

3. 컨베이어 시스템 설계 (좌/우 독립 + 동시 동작)

3.1 컨베이어 기본 사양

3.1.1 컨베이어 전체 구조 개요

- 장비 좌측/우측에 각각 독립 컨베이어 1개씩 배치
- 폐식용유가 담긴 용기·바구니·봉투 등을 자동으로 중앙 투입구로 이동시키는 역할
- 좁은 장비 폭(냉장고 크기)에 맞춘 슬림형 협폭 컨베이어
- 경량·저부하 물체 운반용, 이물질·오염 환경 대응

3.1.2 컨베이어 길이·폭 기본 사양

- 길이: 400–600 mm
- 벨트 폭: 80–150 mm (양측 각각)
- 프레임 폭: 100–180 mm
- 높이(지정면 기준): 300–450 mm
- 각도 조절 가능 범위: $0^\circ \sim 15^\circ$ (현장 환경 대응)

냉장고 크기 플랫폼을 기준으로 내부 공간을 침범하지 않는 크기.

3.1.3 컨베이어 재질 및 내환경성

- 벨트 재질:
 - 내유성 PVC 벨트 또는 우레탄 벨트
 - 산성화된 폐유 노출 가능성 대비 화학 저항성 필수
- 프레임 재질:
 - SUS304 또는 알루미늄 프로파일
 - 세척·내식성 고려
- 롤러 재질:
 - SUS304 또는 아세탈(POM)
 - 내부식·저마찰 설계

3.1.4 모터 및 구동부 사양

- 구동 방식: DC 기어드 모터 (12V 또는 24V)
- 정격 출력: 10–40 W (경량 물체 운반 기준)
- 토크: 1.0–3.0 N·m
- 속도: 0.05–0.15 m/s (저속 안정 이송)

- 제어 방식: PWM 기반 속도 제어
- 과부하 보호: 전류 감지 + 자동정지 로직

양측 컨베이어는 독립 구동이나 중앙 MCU가 동기제어 수행.

3.1.5 하중 용량(최대 적재 무게)

- 3-8 kg 수준의 소형 용기·봉투 기반
 - 프레임 변형 방지 설계
 - 순간 최대 하중 10 kg 대응(충격물 투입 시 대비)
-

3.1.6 운반 대상 특성 고려

- 폐식용유 담긴 플라스틱 통, 일회용 용기, 종이박스, 비닐봉투 등
 - 바닥 면이 젖어 미끄러운 물체도 안정 이송되도록
 - 벨트 표면에 미끄럼 방지 패턴 적용
 - 부유물·침전물이 용기 외부에 묻어 있어도 이송 가능해야 함
 - 냄새·오염 환경 대비 세척 용이성 필수
-

3.1.7 컨베이어 경사·지지 구조

- 용기 형태에 따라 경사 조절 가능
 - 0°: 슬라이딩식 평면 이송
 - 5-15°: 미끌림 방지력 향상
 - 측면 가이드 레일
 - 30-60 mm 높이
 - 용기 이탈 방지
-

3.1.8 운전·정지 조건 및 제어 인터페이스

- START / STOP 신호는 MCU 제어
 - 폐유 투입구 센서(근접/포토센서)와 연동 가능
 - 탱크 만재, 모터 과전류, 벨트 걸림 시
 - 자동정지
 - 에러코드 표시
-

3.1.9 소음·진동 기준

- 목표 소음: 50 dB 이하
 - 진동 최소화를 위한
 - 벨트 텐션 조절기
 - 모터 고무댐퍼
 - 이물질 투입 시 충격흡수 패드
-

3.1.10 세척 및 유지보수성

- 벨트 손쉽게 탈거 가능
 - 롤러 양쪽 스냅핏 구조
 - 물세척 가능(IPX5 수준)
 - 컨베이어 언더커버 제공 → 내부 오염 최소화
-

3.1.11 안전 설계

- 손 끼임 방지 가드
 - 양쪽 끝단 보호커버
 - 과전류·과부하 자동 차단
 - 정지 후 1~3초 딜레이 브레이크 기능(벨트 감속 보호)
-

3.1.12 확장성 및 옵션

- 높이 조절형 스탠드
 - 탈부착형 확대 가이드
 - LED 작업등 부착
 - 현장용 대유량 컨베이어와 호환 가능
-

3.2 슬럿(스크레이퍼)형 구조 vs 벨트형 구조 비교

3.2.1 개요

컨베이어는 폐식용유가 묻거나 흐른 용기, 소형 통, 비닐봉투 등을 좌우에서 중앙으로 이송하는 핵심 구조이다.

현장 오염도, 유지보수 용이성, 점도에 따른 동작 안정성을 고려할 때 두 가지 방식이 주로 검토된다:

1. 슬럿(스크레이퍼)형 컨베이어
2. 벨트형 컨베이어

두 방식은 구조, 내오염성, 세척 난이도, 이송 안정성에서 크게 다르며 용도에 따라 선택 기준이 확실히 나뉜다.

3.2.2 비교표 (요약)

구분	슬럿(스크레이퍼)형	벨트형
구조형태	간격 있는 플레이트 또는 스크레이퍼가 체인/가이드로 이동	연속된 벨트가 롤러를 따라 순환
오염 대응력	매우 강함 (고점도·찌꺼기·고형물도 OK)	보통 (많이 묻으면 슬립 발생)
세척 편의성	우수 (스크레이퍼 분리 쉬움)	보통 (벨트 세척 필요)
유지보수성	약간 복잡(체인·가이드 마모)	단순 (벨트 교체만 하면 됨)
소형 물체 이송	뛰어남 (스크레이퍼가 뒤에서 밀어줌)	좋음 (단, 물체 바닥 젖으면 슬립 가능)
속도·정숙성	소음·진동 다소 있음	매우 조용함
제작 난이도	중간~높음	낮음
비용	중간~높음	낮음
무게	무거움	가벼움
플랫폼 크기 적합성	다소 불리 (구조 복잡)	적합 (슬림 구조)

