



EyePath(PASS)

# CAPSTONE DESIGN

객체 탐지와 경로 예측을 통한 AI 기반 시각장애인 보행 보조 기술

---

32203743 임석범

32217554 이승재

32224560 차호현

32220713 김병하

# Contents

---

01. 제안 배경

02. 제안 내용

03. 기존 사례와의 차별점

04. 실현 가능성 및 활용성

05. 기대효과 및 사회적 가치

# 1. 제안 배경

---

- 장애인들이 일상생활에서 겪는 큰 어려움 중 하나  
→ **안전하고 독립적인 보행**
- 시각장애인 이용하는 교통수단은 특별교통수단(장애인 택시)이 가장 많고, 다음으로 **도보(20.3%)**의 순이다. (한국 소비자원)
- 매년 시각 장애인 중 **약 15%가 보행 중 사고**로 인해 신체적 부상을 입는다. (세계보건기구(WHO))
- 국내에서도 시각 장애인의 **60% 이상이 보행 시 환경적 장애물**로 인해 불편함과 불안을 경험했다.



# 1. 제안 배경

---

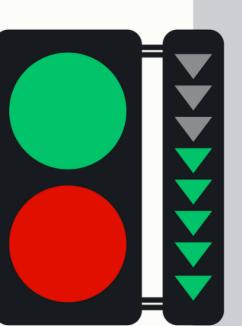
시각 장애인은 보행 시 주변이 보이지 않아 안전하게 이동할 수 있는 보행 환경이 필요함.

=> 그러나, 다양한 보조 수단들은 이는 물리적 한계가 있으며

실시간으로 변화하는 환경 정보를 바로 전달하기에는 부족함

## 실제 보행자가 가지는 보행의 문제와 환경적 요인

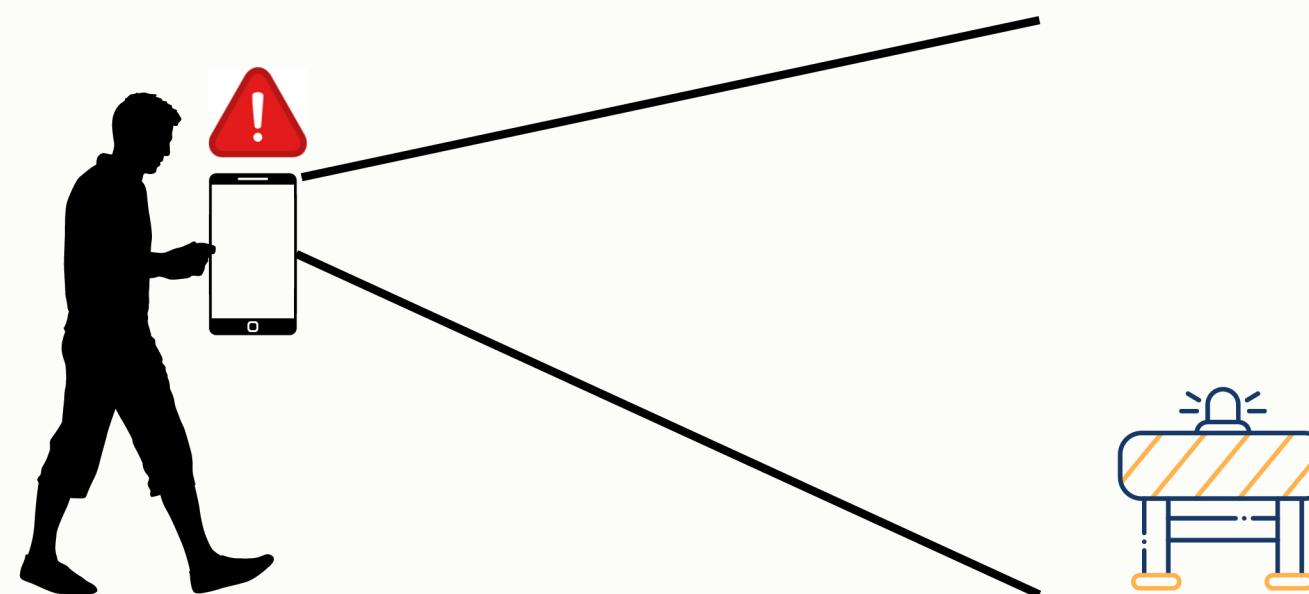
- 1) 여러 이동체 및 고정체와의 충돌
- 2) 이동체 방향 파악의 어려움
- 3) 흰 지팡이 및 안내견의 한계



## 2. 제안 내용

현재 백엔드 구현할 사항으로 제안 변경

- AI 시각 보조 SaaS 시스템을 통해, 시각 장애인의 보행을 보조
  - 스마트폰을 통해 사용자의 보행 환경 영상을 실시간으로 전송
  - AI가 전송받은 이미지에서 객체 감지, 추적 및 위험 평가를 수행
  - 사용자의 위치와 주변 위험 정보를 실시간 음성 안내로 전달하여 안전한 보행 지원



### 3. 기존 사례와의 차별점(기존 사례 대비 장점)



기존 서비스들이  
간과한 실질적인  
위험 요소를 해결  
**안전한 보행을  
보조하는 데 초점**



보행자와 시야 내의  
객체 이동 방향을  
분석하여 실시간으로  
위험을 감지  
**맥락적 이해와  
실시간 위험 경고**



독립적인 보행  
환경을 제공하고,  
안전한 이동을  
지원함으로써  
사회적 가치를 극대화

### 3. 기존 사례와의 차별점(기존 사례 대비 장점)

---

- ✓ 기존 아이디어와 본 아이디어의 가장 큰 차이점은 **목적과 충돌 예측 방법**에 있다.

기존 서비스(예: Seeing AI, 설리브 플러스)는 시각 장애인의 생활 편의를 돋는 데 초점을 맞추고 있다. 이들은 이미지 인식을 통해 텍스트 읽기, 물체 감지 등 기본적인 정보를 음성으로 전달하는 데 주력한다.

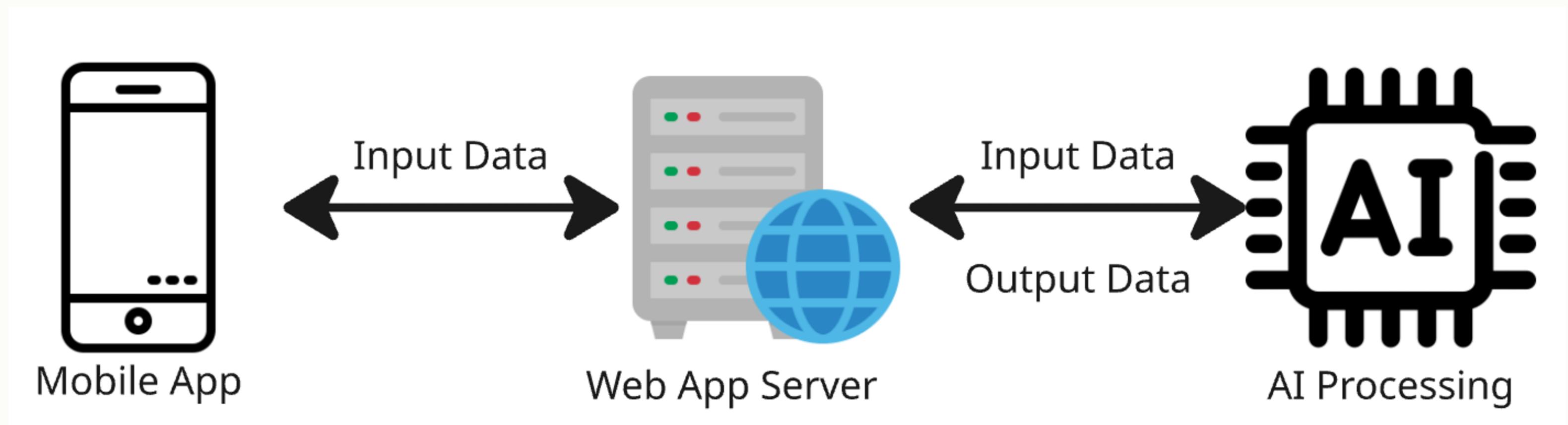
- 시각장애인을 위한 모바일 기반 장애물 탐지 연구  
(2021 춘계학술 발표대회 논문, 조수형, 이수원)
- 딥 러닝과 실시간 영상처리를 이용한 시각장애인 보행보조기구  
(한국 정보기술학회 종합학술대회, 노가은, 김선형)

