

# 사물인터넷 기반의 스마트 폐의약품 수거함 구현

윤어진<sup>1</sup>, 김다은<sup>1</sup>, 김도훈<sup>1</sup>, 박민재<sup>1</sup>, 김태국<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 학생, <sup>2</sup>국립부경대학교 컴퓨터·인공지능공학부 교수

## Implementation of Smart Waste Medicine Collection Box Based on IoT

Eo-Jin Yun<sup>1</sup>, Da-Eun Kim<sup>1</sup>, Do-Hoon Kim<sup>1</sup>, Min-Jae Park<sup>1</sup>, Tae-Kook Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Student, Division of Computer and Artificial Intelligence Engineering, Pukyong National University

<sup>2</sup>Professor, Division of Computer and Artificial Intelligence Engineering, Pukyong National University

**요약** 폐의약품을 부적절한 방법으로 배출하면 환경 문제가 발생할 수 있다. 특히 폐의약품을 일반 쓰레기로 처리할 경우, 의약품 내 다양한 화학 성분들이 토양과 수질을 오염시켜 환경과 생태계에 심각한 악영향을 미칠 우려가 있다. 따라서 폐의약품은 반드시 지정된 폐의약품 수거함에 배출하여 올바르게 처리할 필요가 있다. 그러나 현재 폐의약품 수거 과정에서는 여러 가지 문제점이 나타나고 있다. 지자체별로 폐의약품 배출 장소와 방법이 상이하여 시민들의 혼란이 가중되고 있으며, 예산과 인력의 부족으로 폐의약품 수거함 관리가 소홀히 이루어지는 사례가 빈번하다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 사물인터넷(IoT) 기술을 활용하여 스마트 폐의약품 수거함을 제안하였다. 제안된 시스템은 라즈베리 파이와 아두이노를 기반으로 하며, 무게 센서, 초음파 센서, 카메라 모듈 등을 탑재하여 수거함의 사용 현황과 사용자 인증을 실시간으로 처리한다. 서버와의 연동을 통해 데이터 저장·관리 및 원격 모니터링이 가능하며, 모바일 애플리케이션을 통해 수거함 위치와 상태를 확인할 수 있다. 제안된 방법은 안전하고 효율적인 폐의약품 수거를 지원하여 환경 보호와 공중보건 향상에 기여할 것으로 기대한다.

**주제어** : 사물인터넷, 폐의약품, 폐의약품 수거함, 라즈베리 파이, 아두이노

**Abstract** Improper disposal of waste medicines can pose serious environmental risks. In particular, when such waste is disposed of as household trash, pharmaceutical compounds may contaminate soil and water, potentially causing severe harm to ecosystems and human health. Therefore, waste medicines must be properly discarded through dedicated collection boxes. However, the current collection system faces several challenges. The lack of standardized disposal sites and methods across municipalities creates confusion among citizens, while limited budgets and personnel often result in inadequate management of collection boxes. To address these issues, this study proposes a smart waste medicine collection box utilizing Internet of Things (IoT) technology. The system is implemented using Raspberry Pi and Arduino, and is equipped with weight sensors, ultrasonic sensors, and a camera module to monitor operational status and perform user authentication in real time. By integrating with a central server, the system supports data storage, management, and remote monitoring, while a mobile application enables users to check the location and status of collection boxes. This approach is expected to promote safer and more efficient disposal of waste medicines, thereby contributing to environmental protection and the enhancement of public health.

**Key Words** : Internet of Things (IoT), Waste medicine, Waste medicine collection box, Raspberry Pi, Arduino

\*교신저자 : 김태국(king@pknu.ac.kr)

접수일 2025년 06월 04일 수정일 2025년 07월 08일 심사완료일 2025년 08월 04일

## 1. 서론

유효기간이 지난 의약품이 일반 쓰레기로 배출될 경우, 항생제와 같은 유해 성분이 토양과 수질을 오염시켜 생태계에 피해를 주고 인간의 건강에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 매우 크다. 이러한 이유로 폐의약품은 생활계 유해 폐기물로 분류되어 반드시 지정된 절차를 통해 분리배출되어야 한다.

