

자율 주행 버스 내 승객 안전 보호 시스템

목차

TABLE OF CONTENTS

01 시스템 개요

02 시스템 설계

- 기능 리스트
 - 하드웨어 & 소프트웨어 구성도
 - 시퀀스 다이어그램
-

03 시스템 구현

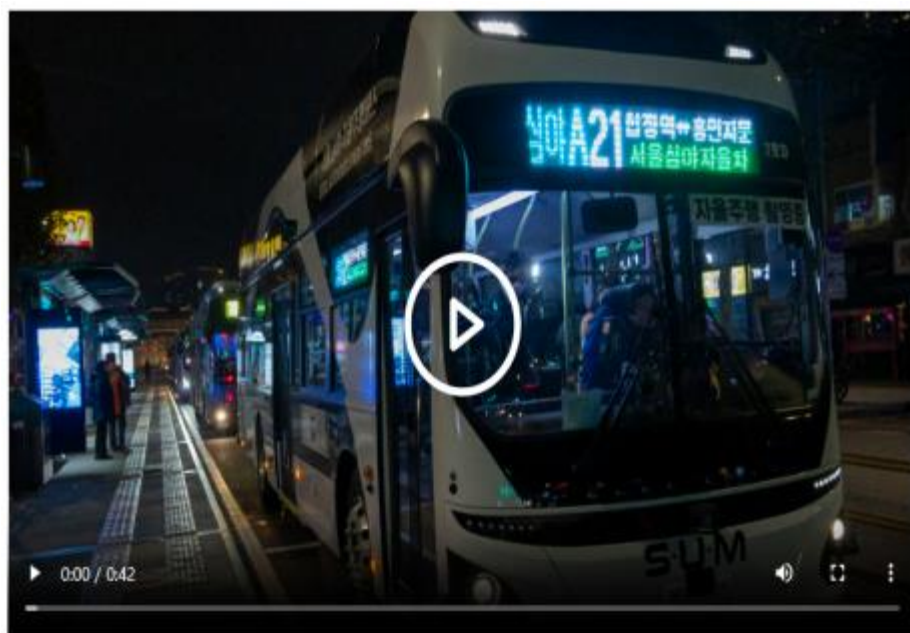
- 딥러닝 모델 (Detection & LSTM)
 - ROS2 통신
 - GUI
-

04 결과 및 회고

시스템 개요

01 시스템 개요

서울 심야 자율주행버스 8천명 탑승...7월부터 유료



[4월 5일(금) 오늘, 서울시] 서울 자율주행버스, 전국 확대 전망



01 시스템 개요



01 시스템 개요

자율 주행 버스 내에서 승객의 안전을 위한 모니터링 서비스

-카메라 구도 별 실시간 모니터링

-딥러닝 기반 위험 상황 및 물품 감지

-버스 내 관리자에게 실시간 상황 알람



서비스 설계

2.1.1 기능리스트 - Detection AI Service

- 사고 예방_위험물품

구분	기능 이름	기능 설명
D_R_01	승차 시 승객 수 감지 기능	입력 영상 속 승차하는 승객 수 감지한다.
D_R/M_02	위험 물품 소지 감지 기능	영상 속 차 내 승객 손에 든 객체를 감지한다.
D_R/M_03	위험 물품 클래스에 대한 추론 기능	AI는 감지된 객체가 모델이 학습된 클래스에 해당되는지를 추론한다.
A_R/M_04	위험 물품 감지시 알림 기능	흥기 등 위험 물품 감지한 경우 운전자 및 승객들에게 알린다. ex. 설정된 상황별 감지 레벨에 맞춰 색상 다르게 표시
A_R/M/S_05	유사 위험 상황 실시간 확인 기능	운전자가 상황별 감지 레벨에 맞춰 표시되는 버튼을 통해 실시간 상황 확인 가능하다.
A_R/M_06	위험 물품 감지 시 이미지 요청 기능	감지된 객체가 학습한 객체인 경우, 알림 서비스는 AI에게 그 상황에 대한 이미지를 요청한다.
A_R/M/S_07	유사 위험 상황 강제 확인 기능	운전자가 위험 상황에 대해 응답이 없을 경우 더 높은 감지 레벨로 강제 확인시킨다.

D: Detection AI service

A: Alarm service

R: Ride(승차)

M: Moving(주행)

S: Stop(하차)

2.1.2 기능리스트 - Detection AI Service

- 사고 예방_거동 불편자
 - ex. 휠체어, 목발 사용자 등

구분	기능 이름	기능 설명
D_R_08	승차 시 승객 수 감지 기능	입력 영상 속 승차하는 승객 수 감지한다.
D_R_09	거동 불편자 승객 초기 감지 기능	영상 속 승차하는 거동 불편자 승객을 감지한다.
D_R/M_10	거동 불편자 클래스에 대한 추론 기능	AI는 감지된 객체가 모델이 학습된 클래스에 해당되는지를 추론한다.
A_R/M_11	거동 불편자 감지시 알림 기능	거동 불편자가 감지된 경우 운전자 및 승객들에게 알린다. ex. 설정된 상황별 감지 레벨에 맞춰 색상 다르게 표시
A_R/M/S_12	유사 위험 상황 실시간 확인 기능	운전자가 상황별 감지 레벨에 맞춰 표시되는 버튼을 통해 실시간 상황 확인 가능하다.
A_R/M_13	거동 불편자 감지 시 이미지 요청 기능	감지된 객체가 학습한 객체인 경우, 알림 서비스는 AI에게 그 상황에 대한 이미지를 요청한다.
A_R/M/S_14	유사 위험 상황 강제 확인 기능	운전자가 위험 상황에 대해 응답이 없을 경우 더 높은 감지 레벨로 강제 확인시킨다.

D: Detection AI service

A: Alarm service

R: Ride(승차)

M: Moving(주행)

S: Stop(하차)

2.1.3 기능리스트 - Detection AI Service

- 사고 예방_탑승인원 수 모니터링

구분	기능 이름	기능 설명
D_R_15	승차 시 승객 수 감지 기능	입력 영상 속 승차하는 승객 수 감지한다.
D_R/M/S_16	영상 속 군집 단위 승객 감지 기능	내부 혼잡도 기준 값을 통해 승차 가능 여부를 파악한다.
A_R/M_17	기준 값 승객 수 감지시 요청 기능	감지된 객체수가 초과 여부를 파악한다. AI에게 그 상황에 대한 데이터(ex. INT형)를 요청한다.
A_R/M/S_18	기준 값 승객 수 알림 기능	정지 혹은 주행 상황에서 승객 수가 기준값 도달 시 운전자에게 알린다. ex. 이모지 표현: 보통 - 혼잡 - 매우 혼잡
A_R/M_19	거동 불편자 감지 시 이미지 요청 기능	감지된 객체가 학습한 객체인 경우, 알림 서비스는 AI에게 그 상황에 대한 이미지를 요청한다.

D: Detection AI service

A: Alarm service

R: Ride(승차)

M: Moving(주행)

S: Stop(하차)

2.1.4 기능리스트 - Pose Estimation AI Service

- 사고 대응_ 비정상 상황 발생
 - ex. 쓰러진 승객, 폭행

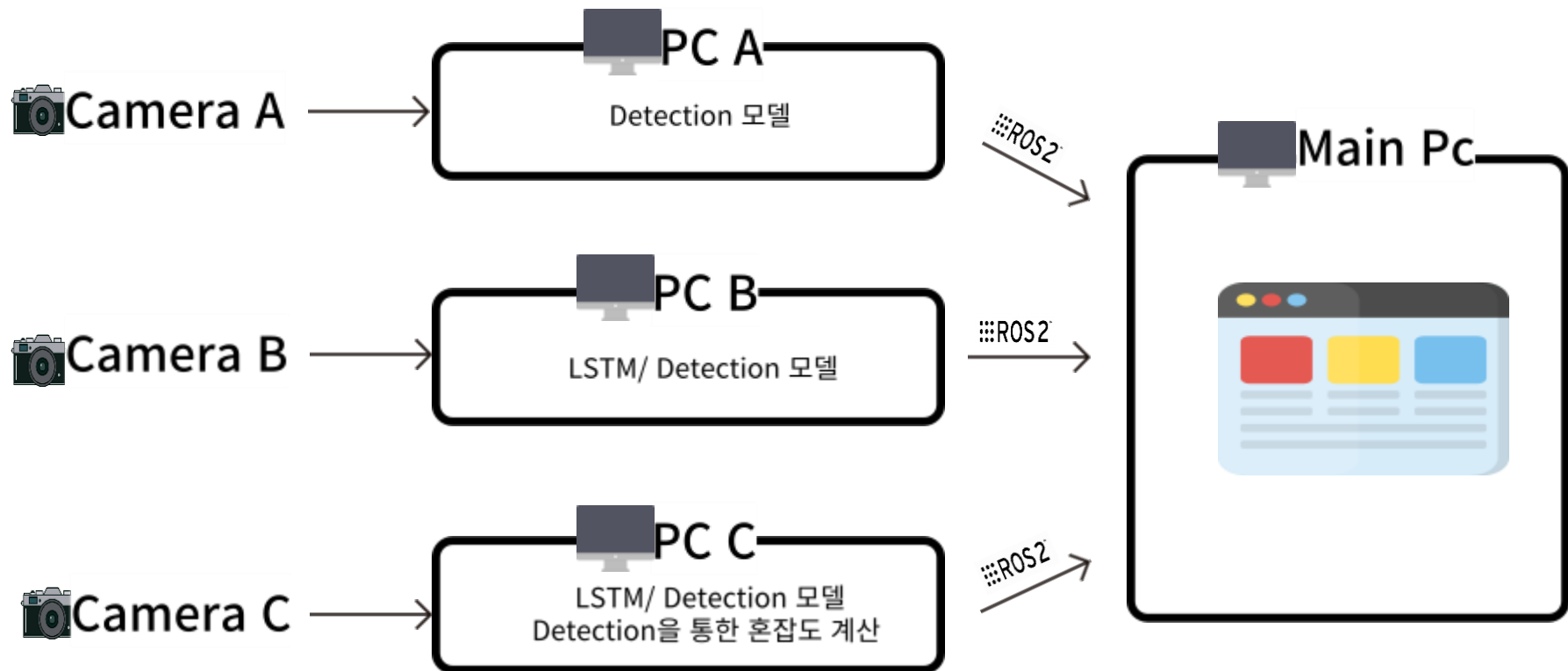
구분	기능 이름	기능 설명
P_R_20	쓰러진 승객 발생 상황 감지 기능	승객의 행동을 인식하여 쓰러진 승객이 있는지 감지한다.
P_R_21	쓰러진 승객 발생 상황 알림 기능	버스 내 쓰러진 승객이 발생한 경우 운전자에게 알린다.
P_R_22	폭행 발생 상황 감지 기능	승객의 행동을 인식하여 폭력을 행하는 승객이 있는지 감지한다.
P_R_23	폭행 발생 상황 알림 기능	버스 내에 승객 간의 폭행이 발생한 경우 운전자에게 알린다.
P_R_24	비정상적 상황 감지 시 요청 기능	감지된 행동이 학습된 행동인 경우 알림 서비스는 AI에게 그 상황에 대한 동영상 요청한다.
P_R_25	비정상적 상황 감지 시 기록 기능	버스 내 발생한 비정상적 상황 발생에 대한 로그를 남긴다.
P_R_26	긴급 출동 요청 기능	긴급 상황이 발생한 경우 인근 경찰서 등에 출동 요청한다. ex. 운전자 폭행

