

[붙임4]

캡스톤 디자인 II 최종결과 보고서

프로젝트 제목(국문): AI와 열화상 데이터를 활용한 IoT 기반 서버 쿨링 시스템

프로젝트 제목(영문): IoT-based server cooling system using AI and thermal image data analysis

프로젝트 팀(원): 학번: 20201793	이름: 홍수민
프로젝트 팀(원): 학번: 20201859	이름: 길기훈
프로젝트 팀(원): 학번: 20202689	이름: 오민석
프로젝트 팀(원): 학번: 20201755	이름: 지원근

지도교수: 이상금

1. 중간보고서의 검토결과 심사위원의 '수정 및 개선 의견'과 그러한 검토의견을 반영하여 개선한 부분을 명시하십시오.

(작성요령: 심사위원의 수정요청사항이 없을 경우, 없음이라고 작성함. 있는 경우는 그 요구에 따라 개선한 내용을 작성합니다)

없음

2. 기능, 성능 및 품질 요구사항을 충족하기 위해 본 개발 프로젝트에서 적용한 주요 알고리즘, 설계방법 등을 기술하십시오.

YOLO11n: 여러 발열 상황(idle, cpu, gpu)을 가정하여 수집한 열화상 이미지 데이터셋을 학습하여 열화상 카메라를 통해 실시간으로 이상 탐지 가능

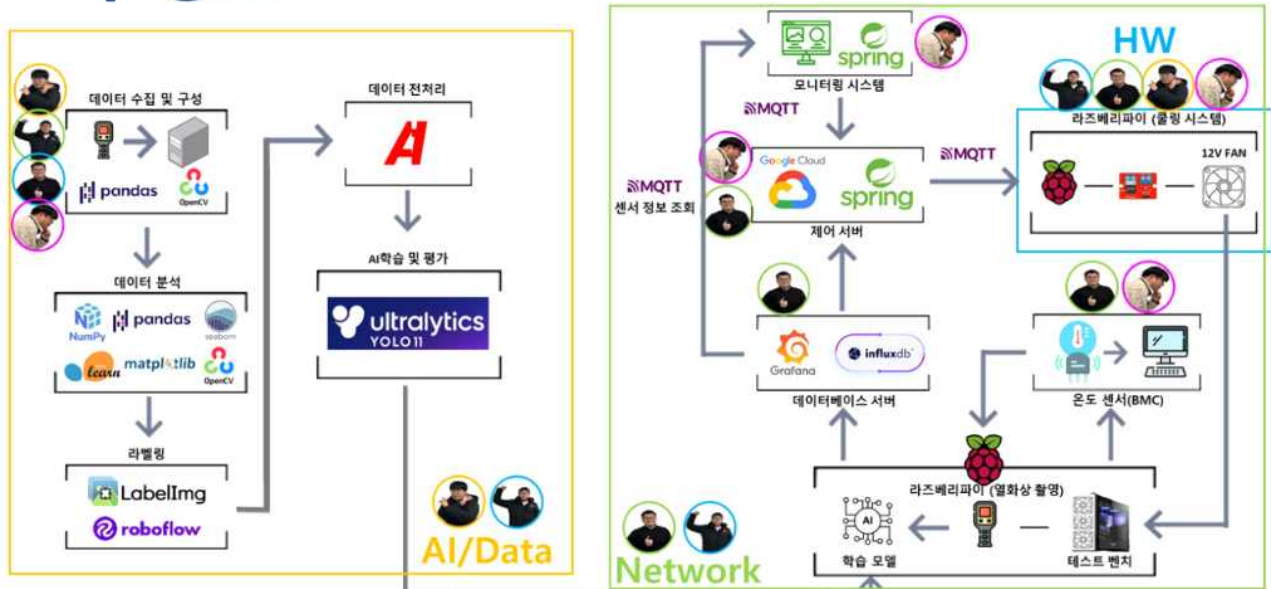
IPsec VPN 서버: 인증받지 않은 외부 인원의 침입을 방지하기 위해 VPN 서버를 구축하여 보호

