

15. 부가 기능 및 확장 아이디어

15.1 GPS 기반 위치 추적

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비는 실외 이동 또는 사업장 내 여러 지점 간 위치 이동을 고려하여 **기본 수준의 GPS 기반 위치 추적 기능**을 탑재할 수 있다. 이는 도난 방지, 운영 최적화, 수거 동선 관리에 도움을 준다.

1) GPS 모듈 구성

1.1 GNSS 지원 모듈

- GPS + GLONASS + Galileo 동시 지원 칩셋 권장(U-blox NEO-M8N급)
- 오차 범위 약 2~3m
- 저전력 모드 지원(수거 장비는 이동 시간이 제한적이므로 필수)

1.2 안테나 구성

- 소형 외장 세라믹 안테나 또는 active patch antenna
- 장비 상단 커버 내부에 배치(방수·방진 보호 필요)

1.3 MCU 연동 방식

- UART 기반 NMEA 데이터 수신
- MCU(ESP32·STM32)에서 주기적 파싱 및 위치 처리

2) 위치 추적 기능 요구사항

2.1 실시간 위치 보고

- 10초~60초 주기로 좌표 업로드
- BLE/Wi-Fi/LTE 중 가용 통신 방식 선택
- 실내 GPS 음영 구역에서는 Wi-Fi SSID 기반 보조 위치 기능 가능

2.2 이동 이력 기록(로깅)

- 24~72시간 분량 위치 로그 내부 저장
- GPS 불가 시 IMU 기반 Dead Reckoning 보조 가능(선택 기능)

2.3 도난 방지 기능

- 지정된 운영 구역을 벗어날 경우 경보(Geo-Fence)
- 원격 알림: BLE → Wi-Fi → LTE 순 fallback

3) 통신 방식에 따른 위치 업로드

3.1 BLE 기반

- 현장에서 스마트폰 앱이 장비에 접속
- 위치 + 상태 데이터 자동 동기화
- 저전력·근거리(10~20m) 전송

3.2 Wi-Fi 기반

- 사업장 내부 Wi-Fi AP와 연결
- 위치 및 장비 상태를 서버로 업로드
- 정기 수거 장비 관리에 적합

3.3 LTE 기반(선택)

- 외부 이동형 운영 시 필요
- NB-IoT 또는 LTE Cat.M1의 저전력 망 사용
- 수거 차량 연계 운영 시 효율적

4) UI/관리 시스템 연동

4.1 장비 화면 표시

- 현재 GPS 상태(위성 수, 고정 여부)
- 좌표 및 시간 정보 표시
- GNSS 수신 불량 시 경고

4.2 관리자 대시보드

- 장비별 실시간 위치
- 수거 동선 히트맵
- 유지보수 스케줄 자동화 가능
- 장비 분실/무단 이동 감시

5) 전력 관리

5.1 GPS Duty Cycling

- 평상시: 1분 주기 스캔
- 이동 감지(IMU) 시 주기 증가
- 정지 상태에서는 GPS Sleep mode 유지

5.2 배터리 보호

- LTE 전송은 배터리 20% 이하에서는 제한
- GPS 모듈 전력: 평균 25~40 mA
- 전체 시스템 SLEEP 모드와 연동

15.2 무선 원격 제어(앱/PC)

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비는 **무선 원격 제어 기능**을 통해 운용 효율성을 높이고, 장비 상태를 실시간 모니터링하며 긴급 상황에서 즉시 대응할 수 있다. 앱 또는 PC 기반 제어가 가능하며, BLE, Wi-Fi, LTE 등 통신 방식을 활용한다.

1) 제어 인터페이스

1.1 모바일 앱

- Android/iOS 지원
- BLE 또는 Wi-Fi를 통한 근거리 제어
- 실시간 상태 확인 및 장비 제어 기능 제공

1.2 PC/웹 기반

- Wi-Fi 또는 LTE를 통한 원격 접속
- 장비 상태 대시보드, 로그 조회, 원격 설정 가능
- 다수 장비 관리 가능

2) 제어 기능

기능	설명	통신 방식
컨베이어 구동	좌/우 컨베이어 개별 또는 동시 제어	BLE/Wi-Fi/LTE
펌프 운전	유입 및 배출 펌프 ON/OFF, 속도 조절	BLE/Wi-Fi/LTE
경사 조절	전면/측면 높이 조절	BLE/Wi-Fi
비상정지	즉시 장비 정지	BLE/Wi-Fi/LTE
탱크 레벨 확인	실시간 잔량 표시	BLE/Wi-Fi/LTE
센서 데이터 조회	온도, 압력, 유량, 배터리 상태	BLE/Wi-Fi/LTE