P: Pose Estimation AI service

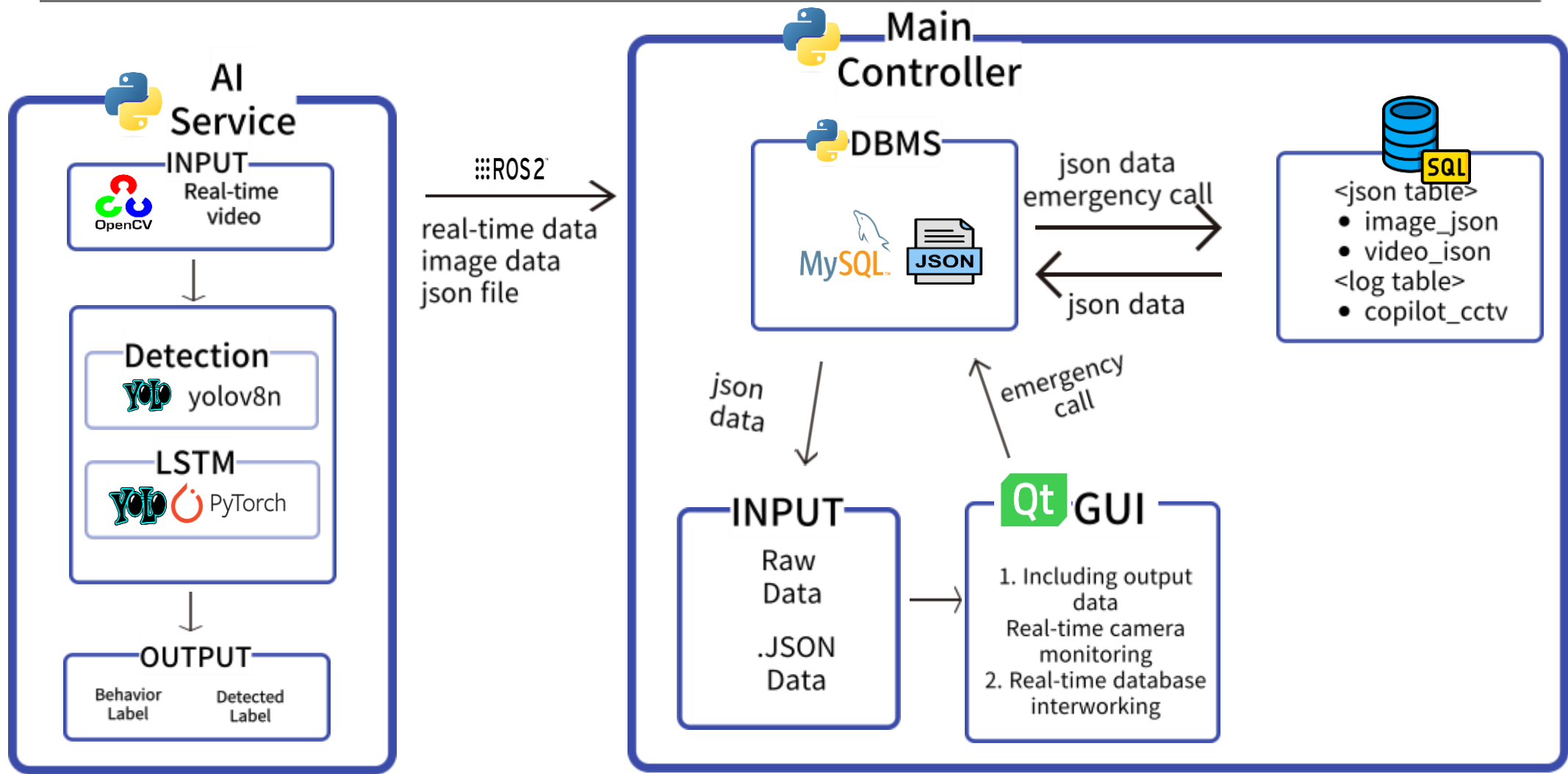
A: Alarm service

R: Ride(승차)

2.2 하드웨어 구성도

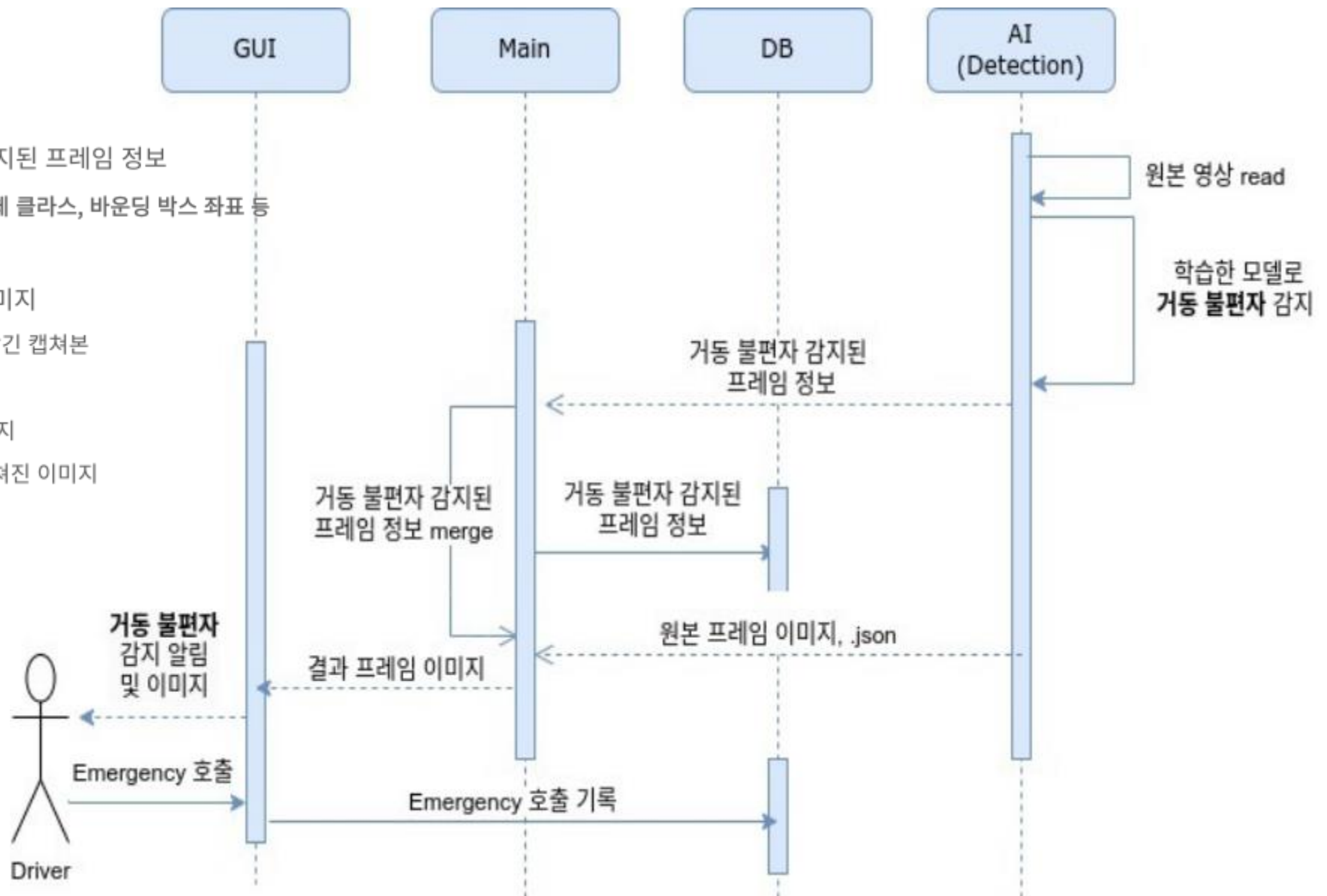


2.3 소프트웨어 구성도

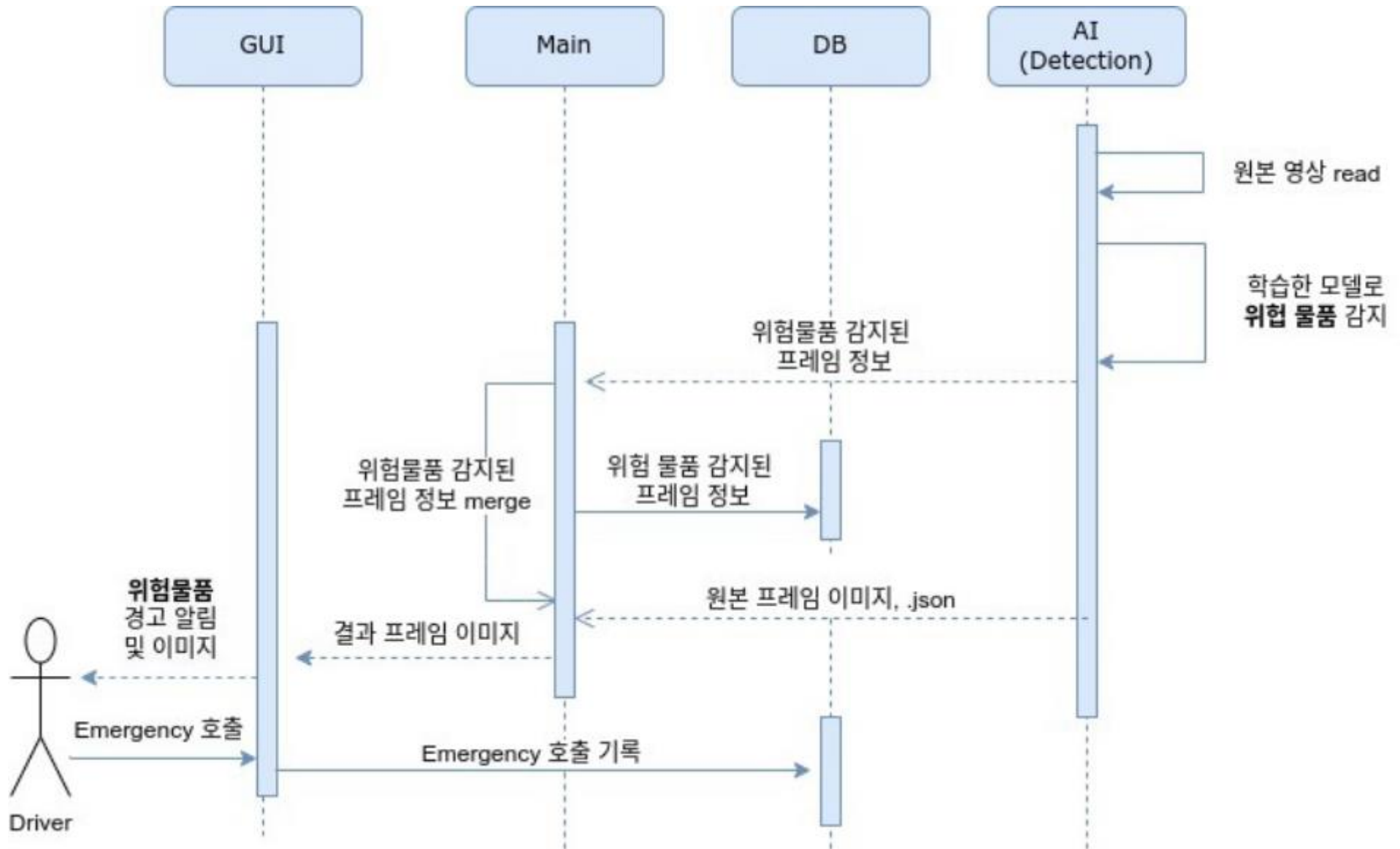


2.4.1 사고예방 - 거동 불편자 승객 감지 시나리오

- 거동 불편자 감지된 프레임 정보
 - ex. 감지된 객체 클래스, 바운딩 박스 좌표 등
 - json 파일
- 원본 프레임 이미지
 - 감지된 객체 담긴 캡처본
 - jpg 파일
- 결과 프레임 이미지
 - json + jpg 합쳐진 이미지



