자바 스프링 부트 프로젝트와 파이썬 AI 프로젝트 연결하기

Java to Python AI Server

AJAX, MQTT

Real-time Streaming

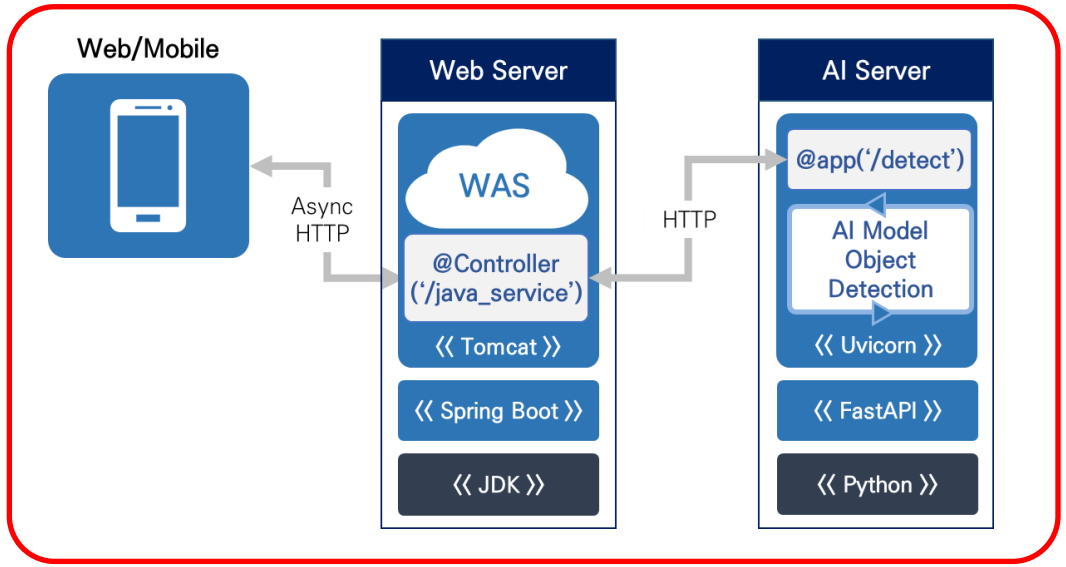
과정 안내

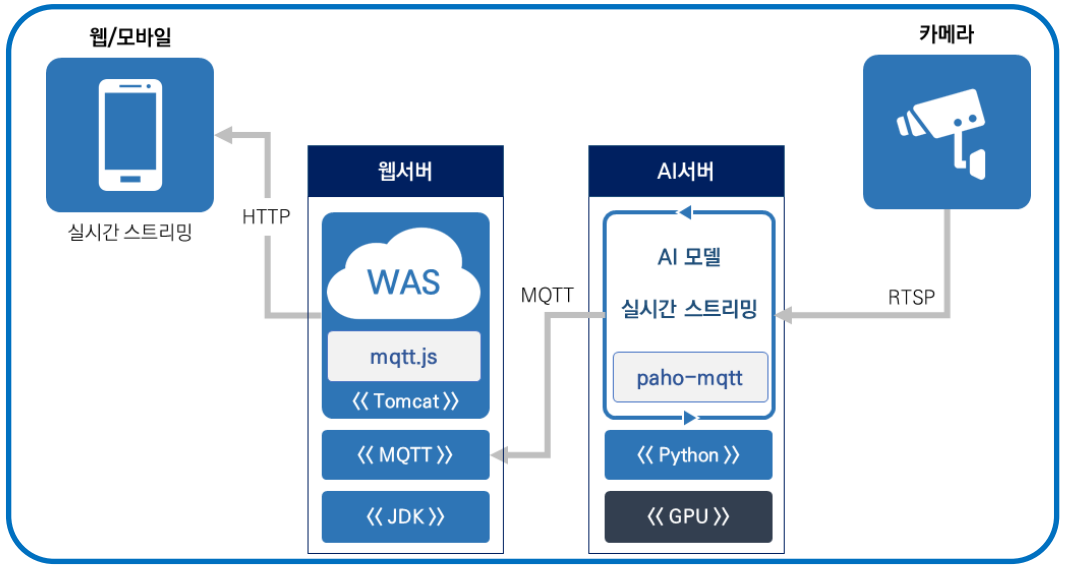
자바 스프링 부트 프로젝트와 파이썬 AI 프로젝트 연결하기

자바 스프링 부트 프로젝트와 파이썬 AI 프로젝트 연결하기

- 자바 스프링 부트 프로젝트와 파이썬 Fast API를 이용한 웹 애플리케이션 개발 방법을 설명합니다.
- 자바에서 파이썬 AI 서버에 데이터를 보내고 받는 방법을 설명합니다.
- 영상에서 객체를 탐지하고, 결과를 MQTT로 서버에 전송하여 자바 웹 어플리케이션에서 즉시 시각화합니다.

주요 아키텍처





1. 웹 애플리케이션 프로젝트 만들기

자바 스프링 부트 프로젝트와 파이썬 AI 프로젝트 연결하기

FastAPI를 이용한 파이썬 웹 애플리케이션

- 파이썬 개발환경 구성
- FastAPI를 이용한 웹 애플리케이션

Spring Boot를 이용한 자바 웹 애플리케이션

- JDK와 이클립스를 이용한 개발 환경 구성
- 스프링 부트를 이용한 웹 애플리케이션

1절. FastAPI를 이용한 파이썬 웹 애플리케이션

1장. 웹 애플리케이션 프로젝트 만들기

1.1. 개발환경

Python 인터프리터

https://www.python.org

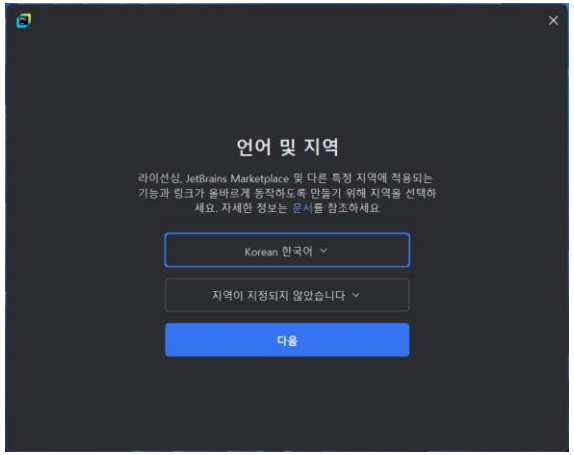
설치 시 "Add Python to PATH" 옵션을 선택

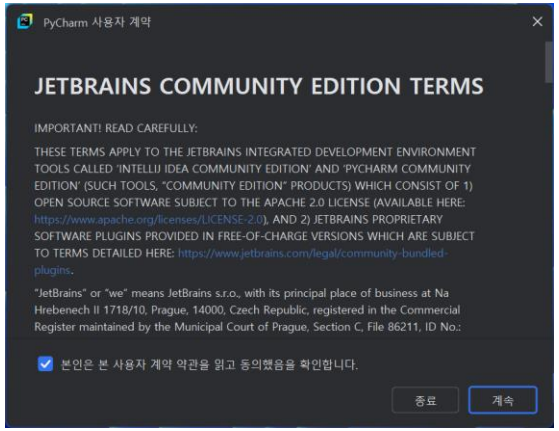
- 파이썬은 3.12 버전을 내려받으세요.
- https://www.python.org/downloads/release/python-3128/

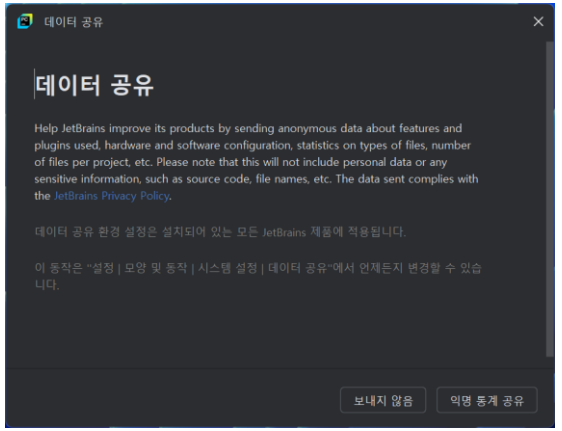
PyCharm

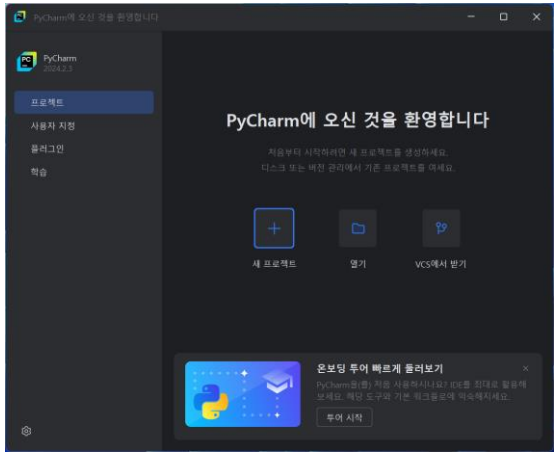
https://www.jetbrains.com/ -> Developer Tools -> PyCharm -> PyCharm Community Edition

https://www.jetbrains.com/pycharm/ -> PyCharm Community Edition









1.2. FastAPI 설치


```
pip install fastapi uvicorn
```

ASGI

- ASGI(Asynchronous Server Gateway Interface)
- 파이썬에서 비동기 웹 서버와 웹 애플리케이션 간의 인터페이스 표준.
- ASGI는 기존 WSGI(Web Server Gateway Interface)의 비동기 버전임.
- 파이썬에서 비동기 처리를 지원하는 웹 애플리케이션을 구축하기 위해 설계되었음.

ASGI의 주요 특징

- **비동기 지원**: ASGI는 비동기 코드 실행을 지원하여 높은 성능과 동시성을 제공합니다. 이는 특히 웹소켓이나 서버 푸시와 같은 비동기 통신이 필요한 애플리케이션에 유용합니다.
- **범용성**: ASGI는 HTTP뿐만 아니라 WebSocket, gRPC와 같은 다른 프로토콜도 지원합니다.
- **유연성**: ASGI 애플리케이션은 다양한 서버 및 프레임워크와 호환되며, 모듈식으로 구성할 수 있습니다.

FastAPI와 ASGI

- FastAPI는 ASGI 표준을 따르는 웹 프레임워크
- FastAPI 애플리케이션은 비동기 처리를 기본으로 하며, Uvicorn과 같은 ASGI 서버를 사용하여 높은 성능을 제공함

1.3. FastAPI 애플리케이션 생성

main.py

```python
from fastapi import FastAPI

app = FastAPI()


@app.get("/")
async def index():
    return {"Hello": "World"}


@app.get("/items/{item_id}")
async def read_item(item_id: int, q: str = None):
    return {"item_id": item_id, "q": q}

```

- `/`: 루트 경로에 대한 GET 요청을 처리합니다.
- `/items/{item_id}`: 동적 경로 매개변수(Path Parameters) item_id를 사용하여 특정 아이템을 조회합니다. 경로 매개변수는 중괄호 `{}` 안에 변수명을 적어 정의합니다.

FastAPI는 경로 매개변수와 쿼리 매개변수를 함께 사용할 수 있습니다. 경로 매개변수는 URL 경로의 일부로 사용되고, 쿼리 매개변수는 URL의 쿼리 문자열로 전달됩니다.

- item_id: 경로 매개변수입니다.
- q: 쿼리 매개변수(기본값은 None)입니다.

1.4. 데이터 모델링

main.py

```python
from fastapi import FastAPI
from pydantic import BaseModel

app = FastAPI()


class Item(BaseModel):
    name: str
    description: str = None
    price: float
    tax: float = None


@app.post("/items/")
async def create_item(item: Item):
    return item

```

- BaseModel은 pydantic 라이브러리의 핵심 클래스입니다.
- pydantic은 데이터 유효성 검사와 설정 관리에 사용되는 파이썬 라이브러리로, 데이터 모델링을 쉽고 강력하게 할 수 있도록 도와줍니다.
- FastAPI는 pydantic을 사용하여 데이터 유효성 검사를 수행합니다.

- 7라인에 정의된 클래스를 15라인의 앱 함수 매개변수로 설정하면 FastAPI가 요청 본문을 자동으로 Item 모델로 변환하고, 유효성 검사를 수행합니다. 잘못된 데이터가 입력되면 자동으로 `422 Unprocessable Entity` 응답을 반환합니다.

