

## 캡스톤 디자인의 발표 요령

프로젝트 발표는 10분(데모포함), 질의응답 10분등, 총 20분에 발표 및 데모가 이루어져야 한다. 다음은 캡스톤 디자인 발표 자료에 포함될 내용이며 발표 자료(ppt)의 작성은 최종보고서 및 데모 결과를 토대로 작성한다.

- 프로젝트 제목, 프로젝트 목표 및 개요
  - 아키텍처 또는 전체 시스템 구성도 제시
  - 주요 기능목록(캡스톤 디자인의 범위) 및 설명
  - 시스템의 성능, 품질 및 제약 요구사항의 테스트 결과
    - 성능 테스트 결과 등
  - 주요 알고리즘 및 설계 방법(또는 문제해결 방법)
  - 팀원(또는 멘토)의 역할
  - 데모
- 
- 질의 응답

# 캡스톤 디자인 I 최종결과 보고서

프로젝트 제목(국문): AI를 활용한 열화상 데이터 분석 및 IoT 기반 서버 쿨링 시스템

프로젝트 제목(영문): AI-Based Thermal Imaging Data Analysis and IoT-Based Computer Cooling System

프로젝트 팀(원): 학번: 20201793 이름: 홍수민 [팀장]

프로젝트 팀(원): 학번: 20201859 이름: 길기훈

프로젝트 팀(원): 학번: 20202689 이름: 오민석

프로젝트 팀(원): 학번: 20201755 이름: 지원근

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

검토결과 피드백이 없었음.

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

- 서버의 부품 중 CPU, GPU에 대하여 각각 스트레스 테스트를 진행한 후 열화상 이미지를 촬영한 후 클러스터링 등의 방법을 사용하여 정상, 비정상 유무를 판별할 임계 온도값 취득.
- 임계온도값에 따라 촬영한 열화상 이미지들을 라벨링한 후 YOLOv11 모델에 대해 파인 튜닝 실행.
- 동일한 Timestamp에 데이터 전송을 위하여, GCP를 활용한 VPN 서버로 관측되는 PC와 라즈베리파이를 연결하고, 라즈베리파이가 센서 온도값과 판별된 상태 정보를 DB 서버와 SSH터널링을 통해 한번에 데이터 전송.
- 파인튜닝된 모델을 사용하여 본체의 열화상 이미지에 대해 정상/비정상 유무를 판별한 후 결과를 DB에 저장

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

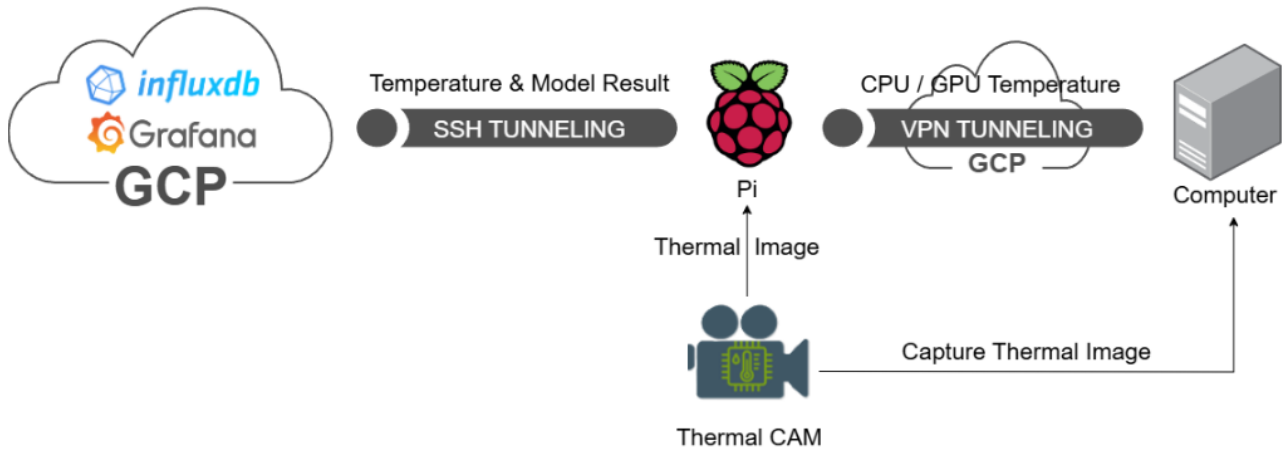


그림 1 시스템 아키텍처/구성도

System metrics	
PK	<u>System_id</u>
	CPU_Temperature
	GPU_Temperature
	Model_result