2.4.2 사고예방 - 위험물품 소지 승객 감지 시나리오



2.4.3 사고대응 - 쓰러진 승객 감지 시나리오

- 원본에서 검출된 Skeleton 좌표

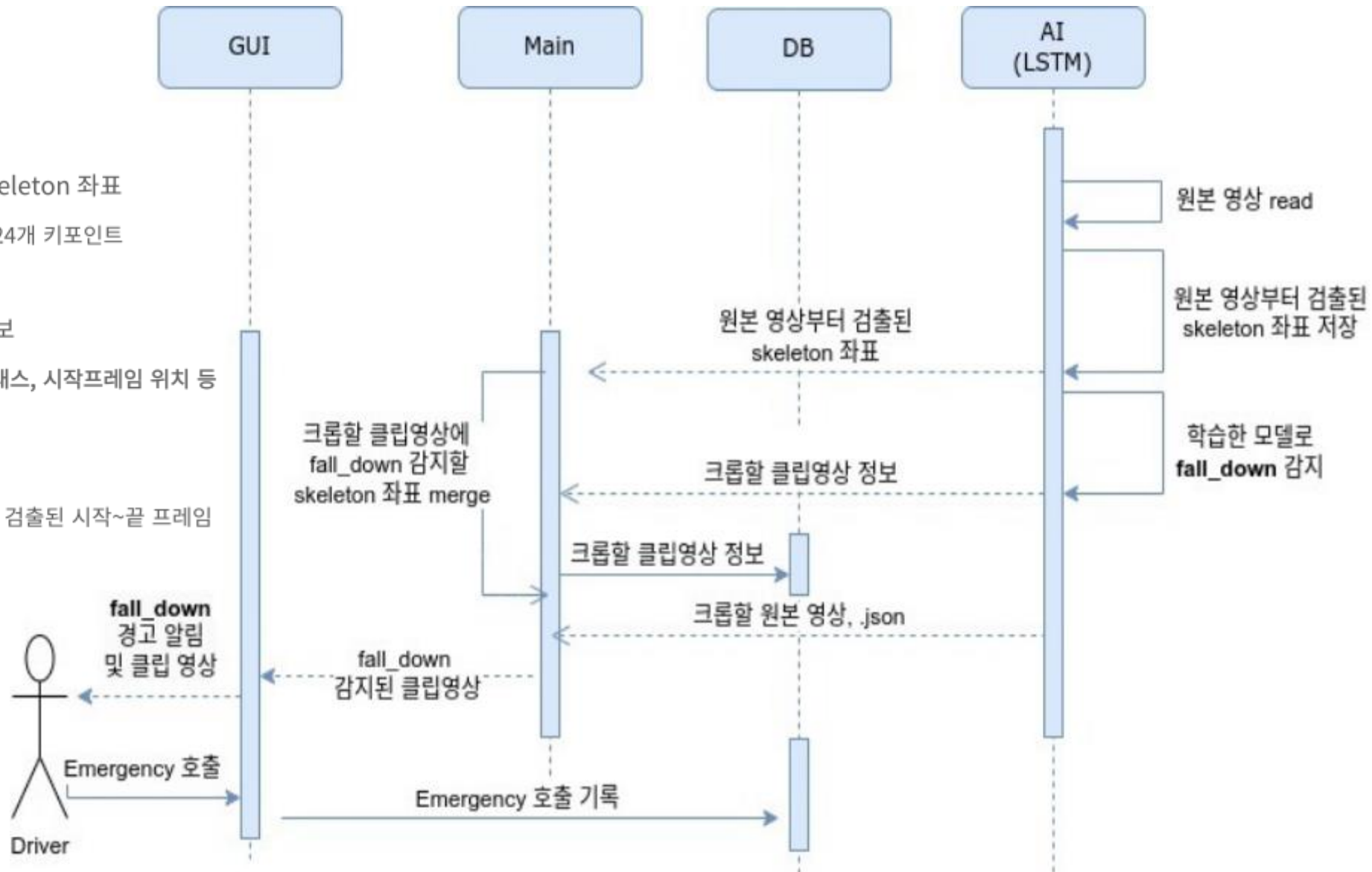
- 사람 12개 관절 총 24개 키포인트
- txt 파일

- 크롭할 클립영상 정보

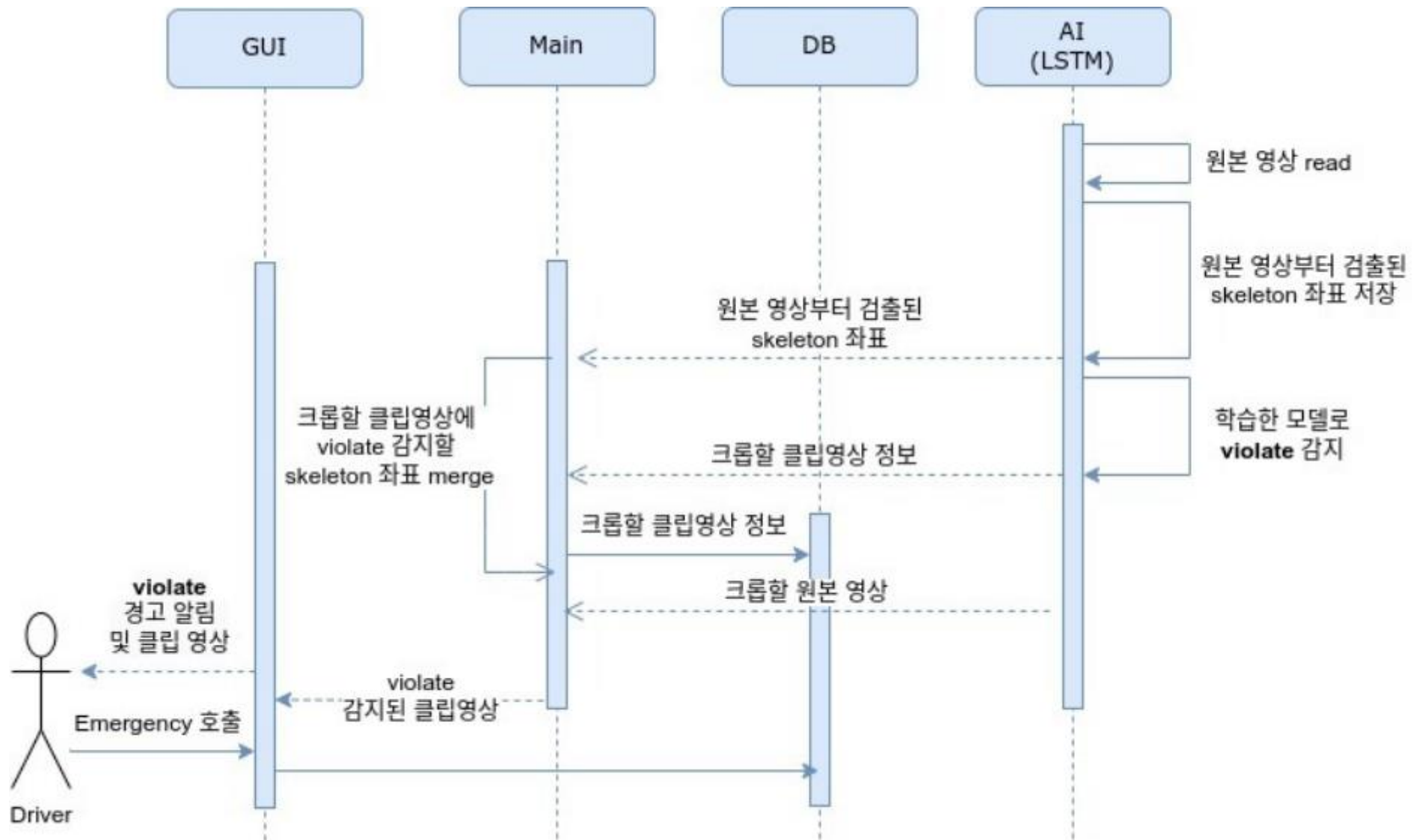
- ex. 발생한 상황 클래스, 시작프레임 위치 등
- json 파일

- 크롭할 원본 영상

- 원본에서부터 Pose 검출된 시작~끝 프레임
- mp4 파일



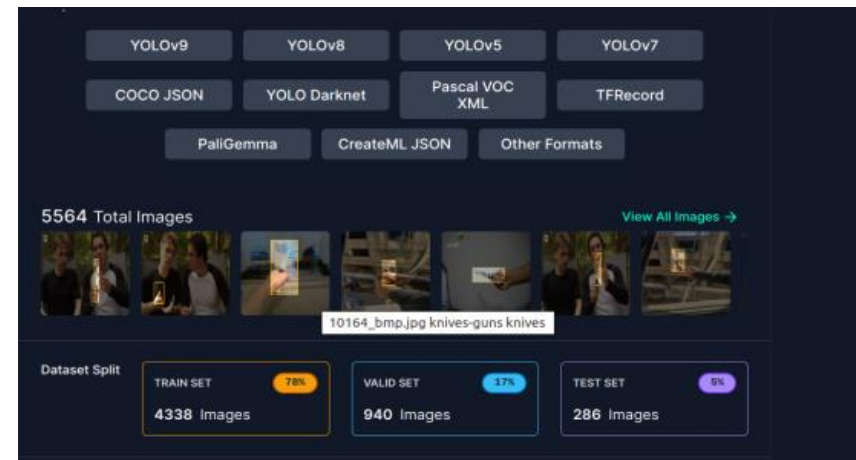
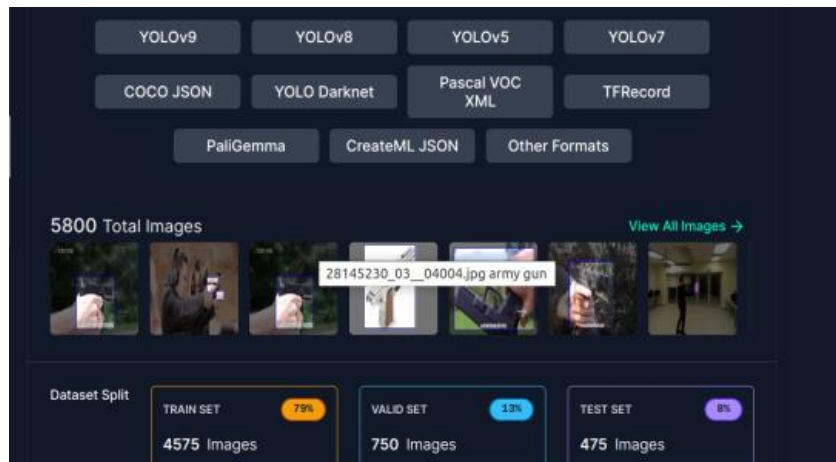
2.4.4 사고대응 - 폭행 발생 감지 시나리오