그러나 현재 한국에서는 폐의약품 수거 시스템이 약국과 보건소, 지자체를 중심으로 운영되고 있음에도 불구하고, 수거함 설치 비율이 낮고 관련 홍보가 부족하여 효율적인 수거가 제대로 이루어지지 않는 실정이다. 실제로 한국소비자원의 조사 결과에 따르면, 약국 120개소를 대상으로 조사한 결과, 폐의약품 수거함을 비치한 곳은 14.2%에 불과하며, 보건소 또한 이와 비슷한 낮은 수준을 유지하고 있다. 이는 폐의약품 수거 시스템의 불완전성과 사용자 접근성 부족을 단적으로 보여주는 사례라 할 수 있다[1].

또한 한국환경정책평가연구원의 보고에 따르면, 지자체별 폐의약품의 배출 장소와 처리 방법이 상이하며, 예산과 인력의 부족으로 인해 폐의약품이 방치되는 사례가 빈번하다고 지적하였다. 이로 인해 지자체 내 업무 체계의 혼선과 수거 작업의 비효율성 문제도 발생하고 있다. 따라서 제한된 수거 인프라 문제를 해결하고 일관된 배출 시스템을 제공하기 위해서는 새로운 기술적 접근 방식이 요구되는 상황이다[2].

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 기술을 활용하여 스마트 폐의약품 수거 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 사용자와 관리자의 편의성을 높이고, 폐의약품 배출 과정에서 발생할 수 있는 문제를 예방할 수 있는 다양한 기능을 제공한다. 예를 들어, 실시간 수거량 모니터링과 자동 알림 기능은 인력 부족으로 인해 수거함이 방치되는 문제를 해결하고, 보안 잠금 장치와 CCTV는 수거된 의약품의 도난이나 오남용을 방지한다. 또한, 모바일 앱을 통한 위치 조회 기능은 지자체별로 배출 장소가 달라 발생하는 시민들의 혼란을 줄여준다. 또한 수거 과정의 실시간 모니터링과 데이터 기반의 효율적 관리를 통해 환경오염 문제를 완화하고, 지자체 간 일관된 관리 체계를 구축하는 데 기여할 것으로 기대된다. 나아가 본 연구는 IoT 기술이 환경 관리 분야에서 실질적인 성과를 낼 수 있는지를 탐색하며, 스마트 기술의 응용 가능성을 확대하는 데 중점을 두고 있다. 이를 위해 라즈베리 파이

(Raspberry Pi)[3,4]와 아두이노(Arduino)[5]를 기반으로 스마트 수거함 프로토타입을 실제로 제작하고, 연동되는 모바일 애플리케이션을 개발하여 제안하는 시스템의 주요 기능들이 정상적으로 동작함을 확인하였다.

## 2. 관련 연구 및 기술

사물인터넷 기술을 적용한 다양한 스마트 시스템은 폐기물 관리의 효율성을 높이는 데 기여해왔다. 본 장에서는 폐기물 수거 효율을 개선한 스마트 수거 시스템 사례와, 보안 및 사용자 안내 기능 강화를 위해 본 연구에서 활용한 컴퓨터 비전 기반 객체 인식 기술 동향에 대해 살펴본다.

### 2.1 스마트 수거 시스템

분리수거 및 음식물 쓰레기 분리배출 과정에서 스마트 수거 시스템 도입 시도가 지속적으로 이루어져 왔다. 유혜영 등의 연구에서는 제주시 용담 1동을 대상으로 스마트 수거 시스템의 시범사업을 진행하였다. 해당 시스템은 폐기물의 무게를 측정하여 요금을 부과하는 방식으로 운영되며, 종량제 봉투를 구매하지 않고도 24시간 폐기물 배출이 가능하다. 또한 딥러닝 기반의 예측 기술을 적용하여 폐기물 수거 효율을 높이고 악취 문제 해결을 지원하였다. 이 연구에서는 스마트 수거 시스템의 원활한 도입을 위해 고령층 주민들을 대상으로 환경교육을 실시하였으며, 교육 전후의 인식 변화를 통계적으로 검증하였다. 그 결과를 바탕으로 시스템의 추가 설치와 고령층을 위한 간편한 기기 개발, 주민 대상 교육과 홍보 강화를 정책적 제언으로 제시하였다[6].

그러나 이 시스템은 종량제 기반의 일반 생활 폐기물 관리에 중점을 두고 있어, 폐의약품의 오남용 방지를 위한 보안 기능이나 무단 투기 감시 기능이 부재하다는 명확한 한계가 있다. 따라서 생활계 유해 폐기물인 폐의약품을 안전하게 관리하기 위해서는 이러한 특수성을 고려한 맞춤형 기능이 필수적으로 요구된다.