1.5. FastAPI 문서화

- FastAPI는 자동으로 API 문서를 생성합니다.
- 애플리케이션을 실행한 후 브라우저에서 다음 URL을 방문하여 API 문서를 확인할 수 있습니다.
  - Swagger UI: http://127.0.0.1:8000/docs
  - ReDoc: http://127.0.0.1:8000/redoc

Swagger UI와 Redoc는 API 문서화를 위한 도구입니다. 이들은 RESTful API의 문서와 사용 방법을 시각적으로 표현하여 개발자들이 쉽게 이해하고 테스트할 수 있도록 도와줍니다.

main.py

```python
from fastapi import FastAPI

app = FastAPI(
    title="My API",
    description="This is a sample API",
    version="1.0.0",
    docs_url=None,        # Swagger UI 비활성화
    redoc_url=None        # ReDoc 비활성화
)
```

FastAPI는 기본적으로 Swagger UI와 ReDoc을 활성화합니다. 하지만 원하는 경우 왼쪽의 코드처럼 이를 비활성화하거나 커스터마이징할 수 있습니다.

1.6. FastAPI 미들웨어

FastAPI 미들웨어

- 요청(request)과 응답(response) 사이에서 특정 작업을 수행하는 데 사용되는 함수 또는 클래스
- 모든 요청에 대해 실행되며, 요청을 처리하기 전에 또는 응답을 반환하기 전에 특정 작업을 수행할 수 있음
- 예를 들어, 로깅, 인증, CORS 처리, 압축 등이 미들웨어를 통해 구현될 수 있음

```
5  app = FastAPI()
6
7
8  class LoggingMiddleware(BaseHTTPMiddleware):
9      async def dispatch(self, request, call_next):
10         logging.info(f"Req: {request.method} {request.url}")
11         response = await call_next(request)
12         logging.info(f"Status code: {response.status_code}")
13         return response
14
15 app.add_middleware(LoggingMiddleware)
```

1.7. FastAPI 종합 예제

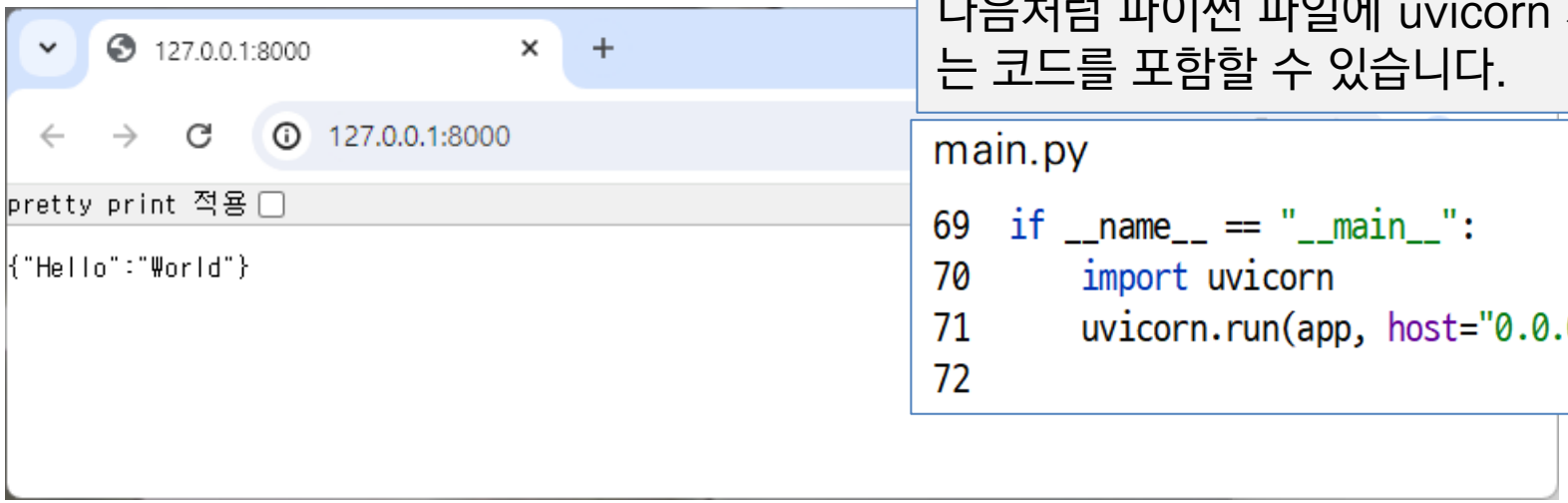
main.py

```python
from fastapi import FastAPI, HTTPException
from pydantic import BaseModel

app = FastAPI()

class Item(BaseModel):
    name: str
    description: str = None
    price: float
    tax: float = None

items = {}

@app.get("/")
async def read_root():
    return {"Hello": "World"}

@app.get("/items/{item_id}")
async def read_item(item_id: int):
    if item_id not in items:
        raise HTTPException(status_code=404, detail="Item not found")
    return items[item_id]

@app.post("/items/")
async def create_item(item: Item):
    item_id = len(items) + 1
    items[item_id] = item
    return {"item_id": item_id, **item.dict()}

```

더 많은 기능과 세부 설정은 FastAPI 공식 문서(https://fastapi.tiangolo.com/)를 참고하세요.

1.8. 애플리케이션 실행


```
uvicorn main:app --reload
```



다음처럼 파이썬 파일에 uvicorn 서버를 실행하는 코드를 포함할 수 있습니다.

main.py

```
69  if __name__ == "__main__":
70      import uvicorn
71      uvicorn.run(app, host="0.0.0.0", port=8000)
72
```

서버의 실행되는 포트를 바꾸고 싶다면 아래처럼 --port 옵션을 추가하세요. 다음은 서버의 포트를 8001번으로 지정하는 예입니다.

```
uvicorn main:app --host 0.0.0.0 --port 8001
```

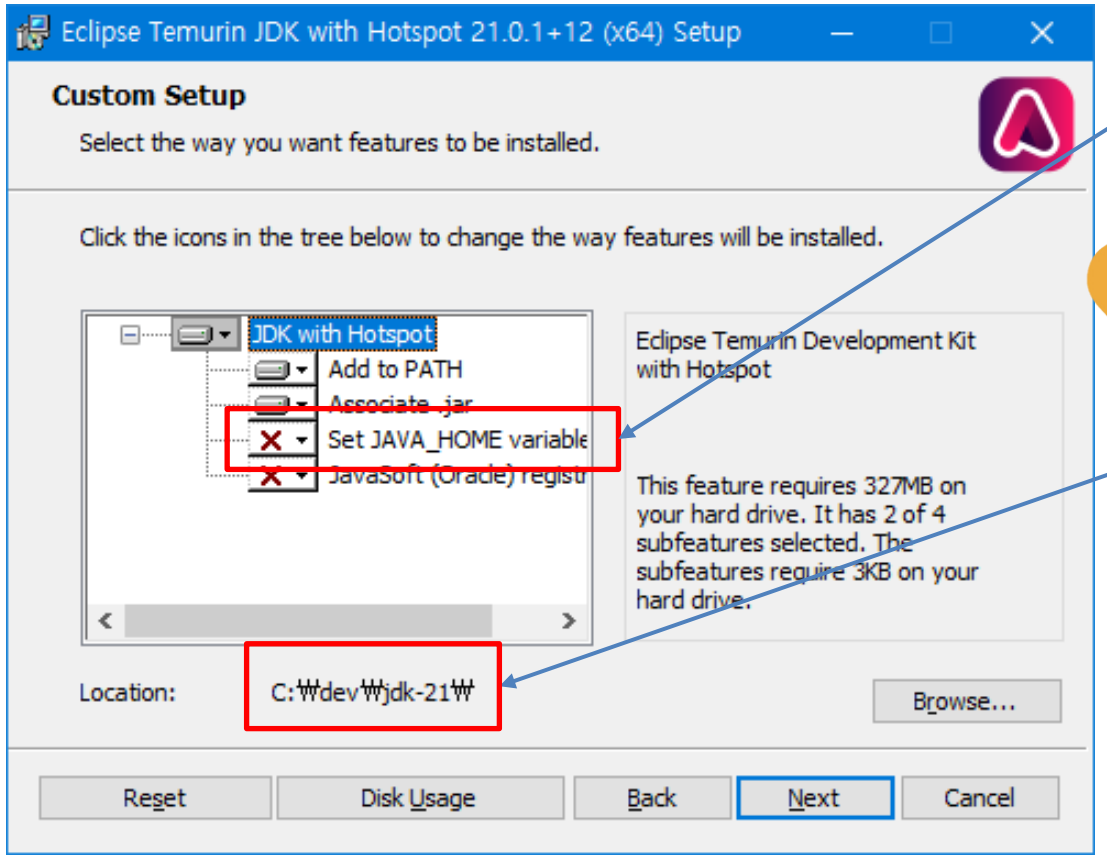
2절. Spring Boot를 이용한 자바 웹 애플리케이션

1장. 웹 애플리케이션 프로젝트 만들기

2.1. JDK 설치

JDK

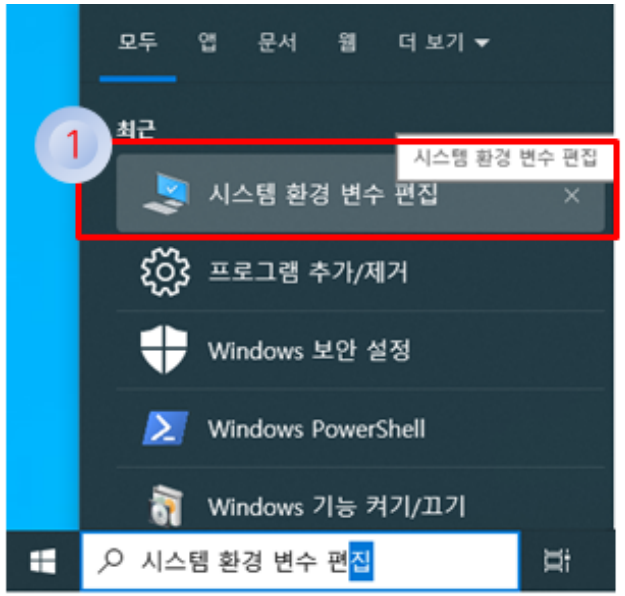
https://adoptium.net/ -> Latest LTS Release 다운로드
https://adoptium.net/temurin/releases/?version=21

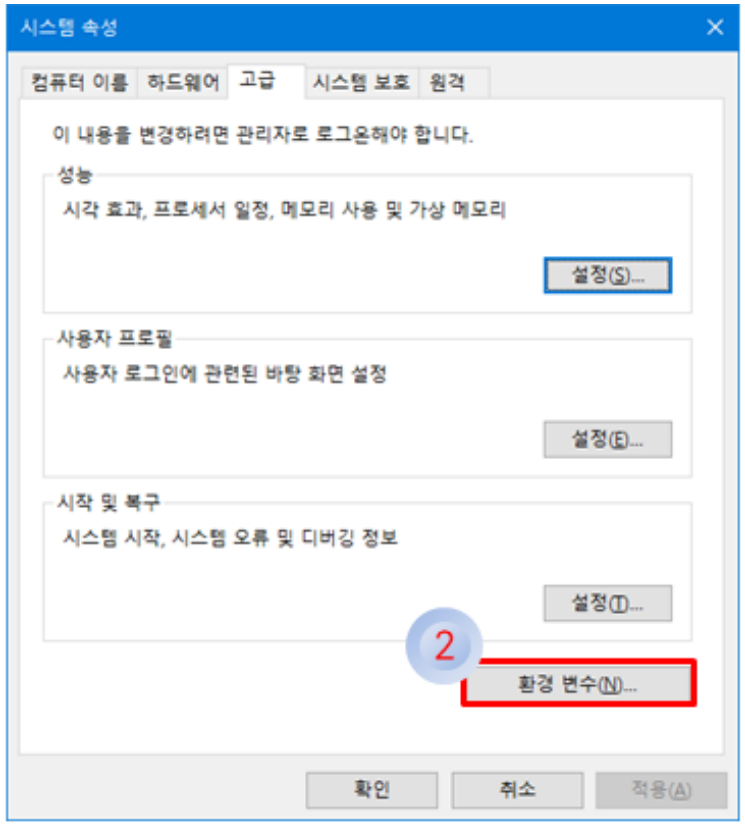


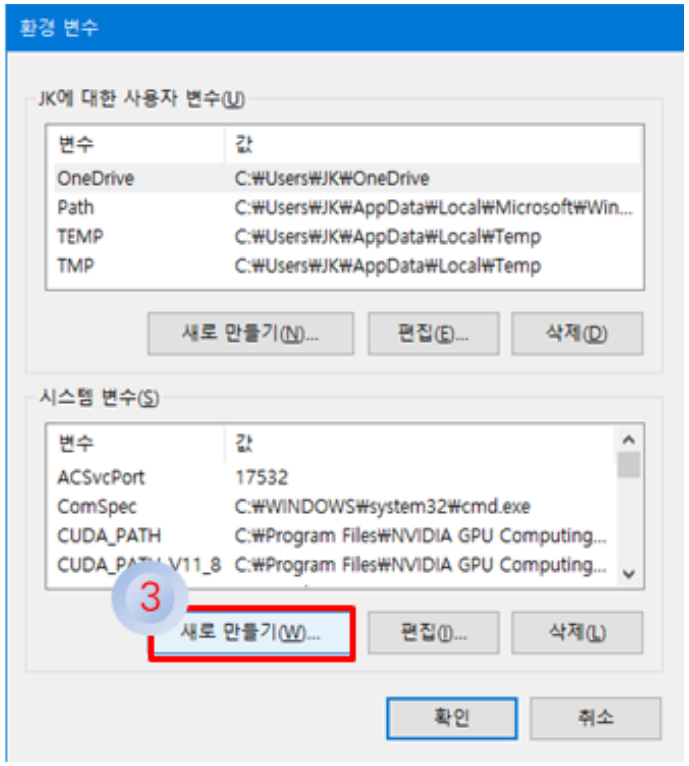
Set JAVA_HOME variable 항목을 선택하면 JAVA_HOME 환경변수가 자동으로 설정됩니다.