기술 조사

3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

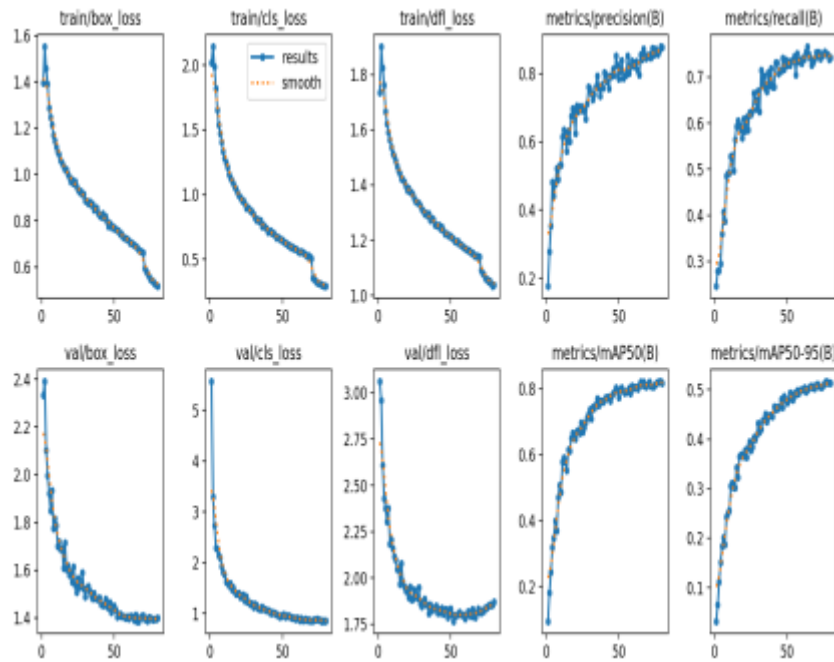
roboflow universe dataset 활용



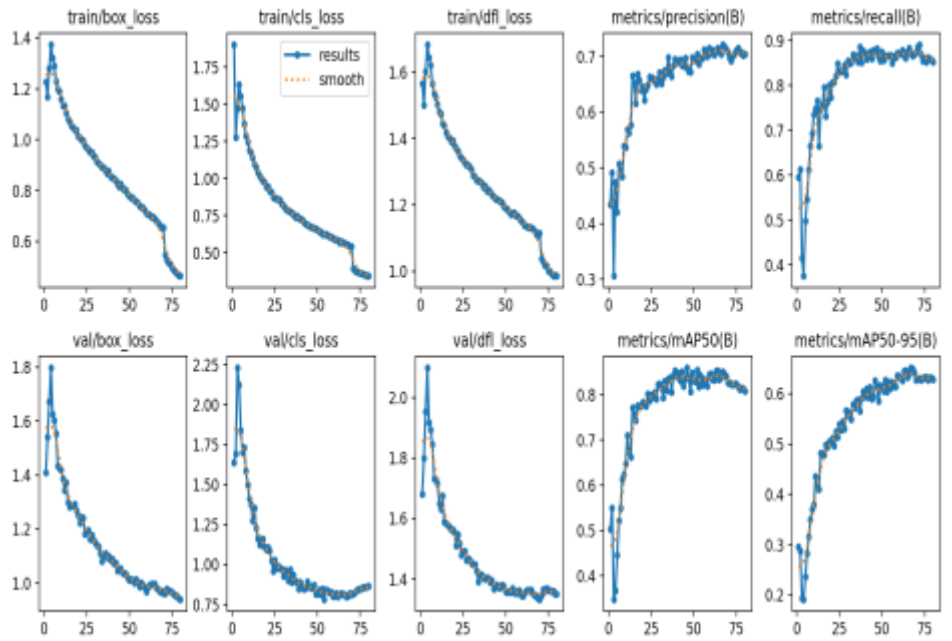
3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

yolov8m.pt model train 결과

epochs=50



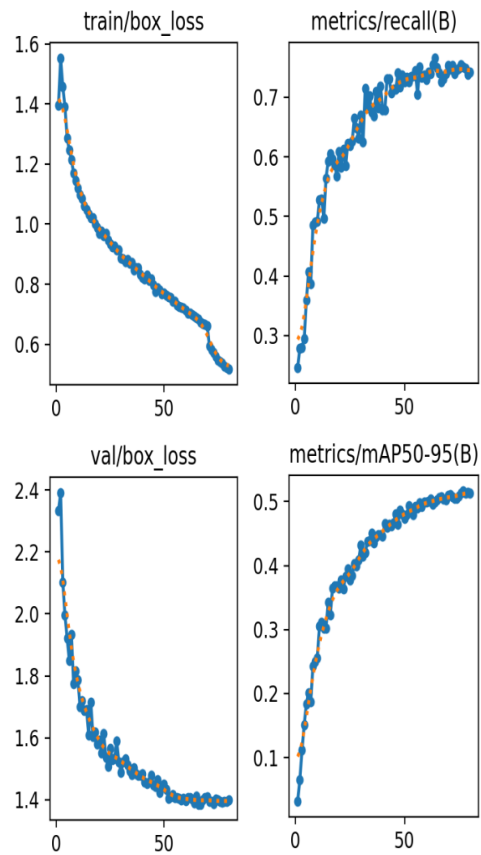
epochs=80



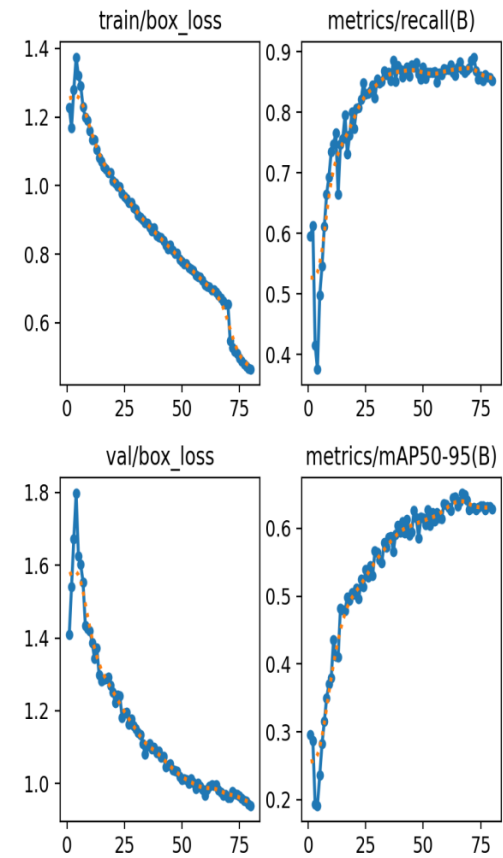
3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

yolov8m.pt model train 결과

epochs=50



epochs=80



3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

- 개선된 결과: epoch 수 증가

epochs=50



epochs=80



3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

- 개선된 결과: epoch 수 증가

epochs=50



epochs=80



3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

- 이상 결과: FP 경우 감지

epochs=50



epochs=80



3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

- 이상 결과: FP 경우 감지

epochs=50



epochs=80



3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

- 이상 결과: 과적합 발생

epochs=50



epochs=80



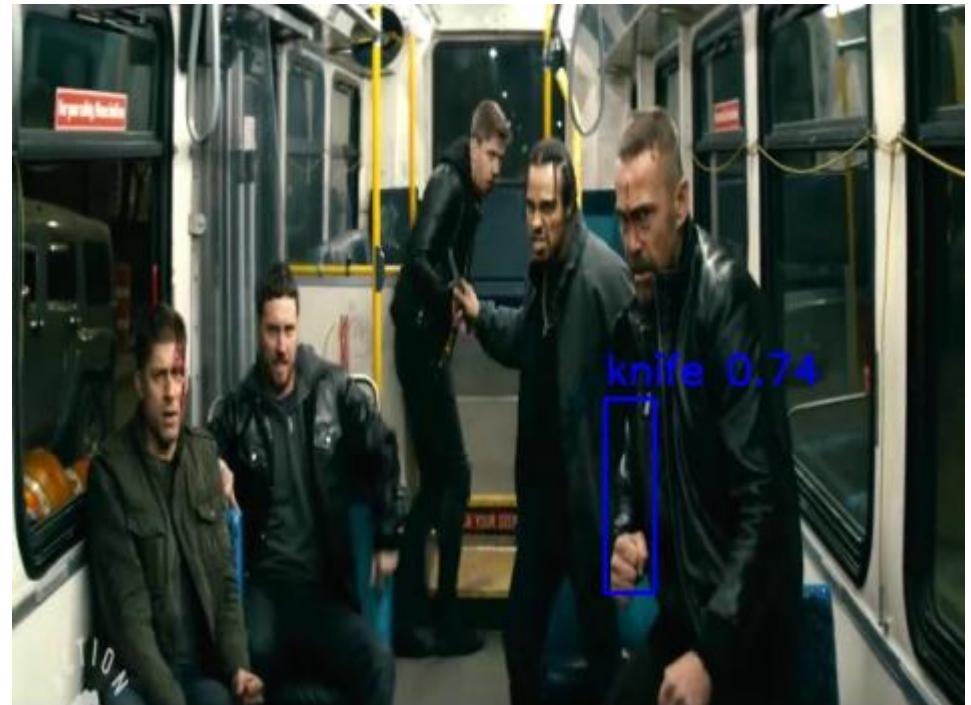
3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