그림 2 Influx DB 구조

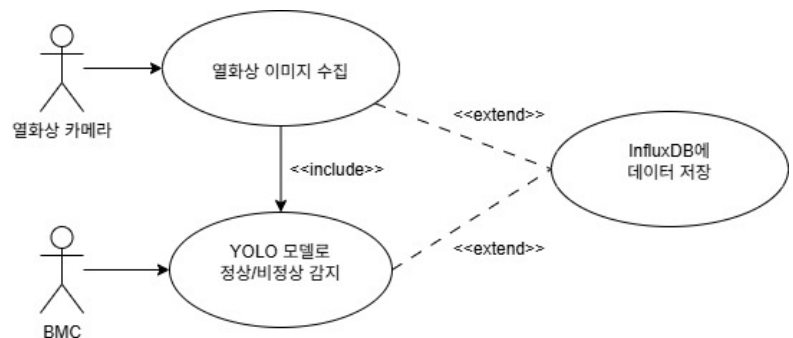


그림 3 Use-case Diagram

그림 1은 현재까지 구현된 전체 시스템의 흐름도이다. 기존에 열화상 카메라로 컴퓨터의 측면을 지속 촬영하였고, 이 촬영 데이터를 통해, YOLO(You Only Look Once) 11모델을 사용하여 정상과 비정상을 구분하도록 학습시켰다. 그 결과, 임계값 50을 기준으로 정상과 비정상이 구분되었고, 97%의 높은 평가지표(F-1 socre)로 정상과 비정상을 판별하였다. 학습된 모델은 라즈베리파이에서 실행되고, 열화상 카메라가 실시간으로 측정하는 영상을 받아와 판별한다.

관측되는 PC(그림 1의 Computer)는 본인의 CPU, GPU 온도 데이터를 라즈베리파이한테 VPN 서버를 통하여 1초에 한번씩 보내고, 라즈베리파이는 모델이 판별한 값(0 / 1; 0:정상. 1: 비정상)과 관측되는 PC로부터 온 값을 쌍으로 만들고, 이를 동일한 Timestamp에 보내지도록 한다. 보내지는 방식은 Local SSH Portforwarding 방식으로 가벼운 데이터를 상시로 보내는데 알맞는 방식을 채택했다.(InfluxDB의 8086포트 이용)

관측되는 데이터는 그림 2와 같이 CPU\_Temperature, GPU\_Temperature, Model\_result로 InfluxDB로 들어와 지고, TSDB의 Tag를 Key로 활용한다. 지금은 하나의 시스템으로 불러와져서 “sys1” 로만 나타난다. 이러한 데이터는 Grafana를 통하여 시각화 되고, 자동갱신을 통하여 보여진다. 그림 3은 위 과정의 열화상 카메라와 BMC 기준의 Use-case Diagram이다.

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 데이터를 바탕으로 서버 온도가 정상인지 비정상인지를 이진 분류하는 기능	구현	해당사항 없음
VPN 서버 구축	구현 (추가)	해당사항 없음 (학교 내부망으로 인해 VPN서버 구축으로 해결)
BMC 측정 온도 데이터 가져오는 기능	구현	해당사항 없음
서버의 온도에 맞춰 쿨링 세기를 조절하는 기능	미구현	시점 아님
서버 상태 및 쿨링 시스템을 실시간으로 모니터링할 수 있는 대시보드 기능	미구현	시점 아님

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)
데이터 처리속도 및 시간	냉각 제어 시스템 미구현	시점 아님
시스템 처리량 및 온도 관리	미구현	일정 부족
자원 효율성 및 전력 관리	미구현	시점 아님
정확한 서버 상태 분류	구현	해당사항 없음
빠른 응답시간 확보	구현	해당사항 없음
사용성과 유지보수성	미구현	시점 아님

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

(작성요령: 여기에서 작성하는 사용자 매뉴얼은 개발한 시스템(환경)을 설치하여 사용할 수 있을 정도로 상세히 기술합니다)

- 사용자 매뉴얼과 실행파일



# 사용자 메뉴얼

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.

## 2. 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 그래프 와 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

- 기존 온도센서가 감지하지 못하는 외부 열원이나 특정 부위의 국부적인 고온 현상을 실시간으로 감지 가능.
- AI/ML 기반 이미지 분석과의 융합 가능성으로 향후 자동화 및 고도화된 온도관리 시스템으로 확장 가능.

#### 2. 하드웨어 자원의 보호 및 성능 안정성 확보

- GPU, CPU 등의 열에 민감한 부품의 수명을 연장시킬 수 있음.
- 과열로 인한 성능 저하 방지 → 서비스 품질 유지에 기여.

#### 3. 에너지 효율 제어

- 불필요한 팬 작동 감소 및 효율적 제어로 전력 소모 최적화 가능

### II. 경제적 기대효과

#### 1. 장비 수명 연장에 따른 유지비용 절감

- 서버 및 고가 장비의 과열로 인한 고장 감소 → 교체 주기 지연 → 기업의 운영비 절감

#### 2. 서버 운영비 절감

- 팬과 에어컨의 효율적 조합 운용으로 전기요금 감소
- 특히 클라우드, 데이터센터 등의 24시간 고가동 환경에 적용 시 전력비용 절감 효과 큼

#### 3. 열화상 기반 솔루션 제품화 가능성

- 기성제품으로서의 상용화 또는 B2B 납품 솔루션으로 발전할 수 있는 시장 가능성 존재

### III. 사회적 기대효과

#### 1. 데이터센터의 탄소배출 저감

- 냉방 효율 개선 → 에너지 사용 감소 → 친환경적 서버 운영 가능
- ESG(Environmental, Social, Governance) 경영 관점에서 긍정적 평가 요소

#### 2. 디지털 인프라의 신뢰성 향상

- 서버 안정성 강화 → 서비스 중단 리스크 감소 → 금융, 의료, 공공 시스템 등 사회 핵심 인프라의 안정성 확보에 기여

#### 3. IT 인프라 취약 지역 개선

- 고비용 냉방장치 없이도 팬 + 열화상 제어 방식으로 저비용 운영 시스템 구축 가능
- 중소기업 및 개발도상국의 IT 환경 접근성 향상에 활용 가능