

시스템 요구사항 문서 (SRD)

프로젝트 제목: 의류 매장 통합 시스템 (Shopping Assistance System)

날짜: 2025.12.01

버전: 1.2

1. 소개

이 시스템 요구사항 문서는 AMR 기반 의류 재고 이동 및 파악 솔루션의 개발·구현을 위한 기술 사양을 정의합니다. 문서에는 하드웨어, 소프트웨어, 네트워킹, 통합 요구사항이 포함됩니다.

2. 시스템 개요

이 시스템은 AI 기반 자율 이동 로봇(AMR)을 활용하여, 고객의 의류 재고 요청이 들어오면 의류 창고로 자율 주행 → 재고 학습 및 확인 → 지정된 위치로 전달하는 과정을 자동화하는 것을 목표로 합니다.

AMR, 네비게이션(Navigation), 웹 인터페이스(Web Interface), 실시간 창고 CCTV 등을 포함한 하드웨어 및 소프트웨어 요소들이 통합되어 운영됩니다.

3. 하드웨어 및 OS 요구사항

3.1 PC (2대: MSI 1 - Robot2 AMR제어 + Web서버 및 창고CCTV, MSI 2 - Robot3 AMR제어 + 매장CCTV)

- 운영 체제: Ubuntu 22.04
- 네트워크: Wi-Fi 6를 통한 고대역폭 무선 연결 지원

3.2 AMR장치 (TurtleBot4기반)

- 하드웨어: Raspberry Pi 4B 4GB
- 운영 체제: Ubuntu 22.04
- 카메라: OAK-D-Pro
- 센서: RPLIDAR A1 M8
- 배터리: 26 Wh Lithium Ion (14.4V nominal)

3.3 Webcam - WC720(2대: 창고 CCTV, 매장 CCTV)

- 해상도: 1280 x 720
- 프레임: 30FPS
- 화소: 100만 화소

3.4 장애물

- 동적: RC카 2대

- 정적: 풍선+종이컵

4. 소프트웨어 요구사항

4.1 PC 소프트웨어 패키지

- Python3: AI 및 데이터 처리 작업을 위한 기본 프로그래밍 언어
- Ros2: AMR 제어 및 통신을 위한 주요 플랫폼
- MySQL: 데이터 저장 및 기록 보관을 위한 관계형 데이터베이스
- Yolo: 객체 탐지 모델을 사용하여 장애물 인식 및 의류 재고 파악
- OpenCV: 비디오 및 이미지 처리 라이브러리
- Frontend(react), Backend(FastAPI): 관리자 웹 인터페이스 및 API 서버 구현에 사용

4.2 AMR 소프트웨어 패키지

- Python3: TurtleBot4의 제어 및 AI기반 데이터 처리
- ROS2: 실시간 네비게이션 및 좌표/경로 데이터 통합
- OPENCV: AMR 카메라 영상에 대한 이미지 처리 및 컴퓨터 비전 기능
- Yolo: 주행 중 객체 인식 및 의류 재고 파악 기능을 수행

5. 네트워크 요구사항

5.1 AMR 및 서버 연결성

- 무선 네트워크: 안정적이고 충분한 대역폭의 Wi-Fi 환경을 통해 AMR 카메라 영상이 최소 7 FPS 이상, 권장 10 FPS 수준으로 전송·처리
- 커버리지 범위: 의류 창고 및 매장 내 보안 구역 전역에서 무선 네트워크가 수신 가능해야 하며, 필요 시 메쉬 네트워크 등을 통해 음영 구역을 최소화
- 백업 매커니즘: Wi-Fi 가 불가능할 경우 셀룰러 연결(4G/5G)로 대체 가능

5.2 데이터 전송 및 보안

- 데이터 전송 속도: 실시간 비디오 스트리밍 및 원격 측정을 위한 AMR 당 최소 1 Mbps
- 네트워크 보안: Wi-Fi 암호화를 위한 WPA3, 서버 통신의 IP 화이트리스트 및 방화벽 보호

6. 기능 요구사항

6.1 실시간 데이터 처리

- 비디오 처리: 창고 CCTV 및 AMR 장치 비디오 처리 속도는 최소 10FPS 이상

- **창고 사용 여부 확인:** 비디오 스트리밍 데이터를 기반으로 YOLO 객체 탐지 모델이 실시간으로 창고 내부에 AMR 존재 여부를 판단하고, 그 결과를 1초 이내에 전송
- **매대, 객체 탐지:** 각 객체에 대해 클래스, 신뢰도, Bounding Box 좌표, 개수 산출

6.2 관리자 인터페이스 및 제어

- 관리자 로그인 및 권한 관리

- 1) 관리자는 ID/비밀번호 기반으로 시스템에 로그인할 수 있어야 한다.
- 2) 관리자 권한 사용자만 AMR 제어, 재고 정보 수정, 시스템 설정 변경이 가능해야 한다.

