

## IoT 기반의 캔/PET병 압착파쇄기 관리시스템 개발

류대현\* · 강예성\* · 최태완\*\*

Development of IoT-based Can Compactor/PET Bottle Crusher Management System

Dae-Hyun Ryu\* · Ye-Seong Kang\* · Tae-Wan Choi\*\*

## 요약

본 연구에서는 캔/PET병 압착파쇄기를 관리하기 위한 IoT 기반의 관리시스템을 개발하였다. 로드셀 2개, 온습도센서 DHT22, 미세먼지 지측정기 등 다양한 센서를 ESP32와 인터페이스하여 IoT 디바이스를 구성하였으며, Node-RED를 활용하여 관리 서버를 구축하였다. 본 시스템은 압착캔과 파쇄된 PET병의 무게를 실시간으로 모니터링하고, 미리 정한 기준치를 초과할 경우 관리자에게 문자 메시지를 전송하여 적시에 수거할 수 있도록 하였다. 운영 시험 결과 본 시스템은 정확한 모니터링과 효율적인 알림 기능을 제공함을 확인하였으며 캔/PET병 과 같은 폐기물 관리의 효율성을 제고하여 환경 문제를 해결할 수 있는 가능성을 제시하였다.

## ABSTRACT

In this study, we developed an IoT-based management system to manage a can/PET crusher. Various sensors such as two load cells, DHT22 temperature and humidity sensor, and fine dust meter were interfaced with ESP32 to construct an IoT device, and a management server was built using Node-RED. The system monitors the weight of pressed cans and shredded PET bottles in real time and sends a text message to the manager when the weight exceeds the predetermined threshold for timely collection. The results of the operational test confirmed that the system provides accurate monitoring and efficient notification functions, and offers the possibility of solving environmental problems by improving the efficiency of waste management such as cans and PET bottles.

## 키워드

Can Compactor, IoT Waste Management, PET Crusher, Real-time Monitoring, Smart Waste System  
캔 압착기, IoT 폐기물 관리, PET병 파쇄기, 실시간 모니터링, 스마트 폐기물 시스템

## 1. 서론

현대 사회에서 폐기물 처리는 심각한 환경 문제로 대두되고 있다. 폐기물 처리의 비용과 환경 영향은 계속해서 증가하고 있으며, 이에 대한 효율적인 해결책

이 필요하다. IoT 기술은 폐기물 처리 및 관리 분야에서 새로운 가능성을 제시하고 있으며, 이에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.

본 연구 목표는 IoT 기반의 캔/PET병 압착파쇄기 관리시스템을 개발하여 폐기물 처리 과정을 최적화하

\* 한세대학교 IT학부(dhryu@hansei.ac.kr)

\* 한세대학교 IT학부(marvic1130@gmail.com)

\*\* 교신저자: 경상국립대학교 메카트로닉스공학부

• 접수일: 2023. 10. 09

• 수정완료일: 2023. 11. 10

• 게재확정일: 2023. 12. 27

• Received : Oct. 09, 2023, Revised : Nov. 10, 2023, Accepted : Dec. 27, 2023

• Corresponding Author : Tae-Wan Choi

Dept. of Mechatronics Eng., Gyeongsang National University

Email : twchoi@gnu.ac.kr

고 경제적 및 환경적인 이점을 도출하는 것이다. 이를 위해 필요한 센서와 저가의 IoT 디바이스 및 로우코드(low code) 시각화 도구를 사용하여 폐기물 상태를 모니터링하고, 문자메시지로 관리자에게 알람을 전송하는 시스템을 설계하고 구현한다. 캔/PET병 압착과쇄기는 캔을 압착하고 PET병은 파쇄후 파지함에 저장한다. 파지함이 꽉차게 되면 관리자가 수거해주어야 하지만 수시로 관리자가 파지함을 확인하는 것은 비효율적이다. 뿐만 아니라 압착과쇄기의 설치 대수가 많아지면 관리에 대한 필요성도 더욱 증가한다.