3) 통신 방식별 특징

3.1 BLE

- 근거리(10~20m) 제어
- 저전력 소모, 단순 제어/모니터링 용도
- 모바일 앱과 직접 연결

3.2 Wi-Fi

- 내부 사업장 내 원거리 제어 가능
- 실시간 데이터 업로드 및 로그 기록
- LAN 또는 서버 기반 원격 제어

3.3 LTE/NB-IoT

- 외부 이동형 운용 시 필수
- 장거리 제어 및 실시간 상태 모니터링
- 배터리 소모 관리 필요

4) 보안 및 인증

- 장비 연결 시 앱/PC 인증 필요 (비밀번호, 토큰)
- 데이터 암호화(TLS/SSL) 적용
- 무단 접근 방지를 위한 Geo-Fencing 및 IP 제한

5) UI/UX 고려

- 모바일 앱: 직관적 아이콘, 상태 LED 표시
- PC/웹: 장비별 대시보드, 실시간 데이터 그래프
- 원격 제어 시 비상정지 버튼 항상 최상단 배치

6) 전력 관리

- BLE/Wi-Fi/LTE 모듈 사용 시 Sleep 모드 지원
- 앱/PC에서 필요 시만 통신 활성화
- 배터리 잔량 20% 이하 시 LTE 원격 제어 제한

15.3 원격 진단 및 로그 전송

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비는 원격 진단(Remote Diagnostics)과 로그 전송 기능을 통해 장비 상태를 실시간 모니터링하고, 이상 발생 시 즉시 대응할 수 있다. 이는 유지보수 효율성과 장비 가동률을 높이는 핵심 기능이다.

1) 데이터 수집 대상

항목	데이터 종류	주기/조건
컨베이어	속도, 동작 시간, 과부하 상태	1~5초 단위
펌프	운전 시간, 압력, 유량, PWM duty	1~5초 단위
센서	탱크 레벨, 온도, 압력, 점도	5~10초 단위
배터리	전압, 전류, SOC, 온도, BMS 알람	1~5초 단위
경사/운동	플랫폼 각도, 진동, 하중	5~10초 단위
에러/알람	EMO, 토크 리미트, 누유, 과열	이벤트 발생 시 기록

2) 로그 저장 구조

- 로컬 저장:** 장비 내 MCU/SD 카드에 최소 72시간 분량 저장
- 원격 백업:** BLE/Wi-Fi/LTE를 통한 서버 업로드
- 로그 포맷:** CSV, JSON 등 구조화된 형태
- 이력 관리:** 날짜, 시간, 장비 ID 포함, 추적 및 분석 용이

3) 원격 진단 기능

3.1 상태 모니터링

- 실시간 센서 데이터 확인
- 배터리, 전류, 압력, 레벨 상태 원격 확인

3.2 이상 감지

- 사전 설정 임계값 초과 시 자동 알람
- 예: 컨베이어 과부하, 펌프 압력 이상, 탱크 누유 감지

3.3 원격 조치

- 일부 시스템 원격 재시작 가능 (펌프, 컨베이어 모터)
- 긴급정지 원격 발동 가능

3.4 진단 보고서 생성

- 주간/월간 성능 요약
- 고장 이력, 유지보수 이력 포함
- FAT 및 설치 점검 데이터 통합

4) 통신 및 보안

4.1 통신 방식

- BLE: 근거리 데이터 동기화
- Wi-Fi: 사업장 내부 서버와 주기적 동기화
- LTE/NB-IoT: 외부 이동형 장비 실시간 모니터링

4.2 보안

- 데이터 암호화(TLS/SSL) 적용
- 인증된 앱/서버만 접근 가능
- 로그 전송 시 무결성 체크 및 재전송 기능

5) 전력 관리

- 로그 수집/전송 주기 조절로 배터리 효율 최적화
- 장시간 정지 시 MCU Sleep 모드 적용
- LTE 전송은 배터리 잔량 20% 이하 시 제한

15.4 수분 자동 분리 모듈 추가

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에 수분 자동 분리 모듈을 추가하면, 폐식용유 내 수분을 사전에 제거하여 SAF 전환 품질을 높이고, 장비 내부 부식이나 센서 오작동을 방지할 수 있다.