# 실시간 시각 보조 AI 서비스 시스템 :SaaS 시스템 구축 계획

---

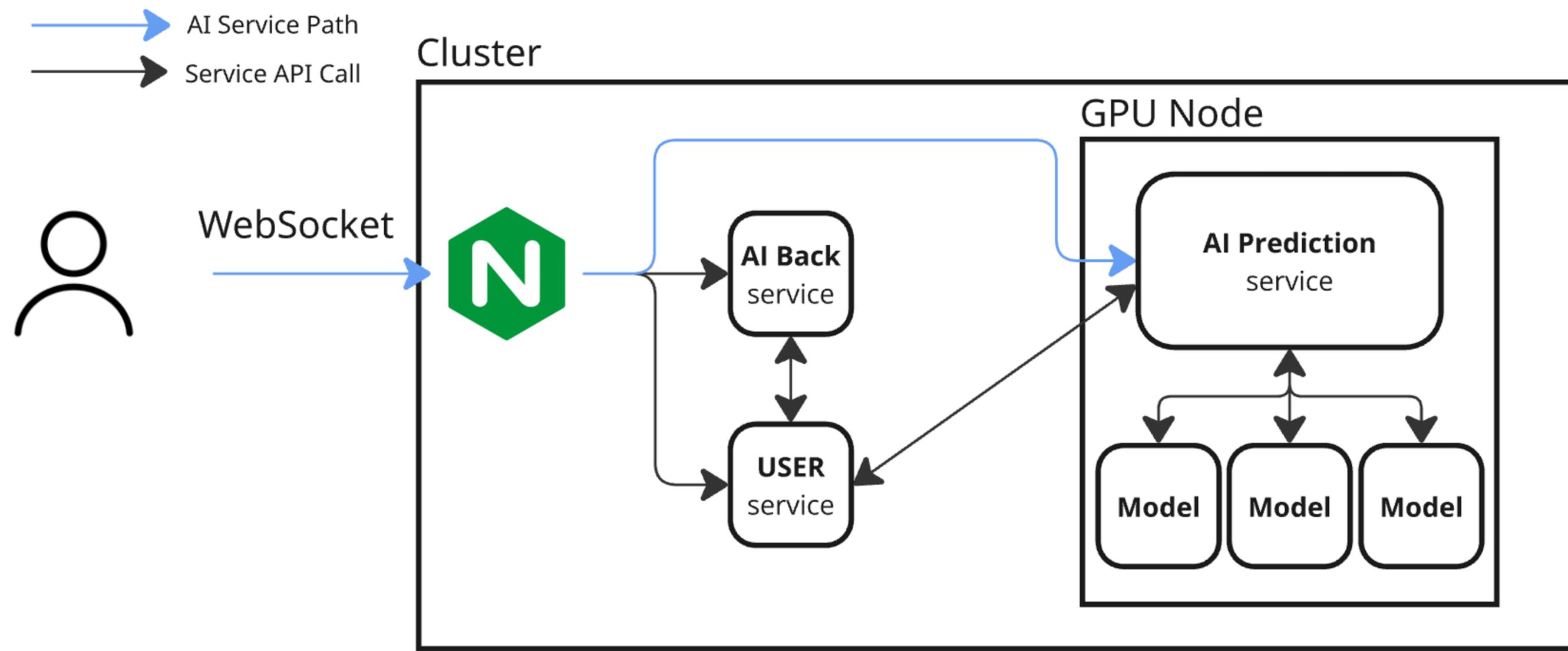
## 4. 실현 가능성 및 활용성

### A. 시스템 전체 개요



## 4. 실현 가능성 및 활용성

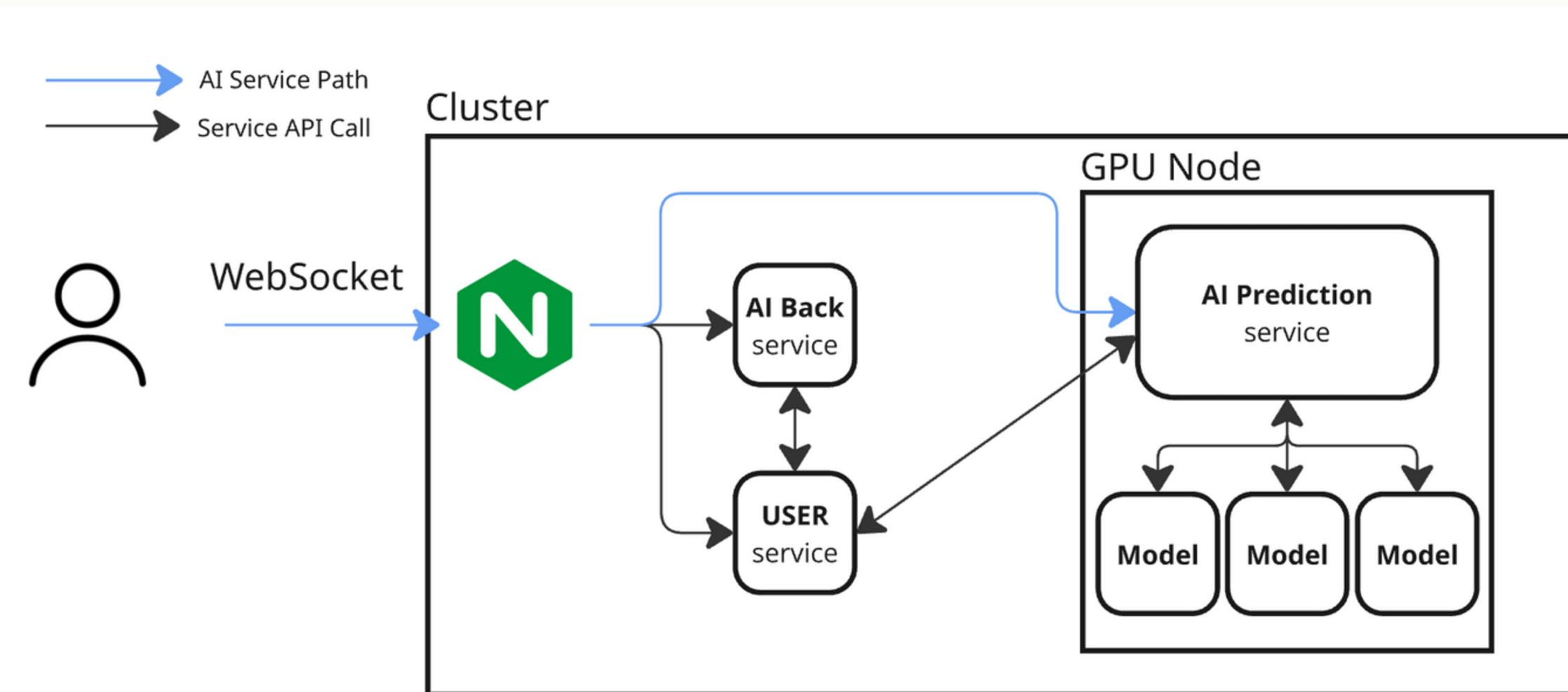
### 전체 시스템 구상도



## 4-1. 시각 장애인을 위한 AI 시각 보조 SaaS

- **프로젝트 구현 인프라 시스템**

- **User Service:** 회원 관리 서비스
- **AI Back:** 서비스 사용량 추적 및 세션 관리 서비스
- **AI Prediction:** 실시간 AI 추론 서비스



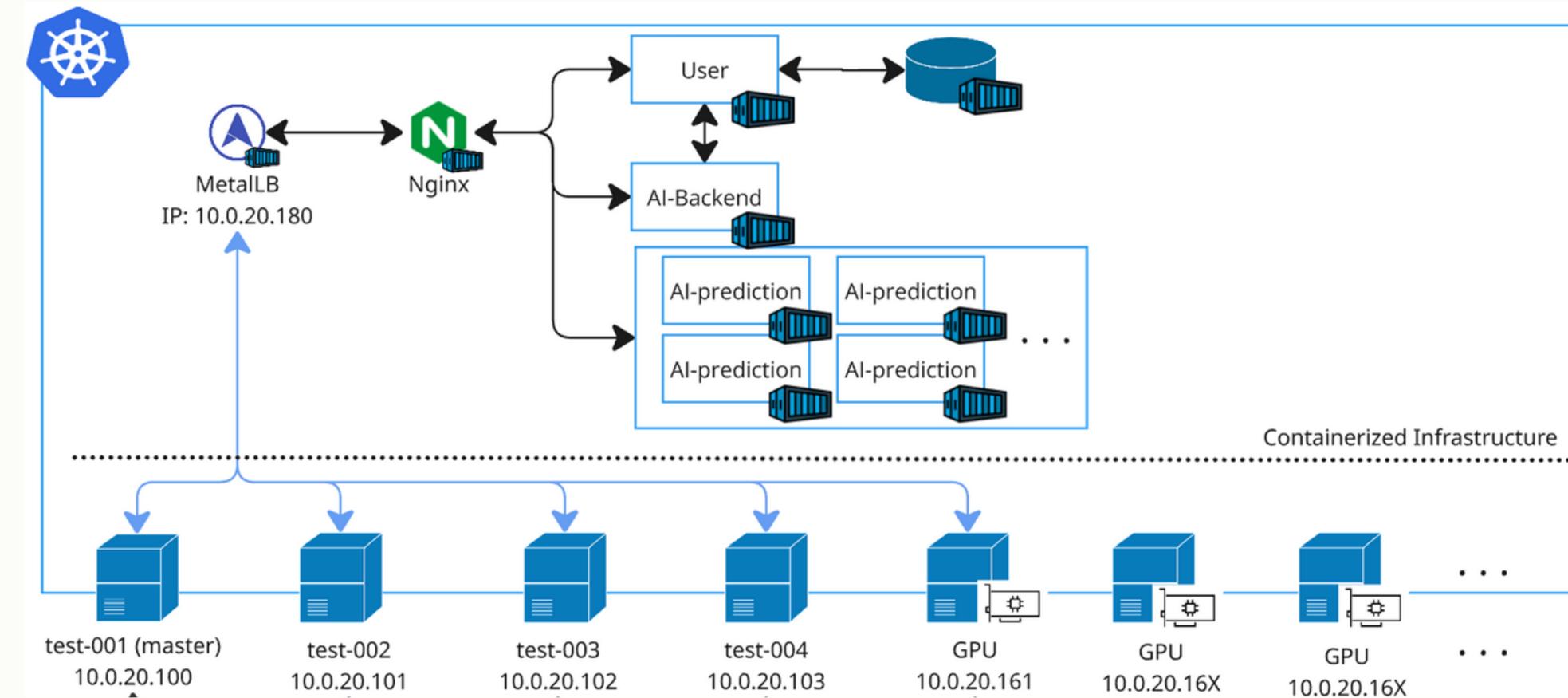
## 4-1. 시각 장애인을 위한 AI 시각 보조 SaaS

---

- 다중 사용자 서비스의 Challenge Point 1: 회원 관리
  - 회원 가입 및 인증(Authentication)
    - JWT를 이용한 회원 인증&인가 시스템 구현
  - 데이터 프라이버시 & GDPR 등 준수
    - 사용자의 신원 정보 및 신체적 특징을 포함한 데이터를 사용
    - GDPR (\*EU의 개인정보 보호법) 준수를 목표로 시스템 구현
  - 사용자 세션 관리
    - AI 모델의 실시간 추론을 위해 WebSocket을 통해 사용자 어플리케이션과 통신
    - 사용자의 AI 사용량 추적을 통해 회원 당 과금량 산정

# 4-1. 시각장애인을 위한 AI 시각 보조 SaaS

- 다중 사용자 서비스의 Challenge Point 2: AI 서비스 제공
  - 인프라 환경의 고가용성 및 확장성 확보
    - AI 서비스를 이용함에 따라 여러 사용자가 동시에 요청할 때 생기는 부하 관리
    - GPU 클러스터 또는 멀티 GPU 노드에서의 워크로드 분산 전략
    - 쿠버네티스 Horizontal Pod Autoscaler(HPA)를 통해 AI 백엔드 Scale-out

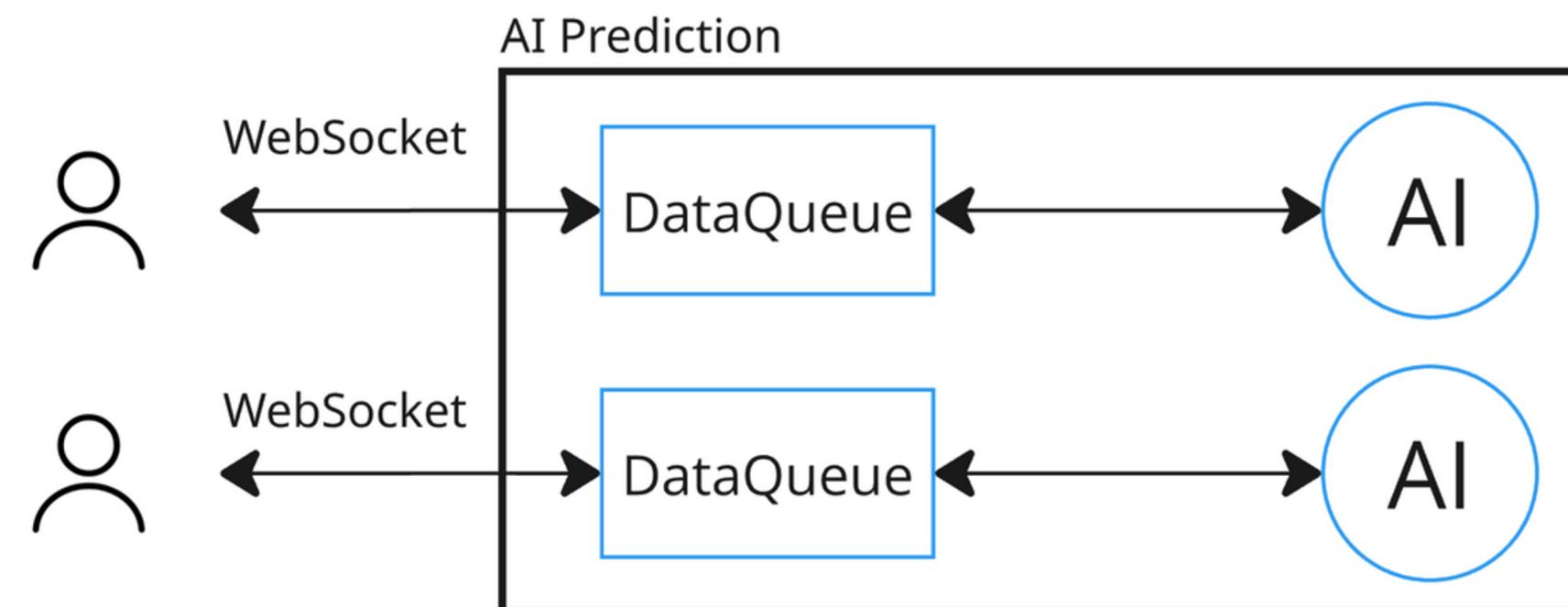


## 4-1. 시각 장애인을 위한 AI 시각 보조 SaaS

- 다중 사용자 서비스의 Challenge Point 2: AI 서비스 제공

- AI 모델 서비스를 위한 멀티 플랙싱

- WebSocket을 통해, 단일 세션에 대해 하나의 AI 모델을 제공
    - 사용자 이미지 정보 저장 없이, 이미지를 AI 모델에 전달
    - 제공된 AI 모델을 사용하여 실시간 추론을 사용자 단말에 전달