- 이상 결과: 과적합 발생

epochs=50

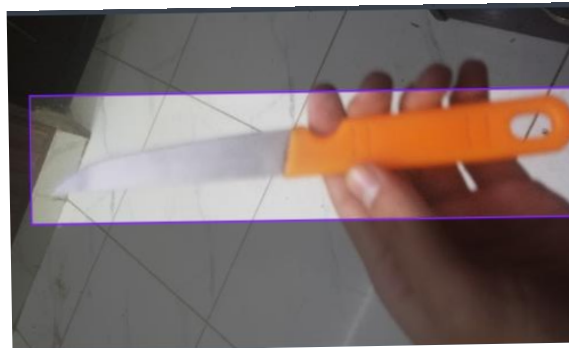
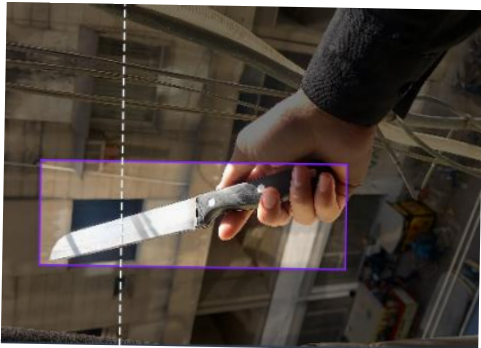
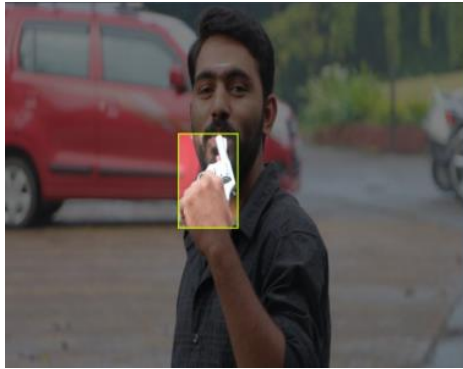


epochs=80



3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

roboflow universe dataset



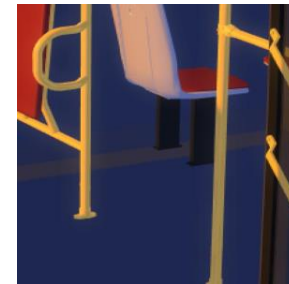
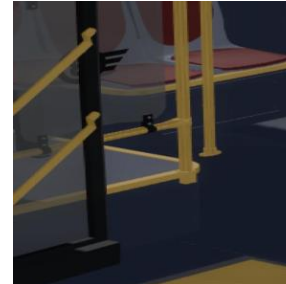
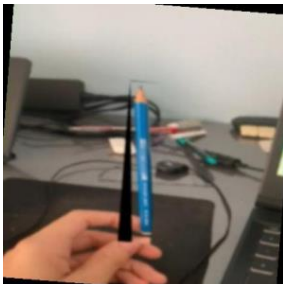
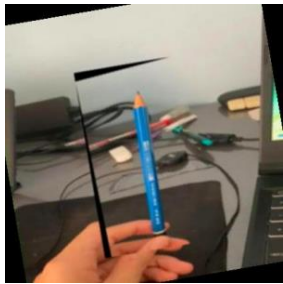
3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

Solution

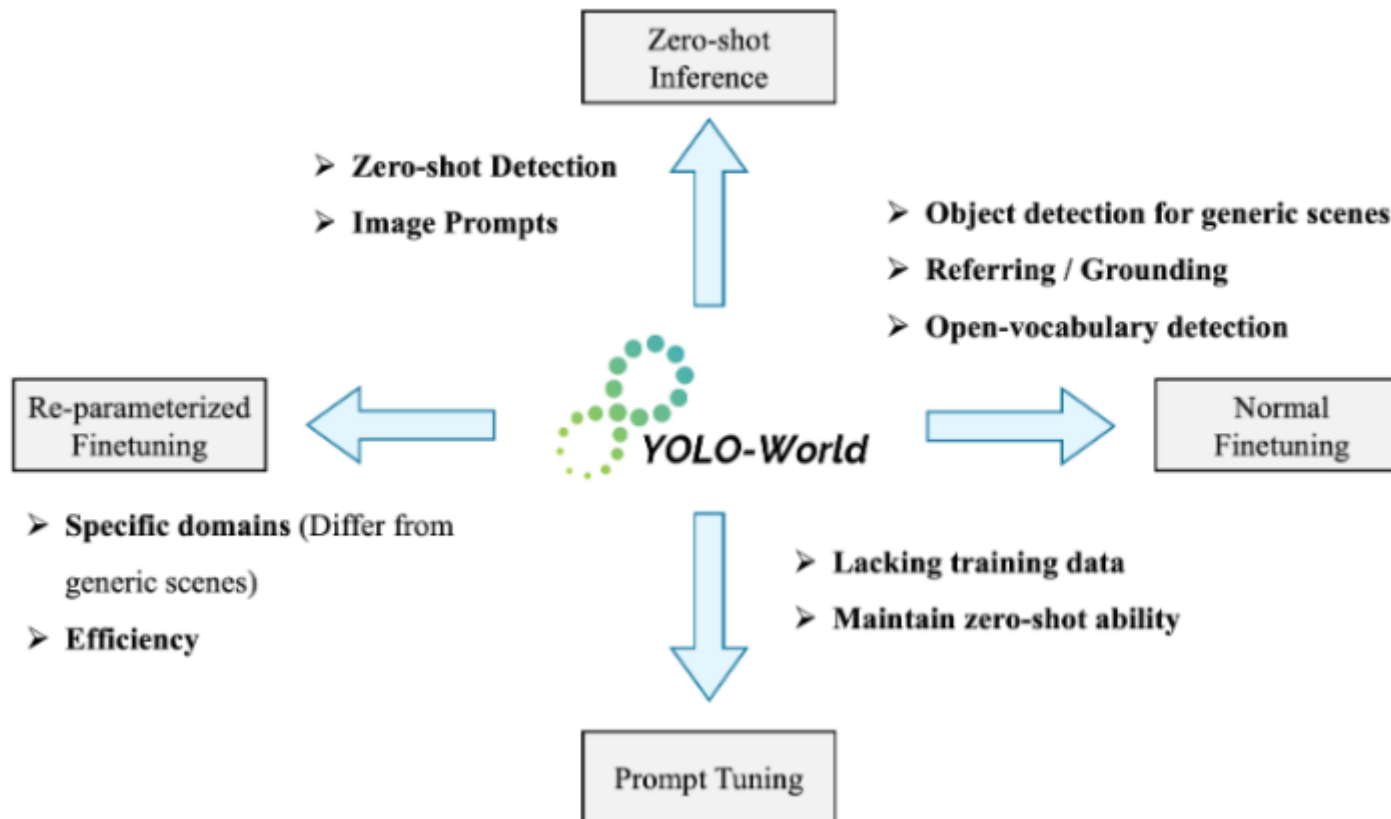


3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

Solution



3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능



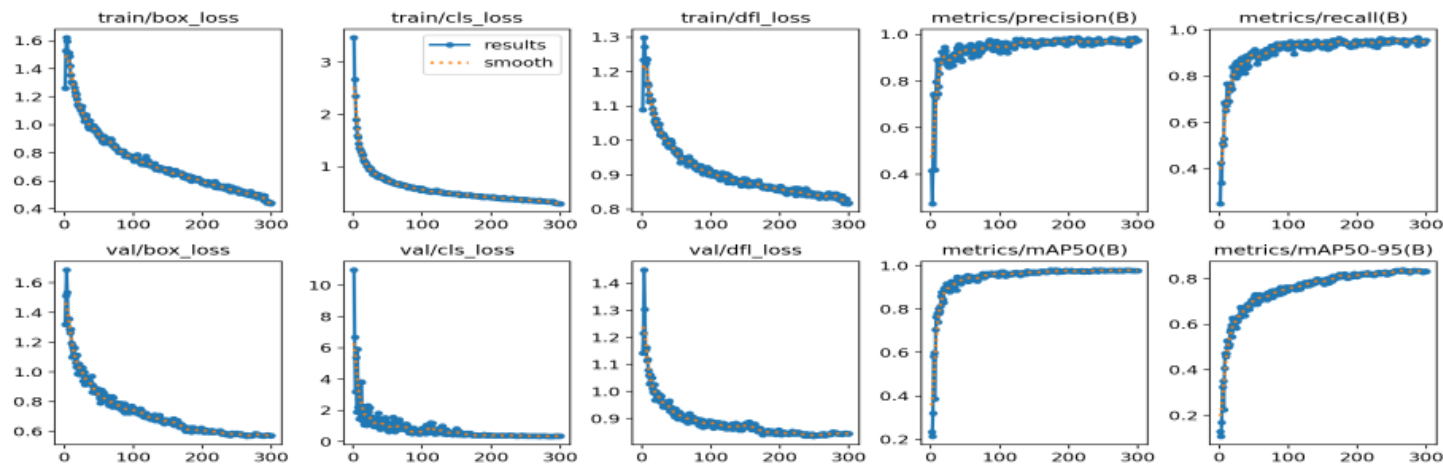
3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

yolov8n.pt model train 결과

```
AMP: checks passed ✓
train: Scanning /content/knife/YOLODataset/labels/train... 1641 images, 429 backgrounds, 0 corrupt: 100%|██████████| 1641/1641 [00:01<00:00, 971.00it/s]
train: New cache created: /content/knife/YOLODataset/labels/train.cache

albumentations: Blur(p=0.01, blur_limit=(3, 7)), MedianBlur(p=0.01, blur_limit=(3, 7)), ToGray(p=0.01), CLAHE(p=0.01, clip_limit=(1, 4.0), tile_grid_size=(8, 8))
/usr/lib/python3.10/multiprocessing/popen_fork.py:66: RuntimeWarning: os.fork() was called. os.fork() is incompatible with multithreaded code, and JAX is multithreaded, so this will likely lead to a deadlock.
  self.pid = os.fork()
val: Scanning /content/knife/YOLODataset/labels/val... 576 images, 230 backgrounds, 0 corrupt: 100%|██████████| 576/576 [00:00<00:00, 726.19it/s]
val: New cache created: /content/knife/YOLODataset/labels/val.cache
```

라벨링 이미지 : 약 2100장, 배경 이미지 : 약 650장



3.1 위험 물품 및 거동 불편자 감지 기능

yolov8n.pt model train 결과



3.2 버스 내 이상 행동 감지 기능



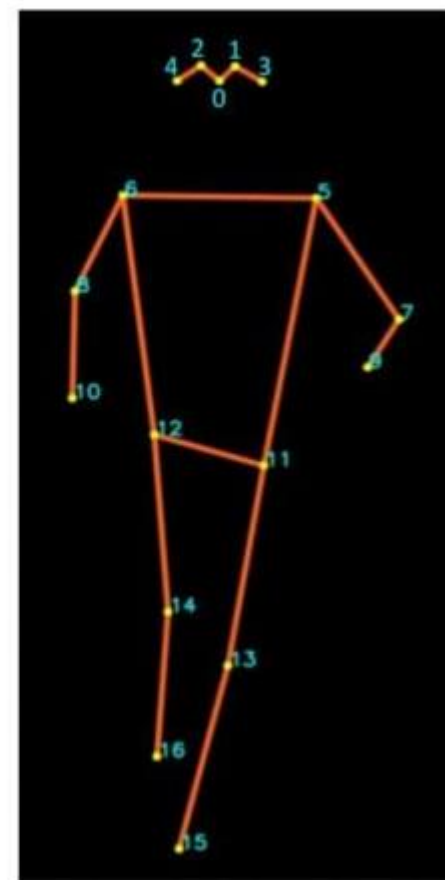
3.2 버스 내 이상 행동 감지 기능

Skeleton Keypoints

5번 ~16번, 총 12쌍의
keypoints 좌표

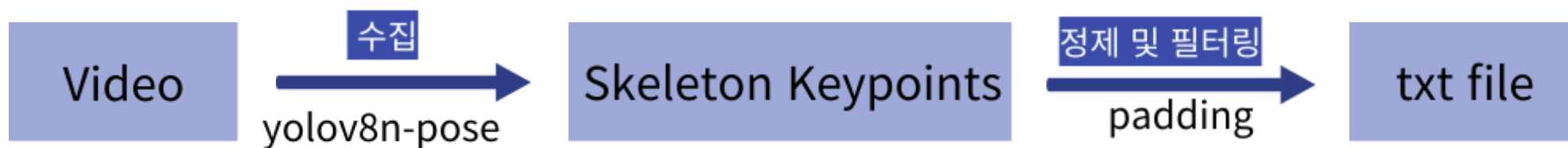


Index	Key point
0	Nose
1	Left-eye
2	Right-eye
3	Left-ear
4	Right-ear
5	Left-shoulder
6	Right-shoulder
7	Left-elbow
8	Right-elbow
9	Left-wrist
10	Right-wrist
11	Left-hip
12	Right-hip
13	Left-knee
14	Right-knee
15	Left-ankle
16	Right-ankle