본 연구의 범위는 상용의 캔 압축기와 PET병 파쇄기에 설치할 수 있는 IoT 디바이스와 관리 서버를 개발하는 것이다. 이에 대한 전체 시스템의 설계, 디바이스 및 서버의 구현을 중심으로 캔압축기와 파쇄기의 상태 모니터링 및 관리 기능을 포함한다. 또한, 이 시스템의 경제적이고 환경적인 이점을 분석하여 그 효과를 평가한다.

본 논문은 다음과 같은 구성으로 이루어져 있다. 2장에서는 관련 연구에 대한 개요를 제시하고, 3장에서는 시스템의 설계 및 구현에 대해 상세히 설명한다. 4장에서는 시스템의 테스트 및 고찰 결과를 분석하고, 5장에서는 결론을 제시한다.

## II. 관련 연구

폐기물 관리시스템의 효율성과 경제성 향상을 위한 과거 연구들은 다양한 방법을 탐구해왔다. 예를 들어 스마트 센서 기술을 활용하여 폐기물 수거 및 처리 과정을 모니터링하고 최적화하는 방법을 제시했다. 이러한 연구들은 폐기물 관리 시스템의 자동화와 효율적인 운영을 위한 기반을 마련하는 데 기여하였다[1].

최근에는 IoT 기술을 활용한 쓰레기 모니터링 및 수거 시스템에 관한 연구가 확대되고 있다. 이러한 시스템은 센서 네트워크와 데이터 분석을 활용하여 쓰레기통의 채움 수준을 실시간으로 모니터링하고, 쓰레기 수거 경로를 최적화함으로써 비용을 절감하고 효율적인 수거를 가능하게 한다. 이와 같은 연구들은 쓰레기 관리의 지능화와 자동화에 대한 새로운 방향성을 제시하고 있다[2].

이들 연구는 스마트 도시를 위해 개발된 IoT 기반 쓰레기 관리시스템에 초점을 맞추고 있다. 이 시스템

은 센서와 데이터 분석을 활용하여 쓰레기통의 채움 수준을 실시간으로 모니터링 한다. 또한 쓰레기 수거 경로를 최적화하여 수거 비용을 최소화하고 쓰레기 관리 프로세스의 효율을 높인다. 이러한 연구는 IoT 기술이 스마트 쓰레기 관리 방법을 가능하게 하고 지속 가능한 환경 친화적인 도시를 창출하는 데 중요한 역할을 한다는 점을 보여준다[3].

캔/PET병 압착과쇄기는 폐기물 처리 시스템에서 중요한 역할을 하는 장비이며 이에 관련한 연구들은 최근에 주목을 받고 있다. 이러한 연구들은 쓰레기 재료의 압축 및 분쇄 과정을 효율적으로 관리함으로써 재활용 가능한 자원의 회수를 촉진하고, 처리 비용을 감소시키는 데 이바지하고 있다.

## III. 시스템 설계 및 구현

이 연구에서 제안하는 캔/PET병 압착과쇄기 관리시스템은 다층 구조로 설계되었다. 전체 시스템은 캔/PET 압착 파쇄기, 센서들, IoT 디바이스, 관리 서버로 구성된다.

IoT 디바이스는 캔/PET병 압착과쇄기에 설치된 로드셀, 온습도센서, 미세먼지 측정기로 구성되며, 이들은 데이터를 실시간으로 수집하여 전송하기 위한 마이크로컨트롤러 모듈을 포함한다. 그림 1에 전체 시스템 개념도를 나타내었다. 그림 1은 IoT 기반의 캔/PET병 압착과쇄기 관리 시스템의 구조를 시각적으로 설명하고 있으며 시스템의 구성 요소와 디바이스, 서버 구조, 통신 방식 등을 보여준다.