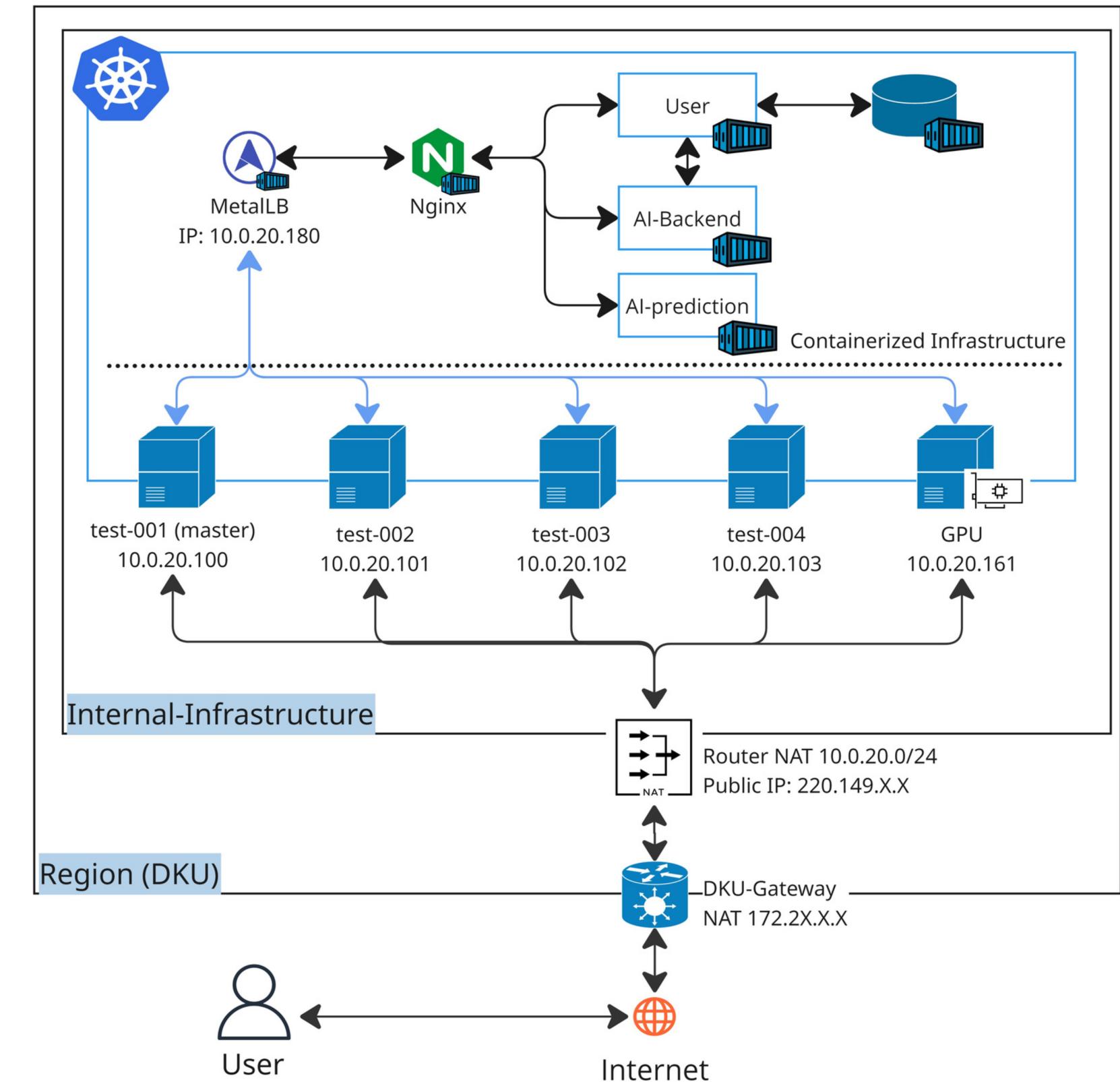
## 4-1. 시각 장애인을 위한 AI 시각 보조 SaaS

---

- 사용자로부터 시각 정보 전달의 Challenge Point 1:
  - 앱은 스마트폰의 카메라 기능을 활용하여 실시간으로 0.05초 간격으로 이미지 촬영
  - 촬영된 사진은 WebSocket을 통해 AI 백엔드로 전달되어 보행 보조 AI의 추론에 사용
  - 사진 데이터는 WebSocket SSL 프로토콜을 이용하여, 암호화 후 백엔드 AI 서버에서 처리됨
  - 음성 명령, 진동 피드백 등 보조 기능을 포함하여 접근성을 강화

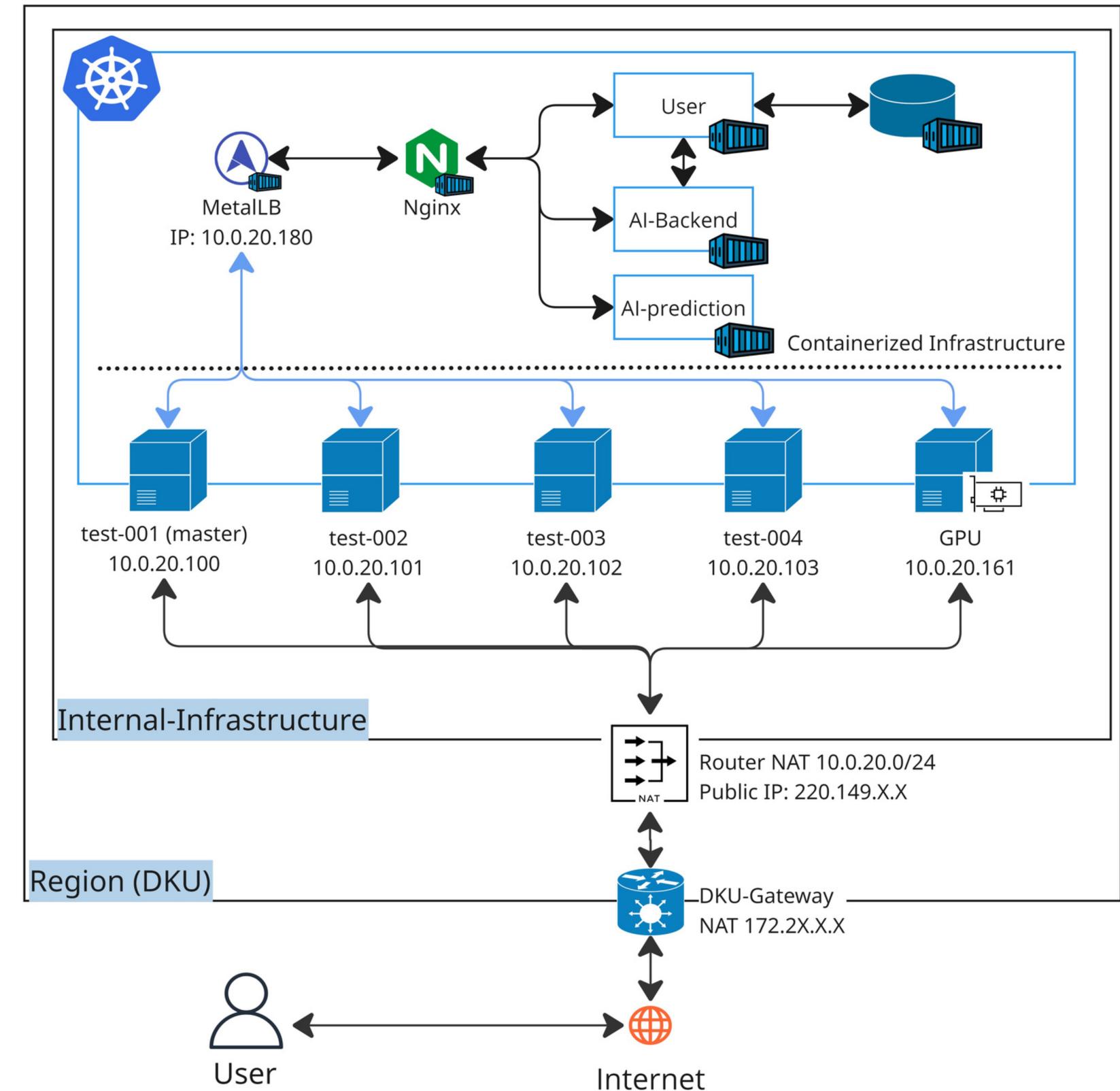
# 4-1. 시각 장애인을 위한 AI 시각 보조 SaaS

- 프로젝트 구현 인프라 시스템
  - Kubernetes 클러스터
    - test-001 (Master)
    - test-002~test-005 (Worker)
    - GPU 노드 (AI 연산 전담)
  - 외부 트래픽 Load Balancing
    - MetalLB, Nginx Ingress
  - AI-Backend & AI-Prediction
    - AI 모델이 상주하며, 실시간 추론 담당
    - GPU 노드에서 딥러닝 모델 추론 가속



# 4-1. 시각 장애인을 위한 AI 시각 보조 SaaS

- 프로젝트 구현 인프라 시스템
  - User & Application
    - 스마트폰 앱(또는 웹)을 통해 영상/이미지를 업로드
    - AI 결과(충돌 위험 등)를 즉시 받아 사용자에게 안내
  - 외부 네트워크
    - DKU 게이트웨이 → Public IP → MetalLB IP
    - 외부 사용자(시각 장애인 등) 접근 경로 확보



# 실시간 시각 보조 AI 서비스 시스템

## :시각 보조 AI 구현 계획

---

# 4. 시각 장애인을 위한 AI 시각 보조 SaaS

---

- 프로젝트 구현의 Challenge Point 1: AI 시각 보조 시스템의 구현
  - 충돌에 대한 라벨링 데이터 부재
    - 시각장애인 대상 충돌 예측을 위한 공식적인 라벨링 데이터셋이 존재하지 않음
    - AI팀이 직접 데이터를 수집하고 0.05초 단위로 정밀하게 라벨링을 수행해야 함
  - 객체 미인식 시 충돌 평가 불가
    - 충돌 예측은 객체의 인식 정보를 기반으로 수행되므로 정확도 높은 객체 탐지 모델이 필수적임
    - 이에 따라, 인식 모델을 장시간, 대용량 데이터셋 기반으로 재학습이 필요함
  - 실시간성 확보를 위한 시스템 지연(latency) 관리
    - AI 보조 시스템에서 실시간성이 요구됨에 따라, AI 추론의 지연 시간 최적화가 요구됨