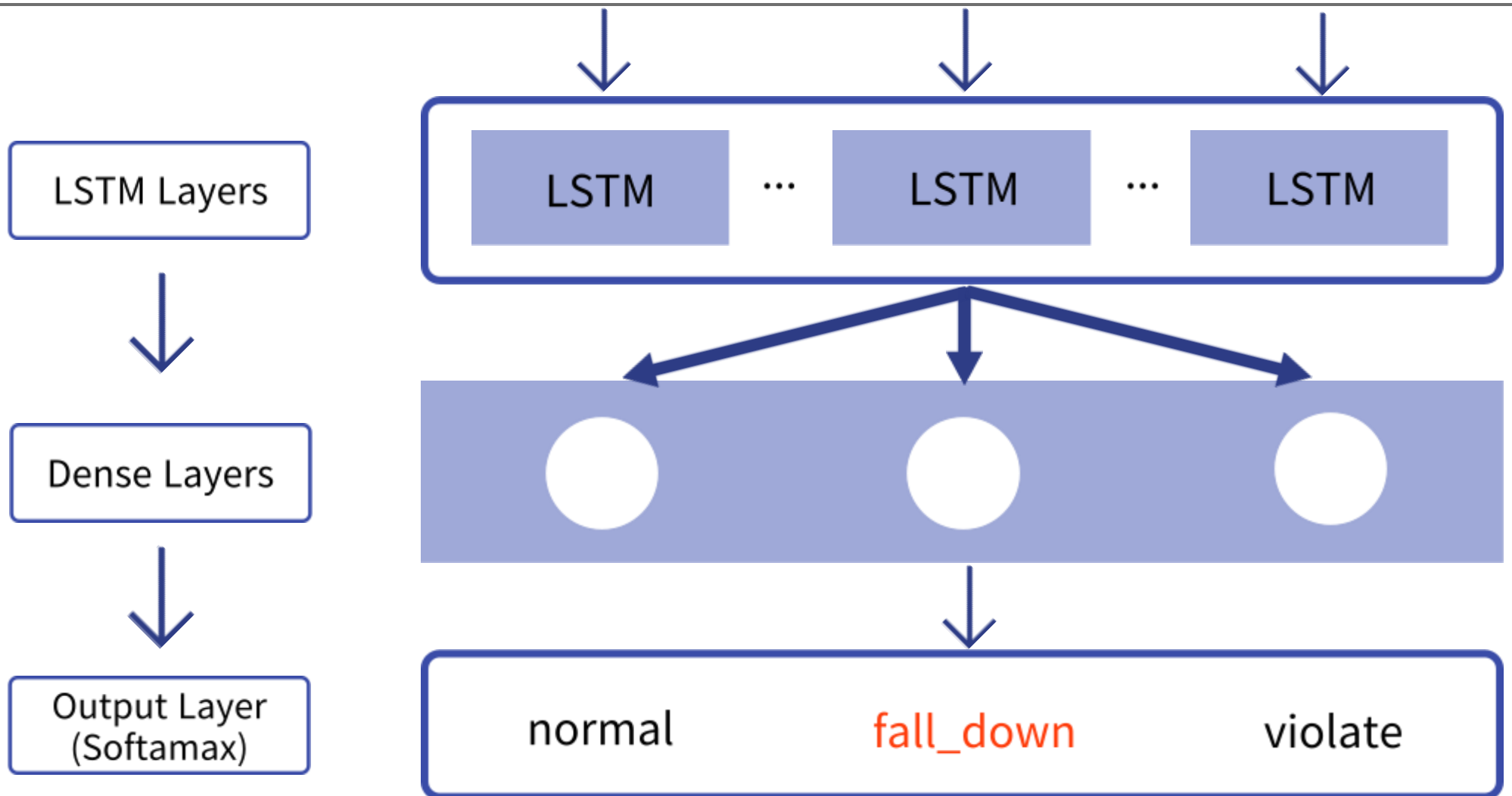


3.2 버스 내 이상 행동 감지 기능

데이터 전처리



3.2 버스 내 이상 행동 감지 기능



3.2 버스 내 이상 행동 감지 기능



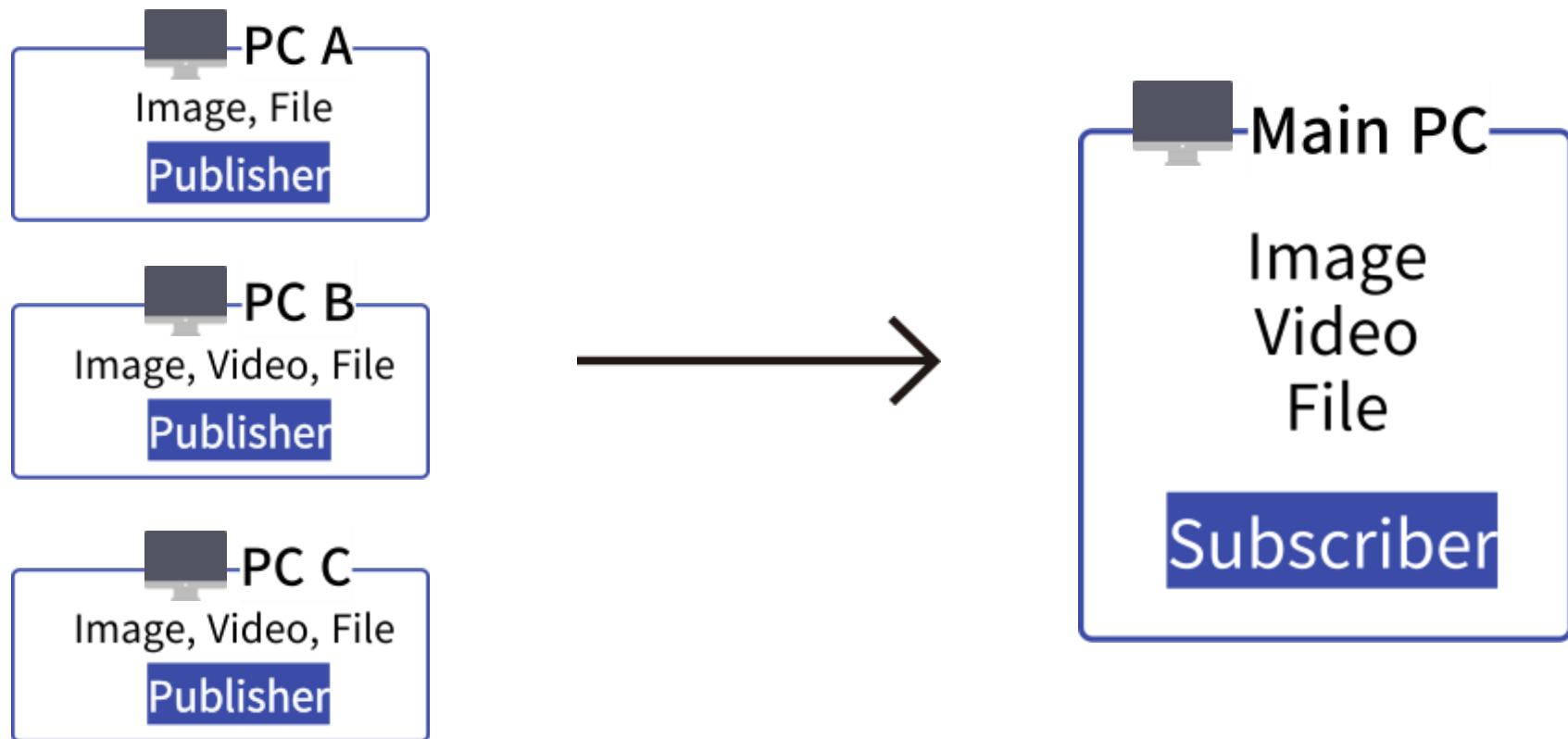
fall_down



violate

3.3 서로 다른 PC간의 무선 통신 기능

시스템 아키텍처



3.3 서로 다른 PC간의 무선 통신 기능

토픽 구조

Topic : /image_files
/json_files

Data : Raw Image
Image Meta Data



3.3 서로 다른 PC간의 무선 통신 기능

Raw Image



Image Meta Data

```
1 {  
2   "image": {  
3     "filename": "../data/detection/frame0004.jpg",  
4     "detected_objects": {  
5       "wheelchair_user": {  
6         "id1": [  
7           199,  
8           175,  
9           404,  
10          453  
11         ]  
12       }  
13     }  
14   }  
15 }
```