3.2.3 구조적 특징 비교

(1) 슬럿(스크레이퍼)형 구조

- 스크레이퍼(플레이트)가 일정 간격으로 장착
- 체인 또는 링크 구조로 움직이며 “밀어주는” 방식
- 이물질 및 찌꺼기 오염 환경에서 안정적
- 컨베이어 아래로 오일이 떨어져도 성능 영향 적음

장점

- 점도가 높고 지저분한 폐유가 묻은 물체도 잘 이송
- 비닐봉투, 찌꺼기 묻은 용기 등 마찰이 낮아도 원활
- 내부 고형물을 함께 밀어내는 데 강함
- 스크레이퍼 단독 교체 가능 → 유지비↓

단점

- 체인·가이드 레일의 마모 가능성 → 정비 필요
- 구조가 복잡하여 소형 플랫폼에서 공간 차지
- 소음이 벨트보다 큼(체인+스크레이퍼 충격음)
- 전력 소모 증가

(2) 벨트형 구조

- 연속된 벨트가 롤러를 따라 순환
- 폐유 묻은 물체도 마찰로 이송
- 가장 단순하고 안정적인 컨베이어 구조

장점

- 조용하고 진동 적음
- 구조 매우 단순 → 고장을 낮음
- 경량, 저전력
- 냉장고 크기 플랫폼에 가장 적합한 기본 형태
- 벨트만 교체하면 됨(부품 수 적음)

단점

- 물체가 기름으로 많이 젖어 있으면 슬립 가능
- 찌꺼기/고형물 다량 끼 형태는 벨트 마모 증가
- 세척 시 벨트 분리 과정 필요

3.2.4 폐식용유 수거 환경에서의 성능 비교

(1) 점도 대응력

- 저점도(약물성 기름)
 - 두 방식 모두 문제 없음
- 중점도(식당 폐식유)
 - 벨트형: 약간의 슬립 발생 가능
 - 스크레이퍼: 매우 안정적
- 고점도 또는 찌꺼기 혼합
 - 벨트형: 오염물이 롤러와 벨트 사이에 끼면 멈춤
 - 스크레이퍼: 그대로 밀어냄 → 최적

(2) 부유물·찌꺼기 대응

- 스크레이퍼형: 압도적으로 강함
- 벨트형: 바닥에 붙은 이물질이 롤러를 오염시키면 반복적인 청소 필요

(3) 물체의 형태

- 밑면이 미끄러운 비닐봉투나 기름 묻은 플라스틱 통
 - 스크레이퍼형이 유리
 - 비교적 견고한 용기류
 - 벨트형도 문제 없음
-

3.2.5 유지보수·세척성 비교

스크레이퍼형

- 스크레이퍼 분리 후 개별 세척 가능
- 체인·가이드 윤활 필요
- 모듈은 슬라이드 방식으로 탈착 가능(권장 설계)

벨트형

- 벨트 한 번에 통제적 가능
 - 롤러와 프레임 내부에 기름이 스며들 경우 주기적 청소
 - 구조가 단순하여 분해 조립이 빠름
-

3.2.6 소음·진동 비교

- 스크레이퍼형:
 - 체인 소음 + 스크레이퍼 충격음
 - 진동 있음
 - 벨트형:
 - 거의 무소음
 - 진동 매우 적음
-

3.2.7 제작 난이도·비용 비교

스크레이퍼형

- 체인, 스크레이퍼, 가이드 레일 등 부품 多
- 가공 정밀도 요구 → 비용 중간~높음

벨트형

- 롤러 + 벨트 + 모터 = 단순
 - 제작비 가장 저렴
 - 냉장고 크기의 컴팩트 모듈화에 최적
-

3.2.8 냉장고 크기 플랫폼 적합성

항목	스크레이퍼형	벨트형
공간 절약성	△ (구조 복잡)	◎ (슬림 구조)
중량	무거움	가벼움
전력 소비	높음	낮음
유지보수 공간	넓게 필요	적게 필요
실제 적용 적합성	특정 상황에서만 적합	기본 채택 후보

냉장고 크기 플랫폼에서는 **벨트형이 기본 베이스이고**
사양에 따라 **스크레이퍼형은 고점도/고난도 작업 환경에서만 채택하는 방향이 현실적이다.**

3.2.9 결론 및 추천

기본 사양(일반 폐식용유 수거 환경)

→ **벨트형 권장**

- 경량
- 저소음
- 단순 구조
- 유지보수 비용 낮음
- 소형 플랫폼과 가장 잘 맞음

특수 사양(찌꺼기 많고 점도 높은 폐유가 자주 묻는 용기 수거)

→ **스크레이퍼형 권장**

- 슬립 없음
- 이물질 강함
- 고형물 밀어내기 가능

혼합형도 가능

- 좌측: 벨트형
- 우측: 스크레이퍼형
- 또는 반대
→ 현장 수거 대상의 성격에 따라 최적 조합 가능

3.3 좌측 컨베이어 유입 메커니즘

3.3.1 좌측 컨베이어의 역할 정의

- 폐식용유가 담긴 소형 플라스틱 용기, 비닐봉투, 스티로폼 용기, 종이팩 등의 현장 투입물을 좌측면에서 자동으로 수거 본체 중앙부로 이동시키는 기능
- 사람이 용기를 바구니에 담아 옮겨놓는 방식 또는 자동 드롭 방식 지원
- 장비의 협소한 폭을 고려하여 저속·정밀 이송 중심 설계

3.3.2 유입 경로(Flow Path) 개요

- 사용자/작업자가 투입 스테이지에 용기 올림
- 좌측 컨베이어 상단 가이드에서 용기 정렬
- 벨트 이동(또는 슬럿 기반 스크레이퍼 이동)
- 중앙부 "폐유 추출 포트" 또는 "투입 포트"로 이동
- 중앙부에서 자동 경사부로 낙하 → 폐유 추출 모듈로 진입