# 4. 실현 가능성 및 활용성

---

- **객체 인식 1**

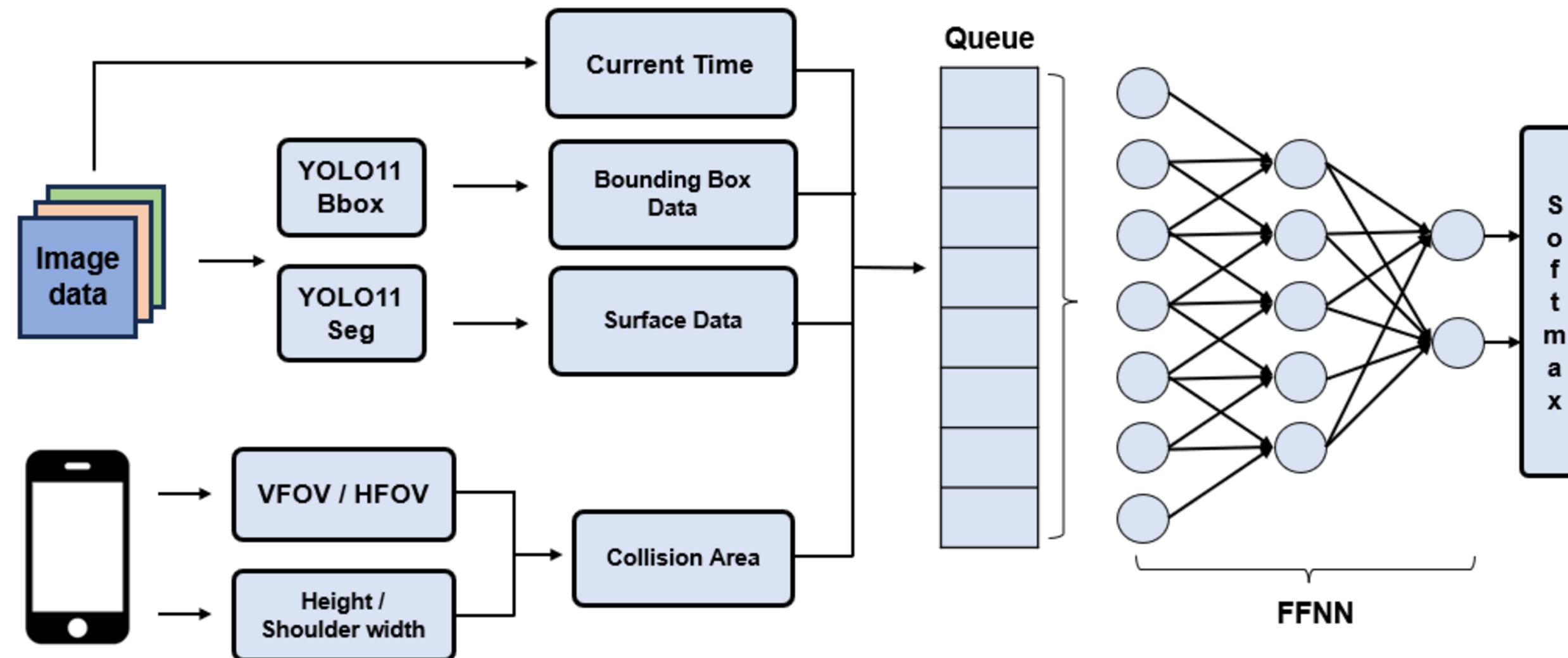
- 앱은 스마트폰의 카메라 기능을 활용하여 실시간으로 0.05초 간격으로 이미지 촬영
- 촬영된 사진은 WebSocket을 통해 AI 백엔드로 전달되어 보행 보조 AI의 추론에 사용
- 사진 데이터는 WebSocket SSL 프로토콜을 이용하여, 암호화 후 백엔드 AI 서버에서 처리됨
- 음성 명령, 진동 피드백 등 보조 기능을 포함하여 접근성을 강화

- **충돌 가능성**

- 객체 정보는 시계열로 Queue에 저장되며, 5초간의 프레임 데이터를 기반으로 충돌 가능성을 예측함.
- LSTM, GRU 등의 시계열 특화 모델을 활용하여, 객체의 이동 패턴을 분석하고 충돌 가능성을 예측함.
- 예측된 충돌 위험도가 임계값을 초과할 경우, 사용자에게 진동 또는 음성 경고를 실시간으로 제공
- 실제 충돌 장면 기반의 데이터셋 수집 및 라벨링을 진행하고, 증강 기법을 활용해 다양한 환경에 대응하도록 학습 성능을 강화

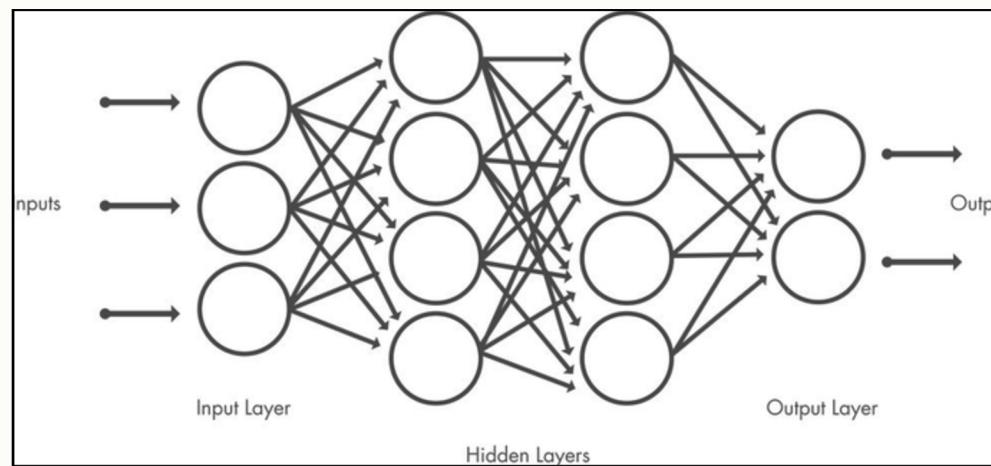
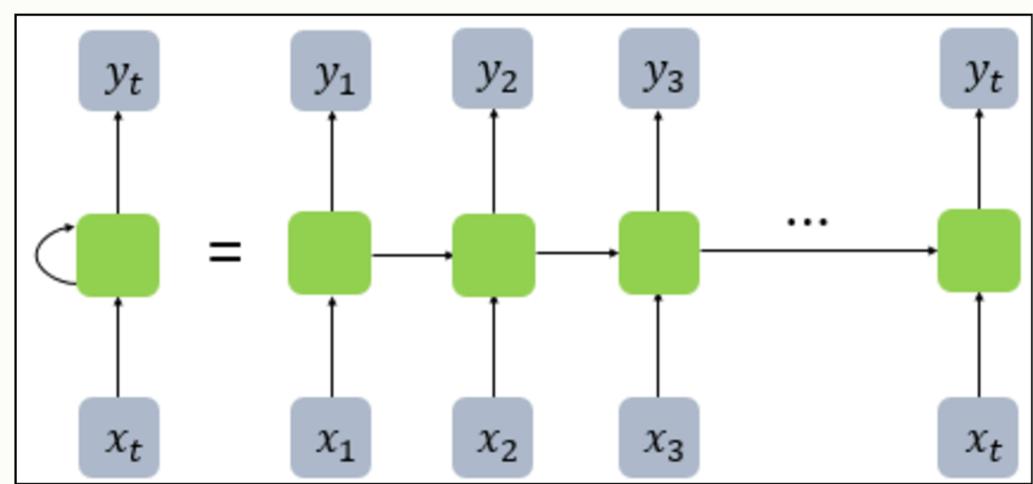
# 4. 실현 가능성 및 활용성