### 2.2 컴퓨터 비전 기반 객체 인식 기술

컴퓨터 비전 기반 객체 인식 기술로 YOLO (You Only Look Once)와 OpenCV(Open Source Computer Vision)가 많이 알려져있다. YOLO는 합성곱 신경망을 기반으로 한 일련의 실시간 객체 탐지 시스템이다.

OpenCV는 영상의 입출력, 전처리, 변환 등을 제공하는 컴퓨터 비전 라이브러리이며, 기본적으로 얼굴인식 기능을 제공한다[7-9].

평보 등의 연구에서는 가정 화재를 감지하기 위해 YOLOv5 모델 기반의 조기 가정 화재 감지 모델인 YOLO-HF를 제안하였다. 해당 모델은 다단계 합성곱 및 다층 특징 융합을 통해 다중 스케일 특징 정보를 보존하고 활용하는 RepNCSPeLAN4 특징 추출 모듈을 통합하였다[7].

김현빈 등의 연구에서는 범죄 예방을 목적으로 CCTV (Closed Circuit Television) 영상 기반의 실시간 안면 인식 시스템을 개발하였다[10]. 구체적으로 RetinaFace를 활용한 안면 탐지 기술과 Dlib[11]의 ResNet[12] 기반 안면 인식 모델을 적용하였다. 또한 벡터화 기법과 AB-box(Additional Bounding Box) 방식을 도입하여 연산 비용을 줄이고 탐지 성능을 개선하였다. 연구 결과 다양한 해상도와 환경 조건에서도 높은 정확도로 실시간 안면 인식이 가능함을 입증하였다.

천상훈 등의 연구에서는 젯슨 나노 기반의 OpenCV 및 딥러닝 기술을 이용하여 스마트 도어 시스템을 구현하였다. 연구에서는 얼굴 인식을 위해 OpenCV의 LBPH (Local Binary Patterns Histograms) 알고리즘을 활용하였으며, 인물의 얼굴 인식을 통한 잠금 및 해제가 가능함을 확인하였다[13].

### 3. 제안된 사물인터넷 기반의 스마트 폐의약품 수거함

본 연구에서는 사물인터넷 기술을 활용한 스마트 폐의약품 수거함을 제안한다. 제안된 수거함은 다음 다섯 가지 주요 기능을 제공한다. 첫째, 폐의약품 수거량을 실시간으로 표시한다. 둘째, 수거량이 일정 수준에 도달하면 관리자에게 알림을 전송한다. 셋째, 수거함의 위치 정보를 사용자에게 제공한다. 넷째, 수거함 주변을 감시하는 CCTV 기능을 갖추고 있다. 다섯째, 수거함의 잠금 기능을 통해 보안을 강화한다.

제안하는 스마트 폐의약품 수거함의 전체적인 동작 과정은 다음과 같다. 먼저, 수거함에 사람이 접근하면 라즈베리 파이에 연결된 CCTV가 이를 감지하고, 올바른 배출 방법을 안내하는 음성 메시지를 출력한다. 관리자는 모바일 애플리케이션으로 발급된 비밀번호를 키패드에

입력하여 잠금을 해제하고 폐의약품을 수거한다. 수거함 내부에 폐의약품이 투입되면, 아두이노와 연결된 로드셀 센서가 무게를 실시간으로 측정한다. 측정된 무게 데이터는 라즈베리 파이로 전송되어 총 수거 용량 대비 현재 채워진 비율(%)로 계산된 후, Firestore 데이터베이스에 저장된다. 관리자의 모바일 애플리케이션은 이 데이터베이스 값을 주기적으로 확인하며, 수거량이 사전에 설정된 임계값(예: 10% 단위)에 도달할 때마다 해당 수거함의 위치 정보와 함께 관리자에게 푸시 알림을 자동으로 전송한다. 이러한 과정을 통해 관리자는 수거함 상태를 원격으로 파악하고 효율적인 수거 계획을 수립할 수 있다.

#### 3.1 수거량 표시 및 알림 기능

폐의약품의 무게 측정은 아두이노와 로드셀(Load Cell) 무게 센서를 이용해 구현하였다. 로드셀은 수거함에 투입된 폐의약품의 무게를 측정하고, 이 데이터를 라즈베리 파이를 통해 시간 단위로 데이터베이스에 전송한다. 관리자는 데이터베이스와 연동된 애플리케이션을 통해 수거된 폐의약품 양을 실시간으로 확인할 수 있다. 또한, 수거량 데이터를 백분율로 환산하여 10% 단위로 증가할 때마다 자동으로 관리자에게 알림을 보내, 적절한 수거 시점을 안내한다.