3.3.3 투입 스테이지(Entry Stage) 구조

- 좌측 외벽에 돌출된 Entry Tray(진입 트레이)
- 크기: 폭 120~150 mm / 길이 200~300 mm
- 내유성 코팅 처리(PVC or Urethane)
- 물체가 흔들리지 않도록 5~10° 낮은 경사 적용
- 물에 젖은 용기에도 대응하도록 슬립 방지 패턴 적용

3.3.4 가이드 레일(Guide Rail) 구조

- 좌측 컨베이어 상단부 양쪽에 설치
- 높이: 30~50 mm
- 목적:
 - 투입물 좌우 흔들림 방지
 - 비닐봉투·박스 형태의 비정형 물체도 안정 이송
- 재질: POM(아세탈) 또는 SUS304
- 세척 가능 구조(탈부착)

3.3.5 유입 안정화 장치(Alignment Mechanism)

작은 장비 크기(냉장고 크기)에서 투입물을 일정한 형태로 만드는 핵심 파트.

- 정렬 롤러(Alignment Roller)
 - 회전하지 않는 패시브 롤러
 - 용기가 좌측 컨베이어 벨트 중심에 안착되도록 미세 보정
 - 마찰 패드(Friction Pad)
 - 비닐봉투처럼 형태가 흐물흐물한 물체를 눌러 고정
 - 드롭 방지 턱(Stopper)
 - Entry Stage 진입 시 투입물 급추락 방지
-

3.3.6 유입 감지 센서(Sensing Mechanism)

낮은 전력, 단순 구조를 목표로 최소 구성.

- 포토센서(IR Beam Type)
 - 투입물이 올라오면 자동으로 컨베이어 구동
 - 투입물 종류 무관하게 감지
 - 근접 센서(선택적)
 - 금속 용기 감지용 옵션
 - 센서 위치
 - Entry Stage와 컨베이어 상단 경계 지점
-

3.3.7 좌측 컨베이어 구동 조건

- 투입물 감지 → 컨베이어 자동 ON
 - 설정된 시간(예: 3~5초) 또는 포토센서 Clear → 자동 OFF
 - 중앙 투입 포트에 설치된 중앙부 범퍼 센서와 인터락
 - 중앙부에서 처리 중이면 좌측 컨베이어를 정지하여 충돌 방지
-

3.3.8 중앙부 연결부(Transfer Section) 구조

투입물을 좌측에서 중앙으로 자연스럽게 넘기기 위한 인터페이스.

- 상단 전환 가이드(Top Transfer Guide)
 - 컨베이어 끝단의 용기 이탈을 중앙부 방향으로 유도
- 경사 전환판(Slope Transfer Plate)
 - 5-15° 경사
 - 용기가 “툭” 떨어지지 않고 부드럽게 미끄러져 이동
- 쇼크 흡수 패드

- 충격 소음 감소
 - 플라스틱 용기 변형·파손 방지
-

3.3.9 오염 방지 및 유출 제어 구조

폐유 용기 외부가 젖어 있는 실제 환경을 고려한 설계.

- 컨베이어 하단 오일 드레인 홈
 - 외부에 묻은 폐유가 떨어져도 중앙수거통으로 모이게 함
 - 좌측 외벽 오염 방지 가드
 - 액체 흰 방지
 - 벨트 세척 물채널 (옵션)
 - 사용 종료 후 물을 흘려보내 세척 가능
-

3.3.10 유지보수 포인트

- 벨트 텐션 조절 나사: 상단에서 바로 접근 가능
 - 가이드 레일: 핀 방식으로 원터치 탈거
 - 센서 모듈: 외부부착형으로 쉽게 교체
 - 정기 세척을 위해 투입 스테이지 전체가 힌지식 오픈 구조 가능
-

3.3.11 비상상황 대응 로직

- 센서 감지 없이 모터 과전류 발생 → 즉시 Stop
 - 원인: 물체 걸림
- 투입물 중복 감지 → 속도 50%로 감속
- 중앙 모듈 만재/정체 → 좌측 컨베이어 강제 정지
- 패널에서 수동 조작 가능:
 - 좌측 단독 이동 / 정지 / 역회전(걸림 제거 목적)

3.4 우측 컨베이어 유입 메커니즘

3.4.1 우측 컨베이어의 역할 정의

- 우측에서 투입된 폐식용유 용기를 중앙 투입 포트로 이송하는 역할
 - 좌측 대비 유입량이 더 클 가능성(주 통로 또는 조리공간이 우측에 있을 가능성)
 - 좌측과 동일한 기본 사양이지만, 양쪽 동시 투입 시 충돌 방지 알고리즘이 필요
-

3.4.2 유입 경로(Flow Path) 개요

1. 우측 Entry Stage(트레이)에 용기 투입
2. 좌우 흔들림 방지 가이드로 정렬
3. 벨트 또는 스크레이퍼가 용기를 중앙부로 이송
4. 중앙부 투입 포트 앞의 전환 경사판으로 자연 유도
5. 폐유 추출 모듈의 버켓/클램프까지 자동 인계

3.4.3 우측 Entry Stage(진입 트레이) 구조

- 크기: 폭 120~150 mm / 길이 250~350 mm
- 좌측 대비 길이를 10~20% 더 길게 설계 가능
 - 사람이 오른손으로 용기를 들고 투입하는 비율이 높음
 - 동작 자연스러움을 고려한 인체공학 설계
- 표면 마찰 패턴 강화
- 테두리 부분 액체 고임 배출 홈 포함
- 3~5° 미세 경사 → 중앙 컨베이어 방향으로 자연적인 정렬 유도

3.4.4 가이드 레일 구조 변경점(좌측 대비 차이점)

- 우측은 통로·벽면과 가까울 가능성이 높아 레일 구조에 차이가 있음
- 좌측은 양측 대칭형이었으나, 우측은 아래와 같이 한쪽 레일을 강화:

구분	좌측	우측
외측 레일	일반 높이 (30~50 mm)	더 높은 50~80 mm (외부로 쓸림 방지)
내측 레일	일반 높이	좌측보다 낮음(20~30 mm) → 중앙부 연결을 부드럽게

3.4.5 우측 유입 안정화 장치(Alignment Mechanism)

우측 환경은 공간 협소 상황이 많아 용기 안정성 강화 설계가 필요.