## A. AI 전체 구조 및 특징



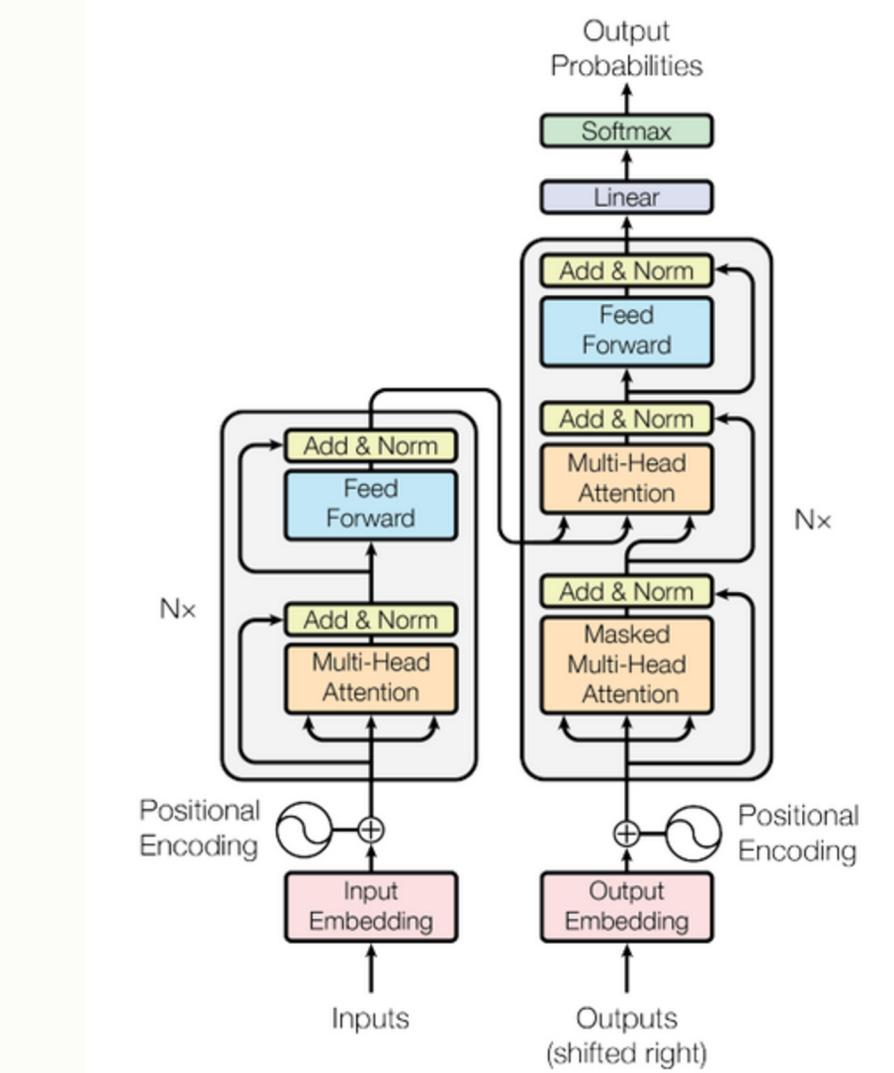
# 4. 실현 가능성 및 활용성

## A. 인간을 모방한 AI



RNN

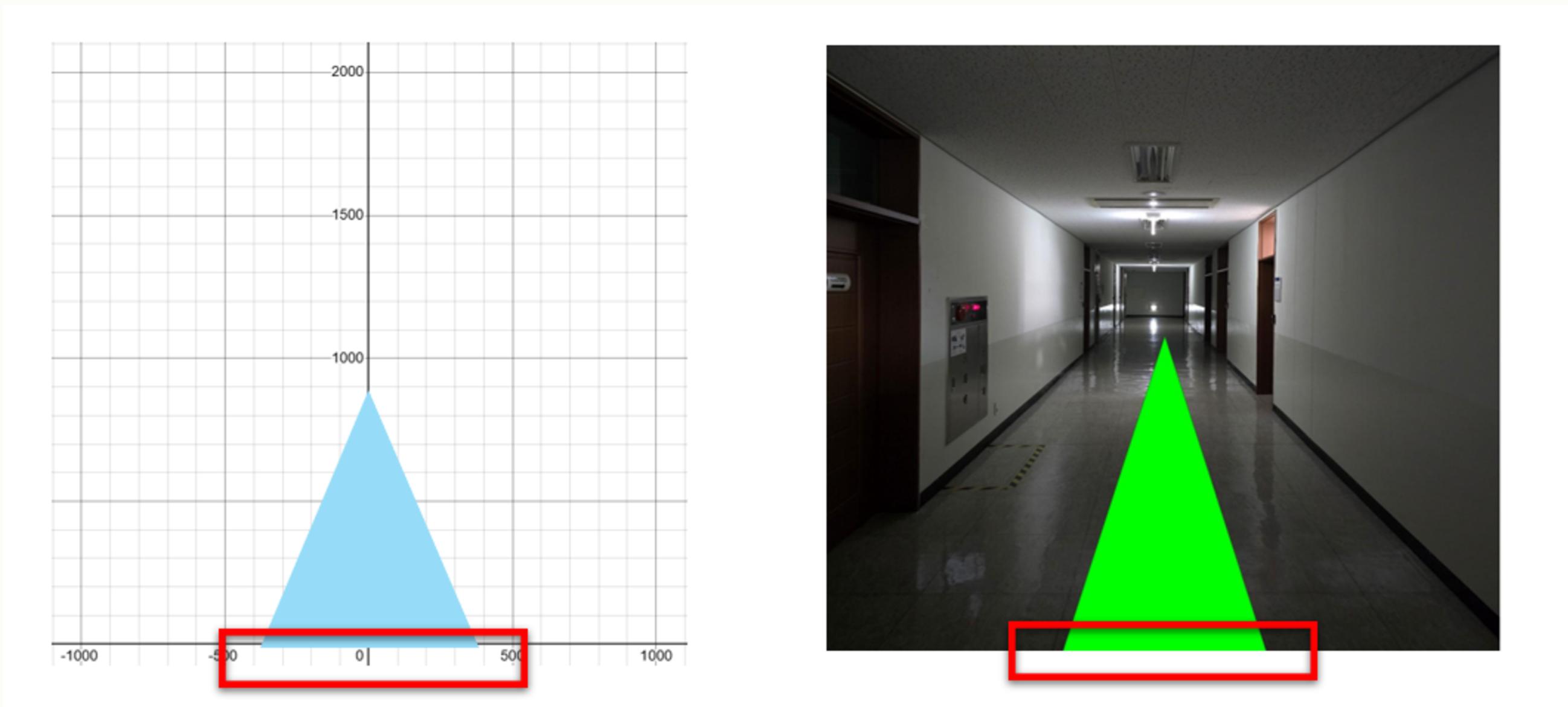
CNN



Self - attention / Transformer

## 4. 실현 가능성 및 활용성

### B. 시스템 기능 및 구현 방법



## 4. 실현 가능성 및 활용성

### B. 충돌 가능 영역 정의 1

$$\text{VFoV}_{\text{(수직시야각)}} = 2\tan^{-1}\left(\frac{S_v}{2F}\right)$$

$$\text{HFoV}_{\text{(수평시야각)}} = 2\tan^{-1}\left(\frac{S_n}{2F}\right)$$

$S_v$  : 센서 수직 크기

$S_n$  : 센서 수평 크기

$F$  : 초점거리

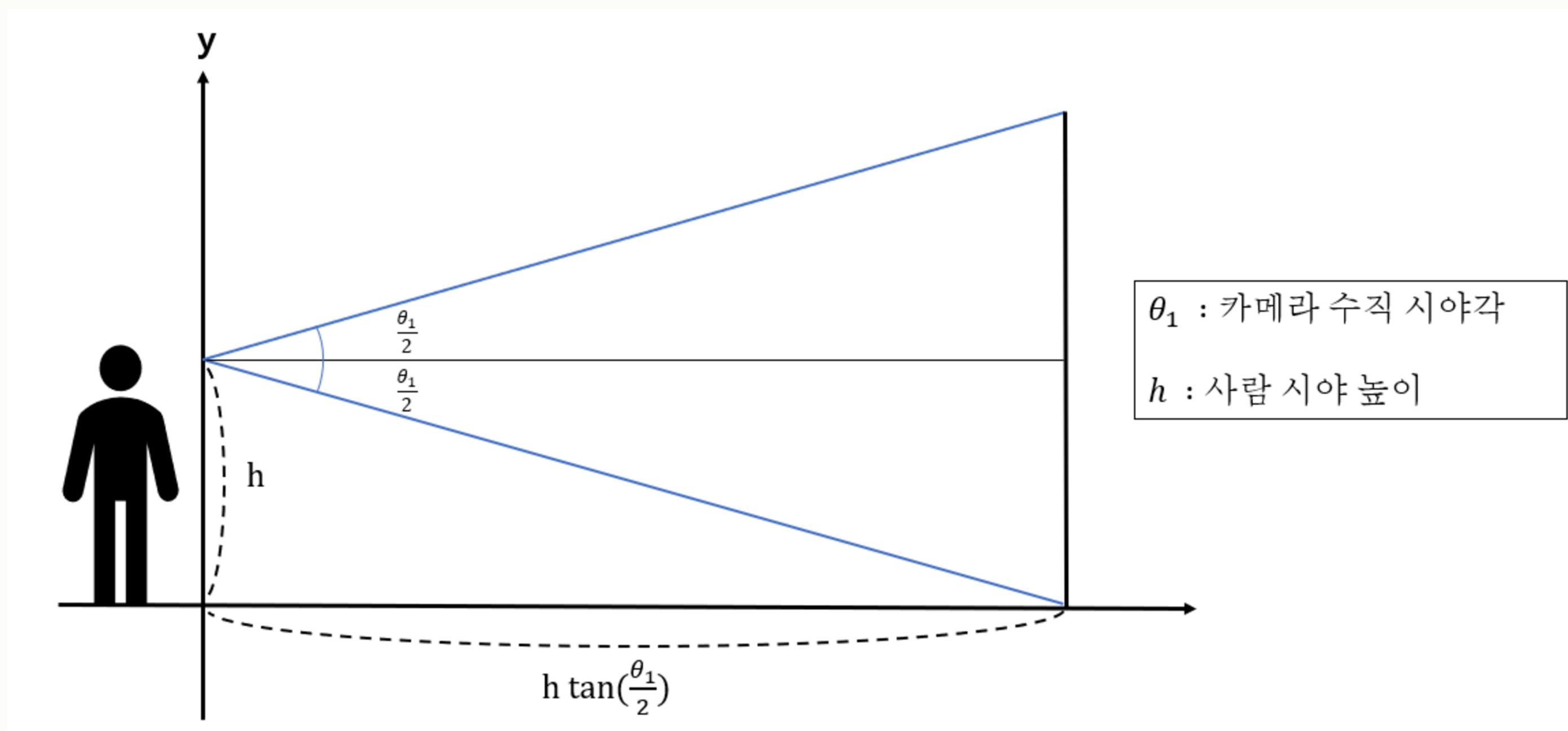
EX) 갤럭시 S24 Ultra

$$\text{VFoV} \quad 2\tan^{-1}\left(\frac{11.72}{2 \times 23}\right) = 28.59^\circ = \theta_1 \text{ (수직)}$$

$$\text{HFoV} \quad 2\tan^{-1}\left(\frac{15.63}{2 \times 23}\right) = 37.53^\circ = \theta_2 \text{ (수평)}$$