3.3 서로 다른 PC간의 무선 통신 기능

토픽 구조

Topic : /video_files
/json_files
/text_files

Data : Raw Video
Video Meta Data
Skeleton Keypoints



3.3 서로 다른 PC간의 무선 통신 기능

Raw Video

Skeleton Keypoints



```
1 500.79968 275.60312 430.3423 278.66968 518.3042 345.58107 422.89392 351.3838 519.4936 406.12985 424.68964 413.78857 497.31268
411.66827 458.6884 412.47144 496.6818 509.7577 449.9025 511.03552 581.8576 599.11646 462.7255 604.34283
2 496.88074 275.14838 428.0318 277.26663 517.0415 346.15814 420.82254 349.5401 519.20636 405.88797 425.8806 411.7274 495.60474
410.73047 448.68414 411.1886 494.49673 508.5912 447.27893 509.64496 499.8467 598.74646 460.16138 603.54785
3 497.6981 274.49323 426.2897 277.15854 516.3411 345.58545 418.75464 349.811 518.8453 404.86687 424.94318 411.58275 494.11227
410.2997 446.74133 410.94647 493.4111 508.33026 446.24088 509.4889 497.94696 598.7117 457.88910 602.87095
4 496.82584 274.78418 425.11475 276.97943 516.1132 345.2358 417.2137 348.6344 519.5779 404.5698 423.485 411.35562 493.51785
410.24673 445.9909 410.77515 492.85846 507.93506 444.77734 509.82673 497.0815 597.31586 456.87634 600.8105
5 496.54535 273.91977 424.9052 276.90353 515.9113 344.36188 416.02185 348.826 521.958 403.8083 423.34424 412.75275 492.90494
409.87587 445.60687 410.15784 492.92582 506.62592 444.23835 508.98132 494.7153 595.7245 456.23462 599.64545
6 496.56592 273.46893 424.78714 276.3664 515.98216 343.4879 416.42767 347.82935 522.45544 403.4271 422.69806 412.6314 492.6652
408.85144 445.11316 409.84024 492.80713 506.20532 443.74637 508.4452 494.5701 596.21375 456.7009 599.3407
7 496.83844 273.30933 424.4038 276.54877 516.519 342.90637 415.49197 347.85986 523.38865 402.3047 421.25424 412.30548 492.37618
409.25436 444.3924 410.41522 493.10748 506.52185 443.55414 509.0763 495.32037 596.59924 456.78928 600.15125
8 495.9716 273.5513 422.76144 276.97122 516.4082 342.3876 413.41214 348.06094 523.5306 400.9506 419.10452 411.93408 491.77325
408.89465 443.4929 410.09827 493.8382 506.61267 442.74734 508.51068 494.76663 596.4428 456.46155 598.861
9 495.11194 273.78772 421.86545 277.32822 516.31024 342.4765 411.28384 348.26902 523.5848 401.0914 414.8829 411.41425 490.68924
408.98743 442.5613 410.1116 492.55542 506.3628 441.71933 507.62103 494.38794 596.12036 454.89975 597.48773
10 494.87793 273.92178 421.47288 277.3318 515.99176 342.41925 410.11462 347.4052 523.5646 400.85264 414.23874 408.9168 498.8922
408.1745 441.97122 409.4164 492.52448 505.40222 441.75085 507.29785 494.74008 594.9191 455.41714 597.1727
11 494.563 273.9364 421.21487 277.28574 515.75226 342.57495 409.82065 347.77686 522.7228 401.4831 413.61148 409.37332 489.78485
408.77814 441.6642 409.963 492.37385 505.76764 441.4562 507.38348 494.95197 594.5471 455.07074 597.0394
12 493.77863 274.0488 420.79608 277.1416 514.48895 342.6618 408.91702 347.28818 521.6158 400.70758 411.47244 409.35544 488.45523
408.46784 440.54892 409.48218 491.95453 505.88945 441.09998 507.38367 494.61243 594.8891 454.84357 596.68205
13 493.1482 274.16348 420.80726 277.16626 514.2136 342.8346 408.1957 347.71188 520.80765 399.98193 410.98987 409.0257 408.54178
408.67572 440.6729 409.75476 491.40256 505.77844 440.71426 507.43726 493.86977 595.1212 454.67572 597.3739
14 492.3586 273.51 419.50134 276.55988 513.2689 342.4325 407.17966 347.33215 519.1277 400.15625 407.74475 408.41397 487.97052
407.79804 440.3336 408.81543 491.08854 505.6264 440.07892 507.01855 493.98386 595.8899 453.09077 597.8155
15 492.0404 273.42987 419.1401 276.20648 512.7147 342.0176 406.57196 346.40637 518.39795 399.5989 407.9202 406.36133 487.46628
408.18662 439.7383 409.07684 498.79492 505.9171 439.92426 507.41638 493.91785 595.3825 453.3751 596.12443
16 491.46646 273.8116 418.30194 276.1866 511.81046 342.16367 405.8548 345.9308 516.133 399.8764 406.4785 404.99707 486.47757
407.89602 438.4672 408.69763 498.3846 505.55957 438.8086 506.92365 493.90442 595.10974 452.32748 598.7367
17 490.984 273.43103 417.74677 276.24768 510.38982 341.45392 405.82788 346.83255 513.7689 398.95638 407.77805 405.5572 485.87247
407.98383 437.70505 409.06476 498.31882 505.72577 438.50077 507.3249 493.82513 595.0892 452.87257 599.6152
18 490.43475 273.60687 417.2816 276.16147 509.23636 342.80786 405.71927 347.55334 511.60865 401.83615 407.92926 406.4485
485.41098 407.8887 437.12683 408.80104 498.82765 505.63 438.88353 507.18895 493.57953 594.4542 451.8145 599.25
19 490.01678 273.17033 416.51678 275.67993 508.5833 342.26822 405.25427 346.8891 509.91394 401.55417 407.90915 405.50372
484.8022 407.5053 436.22644 488.43274 490.8094 505.32928 437.57294 506.42633 493.83625 593.84265 451.10922 598.10077
20 489.97812 273.14124 416.2451 275.28464 508.14313 343.14258 405.51492 347.23662 508.91937 402.58778 409.02962 407.0785
484.9382 408.263 436.14398 409.02597 489.0092 506.01263 437.44846 506.80377 492.12384 594.6748 451.02817 598.358
21 489.6831 272.4881 416.44925 274.75974 507.43827 342.40527 405.528 346.04614 508.68146 402.42133 409.3552 405.24298 484.25967
408.1522 435.7118 408.9992 489.236 506.195 437.7967 507.37036 492.0445 595.5256 452.89985 598.84094
```

3.3 서로 다른 PC간의 무선 통신 기능

video meta data

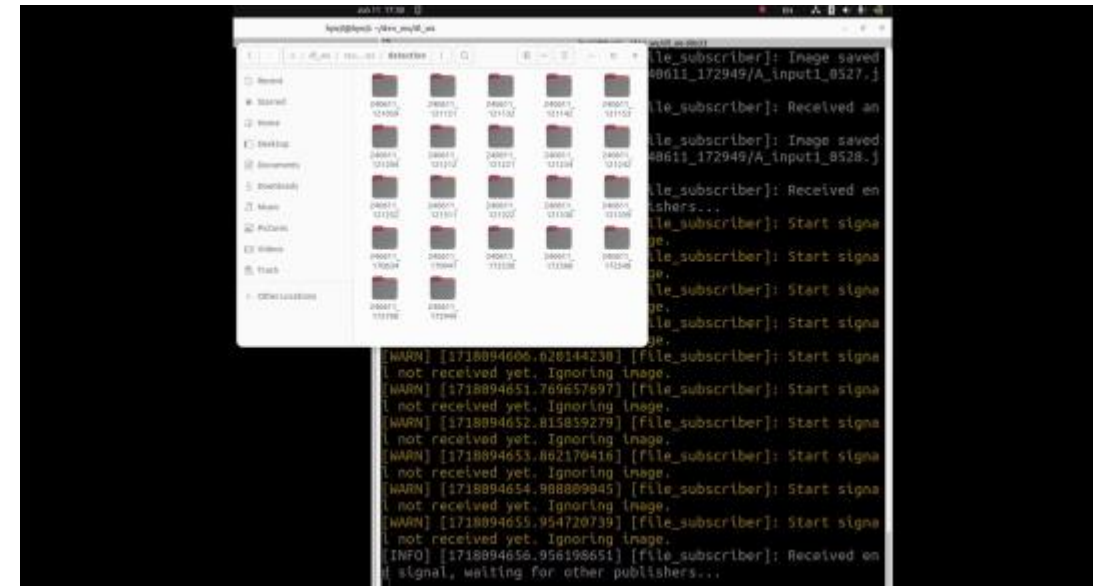
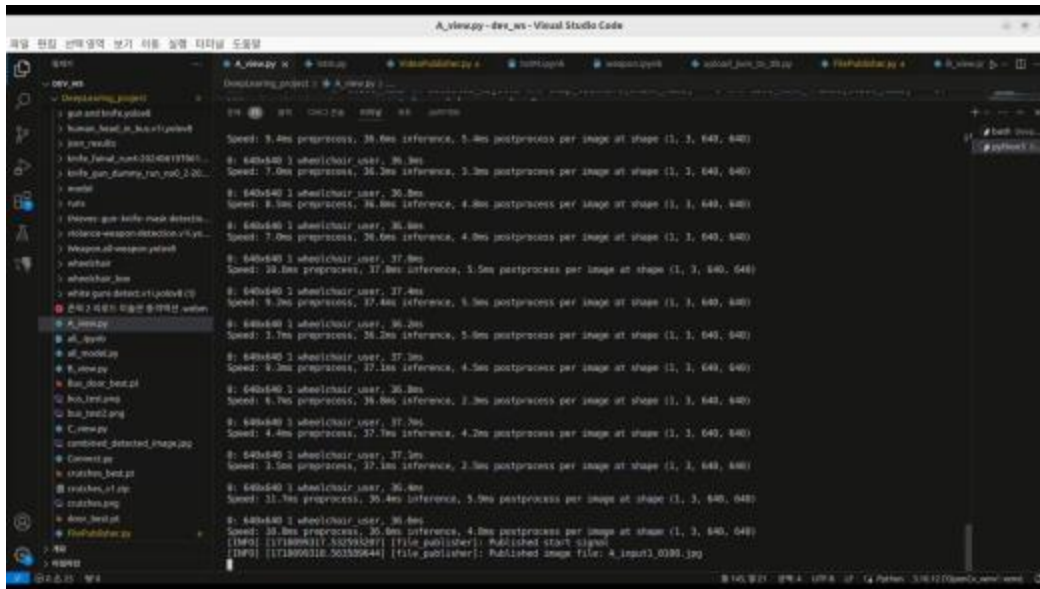
```
1 {
2   "video_info": {
3     "folder": "./data/lstm/input2",
4     "video_name": "C_violate.mp4",
5     "json_name": "C_violate.json",
6     "txt_name": "C_violate.txt"
7   },
8   "size": {
9     "width": 0,
10    "height": 0,
11    "depth": 3
12  },
13  "header": {
14    "duration": "0",
15    "fps": 29.958904109589042,
16    "frames": 0
17  },
18  "event": [
19    {
20      "eventname": "violation",
21      "starttime": "5.340649291266575",
22      "duration": "1.36854138088706"
23    },
24    {
25      "eventname": "violation",
26      "starttime": "12.016460905349794",
27      "duration": "8.812071330589848"
28    }
29  ],
```

```
30  "action": [
31    {
32      "actionname": "violation",
33      "frame": {
34        "start": 160,
35        "end": 201
36      }
37    },
38    {
39      "actionname": "violation",
40      "frame": {
41        "start": 360,
42        "end": 624
43      }
44    }
45  ]
46 }
```