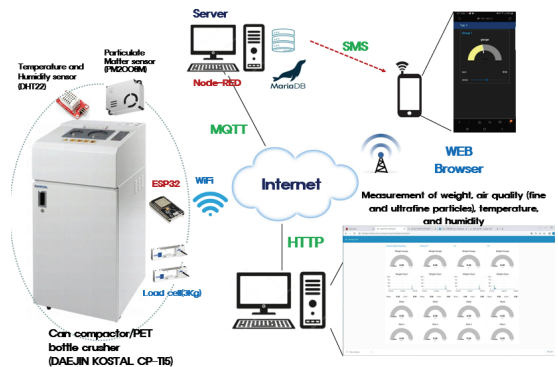


그림 1. 전체 시스템 개념도  
Fig. 1 Total system concept

본 논문에서 캔/PET병 압착과쇄기는 ‘대진코스탈’의 CP-115 모델<sup>1)</sup>을 사용하였다. 과쇄함 아래쪽에 그림 2와 같이 로드셀을 2개 장착하여 압착캔과 과쇄 PET의 무게를 각각 센싱할 수 있도록 하였다.

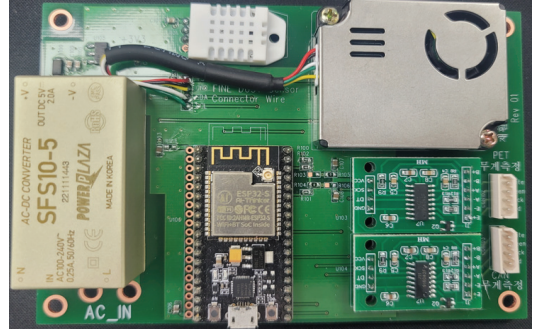


그림 2. 로드셀의 설치  
Fig. 2 Installation of two load cells

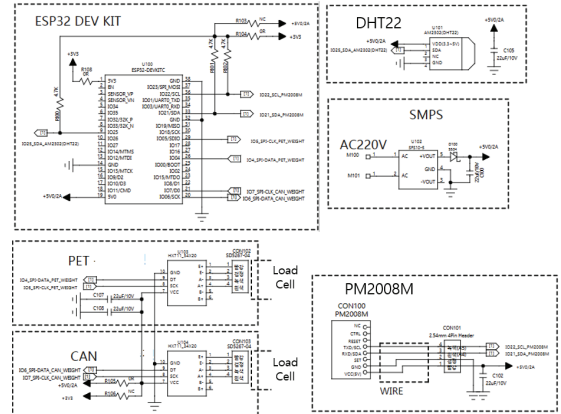
센서 선택은 캔/PET병 압착과쇄기의 운영 상황을 정확하게 모니터링 하기 위해 중요하다. 본 연구에서는 로드셀(CAS BCL-3L), 온습도센서(DHT22), 그리고 미세먼지 측정기(PMS7003)를 ESP32 개발 보드와 인터페이스하여 사용하였다. 이들 센서는 캔압축기와 PET병 과쇄기의 채움 수준, 온도, 습도, 그리고 대기의 미세먼지 농도를 측정하고 전송한다. 로드 셀을 이용하여 무게를 측정하기 위해서 HX711을 사용하였다. HX711은 고분해능 ADC와 프로그래밍 가능한 이득 증폭기를 통합하여 로드 셀의 아날로그 신호를 디지털 값으로 정확하게 변환할 수 있다.

본 시스템에서 무게, 온/습도, 공기질을 파악하여 WiFi로 전송하는 디바이스는 ESP32를 사용하였다. Espressif Systems에서 개발한 ESP32는 Wi-Fi와 Bluetooth를 지원하는 저비용 저전력 SoC이다. 이 SoC는 낮은 에너지 소비, 다양한 오픈 소스 개발 환경, 라이브러리로 인해 다양한 IoT 환경에 널리 사용되고 있다. ESP32는 두 개의 프로세서 코어가 있으며, 80MHz ~ 240MHz 사이에서 작동 주파수를 독립적으로 제어할 수 있다. SPI, I2C, UART, I2S, 이더넷, SD 카드, 정전식 터치와 같은 다양한 외부 인터

페이스를 지원한다[4-7]. 그림 3에 로드셀, 온습도센서 DHT22, 미세먼지 측정기 ESP32 등으로 구성된 디바이스의 실제 사진과 회로도를 나타내었다.



(a) picture of the device



(b) circuit

그림 3. IoT 디바이스  
Fig. 3 IoT device

그림 4에 Node-RED를 이용한 서버 구축과 관련하여, 실시간 데이터 모니터링 UI의 스크린샷을 나타내었다. 이를 통해 실제로 시스템에서 수집되고 분석되는 데이터의 시각화된 모습을 보여줄 수 있다.