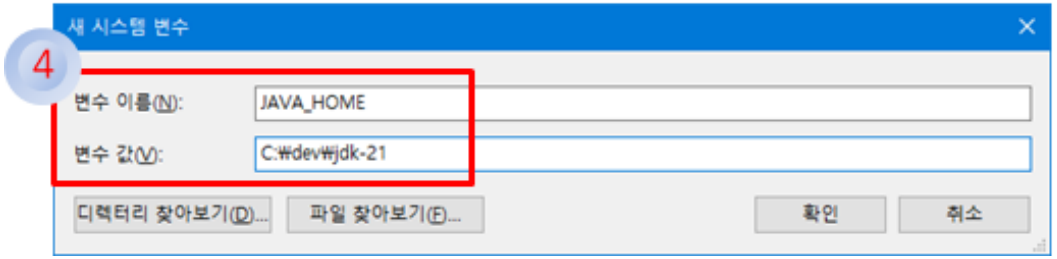
JDK를 설치하는 디렉토리가 반드시 `C:\dev\jdk-21`일 필요는 없습니다. JDK를 찾기 쉬운 디렉토리에 설치해 놓는다면 JDK가 있어야 하는 여러 상황에 유용하게 사용됩니다.

2.1. JDK 설치 – JAVA_HOME 환경변수 설정



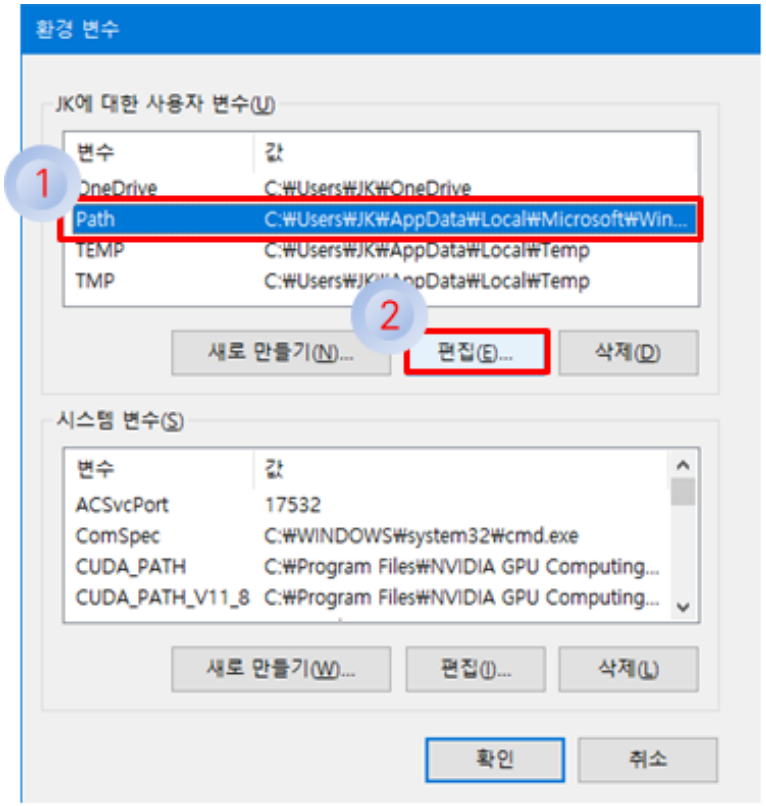


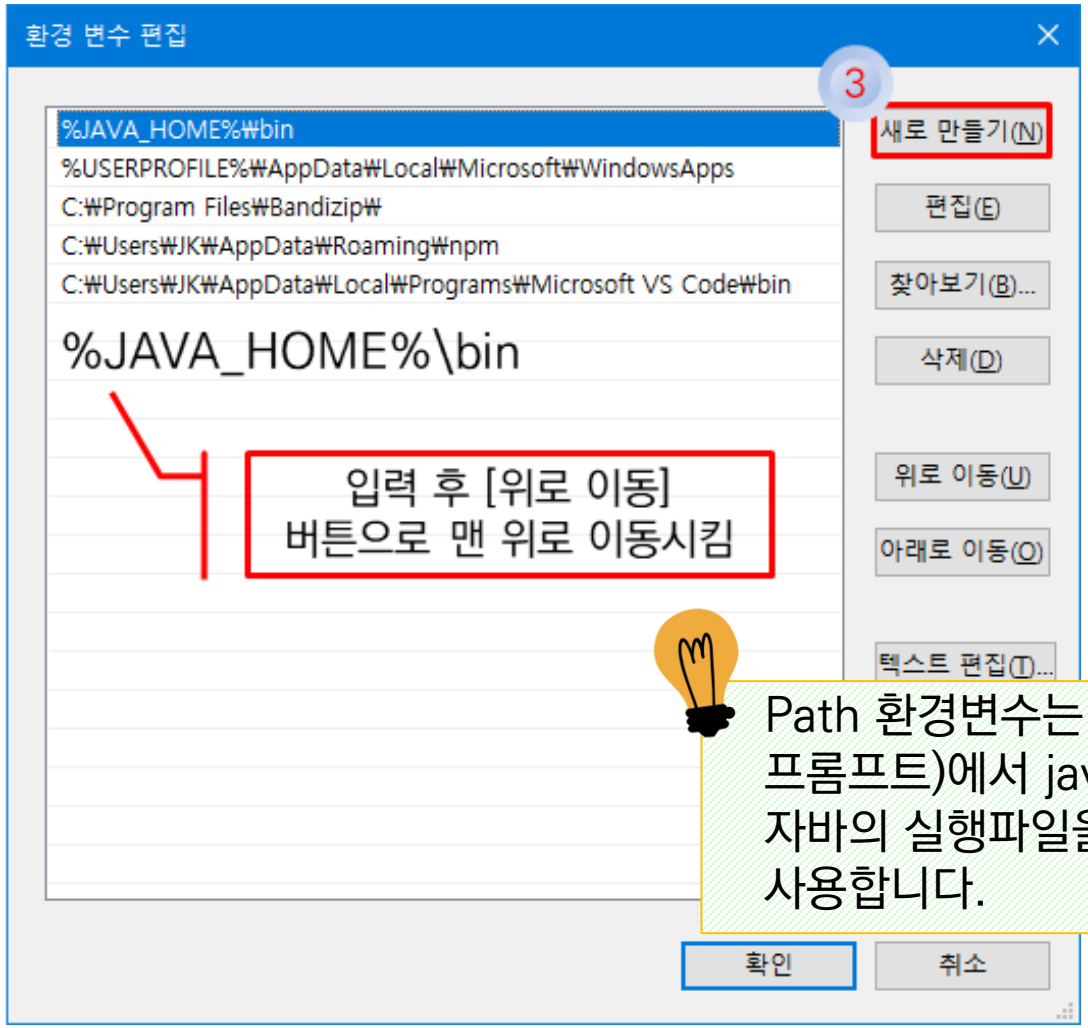




JAVA_HOME 환경변수는 자바 JDK를 필요로 하는 다른 애플리케이션이 사용합니다.

2.1. JDK 설치 – Path 환경변수 설정





Path 환경변수는 윈도우 터미털(명령 프롬프트)에서 javac.exe, java.exe 등 자바의 실행파일을 실행하기 위해 사용합니다.

2.1. JDK 설치 – 자바 버전 확인


```
C:\Users\JK>javac -version
javac 21.0.1

C:\Users\JK>java -version
openjdk version "21.0.1" 2023-10-17 LTS
OpenJDK Runtime Environment Temurin-21.0.1+12 (build
21.0.1+12-LTS)
OpenJDK 64-Bit Server VM Temurin-21.0.1+12 (build 21.0.1+12-LTS,
mixed mode, sharing)
```

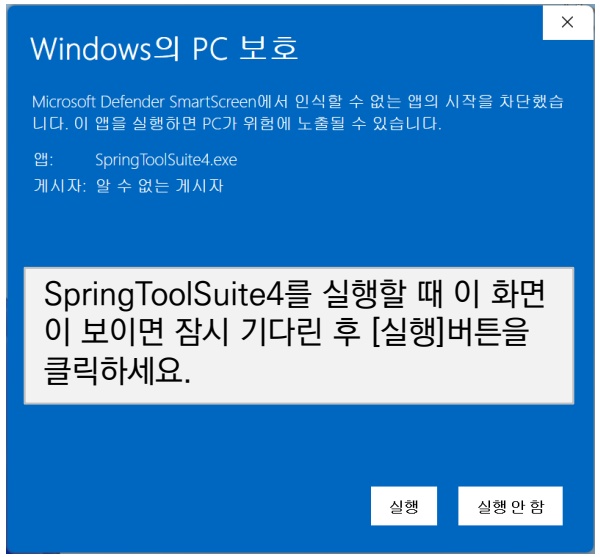
2.2. 이클립스를 이용한 자바 개발 – STS4 설치하기

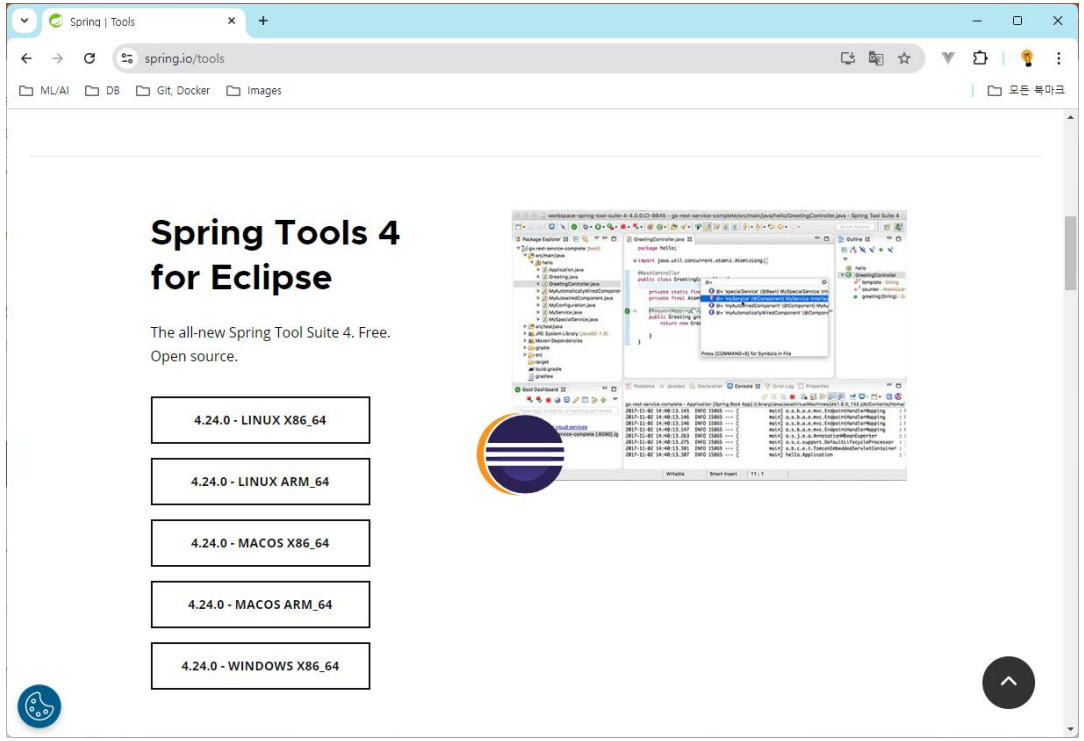
이클립스를 이용한 스프링 프로젝트 개발환경 구성 방법

- www.egovframe.go.kr에서 제공하는 전자정부표준프레임워크 개발환경
- spring.io에서 제공하는 Spring Tools 4
- eclipse.org에서 제공하는 기본 이클립스에 Spring Tools 플러그인 설치