팬 제어: 12V FAN 전력 공급을 위한 액추에이터 구축 및 pigpio와 mosfet 회로를 이용한 정밀 FAN 제어

웹 모니터링 시스템: 센서 온도와 열화상 이상탐지 결과, 팬 속도 PWM 결과등을 모니터링 하기 위한 SpringBoot 기반 웹서버 구축

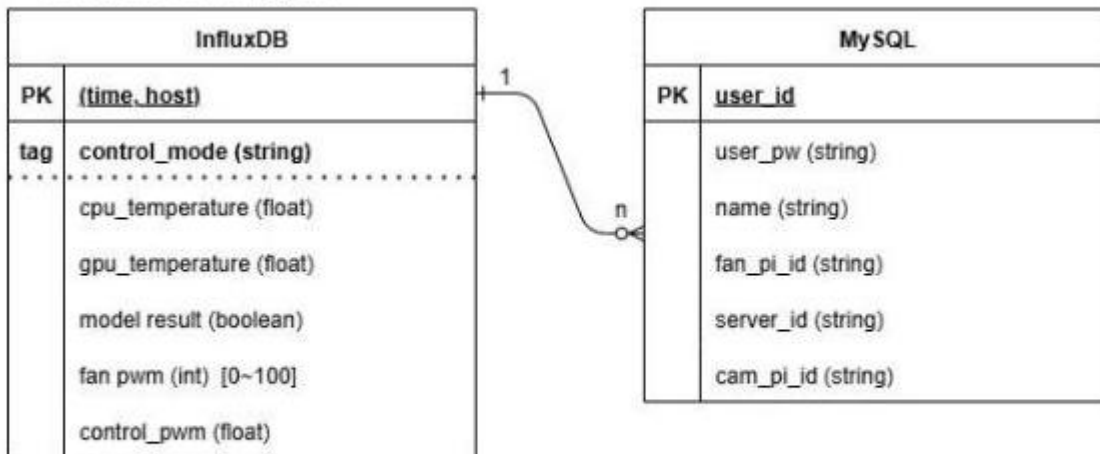
3. 요구사항 정의서에 명시된 기능 및 품질 요구사항에 대하여 최종 완료된 결과를 기술하시오.

구성도



<전체 구성도>

<<Database E-R Diagram>>



host → {server_id | fan_pi_id | cam_pi_id}

<Database ER 다이어그램>

4. 구현하지 못한 기능 요구사항이 있다면 그 이유와 해결방안을 기술하시오,

(작성요령: 전부 구현한 경우는 “이유”란에 “해당사항 없음”이라고 기재하고, 만약 요구사항대비 구현하지 못한 기능이 있다면 “이유”란에 그 사유를 기재함)

최초 요구사항	구현 여부(미구현, 수정, 삭제 등)	이유(일정부족, 프로젝트 관리미비, 팀원변동, 기술적 문제 등)
서버 상태 대시보드 (웹 알림 기능)	미구현	InfluxDB와 Grafana를 연동한 시각화는 완료하였으나, 웹 브라우저 상에서 즉각적인 팝업 형태의 '경고 메시지 알림' 기능은 프론트엔드 개발 일정 지연으로 인해 일부 기능만 구현됨.

5. 요구사항을 충족시키지 못한 성능, 품질 요구사항이 있다면 그 이유와 해결방안을 기술하시오.

(작성요령: 요구사항을 충족한 경우는 “이유”란에 “해당사항 없음”이라고 기재하고, 만약 요구사항대비 구현하지 못한 기능이 있다면 “이유”란에 그 사유를 기재함)

분류(성능, 속도 등) 및 최초 요구사항	충족 여부(현재 측정결과 제시)	이유(일정부족, 프로젝트 관리미비, 팀원변동, 기술적 문제 등)
분석용 열화상 이미지 품질 보장 (업스케일링)	미구현	라즈베리파이 4의 하드웨어 리소스 한계로 인해, 실시간 추론 과정에서 고연산이 필요한 초해상도(Super Resolution) 업스케일링 모델을 병행 구동 시 전체 시스템의 Latency가 증가하여 목표 반응 속도(2초)를 초과하는 문제 발생.

6. 최종 완성된 프로젝트 결과물(소프트웨어, 하드웨어 등)을 설치하여 사용하기 위한 사용자 매뉴얼을 작성하시오.

프로젝트명: AI를 활용한 열화상 데이터 분석 및 IoT 기반 서버 쿨링 시스템

버전: 1.0

작성 일자: 2025.06

용자 대상: 서버 관리자

1. 시스템 개요

본 시스템은 라즈베리파이와 열화상 카메라를 이용하여 서버 주변 온도를 실시간으로 측정하고, YOLO 기반 모델을 통해 이상 여부를 판단합니다. 판단된 데이터는 BMC 데이터를 함께 InfluxDB에 저장하여 Grafana와 스프링프레임워크를 이용하여 실시간 모니터링 시스템을 이용하여, 서버 시스템의 냉각 안정화를 도모하는 통합 냉각 시스템입니다.