본 연구에서는 디바이스와 서버 간의 통신을 위해 MQTT 프로토콜을 적용하였다. MQTT는 TCP기반의 경량화된 출판/구독(Publish-Subscribe) 메시지 프로토콜로 특정 이벤트를 발생시키는 ‘출판자’와 해당 이벤트를 구독하는 ‘구독자’가 있다. MQTT 프로토콜에서는 브로커(Broker) 서버가 ‘도둑’이라고 부르는 이벤트 발생자와 구독자를 다대다(N:M)로 중개하는 메시지 버스 역할을 수행한다. 수신 데이터를 보호하기 위해 SSL(Secure Sockets Layer)/TLS(Transport Layer

1) Available online : <http://djkostal.co.kr/portfolio-item/ems/cp-115/>

Security)를 이용하여 키 관리와 메시지 암호화를 하도록 하였다. SSL/TLS는 HTTP, MQTT 등 인터넷에서 통신하는 과정에서 도청, 간섭, 위조를 방지하기 위해서 설계되었으며 데이터를 암호화하고 인증 등을 지원한다.

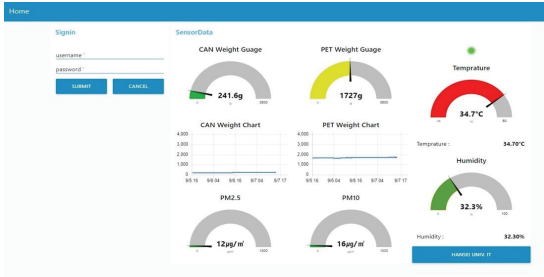


그림 4 실시간 데이터 모니터링 UI  
Fig. 4 Real-time data monitoring UI

시스템의 데이터 수집, 처리 및 관리를 위해 로우 코드 시각화 도구인 Node-RED를 사용하여 서버를 구축하였다. Node-RED는 시각적 플로우 기반 프로그래밍 도구로, 데이터 흐름을 쉽게 구성하고 제어할 수 있다. 이를 통해 센서에서 수집한 데이터를 처리하고, 기준치를 초과하는 경우 관리자에게 문자 메시지를 보내는 등의 작업을 수행한다. 그림 5에 본 시스템의 Node-RED 플로우를 나타내었다[8-10].

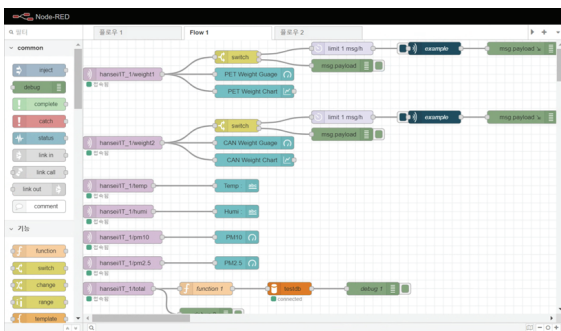


그림 5. Node-RED 플로우  
Fig. 5 Node-RED flow

캔 압축기와 PET병 파쇄기 파지함의 용량(무게)이 초과되면 관리자에게 문자메시지를 보낼 수 있도록 구현하였다. 문자메시지 API는 '알리고'라는 업체의 API<sup>2)</sup>를 사용하였다. Node-RED에서 용량이 초과되면 Python\_Shell Node를 사용하여 문자메시지를 보내는

Python 스크립트를 실행하도록 하였다. 이때 용량이 초과한 상태가 유지가 되면 delay Node의 제한 기능을 사용하여 정해진 간격으로 문자메시지를 보내도록 하였다.

설계한 시스템의 각 구성 요소를 통합하고 설정하는 과정에서 센서와 ESP32 개발 보드, Node-RED 서버를 연결하고, 데이터 흐름을 조정하여 정상적인 동작을 보장하였다. 또한, 캔압축기와 PET병 파쇄기의 기준치를 설정하고, 관리자에게 문자메시지를 보낼 수 있는 인터페이스를 구성하였다. 이를 통해 시스템을 완전히 구축하고 동작 가능한 상태로 만든 후 시험할 수 있도록 하였다.