Spring Tools 4

https://spring.io/tools





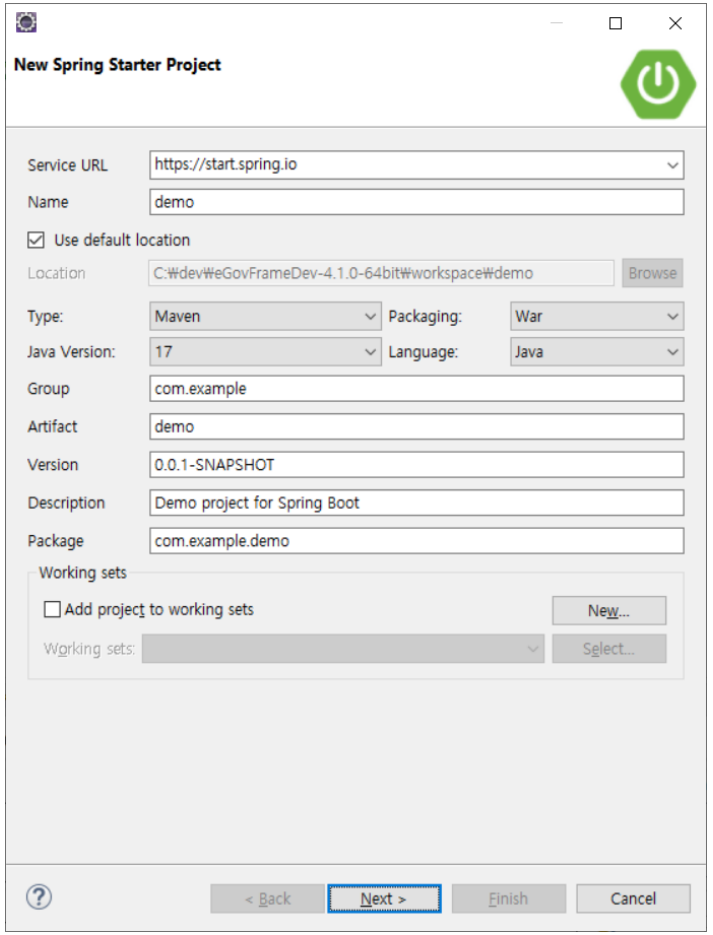
내려받은 파일은 확장자가 '.jar'파일일 경우 JDK가 설치되어 있고 Path 환경변수가 설정되어 있다면 더블클릭만 하면 '.jar' 파일이 있는 디렉토리에 압축이 풀립니다.

- 확장자가 .zip 이면 압축만 푸세요.

2.2. 이클립스를 이용한 자바 개발 – 스프링 스타터 프로젝트

스프링 프로젝트 만들기

- 이클립스 메뉴에서 File 〉 New 〉 Spring Starter Project 선택



스프링 부트 프로젝트를 만들 때
선택할 수 있는 항목과 값들입니다.

항목	기본값	설명
Service URL	http://start.spring.io	스프링 프로젝트의 서비스 URL입니다.
Name	demo	프로젝트의 이름으로 만들어집니다.
Type	Maven / Gradle	라이브러리 의존성 관리 도구를 지정합니다.
Packaging	Jar / War	패키징할 기본 형식을 지정합니다.
Java Version	21	자바의 버전을 지정합니다.
Language	Java / Kotlin / Groovy	사용할 언어를 지정합니다.
Group	com.example	그룹 이름을 지정합니다. 주로 도메인 이름까지 사용합니다.
Artifact	demo	아티팩트는 메이븐 빌드의 결과로 얻을 수 있는 일반적인 jar 나 war 또는 여타의 실행 파일의 이름으로 지정됩니다.
Version	0.0.1-SNAPSHOT	버전을 지정합니다.
Description	Demo project for Spring Boot	이 프로젝트의 설명을 기록합니다.
Package	com.example.demo	기본 패키지 이름을 지정합니다.

2.3. 부트 프로젝트 생성

스프링 프로젝트 만들기

- 이클립스 메뉴에서 File 〉 New 〉 Spring Starter Project 선택

Name:	myapp		
Type:	Maven	Packaging:	War
Java Version:	21	Language:	Java
Group:	com.example		
Artifact:	myapp		
Version:	1.0		
Description:	인공지능 서비스		
Package:	com.example.myapp		

부트 버전 및 프로젝트 의존성 설정

- Spring Boot Version: 3.4.0
- Developer Tools
  - Spring Boot DevTools
- Template Engines
  - Thymeleaf
- Web
  - Spring Web
  - Spring Reactive Web

- 이 프로젝트는 타임리프(Thymeleaf) 뷰 템플릿을 사용합니다.
- 프로젝트 생성 시 부트 버전과 의존성을 설정하세요.

2.4. 스프링 설정파일

application.properties

```
spring.autoconfigure.exclude=org.springframework.boot.autoconfigure.jdbc.DataSourceAutoConfiguration
```

- 이 프로젝트는 데이터베이스 연결을 사용하지 않습니다.
- src/main/resources/에 있는 스프링 설정 파일에 데이터소스 자동 설정을 제외하는 설정을 추가하세요.

2.5. 홈 컨트롤러와 프로젝트 실행 – 컨트롤러

HomeController.java

```java
package com.example.myapp.controller;

import org.springframework.stereotype.Controller;
import org.springframework.web.bind.annotation.GetMapping;

@Controller
public class HomeController {

    @GetMapping("/")
    public String home() {
        return "index";
    }
}
```

스프링에서 컨트롤러는 요청을 처리합니다. 이 컨트롤러는 루트 컨텍스트(/)에 요청 시 index.html 파일을 화면에 출력합니다.

2.5. 홈 컨트롤러와 프로젝트 실행 – 뷰

index.html

```
1  <!DOCTYPE html>
2  <html>
3  <head>
4  <meta charset="UTF-8">
5  <title>Welcome</title>
6  </head>
7  <body>
8  <h1>Welcome Java</h1>
9  </body>
10 </html>
```

src/main/resources/
아래의 templates/
디렉토리에 index.html
파일을 추가하세요.

2.5. 홈 컨트롤러와 프로젝트 실행 – 실행

- [Run] 〉 [Run AS] 〉 [Spring Boot App]

'Spring Boot App'메뉴가 없다면 프로젝트에 MyappApplication 파일을 선택한 후 [Run] 〉 [Run As] 〉 [Java Application] 메뉴를 선택하면 스프링 부트 프로젝트를 실행할 수 있습니다.

- 브라우저를 실행한 후 localhost:8080으로 접속 후 테스트

2. 자바 스프링 부트와 파이썬 FastAPI로 배우는 객체 탐지: AI 모델 연동 및 이미지 처리

자바 스프링 부트 프로젝트와 파이썬 AI 프로젝트 연결하기

비동기 웹서비스 아키텍처와 개발 환경

- 아키텍처
- 개발환경

파이썬 FastAPI 프로젝트

- FastAPI 앱 구현 및 실행
- 이미지 객체 탐지 서비스 구현

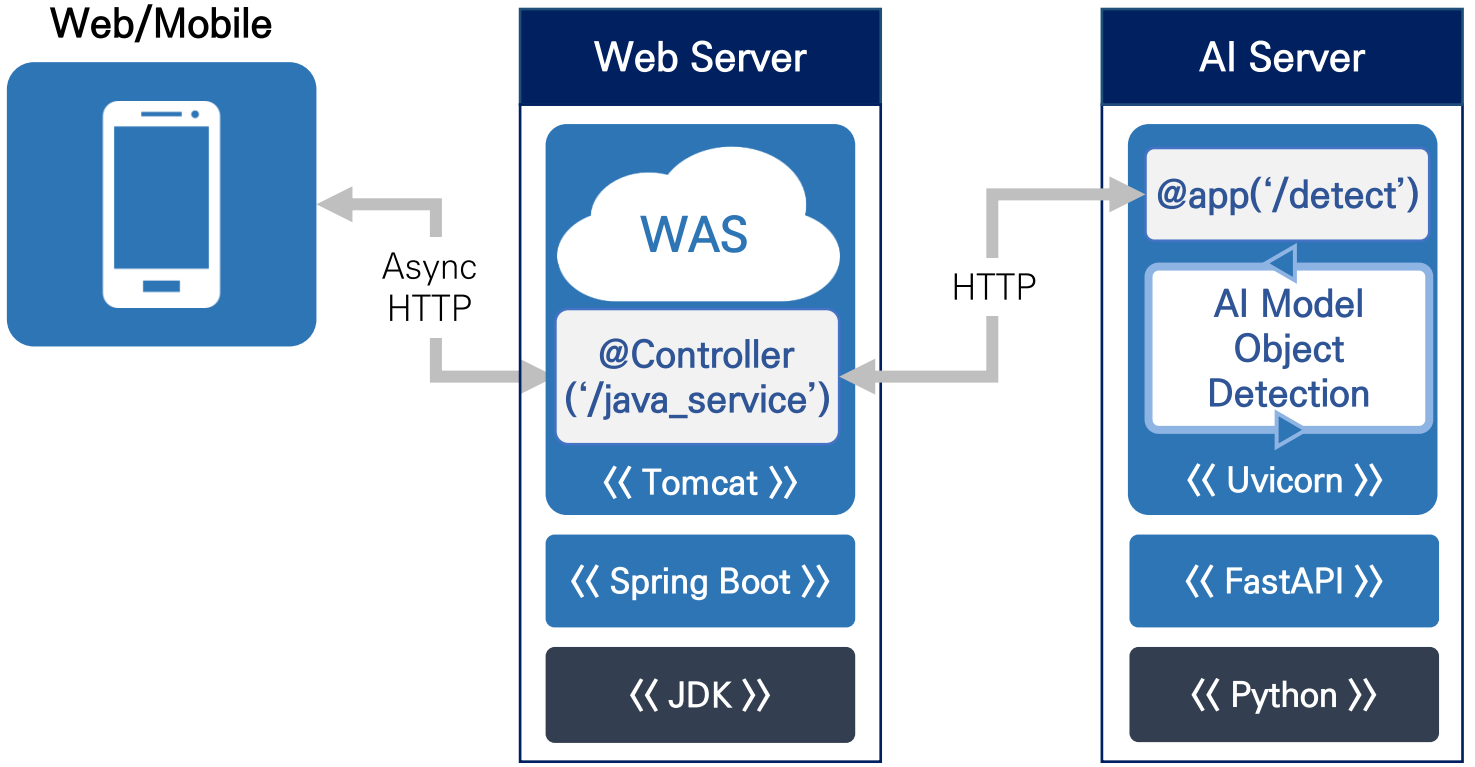
자바 스프링 부트 프로젝트

- 스프링 부트 프로젝트와 스프링 설정파일
- WebClient 빈 설정
- 비동기 요청 컨트롤러 구현

1절. 비동기 웹서비스 아키텍처와 개발 환경

2. 자바 스프링 부트와 파이썬 FastAPI로 배우는 객체 탐지: AI 모델 연동 및 이미지 처리

1.1. 시스템 아키텍처



Java JDK 21
Spring Tools 4 Eclipse
Spring Boot(Spring Web)
엔드포인트: /java_service

Python 3.12
PyCharm
FastAPI
엔드포인트: /detect

1.2. 개발 환경

자바

도구 및 라이브러리	버전	다운로드
JDK	21 LTS	https://adoptium.net/
Spring Tools 4 for Eclipse	4.24.0	https://spring.io/tools
Spring Boot	3.3.2	스프링 부트 버전은 2.5 이상이어야 합니다.

