 수립”, 해사신문, 2021
- [6] ELK-Stack
<https://www.elastic.co/kr/what-is/elk-stack>
- [7] 현정훈·김형중, “오픈소스 ELK Stack 활용 정보보호 빅데이터 분석을 통한 보안관제 구현”, 디지털콘텐츠학회 논문지, 2018, pp.181-191
- [8] 박준희, “친환경 항만정책이 해운선사에 미치는 경제적 영향에 관한 연구”, 중앙대학교 글로벌인적자원개발대학원 석사학위논문, 2014
- [9] 최인수, “‘인천항 2050 탄소중립’ 로드맵 짚다”, 에너지신문, 2021
- [10] 연합뉴스, “대기오염 없는 동남권 수소항만 밀그림 나왔다”, 매일경제, 2021