#### IV. 시험 및 평가

시스템의 성능을 평가하기 위해 본 연구에서 개발된 시스템을 그림 6과 같이 설치하여 운영하였다. 대진 코스타의 CP-115 캔/PET 압착파쇄기는 좌측 상부에 캔 투입구가 있고 우측 상부에 PET병 투입구가 있다. 캔은 압착하여 좌측 하부 파지함에 떨어지며, PET 병은 우측 하부 파지함에 떨어지도록 되어 있다. 본 연구에서 개발한 IoT 디바이스는 파쇄기 본체의 우측에 설치하였으며 디바이스 함체의 상부에 WiFi 안테나를 설치하였다. 디바이스의 전원(AC 220V)은 파쇄기 본체로부터 공급받는다.



그림 6. 설치된 시스템 전체 모습  
Fig. 6 Overview of the installed system

2) Available on : <https://smartsms.aligo.in/>



캔 압착 시 250mL 캔 9개(약 3.4L)를 압착하는 경우 압착후 약 1.9L로 해당 업체에서 제공하는 약 42%의 부피 감소율과 대략 일치하는 것으로 확인하였다. PET병 파쇄의 경우도 2L PET병 9개(약 30L)를 파쇄하는 경우 파쇄 후 약 4L로 해당 업체에서 제공하는 약 87%의 부피 감소율과 대략 일치하고 있음을 확인하였다. 그림 7은 압착된 캔과 파쇄된 PET 병을 보여준다.



그림 7. 압착된 캔과 파쇄된 PET병  
Fig. 7 Compressed cans and crushed PET bottles

실험 결과로 실시간 모니터링의 정확성과 신뢰성은 MQTT 브로커의 성능에 의존하고, 알림 시스템의 성능도 문자메시지 서비스 ('알리고')의 성능에 의존하므로 본 연구의 시스템과 관련된 정확성과 신뢰성에 대한 평가는 어렵다고 판단된다. PET병 파쇄기의 채움 수준, 온도, 습도, 그리고 미세먼지 농도 등도 본 시스템에 적용한 센서 자체의 정확성에 의존한다. 캔압축기와 PET병 파쇄기의 채움 수준에 따라 파지함의 무게가 기준치를 넘어설 때 관리자에게 신속하게 알림이 전송되는지는 정성적으로 확인하였다.

본 연구에서 개발한 시스템은 경제적 측면에서는 쓰레기 수거 비용의 절감과 운영 효율성의 향상을 가져오며, 환경적 측면에서는 재활용률의 증가와 폐기물 처리의 환경 부담 감소를 기대할 수 있을 것으로 평가한다. 지속적인 운영시험을 통해 시스템의 실용성과 사회적 가치를 확인중이나 IoT 기반의 캔/PET병 압착파쇄기 관리시스템은 경제적이고 환경적으로 유리한 솔루션임을 확인하였다.

## V. 결 론

본 논문에서는 캔압축기와 PET병 파쇄기를 위한 IoT 기반 관리시스템의 개발을 제시하였다. 전체 시스템은 캔/PET 압착 파쇄기, 센서들, IoT 디바이스, 관리 서버로 구성하였다.

설계 및 구현 과정을 통해, 시스템은 캔과 파괴된 PET병의 채움 수준을 효과적으로 모니터링하였다. 기준치를 초과할 경우 즉시 관리자에게 문자메시지를 통해 알림을 전송하여 효율적인 쓰레기 수거가 가능하도록 지원하였다. 시스템 아키텍처와 통합은 원활한 운영과 데이터 흐름을 보장하였다.

시험 및 평가 단계에서는 캔압축기와 PET병 파쇄기의 성능을 평가하였으며, 이들은 쓰레기 용량을 줄이고 재활용을 쉽게 하는 데 효과적임을 나타내었다. 실시간 모니터링 및 알림 시스템은 데이터 수집의 정확성과 관리자에게 알림을 신속하게 전송하는 신뢰성 있는 성능을 보여주었다.