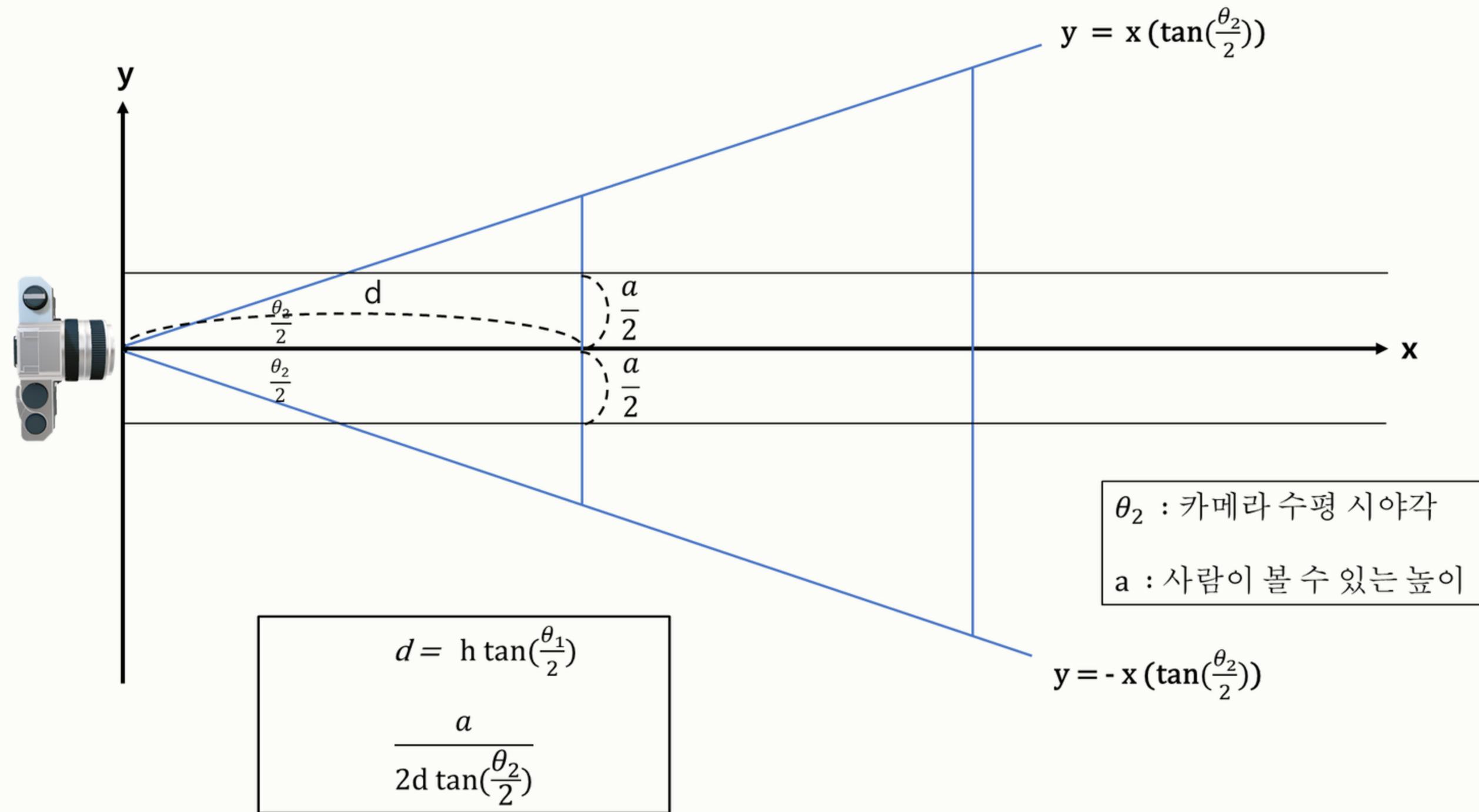
## 4. 실현 가능성 및 활용성

### C. 충돌 가능 영역 정의 2



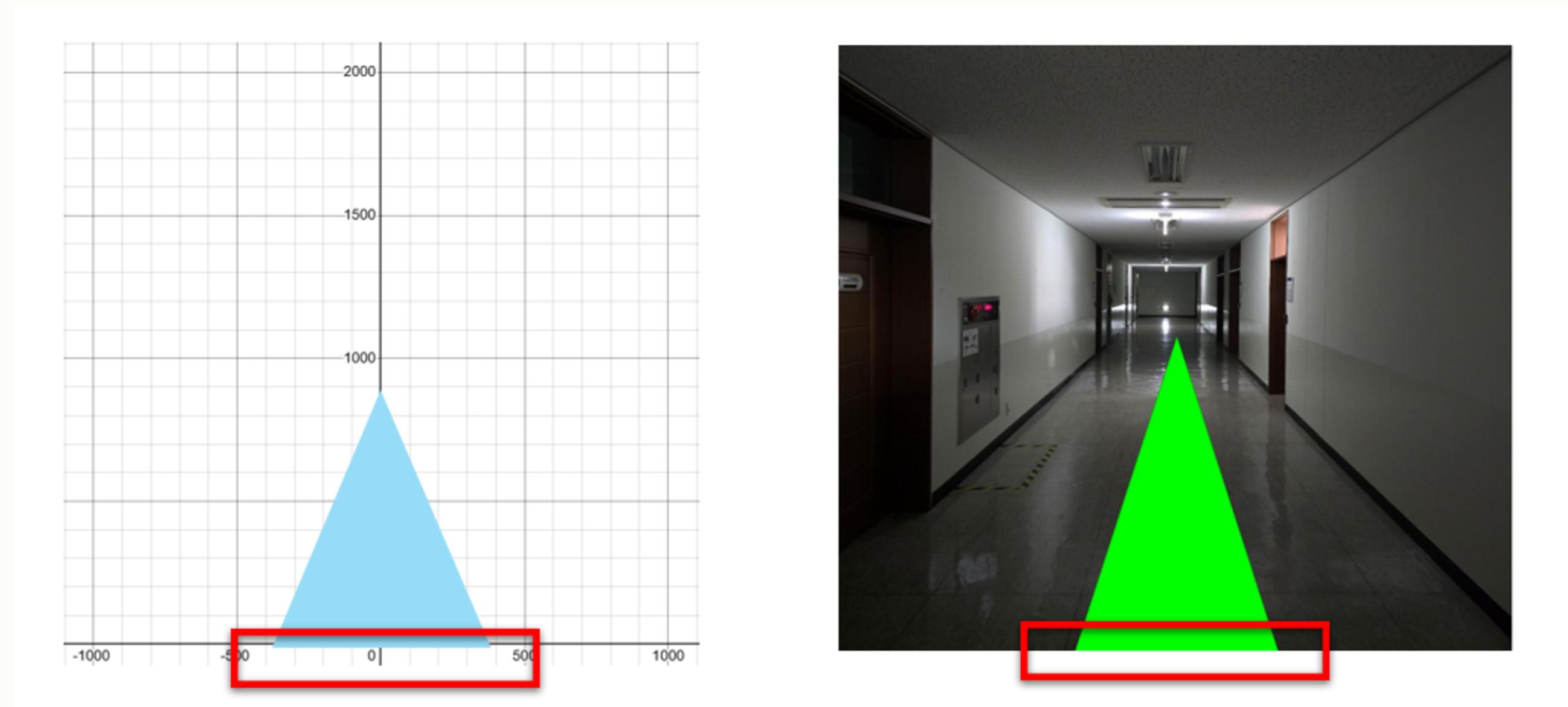
## 4. 실현 가능성 및 활용성

### C. 충돌 가능 영역 정의 2



## 4. 실현 가능성 및 활용성

### B. 시스템 기능 및 구현 방법



## 4. 실현 가능성 및 활용성

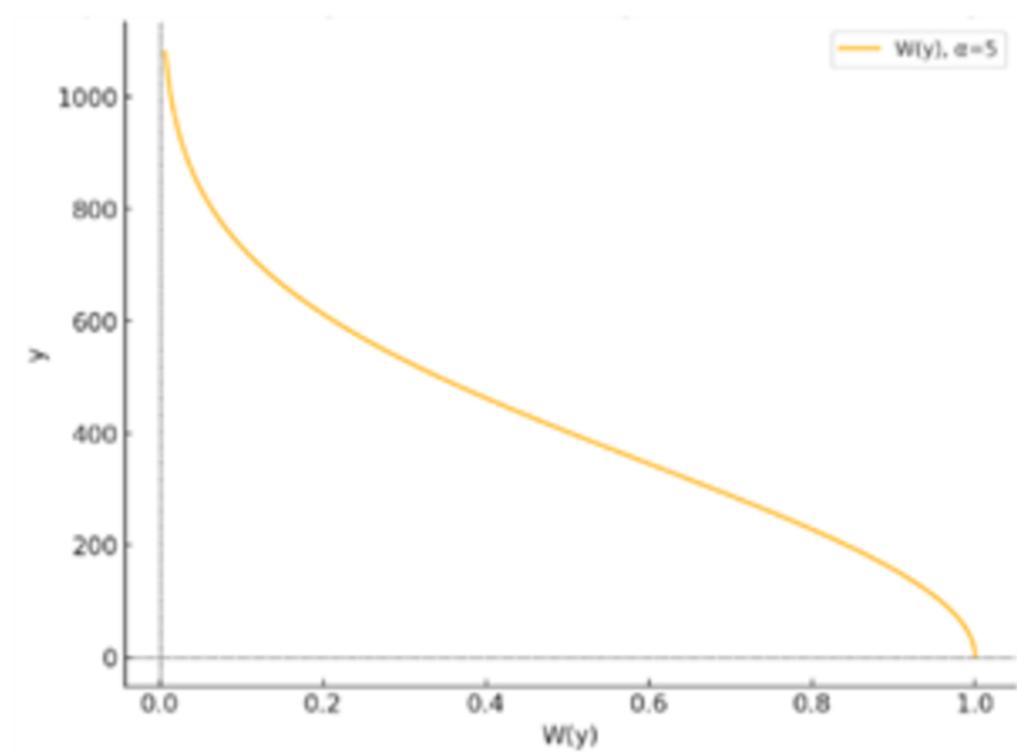
### C. 시스템 기능 및 구현 방법

(1920 × 1080 픽셀)

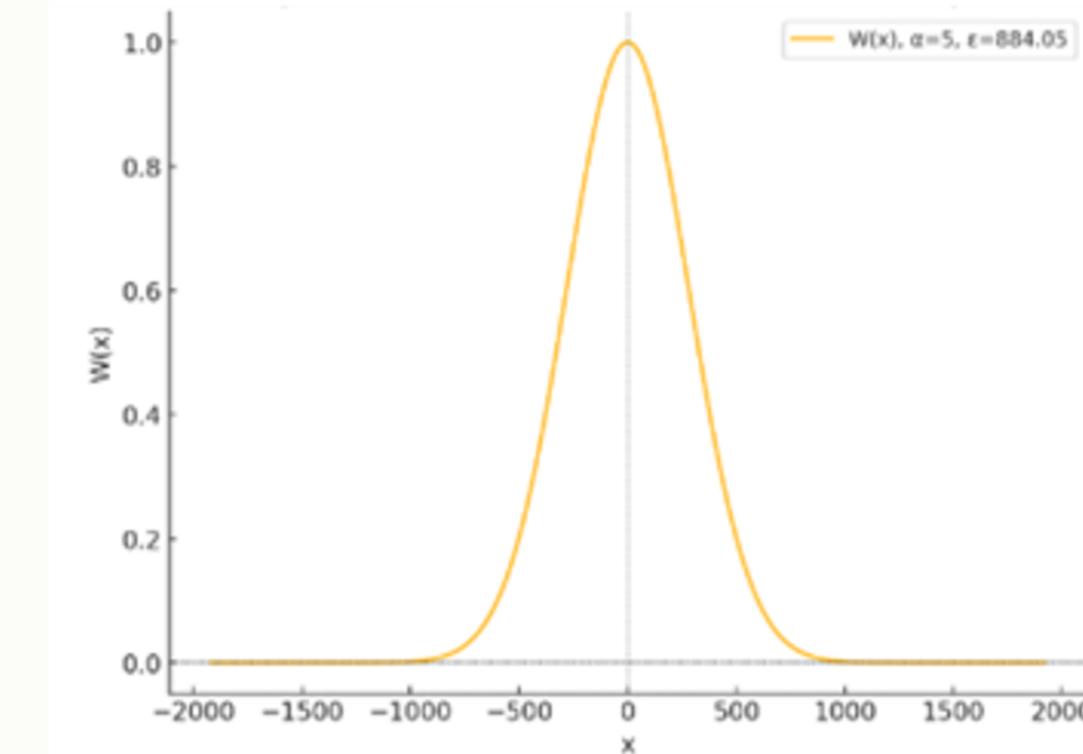
$$W_1(x) = e^{-\beta \frac{y}{1080}}$$

$$W_2(x') = e^{-\alpha \left(\frac{x'}{\epsilon}\right)^2} \quad (\epsilon = \frac{h}{2d \tan(\theta/2)} \times 1920)$$

( $x'$ 는  $x$ 축에서의 예측된  $x$ 값)



[객체와 보행자 간 거리 기반  $y$ 축 가중치 함수]



[객체 예측  $x$ 축 값 가중치 함수]