#### 3.2 수거함 위치 검색 기능

모바일 애플리케이션에서는 지도 API (Application Programming Interface)를 활용하여 스마트 폐의약품 수거함의 위치를 확인할 수 있다. 데이터베이스에 저장된 수거함 주소는 Geocoder를 통해 좌표로 변환되며, 지도상에 마커로 표시된다. 사용자는 자신의 현재 위치를 기준으로 검색 반경을 설정하여 해당 반경 내에 위치한 수거함의 위치와 거리를 쉽게 확인할 수 있다.

#### 3.3 CCTV 및 음성 안내 기능

스마트 폐의약품 수거함에는 CCTV 기능과 음성 안내 기능이 탑재되어 있으며, 이는 사용자의 올바른 폐의약품 배출을 지원하고 보안성을 강화하기 위해 설계되었다. 먼저, 라즈베리 파이에 연결된 USB(Universal Serial Bus) 카메라가 주변 영상을 촬영하고, OpenCV를 활용하여 영상 속 사람의 접근 여부를 실시간으로 분석한다. 사람이 감지되면 라즈베리 파이는 시리얼 통신(Serial Communication)을 통해 아두이노로 신호를 전송하고, 아두이노에 연결된 스피커에서 사전에 녹음된 음성이 자

동으로 출력되어 사용자가 폐의약품을 올바르게 배출할 수 있도록 안내한다.

OpenCV 기반의 영상 분석은 주변 환경에서 사람을 감지하는 핵심 기능으로, 사용자의 접근 순간에 안내 음성이 즉시 제공되도록 함으로써 사용자 편의성과 시스템 직관성을 높인다. 또한 이러한 동작은 불법 투기나 비인가 사용을 억제하는 역할도 수행한다.

한편, 촬영된 영상은 FFmpeg (Fast Forward MPEG)[14] 라이브러리를 활용하여 인코딩되며, RTSP (Real-Time Streaming Protocol)[15] 형식으로 변환되어 실시간 스트리밍된다. 관리자는 스마트 폐의약품 수거함 전용 애플리케이션을 통해 해당 영상을 원격에서 확인할 수 있어, 수거함 주변 상황을 지속적으로 모니터링할 수 있다. 이를 통해 관리자 측면에서는 보안성과 관리 효율성이 크게 향상된다.

### 3.4 수거함 잠금 기능

수거함 잠금 기능은 수거된 폐의약품의 오용 및 무단 접근을 방지하기 위해 설계되었다. 해당 기능은 라즈베리 파이, 아두이노, 키패드(Keypad), 서보 모터(Servo Motor)를 활용하여 구현되며, 전자적 방식으로 수거함의 개폐를 제어한다.

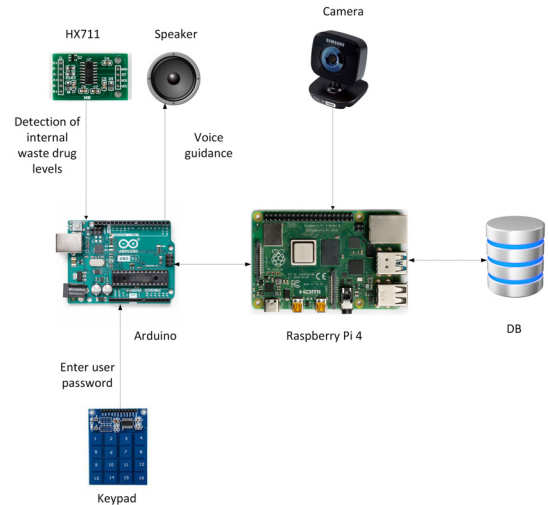
라즈베리 파이는 무작위로 잠금 비밀번호를 생성하고, 생성된 비밀번호는 데이터베이스에 안전하게 저장된다. 접근 권한이 부여된 사용자만이 모바일 애플리케이션을 통해 해당 비밀번호를 확인할 수 있도록 하여, 수거함의 접근을 통제한다. 또한 수거함이 개폐될 때마다 비밀번호는 자동으로 갱신되어, 반복 사용에 따른 보안 취약성을 최소화한다. 이러한 잠금 시스템은 수거된 폐의약품의 보안성을 확보하고, 수거 과정 전반의 안전성을 향상시키는 데 기여한다.