- 실시간 대시보드 제공

- 1) 관리자 화면에서는 배터리 잔량을 실시간으로 확인할 수 있어야 한다.
- 2) 창고 카메라 영상(또는 AMR 카메라 영상)을 실시간 스트리밍으로 확인할 수 있어야 한다.

- AMR 원격 제어 기능

- 1) 관리자는 웹 인터페이스를 통해 AMR에 대해 Teleop 방식의 수동 제어를 수행할 수 있어야 한다.

6.3 창고 매대 객체 인식

- 창고 매대 상태 및 재고 파악:

- 1) 매대 영역 내의 상품 수를 카운팅하여 재고 DB와 비교·동기화하고, 필요 시 DB를 최신 상태로 갱신해야 한다.
- 2) 인식 결과는 재고 DB와 연동되어, 관리자가 웹 화면에서 재고 현황을 조회할 수 있어야 한다.

6.4 고객 객체 인식

- 고객 위치 확인:

시스템은 매장 내 CCTV 영상을 통해 주문을 요청한 고객을 인식하고, 인식된 고객의 위치를 매장 좌표계 상의 임의 좌표로 산출하여 AMR에 전달해야 한다.

7. 비기능 요구사항

7.1 보안

- **웹 접근 통제:** 관리자 페이지는 등록된 Admin ID/비밀번호 이외의 사용자는 접근 할 수 없도록 제한해야 한다.
- **통신 설정:** ROS2 환경에서 사용되는 ROS_DOMAIN_ID를 일관되게 통합 설정하여, 예측 가능한 통신 구조를 유지해야 한다.

7.2 성능

- **데이터 지연:** YOLO 추론 완료 후, AMR 존재 여부 판단 결과를 웹/서버로 전송하기까지의 전체 지연 시간은 1초 이내여야 한다.

- **연결성:** 창고 내 운행 구역에서 AMR 2대가 동시에 운영되는 상황을 기준으로, 영상 및 제어 신호 전송이 원활히 이뤄져야 한다.

8. 준수 요구사항

- **데이터 보호:** 개인 및 비디오 데이터 처리는 GDPR 또는 이에 준하는 데이터 보호 규정을 준수해야 한다.
- **운영 안정성:** AMR 장비는 고밀도 환경에 배치될 수 있으므로, 관련된 전자·안전 규격(예: CE 또는 UL 표준)을 충족해야 한다.

9. 수락 기준

9.1 시스템 성능

- **데이터 지연 시간:** 창고 카메라(또는 AMR 카메라)에서 서버까지의 영상 프레임 전송 및 처리 결과(객체 인식 정보) 전달까지의 전체 지연 시간이 평균 1초 이하일 것.
- **프레임 처리 성능:** AMR 1대 기준으로, 영상 스트리밍 및 객체 인식이 최소 7 FPS 이상, 목표 10 FPS 수준으로 10분 이상 연속 동작 시에도 유지될 것.

9.2 Navigation SLAM

- **위치 추정 정확도:** SLAM 기반으로 생성한 맵에서 AMR의 추정 위치와 실제 위치의 차이가 평균 10cm 이하일 것
- **목표 지점 도달 성공률:** 사전에 지정한 창고 내 주요 지점(매대 앞, 도킹 스테이션 등) 10개 이상에 대해 10회씩 주행 테스트를 수행했을 때, 목표 지점 도달 성공률이 90% 이상일 것.

9.3 Yolo Detection

- **객체 인식 정확도:** 창고 매대, 의류, AMR, 사람 클래스에 대해 테스트 데이터 셋 기준 mAP@0.5가 70% 이상일 것
- **실시간 인식 안정성:** 실제 창고(또는 모의 환경)에서 연속 10분 이상 영상 스트리밍 시, 프레임 누락이나 모델 에러 없이 객체 인식 결과가 지속적으로 출력될 것

9.4 통합 테스트

- **재고 요청 → 배송 시나리오 성공:** 웹에서 재고 요청을 생성했을 때, AMR이 자동으로 출발하여 해당 매대로 이동 → 의류 재고 확인 → 고객 인식 → 의류 배송 -> 도킹 순으로 복귀하는 전체 시나리오를 5회 연속 성공할 것
- **모듈 간 연동 안정성:** 웹 - Backend 서버 - ROS2(AMR) - YOLO 인식 모듈 간 연동 상태에서 1시간 이상 연속 운용 시, 모듈 간 통신 오류가 치명적 장애로 이어지지 않을 것

9.5 최종 목표 달성

- **실제 운영 시나리오 재현:** 의류 매장/창고 환경을 축소 형태로 구성 했을 때, 실제 사용자가 웹에서 재고를 요청하고, AMR이 이를 수행하는 전 과정을 시연했을 때

기능 요구사항 문서에 정의된 핵심 기능이 모두 동작할 것.