

ARM 과 Cube.AI 를 이용한 저전력 AI 객체인식 군사 경계 시스템, A.R.M.I

김영찬¹, 문석영¹, 박진수¹, 신민재¹, 정민혜¹
¹명지대학교 전자공학과 학부생

kyc20126@gmail.com, moonseokyoung123@gmail.com,
 withanjel123@naver.com, lime524@naver.com, uooc0103@naver.com

Low-Power AI Object Recognition Military Surveillance System using ARM and Cube.AI, A.R.M.I

Yeong-Chan Kim¹, Seok-Young Moon¹, Jin-Su Park¹, Min-Jae Shin¹, Min-Hye Jung¹
¹Dept. of Electronic Engineering, Myong-Ji University

요 약

본 연구는 전력 공급이 어려운 지역에서 사용하기 위한 저전력 AI 객체 인식 감시 시스템 A.R.M.I 를 개발하여 군사 경계 시스템의 효율성을 높이고자 하였다. 태양광 패널을 통한 에너지 하베스팅, ARM 의 Standby 모드, 저전력 설계를 통해 전력 소모를 최소화하였다. 기존 장비 대비 디바이스당 연간 전력 소비량을 약 8.43Wh 로 크게 줄였다. STM32 에는 온디바이스로 저용량, 고감도 CNN 기반 객체 인식 모델을 탑재하여 사람을 감지한다. 옛지 디바이스의 한계를 보완하기 위해 서버 PC 와 RF 통신을 활용한 분산형 AI 시스템을 도입하여 정확도를 향상시켰다. 또한, 유지보수 비용이 저렴하고 휴대성이 뛰어나 군사 및 상업 보안 시스템 등 다양한 분야에 활용할 수 있다. 본 시스템은 군사 인력 부족 문제를 해결하고 경계 근무의 효율성을 극대화할 것으로 기대된다.

1. 서론

인공지능(AI)과 사물인터넷(IoT) 기술의 발전은 다양한 분야의 효율성 향상에 기여하고 있다. 특히 군사 경계 시스템의 개선은 국가 안보에 중요하며, 기존 장비는 높은 전력 소모와 낮은 정확성으로 한계를 보였다. 이에 본 연구에서는 AI 모델을 탑재한 저전력 객체 인식 장비 A.R.M.I 시스템을 개발하였다.

2. 연구 배경 및 필요성

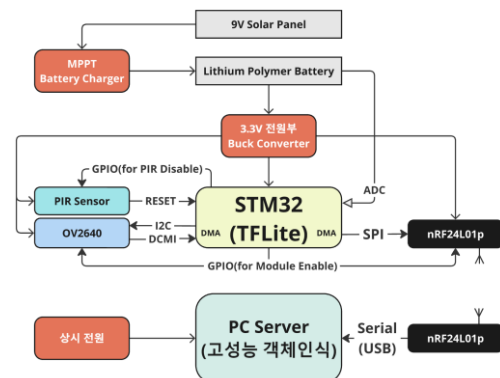
대한민국의 병력 부족 문제가 심화됨에 따라 군사 경계 시스템의 효율성 개선이 요구되고 있다. 기존 장비는 24 시간 운영 시 많은 전력을 소모하고, 오작동과 경보 누락으로 효율성이 저하되었다. 따라서 전력 소모를 줄이면서도 AI 를 활용해 높은 정확도로 경계할 수 있는 새로운 시스템이 필요하다.

3. 시스템 설계

A.R.M.I 시스템은 ARM 기반 STM32 MCU 와 AI 모델을 탑재한 저전력 객체 인식 장비이다. 태양광 패널을 통한 에너지 하베스팅, ARM 의 standby 모드 활

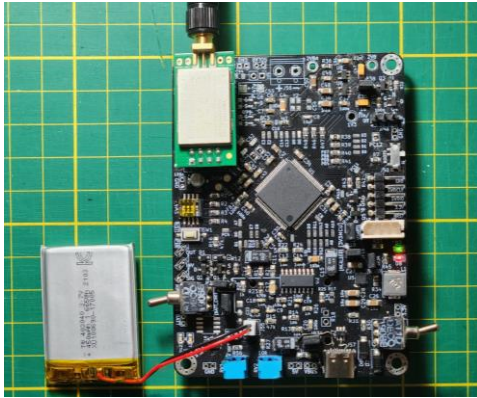
용, 주변 장치의 Power Down 기능을 통해 전력 효율을 높였다. 장비는 MCU 가 2.8 μ A 만 소모하는 Standby 모드에 있다가 PIR 센서를 통해 Wake Up 한다. 감지 이벤트 발생 시에만 이미지를 촬영하고, CNN 모델로 객체를 인식하여 사람이 감지된 경우에만 이미지를 서버로 무선 전송한다. 처리가 완료되면 다시 Standby 모드로 진입한다.