## 4. 스마트 폐의약품 수거함 구현

본 연구에서는 제안된 사물인터넷 기반 스마트 폐의약품 수거함의 실제 모델을 제작하고, 객체 인식, 잠금 시스템, 무게 측정 기능을 구현하였다. 또한 수거함과 연동되는 모바일 애플리케이션을 개발하여 지도 기반 위치 확인, 수거량 정보 확인 및 알림 기능을 함께 구현하였다.

[Fig. 1]은 전체 시스템 구성도를 나타낸다. 시스템은 라즈베리 파이, 아두이노, 무게 센서, USB 카메라 등으

로 구성된다.



[Fig. 1] Overall System Architecture

<Table 1>은 하드웨어 사양을 나타낸다. MCU (Micro Controller Unit)는 라즈베리 파이와 아두이노를 사용하였다. 라즈베리 파이에는 Raspberry Pi OS 운영체제를 사용하였다.

<Table 1> Hardware Specifications

Component	Model/Type	Specification
MCU	Raspberry Pi 4	1.5GHz Quad-core, 4GB RAM
	Arduino Uno R3	AVR CPU at up to 16 MHz
Sensor	HX711 Load Cell	24-bit analogto-digital converter (ADC) precision
Camera	USB Camera SC-FD110B	Full HD
Servo Motor	SG90	Rotation angle: 180 degrees

[Fig. 2]는 제작된 스마트 폐의약품 수거함의 외형을 나타낸다. 수거함에는 라즈베리 파이와 아두이노가 Serial 통신 방식으로 연결되어 있으며, 무게 측정, 비밀번호 관리, CCTV 영상 등의 데이터는 라즈베리 파이를 통해 Firestore[16] 데이터베이스에 실시간 저장되어 애플리케이션에서 활용된다.



[Fig. 2] Smart Waste Medicine Collection Box

#### 4.1 애플리케이션 구현

제안된 스마트 폐의약품 수거 시스템은 모바일 애플리케이션과 연동되어 운영된다. 사용자 유형은 일반 사용자와 수거함 관리자로 구분된다.

일반 사용자는 애플리케이션 내 지도 기능을 통해 수거함 위치를 확인하고, 보건복지부의 카드 뉴스와 같은 건강 정보를 열람할 수 있다. 관리자는 이러한 기능 외에도 자신이 관리하는 수거함의 상세 정보(현재 수거량, 실시간 CCTV 영상, 현재 비밀번호 등)를 확인할 수 있다. 수거량은 최대치 기준 10% 단위로 계산되어 임계값에 도달할 경우, 해당 수거함의 위치와 현재 상태가 푸시 알림으로 발송된다. 관리 기능은 인증된 사용자만 접근 가능하다.

#### 4.2 잠금 시스템 구현

<Table 2>는 수거함의 잠금 시스템 코드이다. 라즈베리 파이가 무작위로 6자리 비밀번호를 생성하고 이를 Firestore 데이터베이스에 저장한다. 사용자가 키패드를 통해 입력한 비밀번호가 일치하면 [Fig. 3]와 같이 LCD에 “ACCESS GRANTED” 메시지가 출력되며, 서보 모터가 90도 회전하여 잠금이 해제된다. 이후 새로운 비밀번호가 생성되어 데이터베이스에 갱신되며, 서보 모터는 원위치로 돌아가 수거함을 다시 잠근다. 비밀번호가 일치하지 않으면 [Fig. 4]와 같이 “ACCESS DENIED” 메시지가 출력되며 입력 대기 상태로 전환된다.



[Fig. 3] Lock System Open



[Fig. 4] Lock System Close

<Table 2> Code about Lock System

```

void loop() {
  char key = keypad.getKey();
  if (key) {
    Serial.println(key);

    if (key == '#') {
      if (inputPassword.length() == 6) {
        if (inputPassword == correctPassword) {
          Serial.println("Access granted");
          lcd.clear();
          lcd.print("Access granted");
          myservo.write(90);
          delay(5000);
          myservo.write(0);
          lcd.clear();
          lcd.print("Enter Password:");
          Serial.println("Requesting new password");
        } else {
          Serial.println("Access denied");
          lcd.clear();
          lcd.print("Access denied");
          delay(2000);
          lcd.clear();
          lcd.print("Enter Password:");
        }
      }
      inputPassword = "";
    } else {
      if (inputPassword.length() < 6) {
        inputPassword += key;
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print(inputPassword);
      }
    }
  }
}
    
```

또한 <Table 3>은 무게 측정 시스템 코드이며, 해당 기능은 비동기 방식으로 작동되어 잠금 기능과 병렬로 수행된다. 사용자가 폐의약품을 투입하면 HX711 센서(무게 센서)를 통해 무게를 측정하고, 라즈베리 파이가 해당 값을 데이터베이스로 전송한다.