라이브러리	버전	주요 기능
fastapi	0.111.1	비동기 웹 프레임워크, 자동 OpenAPI 문서 생성
uvicorn	0.30.1	고성능 비동기 서버, ASGI 표준 지원
pydantic	2.7.1	데이터 검증 및 직렬화, 타입 힌팅, 설정 관리
pillow	10.3.0	이미지 열기, 저장, 변환, 다양한 이미지 처리 작업
numpy	1.24.4	수치 계산, 배열 및 행렬 연산, 다양한 수학 함수
requests	2.32.3	간단한 HTTP 요청 및 응답 처리
ultralytics	8.2.58	YOLOv8 객체 탐지 모델 제공
opencv-python	4.10.0	이미지 및 비디오 처리, 컴퓨터 비전 기능
python-multipart	0.0.9	멀티파트 폼 데이터를 파싱하기 위해 사용

책을 업데이트 하기 전의 파이썬 라이브러리 버전

파이썬

도구	버전
파이썬	3.12
PyCharm community edition	2024.2

파이썬 라이브러리 설치: pip install -r requirements.txt

라이브러리	버전	주요 기능
fastapi	0.115.0	비동기 웹 프레임워크, 자동 OpenAPI 문서 생성
uvicorn	0.34.0	고성능 비동기 서버, ASGI 표준 지원
pydantic	2.9.2	데이터 검증 및 직렬화, 타입 힌팅, 설정 관리
pillow	11.1.0	이미지 열기, 저장, 변환, 다양한 이미지 처리 작업
numpy	2.1.1	수치 계산, 배열 및 행렬 연산, 다양한 수학 함수
requests	2.32.3	간단한 HTTP 요청 및 응답 처리
ultralytics	8.3.4	YOLOv8 객체 탐지 모델 제공
opencv-python	4.11.0	이미지 및 비디오 처리, 컴퓨터 비전 기능
python-multipart	0.0.20	멀티파트 폼 데이터를 파싱하기 위해 사용

requirements.txt 파일의 파이썬 라이브러리 버전

2절. 파이썬 FastAPI 프로젝트

2. 자바 스프링 부트와 파이썬 FastAPI로 배우는 객체 탐지: AI 모델 연동 및 이미지 처리

2.1. 테스트를 위한 RestAPI 구현

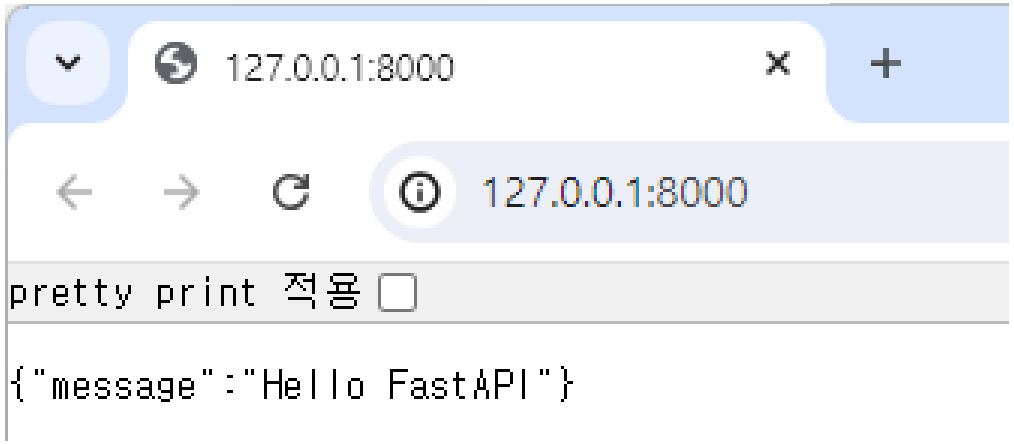
main.py

```python
from fastapi import FastAPI

app = FastAPI()

@app.get("/")
async def read_root():
    return {"message": "Hello FastAPI"}

if __name__ == "__main__":
    import uvicorn
    uvicorn.run(app, host="0.0.0.0", port=8000)
```

GET 방식 요청을 테스트하기 위해서 "Hello FastAPI"라는 메시지를 JSON 형식으로 반환 기본 엔드포인트를 추가합니다.

2.2. RestAPI 앱 실행


```
uvicorn main:app --reload
```



--reload 옵션은 파일이 수정되면 서버를 자동으로 재시작합니다.

2.3. 이미지 객체 탐지 서비스 구현

1) 라이브러리 및 모듈 임포트

main.py

```python
from fastapi import FastAPI, UploadFile, File, Form
from pydantic import BaseModel
import io
import base64
from PIL import Image
import numpy as np
from ultralytics import YOLO
import cv2

```

POST 요청을 통해 이미지가 전송되면 인공지능 객체 탐지 모델을 이용해서 객체를 탐지하고 그 결과 이미지를 base64 인코딩된 문자열로 반환하는 서비스를 구현합니다.

2.3. 이미지 객체 탐지 서비스 구현

2) FastAPI 애플리케이션 인스턴스 생성

main.py

```
10  app = FastAPI()
11
```

3) YOLOv8 모델 로드

main.py

```
12  model = YOLO('yolov8n.pt') # YOLOv8 모델 로드
13
14
```

yolov8n.pt는 YOLO 8 버전의 nano 모델 가중치입니다.

4) 데이터 모델 정의

main.py

```
15  # 데이터 모델 정의
16  class DetectionResult(BaseModel):
17      message: str
18      image: str
```

2.3. 이미지 객체 탐지 서비스 구현

5) 객체 탐지 함수

main.py

```
21  def detect_objects(image: Image):
22      img = np.array(image) # 이미지를 numpy 배열로 변환
23      results = model(img) # 객체 탐지
24      class_names = model.names # 클래스이름 저장
25
26      # 결과를 바운딩 박스, 클래스이름, 정확도로 이미지에 표시
27      for result in results:
28          boxes = result.boxes.xyxy # 바운딩 박스
29          confidences = result.boxes.conf # 신뢰도
30          class_ids = result.boxes.cls # 클래스 이름
31          for box, confidence, class_id in zip(boxes, confidences, class_ids):
32              x1, y1, x2, y2 = map(int, box) # 좌표를 정수로 변환
33              label = class_names[int(class_id)] # 클래스 이름
34              cv2.rectangle(img, (x1,y1), (x2,y2), (255,0,0), 2)
35              cv2.putText(img,  f'{label}  {confidence:.2f}',  (x1,y1),
    cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.9, (255,0,0), 2)
36
37      result_image = Image.fromarray(img) # 결과 이미지를 PIL로 변환
38      return result_image
39
40
```

6) 기본 엔드포인트

main.py

```
41  @app.get("/")
42  async def index():
43      return {"message": "Hello FastAPI"}
44
45
```

2.3. 이미지 객체 탐지 서비스 구현

7) 객체 탐지 엔드포인트

main.py

```python
@app.post("/detect", response_model=DetectionResult)
async def detect_service(message: str = Form(...), file: UploadFile = File(...)):
    # 이미지를 읽어서 PIL 이미지로 변환
    image = Image.open(io.BytesIO(await file.read()))

    # 알파 채널 제거하고 RGB로 변환
    if image.mode == 'RGBA':
        image = image.convert('RGB')
    elif image.mode != 'RGB':
        image = image.convert('RGB')

    # 객체 탐지 수행
    result_image = detect_objects(image)

    # 이미지 결과를 base64로 인코딩
    buffered = io.BytesIO()
    result_image.save(buffered, format="JPEG")
    img_str = base64.b64encode(buffered.getvalue()).decode("utf-8")

    return DetectionResult(message=message, image=img_str)
```

8) 애플리케이션 실행을 위한 정의

main.py

```python
if __name__ == "__main__":
    import uvicorn
    uvicorn.run(app, host="0.0.0.0", port=8000)
```

decode('utf-8')을 포함한 이유는 base64인코딩 후 인코딩된 데이터가 바이트 객체를 반환하기 때문에 바이트 객체를 문자열 형태로 사용하려면 디코딩이 필요하기 때문입니다.

2.4. 전체 코드

main.py

```python
from fastapi import FastAPI, UploadFile, File, Form
from pydantic import BaseModel
import io
import base64
from PIL import Image
import numpy as np
from ultralytics import YOLO
import cv2

app = FastAPI()

model = YOLO('yolov8n.pt') # YOLOv8 모델 로드


# 데이터 모델 정의
class DetectionResult(BaseModel):
    message: str
    image: str


def detect_objects(image: Image):
    img = np.array(image) # 이미지를 numpy 배열로 변환
    results = model(img) # 객체 탐지
    class_names = model.names # 클래스이름 저장

    # 결과를 바운딩 박스, 클래스이름, 정확도로 이미지에 표시
    for result in results:
        boxes = result.boxes.xyxy # 바운딩 박스
        confidences = result.boxes.conf # 신뢰도
        class_ids = result.boxes.cls # 클래스 아이디
        for box, confidence, class_id in zip(boxes, confidences, class_ids):
            x1, y1, x2, y2 = map(int, box) # 좌표를 정수로 변환
            label = class_names[int(class_id)] # 클래스 이름
            cv2.rectangle(img, (x1,y1), (x2,y2), (255,0,0), 2)
            cv2.putText(img,      f'{label}      {confidence:.2f}',      (x1,y1),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.9, (255,0,0), 2)

    result_image = Image.fromarray(img) # 결과 이미지를 PIL로 변환
    return result_image


@app.get("/")
async def index():
    return {"message": "Hello FastAPI"}


@app.post("/detect", response_model=DetectionResult)
async def detect_service(message: str = Form(...), file: UploadFile = File(...)):
    # 이미지를 읽어서 PIL 이미지로 변환
    image = Image.open(io.BytesIO(await file.read()))

    if image.mode == 'RGBA':          # 알파 채널 제거하고 RGB로 변환
        image = image.convert('RGB')
    elif image.mode != 'RGB':         # RGB 모드가 아닌 경우도 RGB로 변환
        image = image.convert('RGB')

    # 객체 탐지 수행
    result_image = detect_objects(image)

    # 이미지 결과를 base64로 인코딩
    buffered = io.BytesIO()
    result_image.save(buffered, format="JPEG")
    img_str = base64.b64encode(buffered.getvalue()).decode("utf-8")

    return DetectionResult(message=message, image=img_str)


if __name__ == "__main__":
    import uvicorn
    uvicorn.run(app, host="0.0.0.0", port=8000)
```

- 전체 코드는 아래의 깃허브 주소에서 볼 수 있습니다.
- https://github.com/hjk7902/java2ai -> main.py

2.5. 서비스 실행 확인

1) FastAPI 앱 실행

```
uvicorn main:app --reload
```

2) 비동기 요청 테스트

```python
import requests

url = "http://127.0.0.1:8000/detect"
message = "Test message"
file_path = "sample.jpg"

with open(file_path, "rb") as file:
    response = requests.post(url, data={"message": message},
                             files={"file": file})

print(response.json())
```

파이썬 명령으로 test.py 파일을 실행하면 POST 방식으로 비동기 요청을 테스트할 수 있습니다.

```
python test.py
```

```
{'message': 'Test message', 'image':
'/9j/4AAQSkZJRgABAQAAAQABAAD/2wBDAAgGBgcGBQgHBwcJCQgKDBQNDAsLDBkSEw8UHRofHh0aHBwgJC4nICIsIx
/2wBDAQkJCQwLDBgNDRgyIRwhMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMjIyMj
/8QAHwAAAQUBAQEBAQEAAAAAAAAAAAECAwQFBgcICQoL
/8QAtRAAAgEDAwIEAwUFBAQAAAF9AQIDAAQRBRIhMUEGE1FhByJxFDKBkaEII0KxwRVS0fAkM2JyggkKFhcYGRolJic
h4iJipKTlJWWl5iZmqKjpKWmp6ipqrKztLW2t7i5usLDxMXGx8jJytLT1NXW19jZ2uHi4+Tl5ufo6erx8vP09fb3+Pn
```

3절. 자바 스프링 부트 프로젝트

2. 자바 스프링 부트와 파이썬 FastAPI로 배우는 객체 탐지: AI 모델 연동 및 이미지 처리

3.1. 부트 프로젝트 생성

스프링 부트 프로젝트 생성

[File] 〉 [New] -〉 [Spring Starter Project]

Name:	myapp		
Type:	Maven	Packaging:	War
Java Version:	21	Language:	Java
Group:	com.example		
Artifact:	myapp		
Version:	1.0		
Description:	인공지능 서비스		
Package:	com.example.myapp		

스프링 부트 버전 및 의존성

Spring Boot Version: 3.3.2

Developer Tools

- Spring Boot DevTools

Template Engines

- Thymeleaf

Web

- Spring Web
- Spring Reactive Web

3.2. 스프링 설정파일

application.properties

```
spring.autoconfigure.exclude=org.springframework.boot.autoconfigure.jdbc.DataSourceAutoConfiguration
```

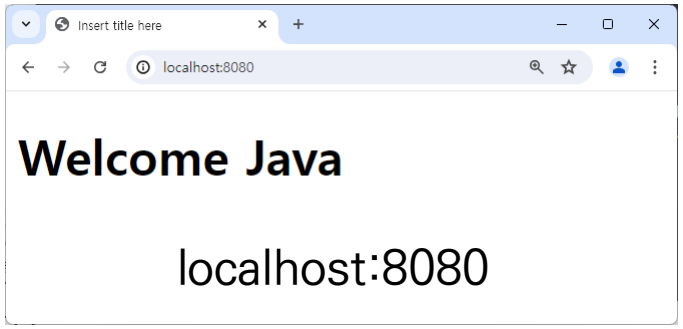
- 이 프로젝트는 데이터베이스 연결을 사용하지 않습니다.
- src/main/resources/ 아래에 있는 스프링 설정 파일에 데이터소스 자동 설정을 제외하는 설정을 추가하세요.