1) 모듈 구성

1.1 분리 방식

- 중력 침전식: 수분과 기름 비중 차를 이용, 탱크 하단에 물만 배출
- 원심 분리식: 소형 원심 모터 사용, 수분과 기름 자동 분리
- 흡수 필터식: 수분 흡수 패드/필터 사용, 소형 모듈에 적합

1.2 주요 부품

- 분리 탱크/챔버
- 소형 펌프 또는 원심 모터
- 배출 밸브(수분 전용)
- 수분 레벨 센서(부력식, 전도도 센서)
- 제어 모듈(MCU 연동)

1.3 MCU 연동

- 유입량 및 레벨 센서 신호 수신
- 펌프/배출 밸브 제어
- 수분 제거 상태를 UI 및 원격 모니터링에 표시

2) 설치 위치

- 1차 필터 이후, 침전 탱크 전단에 설치
- 탱크 하단과 연결된 배출 포트로 물만 분리
- 장비 내부 공간 고려, 냉장고 크기 범위 내 설치

3) 기능 및 요구사항

기능	요구사항	비고
자동 수분 배출	탱크 내 수분 레벨 임계치 초과 시 배출	펌프/밸브 자동 제어
수분 잔류 감지	센서로 수분 잔류량 확인	≤0.1% 수분 목표
분리 주기	연속 운전 중 자동 반복	모듈 MCU에서 제어
안전	누유 방지, 과압 방지	장비 기본 안전 장치와 연계
데이터 로깅	제거량, 주기 기록	원격 모니터링 가능

4) 테스트 절차

1. 초기 점검

- 모듈 전원, 센서, 펌프, 배출 밸브 확인
- 배관 연결 및 씰링 점검

2. 시뮬레이션 운전

- 폐유와 모의 수분 혼합물 유입
- 모듈 동작 여부 확인: 수분 분리, 배출

3. 실 환경 테스트

- 실제 폐식용유 수거 시 모듈 운전
- 센서 반응, 배출량, 장비 진동 확인

4. 성능 평가

- 분리 효율 $\geq 95\%$
- 센서 신호, 펌프 전류, 배출 밸브 동작 확인

5) 전력 관리

- 수분 분리 모듈은 필요 시만 활성화
- 펌프/밸브 구동 전력 모니터링
- 배터리 잔량 20% 이하 시 분리 주기 자동 연기

15.5 로봇팔 기반 자동 스크레이퍼 추가

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비에 **로봇팔 기반 자동 스크레이퍼**를 추가하면, 컨베이어 및 유입 트레이에 남아 있는 고체 불순물을 자동으로 제거하여 수거 효율을 높이고, SAF 전환 시 불순물 혼입을 최소화할 수 있다.

1) 로봇팔 구성

1.1 로봇팔 사양

- 자유도(DOF):** 4~6 자유도 소형 로봇팔
- 작동 범위:** 트레이 및 컨베이어 전체 커버 가능
- 정밀도:** ±2~3 mm
- 하중:** 스크레이퍼 및 센서 포함 약 0.5~1 kg

1.2 그리퍼/스크레이퍼

- 스크레이퍼 형태:** 플라스틱 또는 고무 소재
- 교체 가능:** 마모 대비 교체 용이
- 감지 센서:** 압력/힘 센서 탑재, 트레이 표면과 접촉 시 최적 압력 유지

1.3 제어 모듈

- MCU 또는 로봇 전용 컨트롤러
- 컨베이어 및 수분 분리 모듈과 통합 제어
- 원격 제어 및 상태 모니터링 가능

2) 설치 위치

- 좌·우 컨베이어 및 1차 유입 트레이 상단
- 트레이 면적 전체를 커버할 수 있는 작동 범위 확보
- 장비 크기 제한(냉장고 수준)에 맞춰 소형 로봇팔 선택