〈Table 3〉 Code about Weight Measurement System

```

unsigned long currentMillis = millis();
if (currentMillis - lastWeightReadTime >= weightReadInterval) {
    lastWeightReadTime = currentMillis;
    float weight = scale.get_units() * 0.453592;

    if (abs(weight - previousWeight) >= weightChangeThreshold) {
        previousWeight = weight;

        Serial.print("WEIGHT:");
        Serial.println(weight, 2);
    }
}

```

### 4.3 지도 페이지 구현

지도 기능 구현을 위해 Naver Map API[17,18]와 Firebase Firestore를 활용하였다. 해당 기능은 주소 검색, 현재 위치 기반 마커 필터링, 거리 설정, 마커 생성 등으로 구성되어 있으며 실시간 위치 정보를 사용자에게 제공한다.

〈Table 4〉 Code about Fetch Address from Firestore

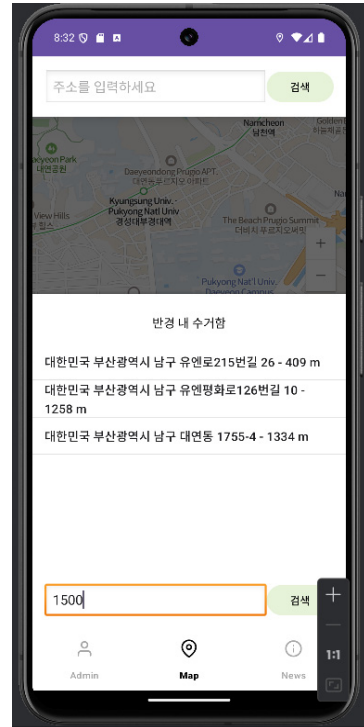
```

db.collection("collection")
  .get()
  .addOnCompleteListener(task -> {
    if (task.isSuccessful()) {
      for (QueryDocumentSnapshot document :
        task.getResult()) {
        String address =
          document.getString("location");
        if (address != null) {
          convertAddressToLatLng(address);
        }
      }
    }
  });

```

〈Table 4〉은 Firestore에서 수거함 주소 데이터를 가져오는 코드이며, location 필드의 주소 데이터를 Geocoder[17]를 통해 좌표로 변환하고 해당 위치에 마커를 생성한다.

[Fig. 5]는 실제 구현된 지도 페이지의 화면이다. 사용자가 검색창에 주소를 입력하면 해당 위치로 이동하며, 거리 슬라이더를 조작해 반경 내 수거함을 가까운 순으로 나열하여 표시한다.



[Fig. 5] Application's Map Page

### 4.4 알림 기능 구현

스마트 폐의약품 수거함의 실시간 상태를 기반으로 관리자에게 적절한 알림을 제공하기 위해, Firestore를 활용한 실시간 데이터 수집 기능과 알림 관리 로직을 구현하였다. 제안된 로직은 수거량의 변화에 따라 일정 값에 도달했을 때 자동으로 알림을 전송하며, 중복 알림을 방지하고 변화 상황에 따라 유연하게 대응할 수 있도록 설계되었다.

〈Table 5〉는 수거함 사용 비율 계산 및 알림 전송 로직의 핵심 소스코드를 나타낸다. 수거량은 비율(%) 기준으로 측정되며, 해당 값을 10% 단위로 반올림하여 현재 수거 비율('currentFillPercentage')을 계산한다. 이를 통해 알림 전송 조건을 단순화하고, 동일한 사용 비율 값에서의 중복 알림 발생을 방지할 수 있도록 하였다. 수거함이 비워지면 수거함 사용 비율을 초기화하였다. 이는 감소한 수거량에 대해 새롭게 알림을 보낼 준비를 하기 위한 단계이다. 새로운 수거함 사용 비율이 10% 이상이고 이전 값과 다른 경우에만 알림을 전송하였다. 이를 통해 동일한 수거함 사용 비율 값에 대한 중복 알림을 방지하였다.

