

시스템 요구사항 문서 (SRD)

프로젝트 제목: 화재 감지 출동 자율 이동 로봇(AMR) 시스템

버전: 1.0

날짜: [2024.11.26]

1. 소개

이 시스템 요구사항 문서는 AMR 기반 화재 초기 대응 솔루션의 개발 및 구현을 위한 기술 사양을 정의합니다. 여기에는 하드웨어, 소프트웨어, 네트워킹, 통합 요구사항이 포함됩니다.

2. 시스템 개요

이 시스템은 AI 기반 자율 이동 로봇(AMR)을 사용하여 화재 발생 구역에 이동하여 초기에 화재진압을 시도합니다. 네비게이션, 센서 데이터 처리, 실시간 경고 등을 포함하여 하드웨어 및 소프트웨어 요소들이 통합됩니다.

3. 하드웨어 및 OS 요구사항

3.1 PC

- 운영 체제: Ubuntu 22.04
- 카메라: USB 카메라
- 네트워크: Wi-Fi 6 을 통한 고 대역폭 무선 연결 지원

3.2 AMR 장치 (TurtleBot3 기반)

- 하드웨어: Jetson-Orin 프로세서 탑재
- 운영 체제: Ubuntu 22.04
- 카메라: USB 카메라
- 센서: 기본적으로 장착된 LiDAR 및 초음파 센서 (360 도 커버리지)
- 배터리: 최소 8 시간 배터리 수명

4. 소프트웨어 요구사항

4.1 PC 소프트웨어 패키지

- **Python3:** AI 및 데이터 처리 작업을 위한 기본 프로그래밍 언어
- **ROS2 (Robot Operating System 2):** AMR 제어 및 통신을 위한 주요 플랫폼
- **OpenCV:** 비디오 및 이미지 처리 라이브러리
- **Ultralytics (YOLO):** 객체 탐지 모델을 사용하여 실시간 화재 감지 수행
- **SQLite3:** 데이터 저장 및 기록 보관을 위한 경량 데이터베이스

4.2 AMR 소프트웨어 패키지

- **Python3:** TurtleBot3 의 제어 및 AI 기반 데이터 처리
 - **ROS2:** 실시간 네비게이션 및 센서 데이터 통합
 - **OpenCV:** 이미지 처리 및 컴퓨터 비전 기능
 - **Lidar:** 장애물 파악 및 맵 그리기
 - **Ultralytics (YOLO):** 객체 탐지 모델을 사용하여 정확한 화재 위치 파악
-

5. 네트워크 요구사항

5.1 AMR 및 서버 연결성

- **무선 네트워크:** 안정적이고 높은 대역폭의 Wi-Fi 6 을 사용하여 AMR 과 서버 간 실시간 데이터 전송과 통신을 보장
- **범위:** 보안 구역의 모든 구역에 대한 무선 커버리지, 필요 시 메시 네트워크 지원
- **백업 메커니즘:** 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:** 관제 CCTV 및 AMR 장치의 비디오 처리 속도는 최소 20 FPS 를 유지해야 하며, 화재 발생 여부를 판단하기 위한 YOLO 모델의 프레임 당 예측 시간은 0.1 초 이내로 제한
- **위험 탐지:** 비디오 스트리밍 데이터를 기반으로 YOLO 객체 탐지 모델이 실시간으로 화재 발생 여부를 판단하여 2 초 이내에 경고 알림 전송.

6.2 저장 및 보관

- **데이터 로그 기록:** 화재 발생 위치, 시간과 화재 발생 위치까지 AMR 의 도착 시간
- **데이터 아카이빙:** 모든 과거 데이터는 월별로 아카이브되며 최소 1 년 동안 보관

7. 비기능 요구사항

7.1 성능

- **데이터 지연:** Navigation SLAM 액션을 보내면 AMR 응답 속도는 200ms 이내로 보장
- **확장성:** Navigation SLAM 기능이 적용된 AMR 의 맵 업데이트 속도는 최대 10 초 이내에 실시간 동기화가 가능해야 함.

8. 준수 요구사항

- **데이터 보호:** 개인 및 비디오 데이터 처리를 위한 GDPR 또는 유사한 데이터 보호 규정 준수
- **운영 안전성:** AMR 은 특히 고밀도 교통 환경에 배치되는 경우 전자 및 안전 규정 준수 (CE 또는 UL 표준 준수) 필요

9. 수락 기준

9.1 시스템 성능

- **이미지 처리 속도:** 관제 CCTV 및 AMR의 비디오 스트리밍에서 YOLO 객체 탐지 모델이 20 FPS 이상의 속도로 화재 상황을 정확히 탐지할 수 있어야 함.
- **데이터 로그 기록:** 다음 조건을 충족하는 로그 시스템:
 - 화재 발생 시 로그를 실시간으로 서버에 전송.

9.2 Navigation SLAM

- AMR이 지정된 맵에서 5cm 이내의 위치 정확도를 유지하며 장애물을 회피하고 목표 지점에 도달해야 함.
- SLAM 기반 지도 생성 및 업데이트가 최대 10 초 이내에 실시간으로 수행될 수 있어야 함.

9.3 Teleop 키 조작

- 원격 조작에서 Teleop 키 입력에 따른 AMR의 반응 시간이 200ms 이내여야 하며, 지연 없이 사용자가 의도한 경로로 정확히 이동.
- Teleop 키 입력 후 예상 경로를 따라 정확히 95% 이상의 성공률로 목표 지점에 도달해야 함.

9.4 통합 테스트

- AMR과 중앙 서버 간의 원활한 통신, 네트워크 안정성 및 데이터 전송 속도 1 Mbps 이상 유지.
- Navigation, SLAM, YOLO 기반 화재 감지가 통합적으로 작동하며, 사용자는 실시간 대시보드에서 3 초 미만의 지연으로 모든 상태를 모니터링 가능해야 함.

9.5 안전 및 보안

- AMR이 사람 및 장애물을 회피하며 안전하게 작동해야 하고, 테스트 환경에서 단 한 차례의 충돌도 발생하지 않아야 함.

9.6 최종 목표 달성

- 화재 상황을 정확히 탐지하여 90% 이상의 경고 성공률.
- 초기 화재 진압 시뮬레이션에서 목표 시간(5 분) 내 진압 성공률 85% 이상.
- 시스템 가동률 99.9% 이상 유지 및 계획된 다운타임 외에는 장애 발생 없음.