- 상부 안정화 플랩(Upper Stabilizing Flap)
 - 위에서 가볍게 눌러 용기의 흔들림 방지
 - 비닐봉투·유연한 용기 유입 시 효과적
- 옆면 안정 슬라이더(Side Sliding Pad)
 - 용기가 벨트 중심에서 벗어나지 않도록 미세 보정
- 하부 마찰패드 2중 구조
 - 경량 물체가 덜 튀도록 마찰 보정

3.4.6 우측 감지 센서 구성

좌측과 동일한 센서 + 우측만의 추가 센서로 구성.

기본 센서

- IR 포토센서
 - 투입물 감지 후 자동 구동
- 오염 환경 대비 봉인형 하우징 사용

우측 전용 센서(선택적)

- 넓은 감지각의 초음파 센서 (비정형 물체 감지 강화)
- 용기 크기 다양성을 고려한 Multi Trigger 지원

3.4.7 우측 컨베이어 구동 조건

- 기본 로직은 좌측과 동일하지만,
 양측 동시 투입 시 우측이 '우선권(priority)'을 가지는 설계가 일반적
 (사람이 우측에서 더 자주 투입하는 현장 상황 반영)

구동 조건 예시

1. 우측 투입 감지 → 즉시 우측 컨베이어 ON
2. 좌측에서 동시에 투입 감지 → 우측 우선, 좌측은 대기
3. 우측 투입물 중앙부 도착 감지 → 우측 정지 후 좌측 재개
4. 중앙부가 처리 중이면 양쪽 모두 대기

3.4.8 중앙부 연결(Transfer Section) 구조

좌측과 대칭이지만, 실제 설치 환경을 고려해 다음 차이점 존재.

공통 구조

- 경사 전환판 5-15°
- 쇼크 패드
- 가이드 플레이트

우측 전용 특징

- 전환판 시작점이 더 높게 설계됨
 - 우측은 Entry Stage가 높은 경우가 많음
- 전환판 각도 범위: 7-20°
 - 중력을 더 활용한 자연 이탈 유도

3.4.9 오염 제어(Spill Control) 설계

우측 벽면이 투입 환경과 밀접한 가능성이 높아 청소 난도 감소 설계가 중요.

- 벽면과의 간격이 좁아질수록 오일 텀 방지판을 더 높게 설치
 - 벨트 하부 오일 드레인 홈 확장
 - 좌측 1계단식 vs 우측은 2계단식 구조
 - 바닥으로 흐른 오일을 중앙 집수로(Gutter)로 재유도
-

3.4.10 유지보수 편의성(좌측과 비교)

- 우측 장비 외벽은 보통 통로가 좁아 정비 접근이 불리할 수 있음

따라서 우측 전용 유지보수는 아래와 같이 강화:

- 컨베이어 프레임을 좌측보다 더 쉽게 분리(슬라이드식)
 - 센서 모듈 외부 접근성 강화
 - 가이드 레일 원터치 분해 강화
 - Entry Stage 접힘(폴딩형) 구조 지원
-

3.4.11 비상·오류 대응 로직

- 우측 모터 과전류 → 우측 즉시 Stop
 - 좌측과 동시 에러 발생 시 우측 메시지가 우선 표시
 - 우측 Entry Stage 과적(용기 2개 이상) → 자동 감속 + 경고 표시
 - 패널에서 수동 역회전 가능
 - 오른손 투입 환경 때문에 좌측보다 역회전 빈도가 높음
-

3.4.12 우측 컨베이어 특화 기능(선택)

- 우측 투입량이 좌측보다 많으면 자동적으로 우측 속도 미세 상향(Adaptive Speed)
 - 크기 큰 용기(1L PET통 등)를 위한 확장형 레일
 - 세척 샤워 노즐 우측 집중 배치(음식점 벽 쪽 오염 심함)
-

3.5 양쪽 동시운전 모드

3.5.1 동시운전 모드 개요

- 좌·우 컨베이어가 동시에 투입 감지 시 충돌 없이 작동하도록 만드는 운영 모드
 - 중앙 투입부의 처리 능력(처리 속도·버킷 용량·펌프 용량)을 기준으로 양측을 조율
 - 장비 전체의 처리 효율을 극대화하는 핵심 알고리즘
-

3.5.2 동시 감지 조건(Trigger Condition)

- 좌측 IR 센서 → 물체 감지
 - 우측 IR 센서 → 물체 감지
 - 두 센서의 감지 시간이 $\Delta T < 0.7$ 초면 “동시 투입”으로 판정
 - 동시 판정 시:
 - 자동으로 **Dual Conveyor Mode** 진입
 - 중앙 제어기가 우선순위 결정 알고리즘 가동
-

3.5.3 우선순위 결정 규칙(Priority Rules)

- Rule 1:** 현재 중앙부 처리 중인 방향 우선
 - 중앙 투입 포트가 이미 좌측 용기 처리 중이면 좌측 우선
 - Rule 2:** 용기 크기 우선
 - 감지센서(초음파/IR 패턴)로 큰 물체가 감지되면 그쪽을 우선
 - Rule 3:** 안전 우선
 - 벨트 상에 위치 오차가 큰 쪽을 먼저 처리해 걸림 방지
 - Rule 4:** 우측 기본 우선(현장 인체공학 기준)
 - 두 조건이 완전 동일하면 우측 벨트를 먼저 동작
 - 결과:**
 - 우선 방향 **ON** → 후순위 방향 대기(**Stand-by**)
-

3.5.4 중앙부 충돌 방지 구조(물리 메커니즘)

- 좌우 컨베이어 이송 끝단은 동일한 중앙 포트로 이어지므로 물체 충돌(정면 충돌, 걸림) 예방 구조가 필수

물리적 충돌 방지 요소:

1. V자 형 전환 가이드(45° - 60°)
 2. 좌우 끝단 높이 차이(좌측 10 mm 낮게 또는 반대로 설정)
 3. 우측 전환판 각도 증가(중력 보조로 빠르게 빠짐)
 4. 중앙부 버퍼 스프링 패드
 5. 양측 물체의 접촉 시간 차이를 0.3~0.5초로 제어
-

3.5.5 모터 제어 알고리즘(Software Logic)

동시 투입 시 제어 소프트웨어가 아래 로직을 반복 수행.