3.3. 홈 컨트롤러와 프로젝트 실행

컨트롤러

HomeController.java

```java
package com.example.myapp.controller;

import org.springframework.stereotype.Controller;
import org.springframework.web.bind.annotation.GetMapping;

@Controller
public class HomeController {

    @GetMapping("/")
    public String home() {
        return "index";
    }
}
```



뷰

index.html

```html
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>Welcome</title>
</head>
<body>
<h1>Welcome Java</h1>
</body>
</html>
```

실행

[Run] 〉 [Run AS] 〉 [Spring Boot App]

3.4. WebClient 빈 설정

WebClientConfig.java

```java
package com.example.myapp.config;

import org.springframework.context.annotation.Bean;
import org.springframework.context.annotation.Configuration;
import org.springframework.web.reactive.function.client.ExchangeStrategies;
import org.springframework.web.reactive.function.client.WebClient;

@Configuration
public class WebClientConfig {

    @Bean
    WebClient webClient() {
        return WebClient.builder()
                .exchangeStrategies(ExchangeStrategies.builder()
                    .codecs(configurer -> configurer.defaultCodecs()
                        .maxInMemorySize(-1)) // unlimited
                    .build())
                .baseUrl("http://localhost:8000")
                .build();
    }
}
```

WebClient는 메모리에 버퍼링할 수 있는 최대 크기를 무제한으로 설정하고, 기본 URL을 AI 서버의 주소(http://localhost:5000)로 설정하여 모든 요청에 해당 URL을 기본으로 사용하게 합니다.

WebClient 클래스는 Spring Reactive Web 라이브러리에 있습니다.

3.5. 요청 컨트롤러


```
15      @Autowired
16      private WebClient webClient;
17
18      @PostMapping("/java_service")
19      public String serviceRequest(@RequestParam("file")
    MultipartFile file, @RequestParam("message") String message) {
20          MultipartBodyBuilder bodyBuilder = new MultipartBodyBuilder();
21          bodyBuilder.part("message", message);
22          bodyBuilder.part("file", file.getResource());
23
24          String result = webClient.post()
25              .uri("/detect")
26              .contentType(MediaType.MULTIPART_FORM_DATA)
27              .body(BodyInserters.fromMultipartData(bodyBuilder.build()))
28              .retrieve()
29              .bodyToMono(String.class)
30              .block();
31          return result;
32      }
```

- Spring Boot에서 RestController를 사용하여 파일과 데이터를 멀티파트 폼 데이터 형식으로 전송하는 REST API 엔드포인트를 구현하세요.

- 클래스명: RestReqController.java
- @RestController 어노테이션을 사용
- 엔드포인트: `/java_service`

3.6. 비동기 요청을 위한 HTML 페이지

index.html

```html
<!DOCTYPE html>
<html xmlns:th="http://www.thymeleaf.org">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>Welcome</title>
</head>
<body>
<h1>Welcome Java.</h1>
<form method="post" enctype="multipart/form-data" id="fileUploadForm">
데이터 : <input type="text" name="message" value="test hello"><p>
파일 : <input type="file" name="file"><p>
<input type="button" value=" 비동기 요청 ">
</form>
<div id="result">여기에 요청 결과가 출력되어야 합니다.</div>

<script type="text/javascript">
var button = document.querySelector("input[type=button]");

button.addEventListener("click", function() {
    var form = document.getElementById("fileUploadForm");
    var form_data = new FormData(form);
    button.disabled = true;

    var xhr = new XMLHttpRequest();

    xhr.open("POST", "http://localhost:8080/java_service", true);

    xhr.onload = function() {
        if (xhr.status >= 200 && xhr.status < 300) {
            var response = JSON.parse(xhr.responseText);
            var resultDiv = document.getElementById("result");
            resultDiv.innerHTML = response.message + "<br>";
            var img_src = "" + response.image;
            var img = document.createElement("img");
            img.src = img_src;
            resultDiv.appendChild(img);
            button.disabled = false;
        } else {
            console.error("ERROR: ", xhr.statusText);
            alert("fail" + xhr.statusText);
            button.disabled = false;
        }
    };

    xhr.onerror = function() {
        console.error("ERROR: ", xhr.statusText);
        alert("fail" + xhr.statusText);
        button.disabled = false;
    };

    xhr.send(form_data);
});
</script>
</body>
</html>
```

- 이 코드는 비동기 요청을 실행하고 결과를 반환 받아 화면에 출력할 HTML입니다.
- 이 코드는 자바스크립트를 이용해서 비동기 요청을 구현했습니다.

3.7. 요청 테스트

파이썬 FastAPI 서버가 실행중이어야 합니다.

프로젝트를 실행했다면,
http://localhost:8080으로 접속한 후 파일을 선택하고 [비동기 요청] 버튼으로 테스트하세요.
선택한 이미지에 탐지한 객체의 바운딩 박스 정보가 표시되어 있어야 합니다.

3.8. 자주 발생하는 오류

- WebClientResponseException$NotFound: 404 Not Found from POST
  http://localhost:8000/detect1 오류는 자바에서 파이썬의 주소 또는 엔트포인트 URL 잘 못 입력한 경우입니다.
- `422 UNPROCESSABLE_ENTITY` 오류는 클라이언트가 보낸 요청이 서버에서 처리할 수 없는 형식이거나 필요한 데이터가 부족할 때 발생합니다. 이 오류는 주로 요청 데이터가 서버의 예상 형식과 일치하지 않을 때 발생합니다.
- java.lang.IllegalArgumentException: 'part' must not be null 오류는 주로 클라이언트에서 서버로 POST 요청을 보낼 때, 폼 데이터나 파일이 제대로 전송되지 않아서 발생합니다. 이 경우, 클라이언트에서 보내는 요청이 서버가 기대하는 형식과 맞지 않아서 발생할 수 있습니다.
- 파이썬의 실행 로그와 자바의 실행 로그에 아무것도 출력되지 않지만 브라우저에는 `Fail` 경고창이 뜰 경우는 크롬 브라우저의 개발자도구(F12)에서 오류를 확인해 보세요. 브라우저에서 자바 서버에 접속하는 주소를 127.0.0.1로 했지만, 비동기 요청하는 주소가 localhost로 요청했다면 아래와 같은 오류를 볼 수 있습니다.127.0.0.1/:1 Access to XMLHttpRequest at 'http://localhost:8080/java_service' from origin 'http://127.0.0.1:8080' has been blocked by CORS policy: No 'Access-Control-Allow-Origin' header is present on the requested resource.

3.8. 자주 발생하는 오류

- 아래 그림처럼 객체가 너무 많이 탐지될 경우는 윈도우에서 CPU를 사용하는 경우 PyTorch와 관련된 버그입니다. 다음 명령으로 ultralytics 버전을 다운그레이드하고 사용하세요. 제가 테스트한 ultralytics 버전은 PyTorch2.4.0+cpu 에서 8.2.58 및 8.2.60버전입니다.
- pip install ultralytics==8.2.58

ultralytics 8.3.4 버전에서
torch 버전은 2.4.1입니다.

3. MQTT를 이용한 실시간 객체 탐지 영상 전송과 수신

자바 스프링 부트 프로젝트와 파이썬 AI 프로젝트 연결하기

실시간 영상 스트리밍 서비스 개요

- 아키텍처와 개발환경
- MQTT

AI 서버에서 실시간 객체 탐지 후 영상 스트리밍

- 객체 탐지 후 MQTT 브로커에 영상 스트리밍하기
- 객체 탐지 서비스 실행

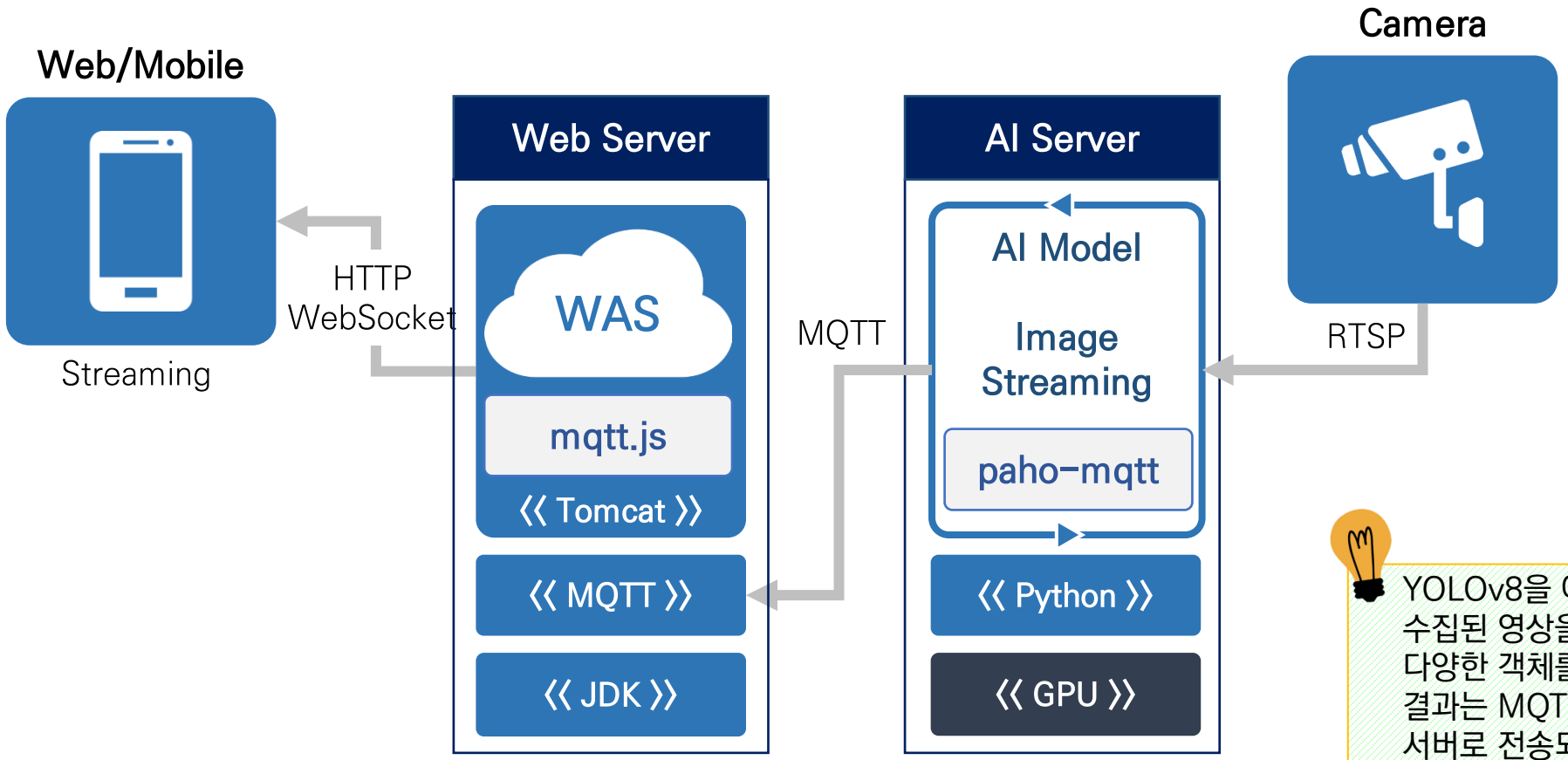
MQTT 브로커에서 이미지 수신하기

- 뷰-컨트롤러
- 자바 웹에서 이미지 수신하기

1절. 실시간 영상 스트리밍 서비스 개요

3. MQTT를 이용한 실시간 객체 탐지 영상 전송과 수신

1.1. 시스템 아키텍처



YOLOv8을 이용해 카메라로부터 수집된 영상을 실시간으로 분석하여 다양한 객체를 탐지합니다. 탐지된 결과는 MQTT 프로토콜을 통해 서버로 전송되며, 자바 웹 어플리케이션에서 이를 실시간으로 시각화하여 사용자에게 직관적인 정보를 제공합니다.