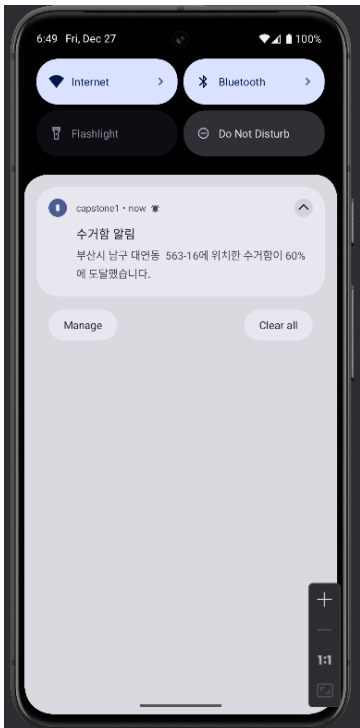
〈Table 5〉 Code about Collection Bin Usage Rate Alarm

```
int currentFillPercentage = (int) (fillRatio / 10) * 10;
int previousNotifiedPercentage =
lastNotifiedLevels.getOrDefault(colld, -1);

if (currentFillPercentage < previousNotifiedPercentage) {
    lastNotifiedLevels.put(colld, currentFillPercentage);
}

if (currentFillPercentage >= 10 && currentFillPercentage !=
previousNotifiedPercentage) {
    notificationHelper.sendPushNotification(
        "수거함 알림",
        location + "에 위치한 수거함이 " +
currentFillPercentage + "%에 도달했습니다.",
        true
    );
    lastNotifiedLevels.put(colld, currentThreshold);
}
```

[Fig. 6]는 수거 비율(측정된 무게)이 50%에서 60%로 증가함에 따라 알람이 발생한 예를 보여주며, 해당 알람에는 수거함의 위치와 현재 상태 정보가 함께 포함된다.



[Fig. 6] Application's Alarm

## 5. 결론

본 논문에서는 사물인터넷 기술을 활용하여 스마트 폐의약품 수거함을 설계하고 구현하였다. 제안된 시스템은 폐의약품의 배출 및 수거 과정을 체계적으로 관리할 수 있도록 다양한 기능을 제공하며, 사용자의 접근성을 크게 향상시켰다. 주요 기능으로는 CCTV 기반의 감시 및 음성 안내, 폐의약품 수거량 모니터링, 실시간 알람 발송, 보안 강화를 위한 잠금 기능, 그리고 수거함 위치 확인 기능 등이 포함된다. 사용자는 모바일 애플리케이션을 통해 가까운 수거함을 손쉽게 찾을 수 있으며, 관리자 역시 애플리케이션을 통해 수거 시스템을 효율적으로 운영할 수 있다.

본 연구는 기존의 불완전하고 비효율적인 폐의약품 수거 방식을 개선하여 환경오염 문제 해결에 실질적으로 기여할 것으로 기대된다. 또한, 사용자 경험을 개선함으로써 폐의약품 처리의 새로운 기준을 제시하고, 지역 간 통일된 관리 체계 구축에도 긍정적인 역할을 할 것으로 기대한다.

## REFERENCES

- [1] J.H.Shin, "Safety status survey of expired drugs," *Korea Consumer Agency*, 2020.
- [2] Y.Y.Seo, J.H.LChoi, D.W.Shin and Y.S.Kim, "Improving the Collection and Disposal System for Household Waste Medicines in an Aging Society," *Korea Environment Institute Research Report*, 2018.
- [3] B.Peng, I.R.U.Numonov and T.K.Kim, "IoT-based Smart alarm system," *Journal of Internet of Things Convergence*, Vol.10, No.4, pp.35-41, 2024.
- [4] I.R.U.Numonov and T.K.Kim, "Implementation of IoT-Based Hydroponic Cultivation System," *Journal of Internet of Things Convergence*, Vol.9, No.4, pp.59-69, 2024.
- [5] E.S.Oh, S.R.Gwon, J.M.Oh, B.Peng and T.K.Kim, "Implementation of a real-time public transportation monitoring system," *Journal of Internet of Things Convergence*, Vol.10, No.4, pp.9-19, 2024.
- [6] H.Y.Yoo, M.Y.Lee, J.K.Park, M.S.Moon, K.H.Kim, J.H.Shin, D.Y.Lee, S.B.Jeong and D.Chung "Analysis of the Recognition Effect of Smart Collection System Environmental Education for Jeju Residents," *Journal of the Korea Organic Resources Recycling Association*, Vol.30, No.4, pp.85-99, 2022.
- [7] B.Peng and T.K.Kim, "YOLO-HF: Early Detection of Home Fires Using YOLO," *JIEEE Access*, Vol.13,

pp.79451-79466, 2025.