1. **Dual Trigger** 감지
 - 좌/우 IR 신호 모두 High 상태

2. 우선순위 판단 모듈 실행

3. 1차 벨트 선택 구동

- 우선 벨트: 100% 속도
- 후순위 벨트: 정지 또는 10% 속도로 미세 전진(정렬 유지)

4. 중앙 포트 점유 확인

- 중앙부에 물체 존재 시 양측 모두 대기
- Clear 신호 감지 후 다음 대기 벨트 재가동

5. 완료 후 자동 복귀

- 양측 모두 단독운전 모드로 복귀

3.5.6 속도 최적화 제어(Adaptive Speed Control)

- 동시운전 모드에서는 컨베이어 속도 가변제어가 필수
- 처리 속도 최적화 목표:

모드	좌측	우측
단독 운전	100%	100%
동시 감지	80–100%	80–100%
후순위 벨트 대기	0% or 10% 유지	—

- 후순위 벨트 10% 미세 유지 이유:
→ 용기 정렬 무너지지 않도록 “가벼운 텐션” 유지

3.5.7 센서 연동(Conflict Free Sensing)

- IR + 초음파 조합으로 물체 종류와 거리 동시에 판단
- 양측 센서 데이터는 MCU에서 다음 항목으로 축약 처리:
 - Size Estimate
 - Distance
 - Stability Score(흔들림)
- 이 값 기반으로 실시간 우선순위 재조정 가능

3.5.8 비상 동작 처리(Failsafe Behavior)

- 양측 모터에서 동시 과전류 발생 → 즉시 양쪽 정지
- 한쪽만 과전류 → 해당 쪽 정지 + 반대편 우선 처리
- 물체 충돌 감지(센서 패턴 일정 시간 변화 없음)
→ 양측을 1초 역회전 후 정지
- 패널에서 수동 강제모드 가능

- 좌측 단독 / 우측 단독 / 동시 테스트 모드
-

3.5.9 사용자 인터페이스(UI) 및 경고 시스템

- 중앙 패널에서 실시간 상태 표시:
 - 좌측 준비/이송/정체
 - 우측 준비/이송/정체
 - 중앙부 포트 점유 여부
 - 충돌 위험 경고
 - 동시운전모드 전용 표시등(Amber)
 - 경고음:
 - 경미 충돌 예상 → 짧은 비프
 - 실제 충돌 감지 → 연속 비프 + 자동 정지
-

3.5.10 장비 효율에 미치는 영향 분석

- 동시운전 모드 적용 시 처리량 증가 예측:

기준	단독 컨베이어 운전	동시운전 모드
시간당 처리 용량	100%	135~165%
병목 구간	중앙부	중앙부 + 우선순위 제어
운영 난이도	낮음	중간

3.6 이물질 제거 메커니즘(망, 필터, 브러시)

1) 개요

재활용 라인 또는 이송 장치에서 발생하는 대표적인 문제는 **이물질의 혼입**, **막힘(Clogging)**, **부하 증가**, **센서 오동작**이다. 이를 예방하기 위해 장비 내부에는 여러 형태의 이물질 제거 장치가 배치되며, 대표적으로 **망(Screen)**, **필터(Filter)**, **브러시(Brush)** 구조가 사용된다.

2) 망(Screen) 기반 제거 메커니즘

• 구조

- 금속 또는 강화 플라스틱 소재로 제작된 **천공망(perforated screen)** 또는 **와이어 메쉬(wire mesh)** 적용
- 특정 크기 이하의 작은 입자만 통과시키고 큰 이물질은 상류에서 차단

● 특징

- 단순 구조, 유지보수가 쉬움
- 큰 이물질(비닐, 나뭇가지, 종이 등)을 초기에 차단해 장비 손상을 예방
- 망이 좁을수록 여과 성능은 높아지지만 막힘 위험도 증가

● 유지보수 포인트

- 일정 주기마다 망에 걸린 이물질을 제거해야 함
 - 진동(Shaker) 장치를 결합해 자동 탈리 기능을 부여할 수 있음
-

3) 필터(Filter) 기반 제거 메커니즘

● 구조

- 스펀지 필터, 섬유 필터, 금속 필터 등 다양한 재질
- 미세 입자까지 걸러낼 수 있는 구조로 설계
- 유체(공기/물) 흐름이 포함되는 장비에서 주로 사용

● 특징

- 미세먼지·분진·플라스틱 조각 등 작은 이물질 제거에 적합
- 교체형 Cartridge 구조 사용 시 유지보수 용이
- 압력 강하(Pressure Drop)가 발생하므로 성능 저하 모니터링 필요

● 유지보수 포인트

- 필터 막힘 여부를 ΔP 센서로 감시 가능
 - 일정 사용 시간 기반의 교체 주기 설정 필요
-

4) 브러시(Brush) 기반 제거 메커니즘

● 구조

- 회전 브러시(Rotary Brush), 고정 브러시(Stationary Brush), 역회전 이중 브러시 등
- 벨트·롤러 표면의 이물질을 지속적으로 물리적 접촉을 통해 제거

● 특징

- 연속적 자동 세척 가능
- 테이프, 먼지, 분말, 라벨 잔재 등 다양한 오염물 제거 가능
- 브러시 경도(Hard/Soft) 조절로 표면 마모 방지

• 유지보수 포인트

- 브러시 마모(degradation) 시 성능 급격히 저하 → 교체 필요
 - 이물질이 브러시에 감기는 현상 방지 위해 Back-comb 구조 적용 가능
-

5) 세 가지 요소의 통합 적용 사례

- **입구(인렛) 전단부:** 망(Screen)으로 큰 이물질 1차 차단
- **중간부:** 브러시로 이송면(벨트, 롤러) 자동 세척
- **후단부:** 필터로 미세 분진 최종 제거

이런 3단계 Cascade 구조는 장비의 안정성과 내구성 향상에 가장 효과적이다.