1.2. 개발 환경

자바

도구 및 라이브러리	버전	다운로드
JDK	21 LTS	https://adoptium.net/
Spring Tools 4 for Eclipse	4.24.0	https://spring.io/tools
Spring Boot	3.3.2	스프링 부트 버전은 2.5 이상이어야 함.
MQTT.js	5.10.0	https://github.com/mqttjs/MQTT.js

MQTT는 내려받지 않아도 됩니다.
코드에서는 아래의 CDN 주소를 사용합니다.
https://unpkg.com/mqtt/dist/mqtt.min.js
https://unpkg.com/mqtt@5.10.0/dist/mqtt.min.js

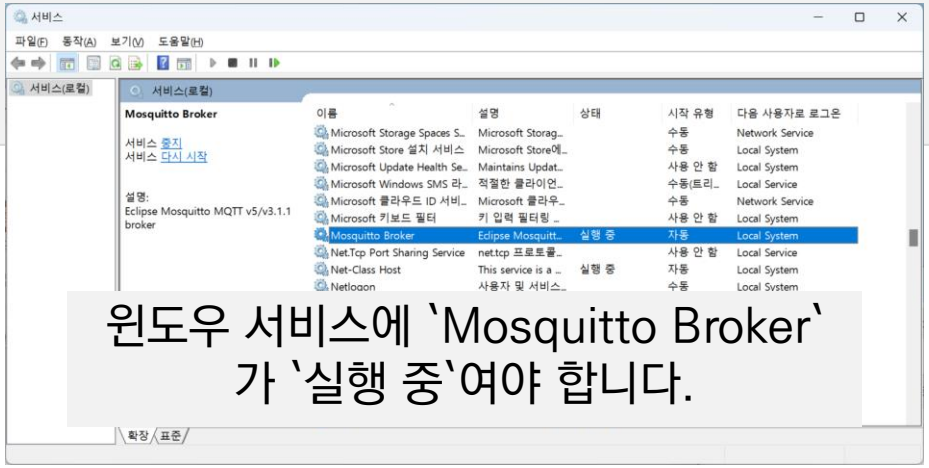
파이썬

도구 및 라이브러리	버전
파이썬	3.12
PyCharm community edition	2024.1.6
opencv-python	4.11.0
ultralytics	8.3.34
paho-mqtt	1.6.1

pip install opencv-python paho-mqtt ultralytics

1.3. MQTT

3. MQTT를 이용한 실시간 객체 탐지 영상 전송과 수신 / 1절. 실시간 영상 스트리밍 서비스 개요



윈도우 서비스에 `Mosquitto Broker`가 `실행 중`여야 합니다.

MQTT

- MQTT는 경량의 메시지 브로커 기반의 프로토콜
- 낮은 대역폭과 제한된 환경에서도 신뢰성 있게 통신할 수 있도록 설계되었음
- https://mosquitto.org

윈도우용 MQTT 서버

- https://mosquitto.org/files/binary/win64/
- 2.0.18 버전 다운로드

mosquitto/mosquitto.conf

```
1  # MQTT 기본 리스너 설정
2  listener 1883
3  protocol mqtt
4
5  # WebSocket 리스너 설정
6  listener 9001
7  protocol websockets
8
9  allow_anonymous true
```

MQTT 클라이언트(파이썬)

- MQTT 브로커에 연결하여 메시지를 게시(publish)하거나 구독(subscribe)하는 장치나 애플리케이션

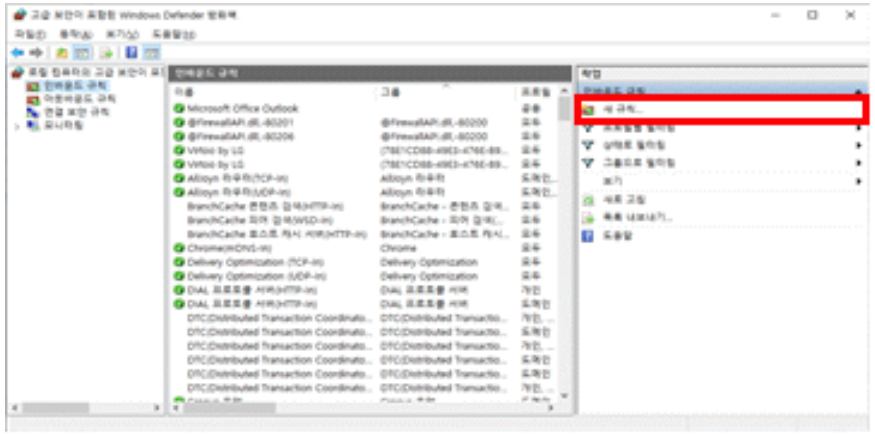
```
pip install paho-mqtt
```

MQTT 클라이언트(JS)

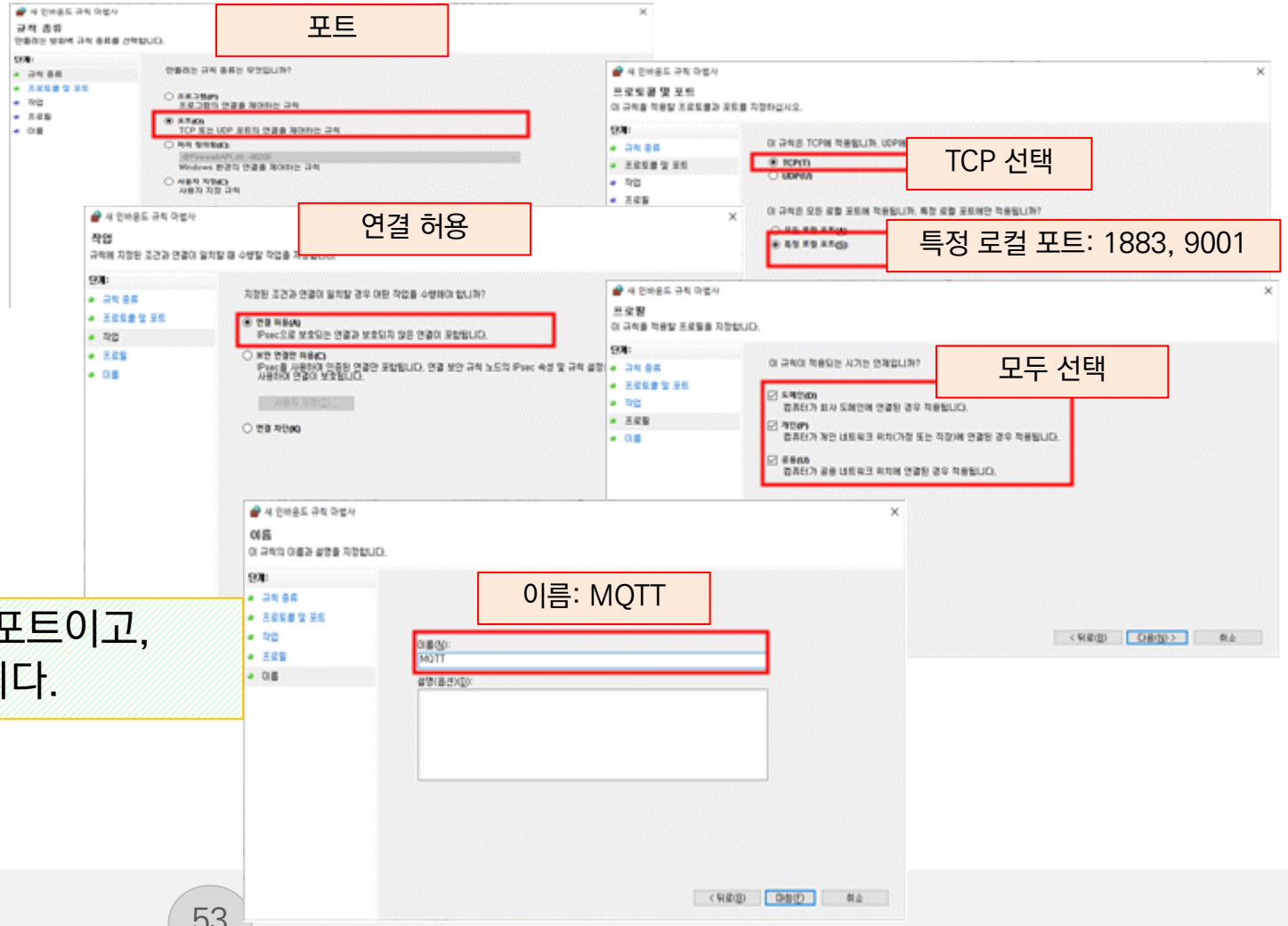
- Node.js 환경에서 MQTT 프로토콜을 구현한 자바스크립트 클라이언트 라이브러리
- https://github.com/mqttjs/MQTT.js

1.3. MQTT – 방화벽 설정

Windows Defender 방화벽 -> 고급 설정 -> 인바운드 규칙 -> [새 규칙...]을 클릭해서 인바운드 방화벽 규칙을 추가



'규칙 종류 -> 포트 -> 작업 -> 프로필 -> 이름' 순서로 설정



1883은 MQTT 기본 리스너의 포트이고,
9001은 웹소켓 리스너 포트입니다.

2절. AI 서버에서 실시간 객체 탐지 후 영상 스트리밍

3. MQTT를 이용한 실시간 객체 탐지 영상 전송과 수신

2.1. 객체 탐지 후 MQTT 브로커에 영상 스트리밍하기

1) 라이브러리 임포트

camera.py

```
1  import base64
2  import io
3  from PIL import Image
4  import cv2
5  import numpy as np
6  import paho.mqtt.client as mqtt
7  import json
8  from ultralytics import YOLO
9
```

2) YOLO 모델 로드

camera.py

```
10  # YOLO 모델 로드
11  model = YOLO('yolov8n.pt')
12
```

2.1. 객체 탐지 후 MQTT 브로커에 영상 스트리밍하기

3) MQTT 클라이언트 설정 및 브로커 연결

camera.py

```
13  # MQTT 설정
14  broker = 'localhost'
15  port = 1883
16  topic = '/camera/objects'
17
18  # MQTT 클라이언트 설정
19  client = mqtt.Client()
20
21
22  def on_connect(client, userdata, flags, rc):
23      print(f"Connected with result code {rc}")
24
25
26  client.on_connect = on_connect
27  client.connect(broker, port)
28
29
```

4) 클래스 라벨별 색상 설정 함수 정의

camera.py

```
30  # 클래스 라벨별 색상 설정 함수
31  def get_colors(num_colors):
32      np.random.seed(0)
33      colors = [tuple(np.random.randint(0, 255, 3).tolist()) for _ in
    range(num_colors)]
34      return colors
35
36
37  # 클래스 라벨 및 색상 설정
38  class_names = model.names
39  num_classes = len(class_names)
40  colors = get_colors(num_classes)
41
42
```

2.1. 객체 탐지 후 MQTT 브로커에 영상 스트리밍하기

5) 객체 탐지 함수

camera.py

```
43  def detect_objects(image: np.array):
44      results = model(image, verbose=False) # 객체 탐지
45      class_names = model.names # 클래스 이름 저장
46
47      # 결과를 바운딩 박스와 정확도로 이미지에 표시
48      for result in results:
49          boxes = result.boxes.xyxy # 바운딩 박스
50          confidences = result.boxes.conf # 신뢰도
51          class_ids = result.boxes.cls # 클래스
52          for box, confidence, class_id in zip(boxes, confidences, class_ids):
53              x1, y1, x2, y2 = map(int, box) # 좌표를 정수로 변환
54              label = class_names[int(class_id)] # 클래스 이름
55              cv2.rectangle(image, (x1,y1), (x2,y2), colors[int(class_id)], 2)
56              cv2.putText(image, f'{label} {confidence:.2f}', (x1,y1),
    cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.9, colors[int(class_id)], 2)
57
58      return image
59
60
```

2.1. 객체 탐지 후 MQTT 브로커에 영상 스트리밍하기

6) 카메라에서 프레임 캡쳐 및 객체 탐지 루프

camera.py

```
61  # 카메라에서 프레임 캡처
62  cap = cv2.VideoCapture(0)
63
64  while cap.isOpened():
65      ret, frame = cap.read()
66      if not ret:
67          break
68
69      result_image = detect_objects(frame)
70
71      # 이미지 결과를base64로 인코딩
72      _, buffer = cv2.imencode('.jpg', result_image)
73      jpg_as_text = base64.b64encode(buffer).decode('utf-8')
74
75      # 객체 탐지 이미지를 전송
76      payload = json.dumps({'image': jpg_as_text})
77      client.publish(topic, payload)
78
79      # 프레임을 화면에 표시
80      cv2.imshow('Frame', np.array(result_image))
81
82      # 'q' 키를 누르면 종료
83      if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
84          break
85
86  # 리소스 해제
87  cap.release()
88  cv2.destroyAllWindows()
89  client.disconnect()
```