- [8] S.H.Lee, A.E.Kwak, S.H.Lee and T.K.Kim, "Indoor autonomous driving system based on Internet of Things," *Journal of Internet of Things Convergence*, Vol.10, No.2, pp.69-75, 2024.
- [9] T.K.Kim, "Spatial Crowdedness Measurement System using IoT and Amazon Web Services," *Journal of Internet of Things Convergence*, Vol.9, No.4, pp.15-20, 2023.
- [10] H.B.Kim, N.H.Choi, J.S.Kang, S.H.Lim and H.Y.Kim, "Real-time Face Recognition System in CCTV Video for Crime Prevention," *Journal of the Korean Institute of Information Technology*, Vol.19, No.8, pp.99-106, 2021.
- [11] T.K.Kim, "Implementation of Hair Style Recommendation System Based on Big data and Deepfakes," *Journal of Internet of Things Convergence*, Vol.9, No.3, pp.13-19, 2023.
- [12] A.A.Syed, J.H.Lee, A.Fuentes, S.Yoon and D.S.Park "Deep Learning-Based Plant Health State Classification Using Image Data," *Journal of Internet of Things Convergence*, Vol.10, No.4, pp.43-53, 2024.
- [13] S.H.Chun, J.H.Choi, Y.J.Kim and S.K.Kang, "Smart Door Implementation Using Jetson Nano-Based OpenCV and Deep Learning," *Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol.46, No.2, pp.380-387, 2021.
- [14] FFmpeg, <https://ffmpeg.org>
- [15] R.Delgado, S.H.Lee, B.D.Ahn and B.W.Choi, "Development of a Simultaneous Audio Broadcasting System Based on Embedded Hardware using RTSP," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.28, No.4, pp.362-368, 2018.
- [16] Firestore, <https://cloud.google.com/products/firestore?hl=ko>
- [17] Maps - Application Services - NAVER Cloud Platform, <https://www.ncloud.com/product/applicationService/maps>
- [18] Geocoding - NAVER Cloud Platform, <https://api.ncloud-docs.com/docs/ai-naver-mapsgeocoding-geocode>

윤 어 진(Eo-Jin Yun)

[준회원]



- 2021년 3월 ~ 2025년 2월 :  
국립부경대학교 컴퓨터·인공지능  
공학부

<관심분야>

사물인터넷, 데이터베이스

김 다 은(Da-Eun Kin)

[준회원]



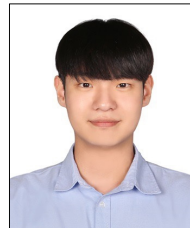
- 2020년 3월 ~ 2025년 2월 :  
국립부경대학교 중국학과

<관심분야>

사물인터넷, 인공지능(AI)

김 도 훈(DO-Hoon Kim)

[준회원]



- 2019년 3월 ~ 2022년 8월 :  
국립부경대학교 중국학과
- 2022년 9월 ~ 2025년 2월 :  
국립부경대학교 컴퓨터·인공지능  
공학부

<관심분야>

사물인터넷, 임베디드 시스템

박 민 재(Min-Jae Park)

[준회원]



- 2019년 3월 ~ 2025년 2월 :  
국립부경대학교 컴퓨터·인공지능  
공학부

<관심분야>

사물인터넷, 임베디드 시스템

김 태 국(Tae-Kook Kim)

[중신회원]



- 2004년 8월 : 고려대학교  
전기전자전파공학부(공학사)
- 2006년 8월 : 고려대학교  
메카트로닉스학과(공학석사)
- 2014년 8월 : 고려대학교  
모바일솔루션학과(공학박사)
- 2016년 3월 ~ 2022년 2월 :  
동명대학교 AI학부 교수
- 2022년 3월 ~ 현재 : 국립부경대학교 컴퓨터·인공지능  
공학부 교수

<관심분야>

사물인터넷(IoT), 콘텐츠 전송 네트워크(CDN), 이동성,  
인공지능(AI), 빅데이터(big data), 모바일 서비스