6) 설계 시 고려사항

- 처리량(Throughput) 대비 망/필터 면적 충분히 확보
- 물성(습기, 점성물, 먼지 특성)에 따라 브러시 소재 선정
- 막힘 감지 센서(진동 센서, ΔP 센서, 토크 센서 등) 적용 여부
- 분리된 이물질을 자동 배출하기 위한 Scraper 또는 Auger 연계 가능성

3.7 컨베이어 속도 제어 알고리즘

1) 개요

컨베이어 시스템에서 속도 제어는 처리량(Throughput) 안정화, 막힘(Clogging) 방지, 좌·우 컨베이어 간 동기화, 센서 기반 자동 제어를 위해 핵심적인 기능이다. 본 절에서는 컨베이어 구동 모터(AC 인버터, BLDC, 스템퍼 등)의 속도를 제어하는 알고리즘 구조를 정리한다.

2) 기본 속도 제어 구조(Open-loop)

• 설명

- 목표 속도(설정치 RPM 혹은 m/s)를 인버터/드라이버에 직접 전달
- 센서 피드백 없이 단순 제어
- 저부하 환경에서는 간단하지만 부하 변동 시 속도 오차 발생

• 장점

- 구조 단순, 비용 최소화
- 제어 알고리즘 구현 용이

• 단점

- 정확한 속도 유지 어려움
 - 막힘·과부하 상황을 감지하기 어려움
-

3) 폐루프 제어(Closed-loop Control)

폐루프 방식은 **Encoder**, **Hall Sensor**, **Optical Mark Sensor**, **Load Cell**, 전류 센서 등을 활용해 실제 속도를 측정하고 보정한다.

• PID 제어 기반 속도 제어

- 가장 널리 사용되는 알고리즘
- **P(비례)**: 목표와 실제 속도 차이(오차)에 따라 즉각적으로 보정
- **I(적분)**: 장기 오차 제거
- **D(미분)**: 급격한 변동 억제

• 특징

- 안정적인 속도 유지
 - 벨트 장력 변화, 적재량 변화에도 대응
 - 좌/우 컨베이어 동기화 기능과 결합 용이
-

4) 부하 기반 자동 보정 알고리즘

특히 재활용, 분류, 이송 설비에서는 물체 적재량에 따라 컨베이어 부하가 크게 변동함.

• 부하 변화 감지 방식

- 모터 전류 센서(Current Sensor)
- 벨트 장력 센서(Tension Sensor)
- 모터 토크 추정(FOC 기반 시스템)

• 알고리즘 원리

- 부하 증가 감지 → 속도 자동 감속
- 부하 감소 → 정상 속도로 회복
- 과부하 시 자동 정지 및 알람

• 장점

- 막힘 방지
 - 에너지 효율 개선
 - 장비 수명 증가
-

5) 좌·우 컨베이어 동기화 알고리즘

(3.5 양쪽 동시운전 모드와 연계되는 제어)

• 필요성

- 양쪽 컨베이어가 동일 흐름에 물체를 투입할 때, 속도가 맞지 않으면 편류(Skew), 적재물 틀어짐, 막힘 발생 가능

• 구현 방식

1. Master-Slave 방식

- 좌측을 Master, 우측을 Slave로 설정
- Encoder 피드백 기반으로 Slave가 Master 속도에 자동 추종
- $\pm 1\sim 2\%$ 오차 범위 내 유지

1. Dual Feedback 동기화

- 양쪽 모두 독립적으로 속도 측정
- 중앙 제어기가 각각의 오차를 비교하여 실시간 보정
- 고정밀 분류/포장 라인에 사용

6) 센서 기반 상황 대응 알고리즘

물체 유입량·이물질·막힘 여부를 판단해 속도를 자동 변경하는 고급 제어 방식.

• 적용 센서

- Photo Sensor / Lidar / IR Gate
- Weight Sensor(적재량)
- Vision 카메라
- Vibrational Sensor(막힘 감지)

• 예: 입도 흐름 기반 제어

- 유입량 많아짐 → 속도 ↑
- 유입량 감소 → 속도 ↓

• 예: 막힘 발생 예측 제어

- 전류 급증 패턴 분석해 막힘 조기 감지
- 속도 감속 → Reverse(역회전) → 반복 후 실패 시 정지

7) 속도 프로파일(Speed Profile) 설계

컨베이어는 단순 고정 속도보다 속도 램프(Ramp-up/Ramp-down) 구조를 사용한다.

● Ramp 설계 이유

- 기계 충격 감소
- 벨트 수명 연장
- 부하 변화 시 안정성 확보

● 예시 프로파일

- 시작 시 0 → 30% → 70% → 100%
- 정지 시 100% → 50% → 0%
- 긴 급가감속 방지

8) 고급 제어(Advanced Control)

● Model Predictive Control(MPC)

- 실시간 부하·속도·입도량 데이터를 기반으로 최적 속도 계산
- 대형 자동화 라인에서 사용

● AI 기반 Anomaly Detection

- 전류 패턴, 속도 변동, 진동 패턴을 학습해
보류·막힘·이물질 축적을 조기 감지

9) 정리

컨베이어 속도 제어 알고리즘은 단순 PID를 넘어

- 부하 기반 적응 제어
 - 양측 동기화 제어
 - AI 기반 진단
- 까지 다양한 방식으로 확장된다.