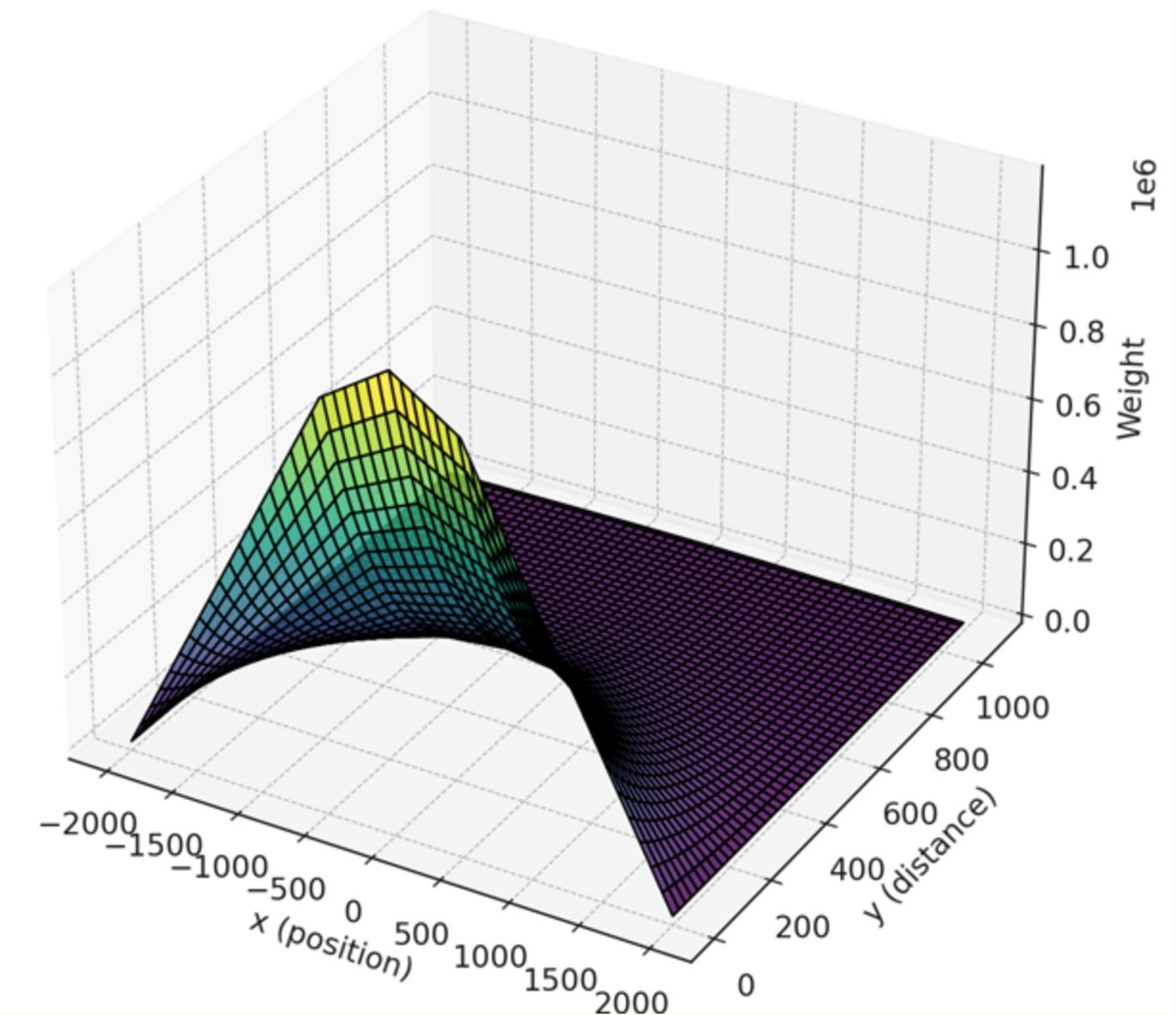
## 4. 실현 가능성 및 활용성

### C. 시스템 기능 및 구현 방법

(최종적인 가중치 함수와 그래프)

$$W(x) = W_{1(y)} \cdot W_{2(x')} = e^{-\beta \frac{y}{1080}} \cdot e^{-\alpha \frac{x'}{\epsilon^2}}, \quad (\epsilon = \frac{h}{2d \tan(\theta/2)} \times 1920)$$

[ $x, y$  가중치를 곱한 최종 가중치]



[최종 가중치에 대한 3차원 그래프]

## 4. 실현 가능성 및 활용성

이 과정에서 객체의 **Bounding Box** 데이터를 기반으로 보행 경로와 충돌 가능성을 계산하며, 보행자의 시야는 2차원 평면(사진 데이터)으로 좌표화하여 객체와 보행 경로의 관계를 시각적으로 분석할 수 있다. 특히, 본 시스템은 **가중치 기반 충돌 가능성 평가 방식**을 통해 위험도를 정밀하게 분석한다.

>>가중치 함수는 객체와 보행자의 상대적 위치와 예측된 이동 경로를 기반으로 설계된다.

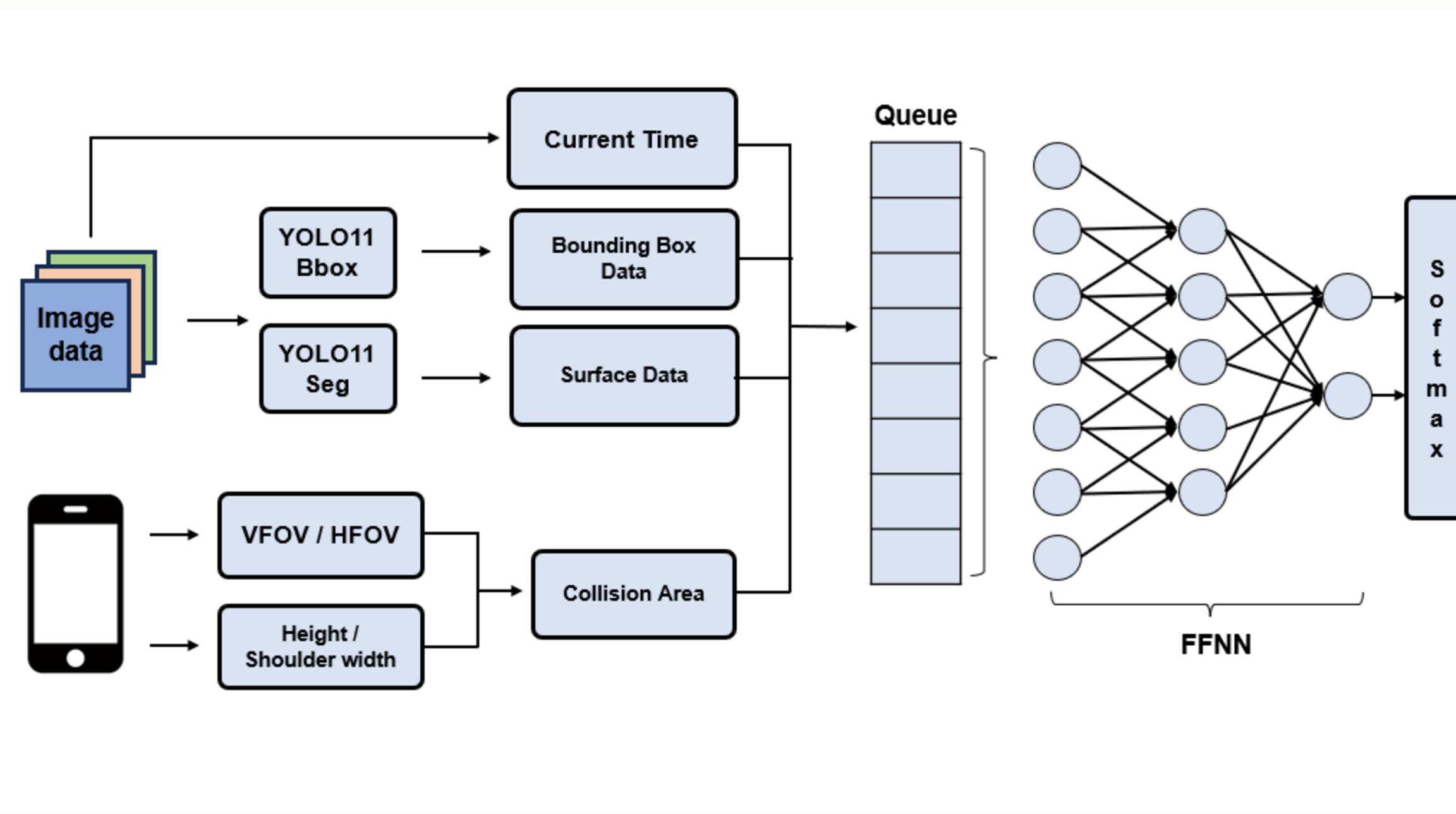
- 첫 번째 가중치는 객체의 현재 위치(y축 기준)에 따라 설정되며, 객체의 **y 좌표가 0에 가까울수록(보행자와 가까울수록)** 더 높은 **가중치**를 부여한다.
- 두 번째 가중치는 객체의 예측 이동 경로와 **x축의 교점이 보행자의 충돌 가능 영역에 포함되는지에 따라** 설정된다.

두 가중치를 곱하여 최종 충돌 가능성을 계산,

이 값이 특정 임곗값을 초과할 경우 보행자에게 경고를 제공.

# 4. 실현 가능성 및 활용성

## A. AI 전체 구조 및 특징



# 4. 실현 가능성 및 활용성

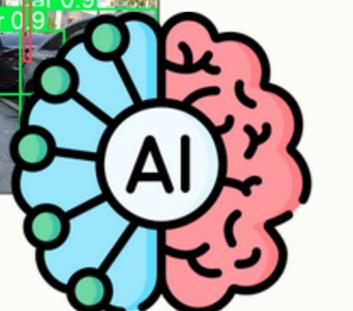
## B. 객체 인식을 위해 사용할 데이터셋 (YOLO)

장애물			
대분류	소분류	이동체	고정체
라벨명 (뜻)	bicycle(자전거)	movable_signage (안내판)	Barricade (바리케이드)
	bus(버스)	person(사람)	bench(벤치)
	Car (승용차)	Scooter (두 발로 탈수 있는 기구)	bollard(볼라드)
	Carrier (손수레)	stroller(유모차)	power_controller (전력제어함)
	Cat (고양이)	Wheelchair (휠체어)	chair(1인 의자)
	dog(개)		Stop (버스/택시 정류장)
	Motorcycle (오토바이)		fire_hydrant (소화전)
			Kiosk (ATM기기 등 독립된 단말기)
			table (탁자)
			traffic_light (신호등)
			traffic_light_controller (신호등제어기)
			parking_meter (주차요금정산기)
			traffic_sign (교통표지판)
			tree_trunk (가로수 기둥)

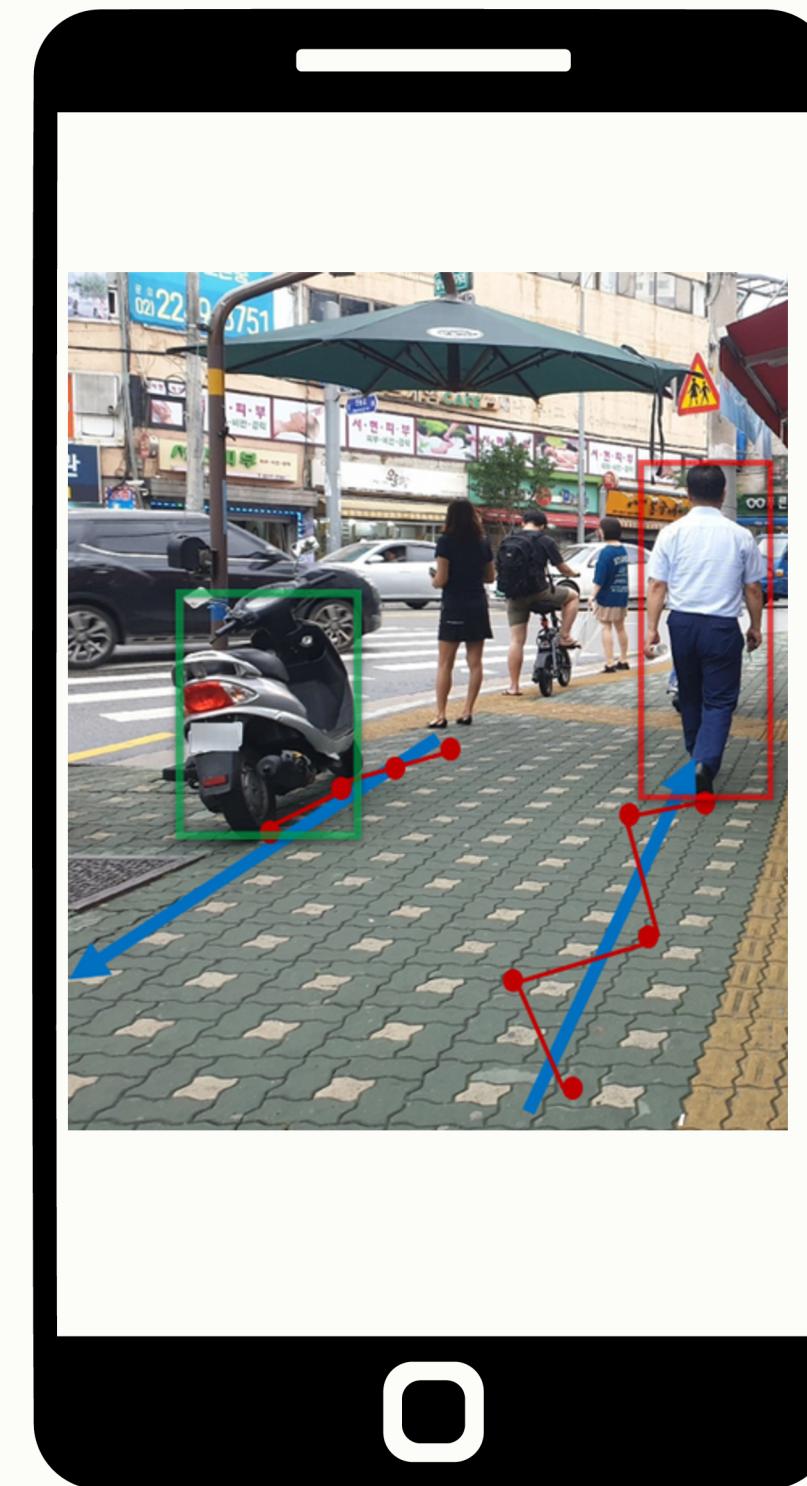
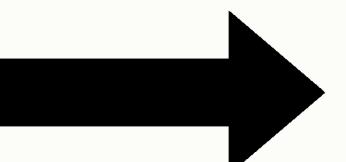
노면							
대분류	소분류	Alley (사람, 차 모두 가능한 길)	Bike_lane (자전거 도로)	Braille_guide_blocks (점자블록)	Caution_zone (주의구역)	Roadway (찻길)	Sidewalk (인도)
라벨명 (뜻)	Crosswalk (횡단보도)	(속성값 없음)		damaged (파손)	grating (그레이팅)	Normal (일반)	asphalt (아스팔트)
	Damaged (파손)			Normal (일반)	Manhole (맨홀)	Normal (일반)	blocks (보도블럭)
	Normal (일반)				repair_zone (보수구역)		Cement (시멘트)
	speed_dump (과속방지턱)				Stairs (계단)		Damaged (파손)
					tree_zone (가로수영역)		Other (기타)
							Soil/Stone (흙/돌)
							urethane (우레탄)