2.2. 전체 코드

3. MQTT를 이용한 실시간 객체 탐지 영상 전송과 수신 / 2절. AI 서버에서 실시간 객체 탐지 후 영상 스트리밍

camera.py

```python
import base64
import io
from PIL import Image
import cv2
import numpy as np
import paho.mqtt.client as mqtt
import json
from ultralytics import YOLO

# YOLO 모델 로드
model = YOLO('yolov8n.pt')

# MQTT 설정
broker = 'localhost'
port = 1883
topic = '/camera/objects'

# MQTT 클라이언트 설정
client = mqtt.Client()


def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    print(f"Connected with result code {rc}")


client.on_connect = on_connect
client.connect(broker, port)


# 클래스 라벨별 색상 설정 함수
def get_colors(num_colors):
    np.random.seed(0)
    colors = [tuple(np.random.randint(0, 255, 3).tolist()) for _ in range(num_colors)]
    return colors


# 클래스 라벨 및 색상 설정
class_names = model.names
num_classes = len(class_names)
colors = get_colors(num_classes)


def detect_objects(image: np.array):
    results = model(image, verbose=False) # 객체 탐지
    class_names = model.names # 클래스 이름 저장

    # 결과를 바운딩 박스와 정확도로 이미지에 표시
    for result in results:
        boxes = result.boxes.xyxy # 바운딩 박스
        confidences = result.boxes.conf # 신뢰도
        class_ids = result.boxes.cls # 클래스
        for box, confidence, class_id in zip(boxes, confidences, class_ids):
            x1, y1, x2, y2 = map(int, box) # 좌표를 정수로 변환
            label = class_names[int(class_id)] # 클래스 이름
            cv2.rectangle(image, (x1,y1), (x2,y2), colors[int(class_id)], 2)
            cv2.putText(image, f'{label} {confidence:.2f}', (x1,y1),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.9, colors[int(class_id)], 2)

    return image


# 카메라에서 프레임 캡처
cap = cv2.VideoCapture(0)

while cap.isOpened():
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        break

    result_image = detect_objects(frame)

    # 이미지 결과를base64로 인코딩
    _, buffer = cv2.imencode('.jpg', result_image)
    jpg_as_text = base64.b64encode(buffer).decode('utf-8')

    # 객체 탐지 이미지를 전송
    payload = json.dumps({'image': jpg_as_text})
    client.publish(topic, payload)

    # 프레임을 화면에 표시
    cv2.imshow('Frame', np.array(result_image))

    # 'q' 키를 누르면 종료
    if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
        break

# 리소스 해제
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
client.disconnect()
```

전체 코드는 아래의 깃허브 주소에서 볼 수 있습니다.

- https://github.com/hjk7902/java2ai -> camera.py

2.3. 객체 탐지 서비스 실행


```
python  camera.py
```

python 명령으로 프로그램을 실행하면 카메라가 연결되고, 카메라의 프레임에 객체 탐지 결과가 반영되어 있어야 합니다.

3절. MQTT 브로커에서 이미지 수신하기

3. MQTT를 이용한 실시간 객체 탐지 영상 전송과 수신

3.1. 뷰 컨트롤러

WebConfig.java

```java
package com.example.myapp.config;

import org.springframework.context.annotation.Configuration;
import org.springframework.web.servlet.config.annotation.ViewControllerRegistry;
import org.springframework.web.servlet.config.annotation.WebMvcConfigurer;

@Configuration
public class WebConfig implements WebMvcConfigurer {

    @Override
    public void addViewControllers(ViewControllerRegistry registry) {
        registry.addViewController("/ai").setViewName("ai");
    }
}
```

이 설정대로라면 요청 URL이 `http://localhost:8080/ai`이면 ai.html 파일이 실행됩니다.

3.2. 자바 웹에서 이미지 수신하기

1) HTML 기본 구조

ai.html

```
<!DOCTYPE html>
<html xmlns:th="http://www.thymeleaf.org">
<head>
    <title>MQTT Client Example</title>
    <meta charset="utf-8">
    <meta name="viewport" content="height=device-height">
    <script src="https://unpkg.com/mqtt/dist/mqtt.min.js"></script>
    <style>
        div {
            width: 100%;
            height: 100%;
        }
        img#cameraView {
            max-width: 100%;
            max-height: 100%;
            bottom: 0;
            left: 0;
            margin: auto;
            overflow: auto;
            position: fixed;
            right: 0;
            top: 0;
        }
    </style>
</head>
<body>
    <h1>MQTT Client Example</h1>
    <div align="center">
        <img id="cameraView" width="100%" height="100%"/>
    </div>
... 생략 ...
</body>
</html>
```

3.2. 자바 웹에서 이미지 수신하기

2) JavaScript MQTT 클라이언트

ai.html

```
31      <script type="text/javascript">
32          // WebSocket을 통한  MQTT 연결
33          const broker = 'ws://localhost:9001';
34          const topic = '/camera/objects';
35
36          // MQTT 클라이언트 생성 및 연결
37          const client = mqtt.connect(broker);
38
39          client.on('connect', () => {
40              console.log('Connected to broker');
41              client.subscribe(topic, (err) => {
42                  if (!err) {
43                      console.log(`Subscribed to topic: ${topic}`);
44                  }
45              });
46          });
47
48          // 메시지 수신 시 처리
49          client.on('message', (topic, message) => {
50              try {
51                  // 메시지의 payload를 JSON으로 파싱
52                  const payload = JSON.parse(message.toString());
53
54                  // base64 이미지 추출
55                  const base64Image = payload.image;
56
57                  // img 태그의 src 속성에 base64 이미지 설정
58                  document.getElementById("cameraView").src =
    `${base64Image}`; # `는 역따옴표입니다.
59              } catch (e) {
60                  console.error('Failed to parse message:', e);
61              }
62          });
63
64          client.on('error', (error) => {
65              console.error('Connection error:', error);
66          });
67
68          client.on('close', () => {
69              console.log('Disconnected from broker');
70          });
71      </script>
```

3.3. 전체 코드

3. MQTT를 이용한 실시간 객체 탐지 영상 전송과 수신 / 3절. MQTT 브로커에서 이미지 수신하기

ai.html

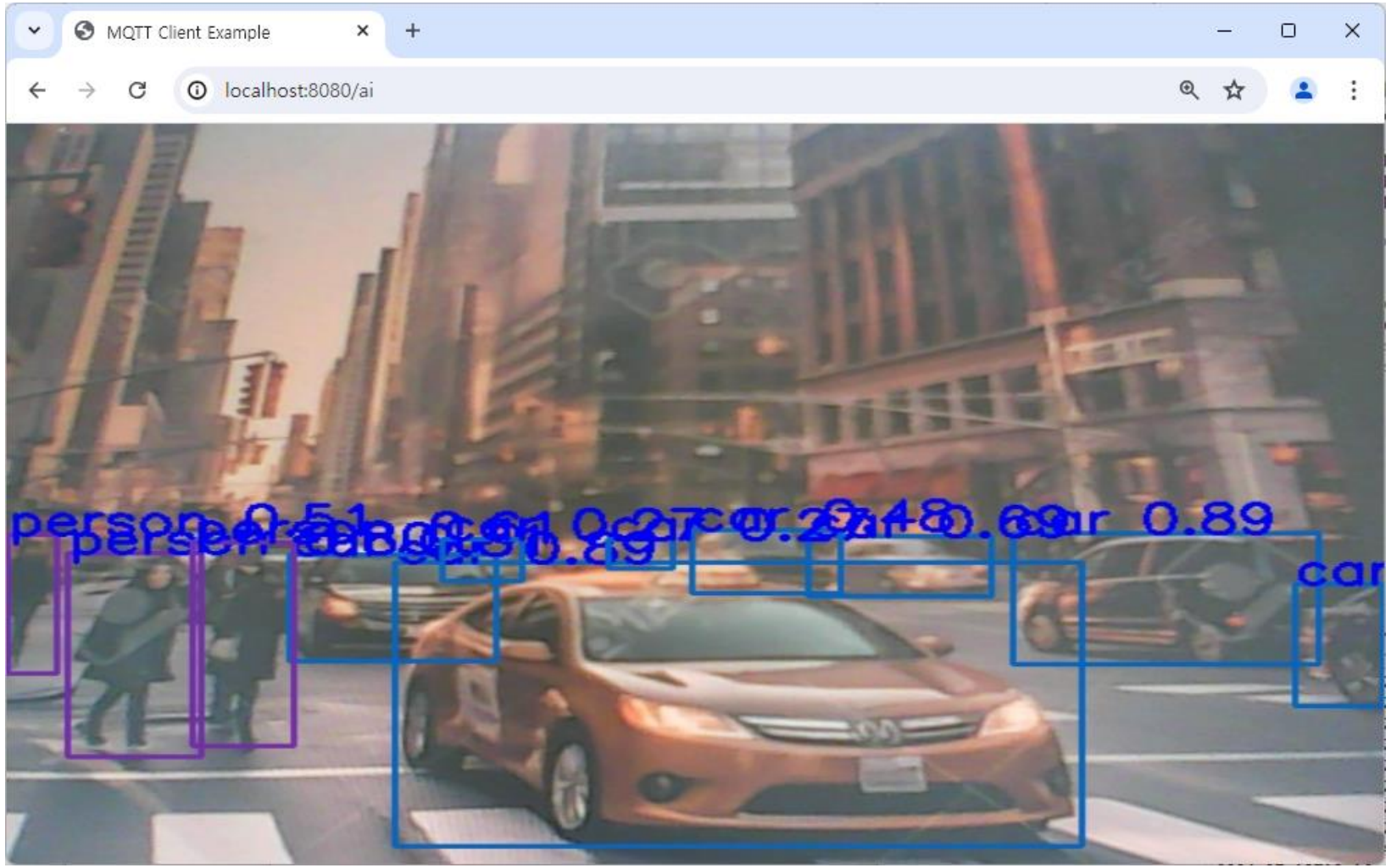
```html
<!DOCTYPE html>
<html xmlns:th="http://www.thymeleaf.org">
<head>
    <title>MQTT Client Example</title>
    <meta charset="utf-8">
    <meta name="viewport" content="height=device-height">
    <script src="https://unpkg.com/mqtt/dist/mqtt.min.js"></script>
    <style>
        div {
            width: 100%;
            height: 100%;
        }
        img#cameraView {
            max-width: 100%;
            max-height: 100%;
            bottom: 0;
            left: 0;
            margin: auto;
            overflow: auto;
            position: fixed;
            right: 0;
            top: 0;
        }
    </style>
</head>
<body>
    <h1>MQTT Client Example</h1>
    <div align="center">
        <img id="cameraView" width="100%" height="100%"/>
    </div>
    <script type="text/javascript">
        // WebSocket을 이용한 MQTT 연결
        const broker = 'ws://localhost:9001';
        const topic = '/camera/objects';

        // MQTT 클라이언트 생성 및 연결
        const client = mqtt.connect(broker);

        client.on('connect', () => {
            console.log('Connected to broker');
            client.subscribe(topic, (err) => {
                if (!err) {
                    console.log(`Subscribed to topic: ${topic}`);
                }
            });
        });

        // 메시지 수신 시 처리
        client.on('message', (topic, message) => {
            try {
                // 메시지의 payload를 JSON으로 파싱
                const payload = JSON.parse(message.toString());

                // base64 이미지 추출
                const base64Image = payload.image;

                // img 태그의 src 속성에 base64 이미지 설정
                document.getElementById("cameraView").src = `${base64Image}`; // `는 역따옴표입니다.
            } catch (e) {
                console.error('Failed to parse message:', e);
            }
        });

        client.on('error', (error) => {
            console.error('Connection error:', error);
        });

        client.on('close', () => {
            console.log('Disconnected from broker');
        });
    </script>
</body>
</html>
```

전체 코드는 아래의 깃허브 주소에서 볼 수 있습니다.

- https://github.com/hjk7902/java2ai -> ai.html

3.4. 실행

3. MQTT를 이용한 실시간 객체 탐지 영상 전송과 수신 / 3절. MQTT 브로커에서 이미지 수신하기



스프링 부트 프로젝트를 실행하고 카메라의 프레임이 브라우저 화면에도 동일하게 표시되는지 확인하세요.

파이썬 애플리케이션이 실행되고 있어야 합니다. 자바 프로젝트와 파이썬 프로젝트의 실행 순서는 무관합니다.