3.8 안전 장치 (센서, 비상정지, 토크 리미트)

1) 개요

컨베이어를 포함한 폐식용유 수거 장치는 사람, 주변 설비, 기계 자체를 보호하기 위한 안전장치가 필수이다.

특히 폐유 작업 환경은 미끄러짐·고온 유증기·이물질 유입 등 위험 요소가 많기 때문에,

각종 센서·비상정지 시스템·모터 토크 제한 기능을 통합해 다중 안전 레이어를 구성해야 한다.

2) 기본 안전 센서 구성

• 근접 센서(Proximity Sensor)

- 컨베이어 양측 가드 근처 설치
- 작업자 손/도구가 위험 구역 가까이 접근하면 즉시 감속 또는 정지
- Capacitive 타입 사용 시 폐유 주변에서도 안정적 감지 가능

• 광센서(Through-beam / Diffuse IR)

- 투입구/회수구 영역에 사람·발·장갑 등 유입 감지
- 이물질 과투입, 막힘 감지에도 활용 가능

• 비접촉 커버 스위치(Magnetic Safety Switch)

- 상부 커버나 점검 도어가 열린 상태면 자동으로 작동 차단
- 유지보수 중 오작동 방지

• 레벨 센서(탱크 과충전 방지)

- 저장 탱크 Full 감지
- Full 상태에서 자동 컨베이어 정지 및 Pump 정지
- Overflow 방지

• 온도 센서

- 모터 과열, 펌프 과열, 폐유 온도 이상 감지
- 화재·연기 위험 예방

3) 비상정지(E-Stop) 시스템

• 대형 적색 비상정지 버튼

- 장치 전면/후면/양측에 최소 2~3개 배치
- 누르면 모터·펌프·히터·컨트롤러 전원 차단
- 기계적 래칭 구조로 의도적 해제 전까지 재작동 불가

• Foot-switch(E-Stop Pedal) – 선택 사항

- 양손이 바쁜 환경에서 발로 즉시 정지 가능

• 소프트웨어 기반 E-Stop

- MCU에서 “Unsafe State” 판단 시 자동 정지
 - 과부하
 - 커버 오픈
 - 센서 트리거
 - 통신 장애

- 하드웨어 E-Stop과 별도로 Fail-safe 로직 구성
-

4) 토크 리미트(Torque Limit) 및 과부하 보호

• 모터 드라이버 내장 토크 리미트

- BLDC/Stepper/AC 인버터 모터 모두 지원 가능
- 일정 토크 이상 발생하면 자동 감속 또는 정지
- 손 끼임·이물질 막힘 상황에서 즉각 대응

• 전류 기반 토크 제한(Current Limit)

- 모터 전류 모니터링
- 급증(Spike) 패턴 감지 → “막힘 예측” 후 감속 → 정지 → 역전(선택)

• 토크 소프트 리미트(Software Torque Threshold)

- 제어기에서 부하 곡선 테이블 기반으로 위험 토크 계산
- 상황별 안전 프로파일 적용
 - 정상: 60%
 - 경고: 80%
 - 긴급정지: 100%

5) 기계 안전 인터록(Mechanical Interlock)

• 투입구 가드(Guard Shield)

- 손가락·빗자루·행주 등 이물질이 직접 닿지 못하도록
- 가드 개방 시 컨베이어 자동 정지

• 토출구 백플로우 방지 구조

- 역회전 시 폐유·부유물이 튀어나오는 현상 차단

• 벨트 이탈 감지(Tracking Sensor)

- 벨트가 한쪽으로 쓸리면 장력 센서가 감지
 - 즉시 속도 감속 및 오프셋 자동 보정
-

6) 저장 탱크 및 배관 안전

● 과압 안전 밸브(Pressure Relief)

- 폐유가 고온·점도가 높을 경우 압력 상승 방지

● 배관 누유 센서

- 바닥 터치 센서
- 누유 감지 후 즉시 펌프 정지

● 가스 배출 필터

- 폐식용유 산패로 발생하는 유증기 배출
 - 작업자 흡입 방지
-

7) 전기적 안전(전기·전자 보호)

● 누전차단기(RCD)

- 폐유 환경은 누수·습기 위험 높으므로 필수

● 과전류·과전압 보호

- 모터 드라이버, 펌프, 히터 모두 개별 보호 회로 적용

● 배터리 기반 이동 전원 사용 시

- BMS(과충전/과방전/과전류 보호) 필수
 - 단락 대비 퓨즈 포함
-

8) 소프트웨어 안전 기능(Safety Logic)

● Fail-Safe Default

- 센서 오류 → 즉시 정지
- 통신 끊김 → 즉시 정지
- MCU 리셋 → 재부팅 중 모든 모터 Off

● Watchdog

- 펌웨어 이상 동작 방지

● 상태 머신 기반 안전 모드

- NORMAL
- WARNING
- LIMIT-REDUCE
- E-STOP

- MAINTENANCE LOCK
-

9) 사용자 안전 UI/UX 고려

• 경고 표시

- LED 등급별 알림: Normal(초록) / Warning(노랑) / Danger(빨강)
- OLED/패널에 상태 메시지 제공

• 소리 경보

- 비상정지/막힘 발생 시 Buzzer

• 유지보수 모드

- 커버 열림 감지 시 자동 안전 모드로 진입
- 수리 중 실수로 작동하는 사고 방지

3.9 경사 조절 구조(전면·양측 높낮이 조절)

1) 개요

컨베이어 기반 폐식용유 수거 장치는 **투입구 높이, 바닥 경사, 주방 구조, 접근성** 등에 따라 전면 및 좌·우 높이를 조절할 필요가 있다.