# 4. 실현 가능성 및 활용성

## B. 객체 인식 (YOLO)

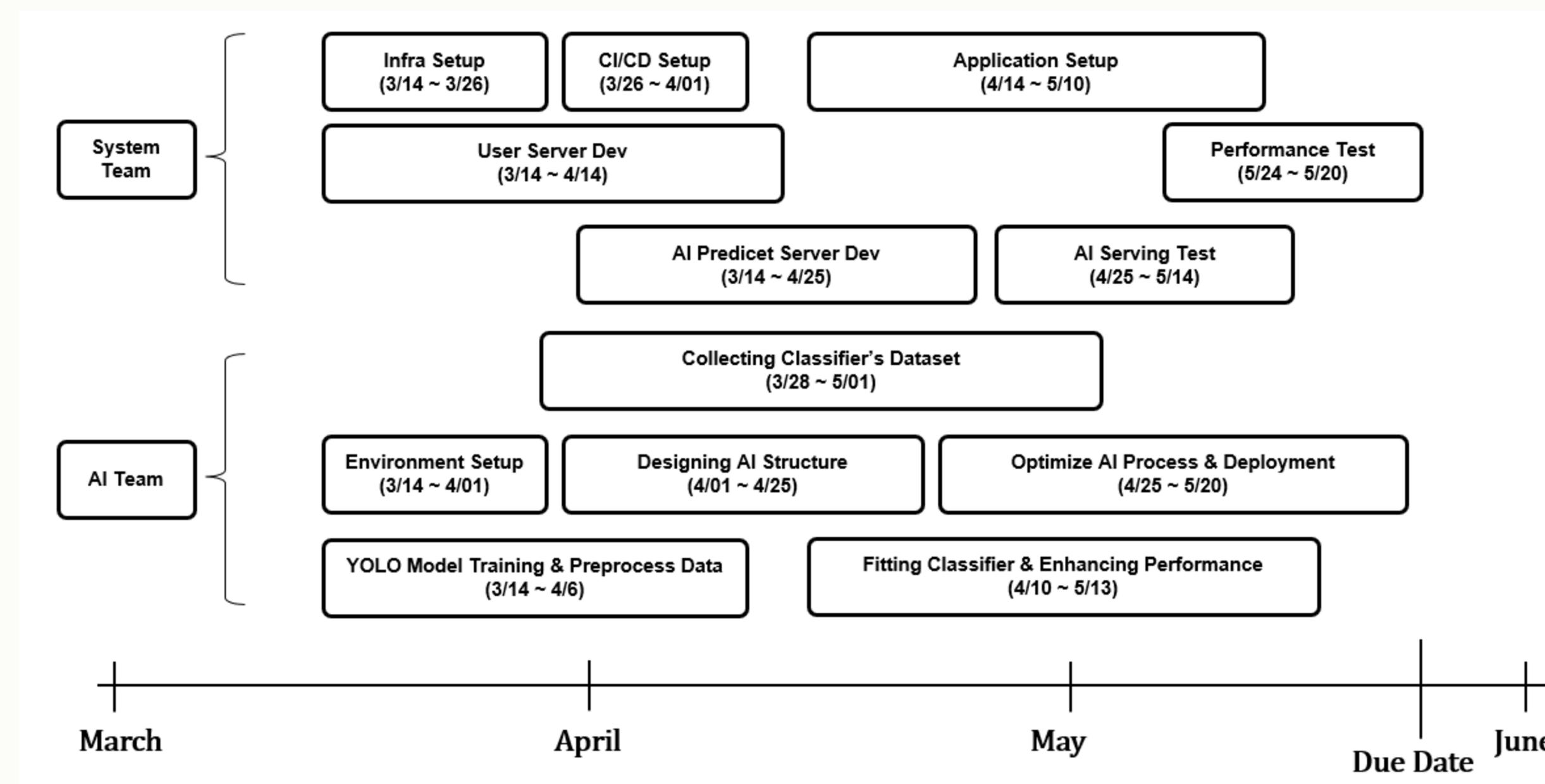


Alert!



# 4. 실현 가능성 및 활용성

## B. Milestone



## 4. 실현 가능성 및 활용성

### C. Team Role

#### 팀원 별 역할

-  차호현: 시스템 인프라 환경 구성 및 백엔드 아키텍처 설계 (Main)
-  김병하: 모바일 애플리케이션 개발 및 백엔드 서브 기능 구현
-  임석범: AI 구조 설계, 모델 최적화 및 성능 검증
-  이승재: 학습용 데이터셋 수집 및 전처리, 분류기 성능 분석 및 평가

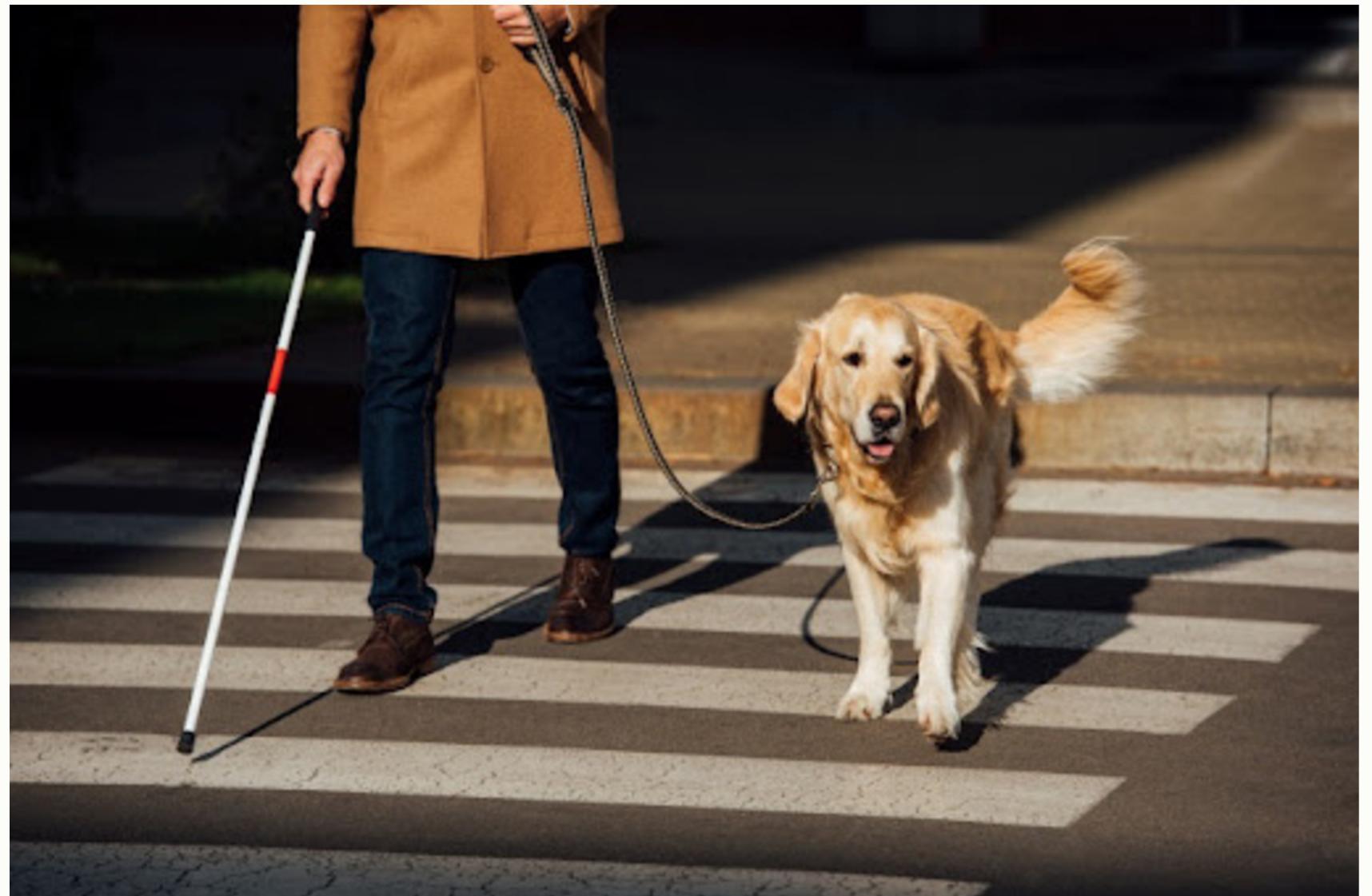
## 5. 기대효과 및 사회적 가치

---

## 5. 기대효과 및 사회적 가치

### 기대효과

- 시각 장애인의 안전한 보행 지원
- 시각 장애인의 독립성 향상
- 사회적 포용성 증대
- 글로벌 확장 가능성



## 5. 기대효과 및 사회적 가치

### 사회적 가치(영향)

이 AI 웨어러블 디바이스는 단순히 기술적 혁신을 넘어, 시각 장애인들이 자신의 권리와 **독립성 및 자율성을 실현**할 수 있도록 지원한다. 이는 장애인과 비장애인의 함께 더 나은 삶을 누리는 포용적인 사회를 만들고, 나아가 **사회적 평등을 실현**하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.



#### AI 기술 + 사회적 가치

지역 사회뿐만 아니라 글로벌 차원에서 긍정적이고 지속 가능한 변화!

감사합니다.

---