1. 구성요소

• 하드웨어:

- 열화상 카메라(라즈베리파이 동봉)
- 케이스와 팬
- 팬 구동용 라즈베리파이

• 소프트웨어:

- Utralytics package (python)
- 브라우저(Chrome, Firefox, ...)
- Github의 각종 Python 코드 (<https://github.com/2025-Capstone-Project>)
(추후, exe 파일 배포 예정)

3. 설치 및 실행 방법

가. 하드웨어 환경 설정

- 1) 열화상카메라와 라즈베리파이가 담겨 있는 카메라를 해당 케이스의 옆면이 보이도록 설치합니다.
- 2) 이후, 환기를 원하는 방향으로 팬과 기판을 설치합니다.

나. 소프트웨어 설치

- 1) 열화상 카메라의 라즈베리파이에 Github에 있는 YOLO 파일을 받고, 해당 OS 환경에 Ultalytics package를 설치합니다.
- 2) 열화상 촬영을 하는 라즈베리파이와 연결한 뒤, 사용자의 취지에 맞게 촬영이 되는지 확인합니다.
- 3) 관측되는 서버 혹은 PC와 VPN 서버로 연결을 합니다. 연결 성공 후, 라즈베리파이에 있는 test 코드가 작동하는지 확인하고, 연결상태를 판별합니다.
- 4) E-mail로 보낸 별도의 아이디와 패스워드를 기준으로, 브라우저를 통하여 웹 서버로 접근합니다.
- 5) 원하는 환경에 맞게 시스템 모니터링을 진행합니다.

다. 시스템 모니터링

- 1) 기존에 있는 기록되는 값들은 CPU와 GPU의 온도 값과 YOLO 모델이 판별한 값의 그래프와 FAN의 PWM 수치가 있습니다. 서버의 확인하고 싶은 다른 값이 있다면 FLUX를 이용하여, 원하는 수치의 그래프를 확인할 수 있습니다.
- 2) Alert의 임계값 설정 및 fan의 임의 동작 상태는 해당 사이트에서 조정할 수 있습니다.

4. 자주 묻는 질문 (FAQ)

질문	답변
열화상 카메라가 인식되지 않습니다.	케이블 문제일 가능성이 높습니다. 케이블 연결을 다시 확인해주세요,
YOLO 모델이 동작하지 않습니다.	모델 경로와 package가 제대로 설치되어 있는지 확인해주세요.
Grafana에 데이터가 안 보입니다.	InfluxDB에 값이 정상적으로 기록되고 있는지 curl명령어를 이용해 점검해주세요.

7. 캡스톤디자인 결과의 활용방안

I. 기술적 기대효과 및 파급력

1. 정밀한 열 감지 시스템 구현
 2. 기존 온도센서가 감지하지 못하는 외부 열원이나 특정 부위의 국부적인 고온 현상을 실시간으로 감지 가능.
 3. AI/ML 기반 이미지 분석과의 융합 가능성으로 향후 자동화 및 고도화된 온도관리 시스템으로 확장 가능.
2. 하드웨어 자원의 보호 및 성능 안정성 확보
 4. GPU, CPU 등의 열에 민감한 부품의 수명을 연장시킬 수 있음.
 5. 과열로 인한 성능 저하 방지 → 서비스 품질 유지에 기여.
3. 에너지 효율 제어
 6. 불필요한 팬 작동 감소 및 효율적 제어로 전력 소모 최적화 가능

II. 경제적 기대효과

1. 장비 수명 연장에 따른 유지비용 절감
 7. 서버 및 고가 장비의 과열로 인한 고장 감소 → 교체 주기 지연 → 기업의 운영비 절감
2. 서버 운영비 절감
 8. 팬과 에어컨의 효율적 조합 운용으로 전기요금 감소
 9. 특히 클라우드, 데이터센터 등의 24시간 고가동 환경에 적용 시 전력비용 절감 효과 큼
3. 열화상 기반 솔루션 제품화 가능성
 10. 기성제품으로서의 상용화 또는 B2B 납품 솔루션으로 발전할 수 있는 시장 가능성 존재

III. 사회적 기대효과

1. 데이터센터의 탄소배출 저감
 11. 냉방 효율 개선 → 에너지 사용 감소 → 친환경적 서버 운영 가능
 12. ESG(Environmental, Social, Governance) 경영 관점에서 긍정적 평가 요소
2. 디지털 인프라의 신뢰성 향상
 13. 서버 안정성 강화 → 서비스 중단 리스크 감소 → 금융, 의료, 공공 시스템 등 사회 핵심 인프라의 안정성 확보에 기여
3. IT 인프라 취약 지역 개선
 14. 고비용 냉방장치 없이도 팬 + 열화상 제어 방식으로 저비용 운영 시스템 구축 가능

15. 중소기업 및 개발도상국의 IT 환경 접근성 향상에 활용 가능