3.1. 하드웨어 구성



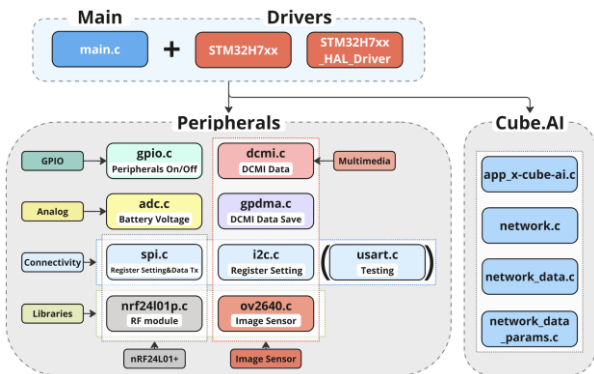
(그림 1) A.R.M.I 시스템의 전체 하드웨어 구성도.

Edge Device 의 하드웨어 소자와 회로는 한 개의 PCB 에 집적되어 있으며, 주요 구성 요소로는 STM32 MCU, OV2640 이미지 센서, nRF24L01+ RF 모듈, PIR 센서, MOSFET, MPPT, Switching Regulator 등이 있다. MOSFET 회로를 통해 이미지 센서와 RF 모듈의 전원을 완전히 On/Off 하여, 해당 모듈의 대기 전력을 완전히 제거할 수 있도록 하였다. 배터리는 태양광 패널을 통해 충전되며, MPPT(Maximum Power Point Tracking) 회로를 통해 충전 효율을 극대화하였다.



(그림 2) Edge Device 의 하드웨어 실물 사진.

3.2. 소프트웨어 설계



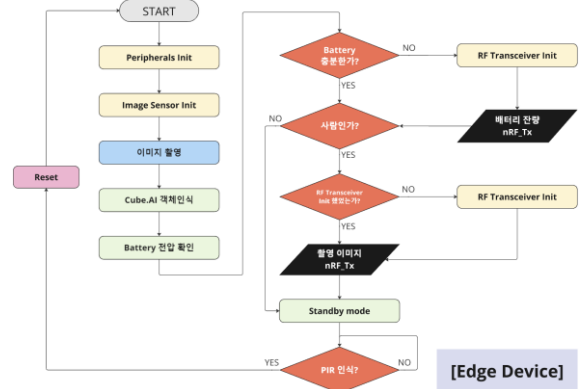
(그림 3) Edge Device 소프트웨어 구성도.

STM32Cube.AI 를 활용하여 TFLite 형식으로 변환된 CNN 모델을 STM32 MCU 에서 구동하였다. RF 통신을 통해 전송된 이미지는 고성능 객체 인식 모델을 탑재한 서버에서 재분석되어 해당 객체가 사람인지 최종 판단한다. 또한, 1:N 통신망 알고리즘과 함께 릴레이 통신 방식을 적용하여 여러 대의 엣지 디바이스를 관리함과 동시에 서버에서 멀리 떨어진 디바이스의 데이터 수집도 가능하다. 서버에서 거동 수상자로 최종 판단한 경우, 경고를 발생하여 실시간 대응이 가능하도록 설계하였다.

3.3. 플로우 차트

시스템이 이벤트 기반으로 전력 효율적으로 작동하

며, 전력 소비를 최소화하는 동시에 실시간으로 경계를 수행할 수 있도록 설계하였다.



(그림 4) Edge Device 의 Flow Chart .

4. 정량적 비교 분석

기존 경계 장비와 A.R.M.I 시스템을 비교하여 주요 성능 지표를 아래와 같이 정량적으로 평가하였다.

<표 1> 기존 경계 감시 장비와의 차별점

지표	기존 경계 장비	A.R.M.I 시스템
전력 소비	약 45kWh(연간)	약 8.43Wh(연간)
작동 시간	상시 작동(24 시간)	이벤트 발생 시에만 작동
객체 인식 정확도	약 85%	95% 이상
유지 보수 비용	고비용(억 단위)	저비용(약 14 만 원)
감지 범위	제한적(고정형)	가변적 (엣지 디바이스 증설)
휴대성	고정형/무거운 장비	경량(약 178g)
전력원	유선 전원 또는 내장 배터리	태양광 패널을 통한 에너지 하베스팅

A.R.M.I 시스템은 연간 전력 소모가 기존 장비의 약 0.02% 수준으로 대폭 감소하였다. 기존 장비는 상시 작동해야 하는 반면, A.R.M.I 시스템은 감지 이벤트가 발생할 때만 작동하여 전력 효율이 크게 개선되었다. 분산형 AI 시스템을 통해 객체 인식 정확도도 약 10% 향상되었으며, 경량화된 장비로 휴대성과 배치가 유리해졌다.

※ 본 논문은 과학기술정보통신부 대학디지털교육 역량강화 사업의 지원을 통해 수행한 ICT 멘토링 프로젝트 결과물입니다.