3) 기능 및 요구사항

기능	요구사항	비고
자동 스크레이핑	컨베이어/트레이 불순물 제거	센서 감지 후 반복 동작
위치 추적	트레이 표면과 접촉 감지	압력 센서 기반

기능	요구사항	비고
동작 주기	유입량 기준 자동 반복	모듈 MCU에서 제어
장애 감지	과부하, 충돌 시 정지	안전 토크 리미트 내장
유지보수	스크레이퍼 교체 용이	분해/세척 간편
통합 제어	컨베이어 속도, 수분 분리와 연동	MCU 통합 로직

4) 테스트 절차

4.1 초기 점검

- 전원, 센서, 모터, MCU 연결 확인
- 충돌 방지 범위 설정

4.2 시뮬레이션 운전

- 컨베이어 및 트레이에 모의 고형물 배치
- 로봇팔 동작 및 스크레이퍼 압력 확인

4.3 실 환경 테스트

- 실제 폐식용유 수거 시 장착
- 불순물 제거 효율, 스크레이퍼 마모, 모터 발열 확인

4.4 성능 평가

- 제거 효율 $\geq 90\%$
- 충돌/과부하 이벤트 최소화
- 원격 모니터링에서 동작 기록 확인

5) 전력 관리

- 로봇팔 동작은 필요 시만 활성화
- 동작 시간과 펌프/컨베이어 운전 동기화
- 배터리 잔량 20% 이하 시 자동 동작 제한

15.6 SAF 공장 입고 시스템과 자동 연동

냉장고 크기 이동식 폐식용유 수거 장비는 **SAF(Sustainable Aviation Fuel)** 전환 공장 입고 시스템과 자동 연동을 통해, 수거된 폐식용유를 효율적으로 공장으로 운반하고, 입고 및 품질 정보를 실시간 공유할 수 있다. 이를 통해 수거-전환 과정의 데이터 정확성을 높이고, 작업자의 수작업 개입을 최소화한다.

1) 연동 목적

- 폐식용유 입고 시 실시간 양, 수분 함량, 온도, 점도 등의 품질 데이터 전달
- 공장 측에서 자동 입고 승인 및 배치 관리
- 장비 운용 데이터와 연계한 수거 기록 자동 저장

2) 데이터 통신 구성

2.1 통신 방식

- Wi-Fi / LTE / NB-IoT: 원거리 통신
- MQTT, HTTP/HTTPS, REST API: 서버 및 공장 ERP/MES와 연동
- 데이터 암호화(TLS/SSL) 적용

2.2 데이터 항목

항목	단위	설명
수거량	L	저장 탱크 레벨 기반 계산
수분 함량	%	수분 자동 분리 모듈 센서 데이터
온도	°C	탱크 내부 온도
점도	cP	탱크 히터/냉각기 데이터 기반 추정
유입/배출 시간	timestamp	수거 시작/종료 시간 기록
장비 ID	-	개별 장비 식별 정보

3) 연동 기능

3.1 자동 입고 승인

- 장비가 공장 입구에 도착하면 RFID, QR 코드, GPS 기반 위치 인식
- 장비 데이터 서버 전송 후 공장 시스템 자동 승인

3.2 실시간 상태 업데이트

- 입고 중량, 온도, 점도, 수분 함량 실시간 전송
- 공장 MES/ERP에서 입고 진행 상태 표시

3.3 알람 및 예외 처리

- 품질 기준 초과 시 알람 발생
- 입고 거부 시 장비 UI 및 원격 앱 알림
- 자동 로그 기록 및 보고서 생성

4) 장비 측 구현

- MCU/통합 제어 모듈에서 입고 통신 기능 내장
 - GPS, 레벨, 수분 센서 데이터 실시간 수집 후 서버 전송
 - BLE/Wi-Fi/LTE 중 사용 가능한 통신 모드 선택
 - OTA 펌웨어로 연동 프로토콜 업데이트 가능
-

5) 전력 및 안전 관리

- 통신 모듈 동작 주기 조절로 배터리 절약
- LTE/NB-IoT 전송 시 배터리 잔량 20% 이하에서는 전송 주기 제한
- 통신 실패 시 로컬 로그 저장 후 재전송