특히 장비 크기가 “냉장고급” 소형 이동식 플랫폼인 만큼, **정밀한 경사 제어보다는 안정성·내구성·오염 대비 유지보수성을 중심으로 설계한다.**

2) 경사 조절 목적

- 다양한 주방/매장 바닥 경사에 대응
 - 폐유 흐름을 원활하게 하기 위한 **자연 배출 경사 확보**
 - 양쪽 컨베이어의 **수평 유지**
 - 이동 후 재설치 시 **레벨링(Leveling)** 용이성
 - 수거구를 특정 방향(탱크 방향)으로 경사지게 구성하여 **중력 기반 유입 보조**
-

3) 전면·양측 높낮이 조절 방식 비교

A. 수동 방식(Manual Mechanical Adjuster)

가장 단순하고 고장 위험이 적다.

1. 나사식 레벨링 풋(Leveling Foot)

- 냉장고·세탁기·3D 프린터 등에서 사용하는 구조
- 스패너 또는 손 조절
- 고무패드로 진동/미끄러짐 방지

- 미세 높이 조절 가능($\pm 10\sim 30$ mm)

1. 캠 레버(Cam Lever) 방식

- 레버를 젖혀서 빠르게 높낮이 변경
- 호텔/식품 장비용으로 많이 사용됨
- 장시간 유지 시 살짝 풀림 방지 설계 필요

1. 고정식 스페이서 삽입

- 정해진 높이에서 위치 고정
- 변동이 거의 없는 환경에 적합

B. 반자동 방식(Assist System)

전동식은 아니지만 보조 장치로 사용하기 좋음.

1. 가스 스프링(Gas Strut) 보조

- 중간 무게대를 전면 상하 조절 가능
- 조작자는 적은 힘으로 기울기 조절 가능
- 주로 $5\sim 10^\circ$ 범위

1. 유압 리프팅 풋(Hand Pump Hydraulic Foot)

- 유압 잭처럼 한쪽을 잠시 들어올리는 구조
- 장력 없는 상태에서 레벨링 풋을 미세 조정

C. 전동 방식(Electromechanical Adjustment)

작지만 정밀 조절이 필요하면 채용 가능.

1. 전동 리니어 액추에이터

- 12V/24V 구동, Stroke 30~100 mm
- 컨베이어 경사 자동 보정 알고리즘과 연계 가능
- 폐유 환경에서 오염 보호(실링·IP등급) 필요

1. 서보 기반 높이 조절

- 정확한 각도 제어 가능
- 비용 증가
- 소형 장비에서는 과스펙이 될 수 있음

4) 구조 설계 요소

• 프레임 구조

- 메인 쇄시 아래에 3~4개의 높낮이 조절 풋(앞 2, 뒤 2) 배치
- 양측 컨베이어가 장착된 좌·우 프레임은 서로 독립 미세 조절 가능
- 전면 경사와 측면 경사를 각각 조절할 수 있도록 분리된 조절 지점 확보

• 경사각(tilt angle) 범위

- 일반 주방 바닥 경사: 0~5°
- 폐유 흐름 보조를 위한 설계 경사: 2~7°
- 안전한 동작 범위: 최대 10° 이하

• 조정력 및 하중

- 장비 총중량(냉장고급 40~80kg 가정) + 폐유 적재량 하중 고려
- 레벨링 풋당 25~40kg 하중 버틸 수 있게 설계

• 미끄럼·전도 방지

- 고무패드 또는 EPDM 패드 사용
- 오일 슬립 방지를 위한 패턴 적용
- 기울기 조절 후 자동 "락(lock)"이 걸리는 구조 필수

5) 경사 조절 메커니즘 세부 구성

1) 3점 지지형(Front-Center-Rear)

- 앞 2점, 뒤 1점으로 기울기 제어
- 조절이 쉽고 비틀림이 적음
- 냉장고형 장비에서 많이 사용하는 구조

2) 4점 독립 조절형

- 네 모서리 각각 높이를 조절
- 정밀한 수평 맞춤 가능
- 컨베이어 양측이 독립적으로 부하가 갈릴 때 선호

3) 링크(Parallel Link) 구조

- 장비 전체를 일정 평면으로 유지하며 기울기만 변환
- 전동 액추에이터 방식과 잘 맞음

6) 경사 조절과 컨베이어 성능의 연계

• 폐유 이송 효율

- 투입구를 약 3~5° 낮추면 이물질 포함 폐유가 자연 낙하
- 점도 높은 폐유(식용유 굳은 상태)일수록 경사각을 세팅해 점도 저항 감소

• 컨베이어 부하 감소

- 너무 평평한 경우 스크레이퍼/벨트가 과부하 발생
- 자연중력 이송이 보조하면 모터 토크 감소 → 사수명 증가

• 양측 컨베이어 수평 유지

- 한쪽만 기울이면 벨트 편심과 이물질 쓸림 발생
- 경사 조절 시 중앙제어기에서 좌/우 센서의 수평도 감시
 - IMU(경사 센서)
 - Limit Switch

7) 유지보수 및 세척 고려

• 빠른 높이 리셋(Reset Pitch)

- “평상시 기본 높이”를 메커니컬 스토퍼로 설정
- 매장 이동 후 한 번의 턴으로 초기 각도 복귀

• 방수 설계

- 폐유가 흘러 레벨링 풋·조절 나사 등을 오염시킬 위험
- 스테인리스 304 재질 또는 방오 코팅 적용

• 세척성

- 나사홈이 깊으면 오염물 축적 → 세척 어려움
- 가급적 넓은 피치·개방형 구조가 위생 관리에 적합

8) 안전 요소

• 기울기 이상 감지

- IMU 센서로 과도한 경사 발생 시 자동 정지
- 장비 전도 또는 컨베이어 탈선 방지

• 조절부 Lock Mechanism

- 손으로 건드려도 풀리지 않도록 이중 안전 너트 적용
- 전동 방식이면 Self-locking 구조의 리니어 액추에이터 사용