하지만, 본 연구에는 몇 가지 제한 사항이 존재한다. 센서의 정확성과 신뢰성을 보장하기 위해 정기적인 유지 및 보수가 필요하며, 통신 인프라의 안정성과 데이터 보안 등의 측면에서 추가적인 개선이 필요하다. 또한, 시스템의 적용 범위와 확장성을 고려하여 더 다양한 환경과 쓰레기 유형에 관한 연구가 필요하다.

이러한 제한 사항에도 불구하고 본 연구는 IoT 기술을 활용한 쓰레기 관리시스템의 잠재력과 가치를 보여주었다. 쓰레기의 효율적인 모니터링과 수거는 우리 사회의 지속 가능성과 환경 보호에 이바지하는 중요한 요소이다. 따라서, 본 연구는 쓰레기 관리 분야에서의 향후 연구와 적용에 대한 지침을 제공하며, 관련 연구자들에게 유용한 정보와 통찰력을 제공할 것으로 기대한다.

## References

- [1] S. Arulselvi, B. Rajendran, and S. Senthil Kumar, "Smart Waste Management Systems: A Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 74, 2017, pp. 1022-1033.
- [2] G. K. Shyam, S. S. Manvi, and P. Bharti, "Smart waste management using Internet-of-Things (IoT)," *2017 2nd International*

*Conference on Computing and Communications Technologies (ICCCCT'17), Kuala Lumpur, Malaysia, 2017, pp. 199-203.*

- [3] P. V. Rao, P. M. A. Azeez, S. S. Peri, V. Kumar, R. S. Devi, A. Rengarajan, K. Thenmozhi, and P. Praveenkumar, "IoT based Waste Management for Smart Cities," *2020 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), Coimbatore, India, 2020, pp. 1-5.*
- [4] D. Ryu, "Development of IoT Gateway based on Open Source H/W," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 9, Sept. 2015, pp. 1066-1070.
- [5] D. Ryu and T. Choi, "Development of Open IoT platform based on Open Source Hardware & Cloud Service," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 5, Mar. 2016, pp. 485-490.
- [6] D. Ryu and T. Choi, "Development of Smart Device Module for Perimeter Intrusion Detection," *J. of the Korea of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 2, Apr. 2021, pp. 363-370.
- [7] D. Ryu and T. Choi, "Development of Portable IoT Device for Life saving," *J. of the Korea of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 5, Oct. 2022, pp. 883-888.
- [8] S. Oh, T. Kim, and Y. Kim, "Implementation of factory monitoring system using MQTT and Node-RED," *J. of the institute of internet, broadcasting and comm.(IIBC)*, vol. 18, no. 4, 2018, pp. 211-218.
- [9] S. Pal, S. Ghosh, and S. Bhattacharya, "Study and implementation of environment monitoring system based on MQTT," *Environmental and Earth Sciences Research J.*, vol. 4, no. 1, Mar. 2017, pp. 23-28.
- [10] U. Kim and J. Choi, "Implementation of IoT Home System based on MQTT," *The J. of The Institute of Internet, Broadcasting and Comm.*, vol. 20, Issue 1, 2020, pp.231-237.

## 저자 소개

### 유대현(Dae-Hyun Ryu)



1983년 부산대학교 전기기계공학과 졸업(공학사)

1985년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1997년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1987년 - 1998년 2월 전자통신연구원 선임연구원  
1998년 3월 - 현재 한세대학교 IT 학부 교수

※ 관심분야 : IoT, M2M, 정보보호, 영상처리

### 강예성(Ye-Seong Kang)



2020년 한세대학교 컴퓨터공학과 입학(재학중)

※ 관심분야 : IoT, 영상처리, Machine Learning

### 최태완(Tae-Wan Choi)



1983년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학석사)

1996년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박사)

1984년 12월 - 1991년 2월 (주)LG전자 디지털어플라이언스연구소 선임연구원

1997년 3월 - 현재 경상국립대학교 메카트로닉스공학부 교수

※ 관심분야 : 컴퓨터비전 및 영상처리, 정보통신, IoT