3.3 서로 다른 PC간의 무선 통신 기능

Publisher

Subscriber



3.3 서로 다른 PC간의 무선 통신 기능

Image Output



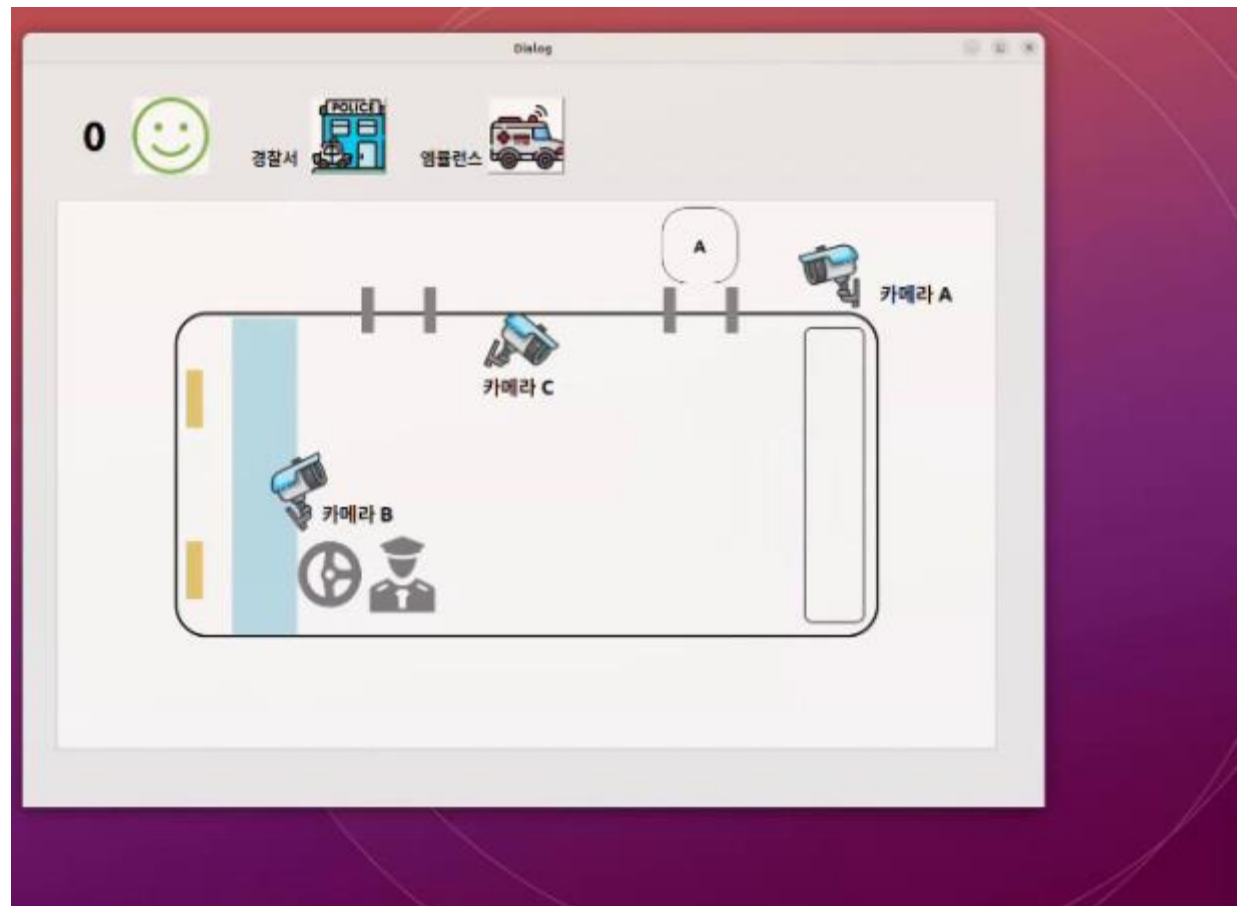
Video Output



기능 구현

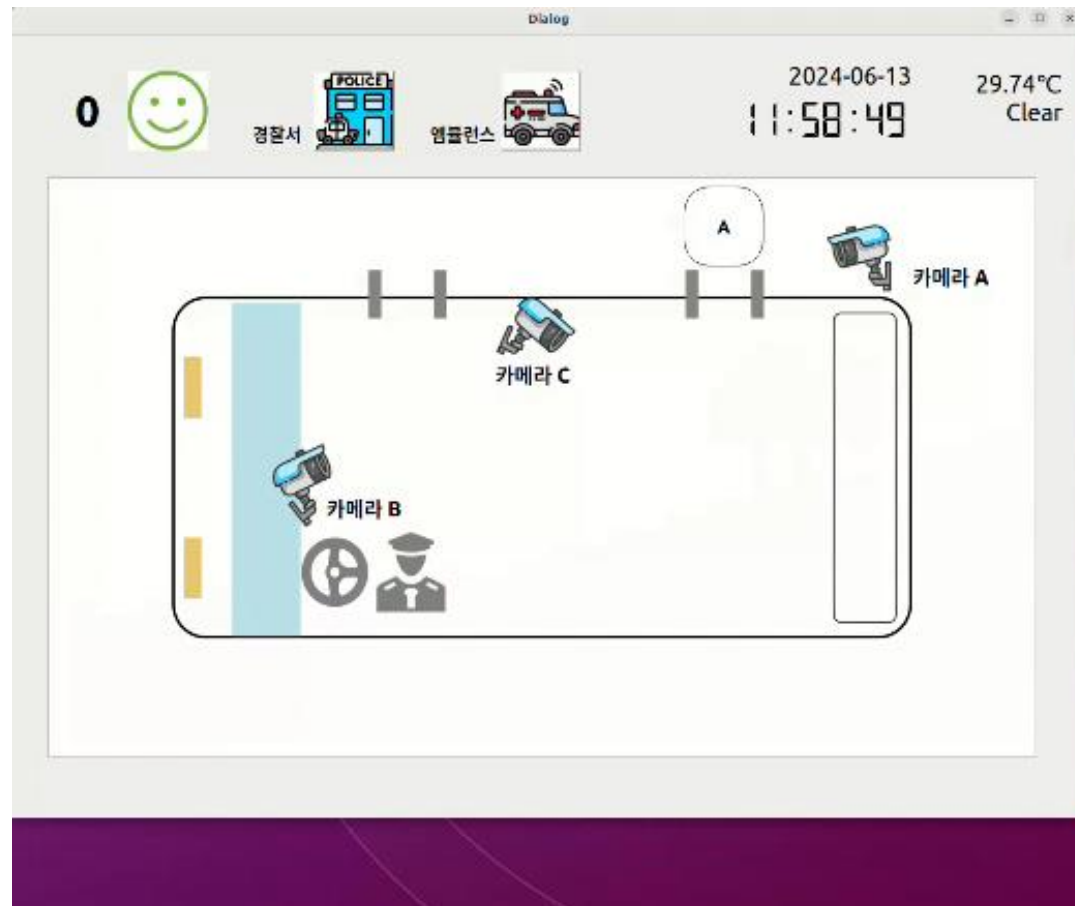
4.1 거동 불편자 감지 : 정상 대처

- 거동 불편자 감지 알람 색상: **노란색**
- 5초 내 운전자가 인식 성공



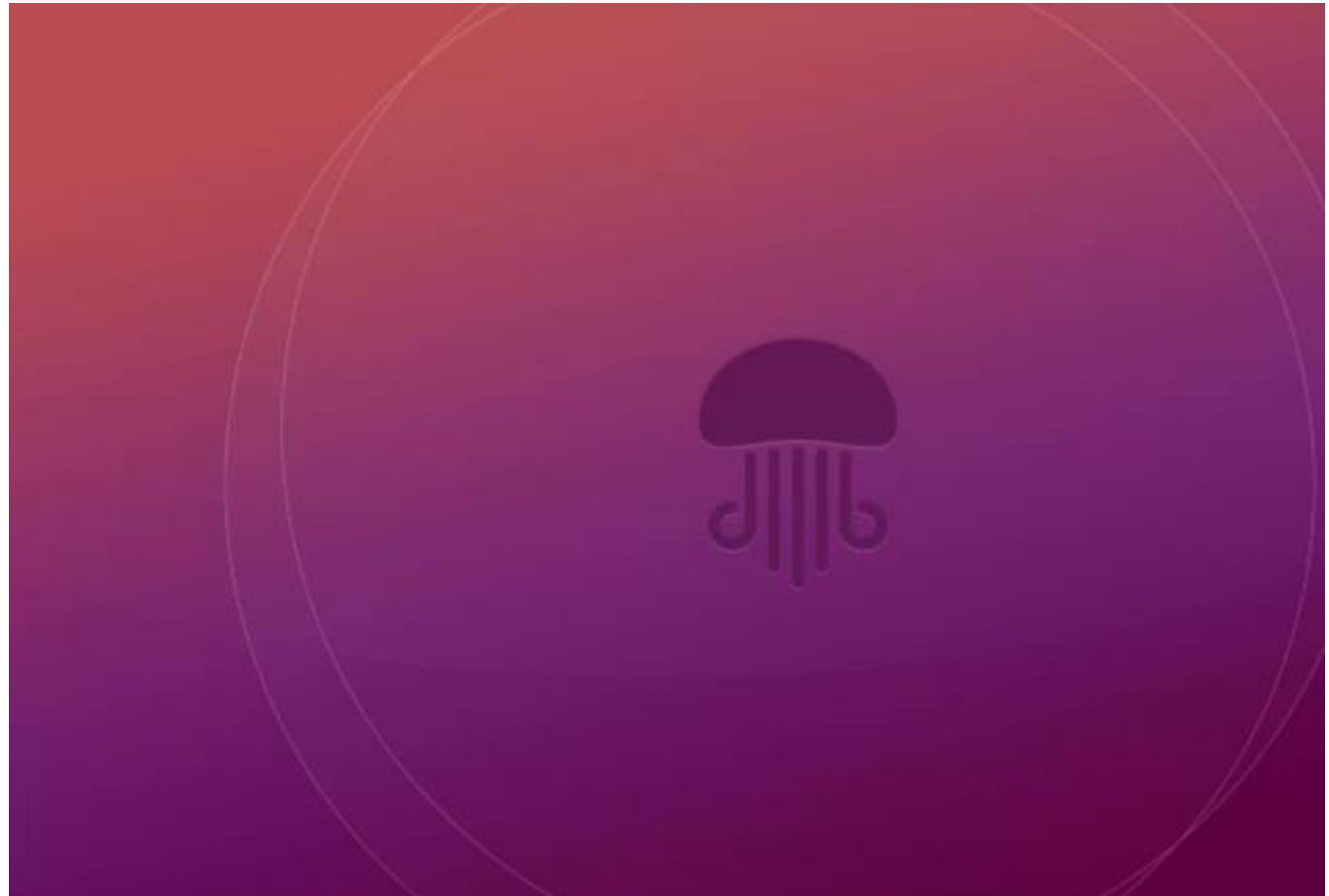
4.2 거동 불편자 감지 : 지연 대처

- 거동 불편자 감지 알람 색상: 노란색
- 더 높은 단계의 감지 알람 활성화
- 실제 상황 캡처 이미지 팝업



4.3 위험 물품 감지 : 정상 대처

- 거동 불편자 감지 알람 색상: **빨간색**
- 5초 내 운전자가 인식 성공



4.4 위험 물품 감지 : 지연 대처

- 위험 물품 감지 알람 색상: **빨간색**
- 더 높은 단계의 감지 알람 활성화
- 실제 상황 캡처 이미지 팝업



4.5 쓰러진 승객 감지 : 지연 대처

- 쓰러진 승객 감지 버튼을 운전자가 초기 인식 실패
 - 쓰러진 승객 감지 알람 색상: **빨간색**
 - 더 높은 단계의 감지 알람 활성화
 - 실제 상황 캡처 이미지 팝업
- 위험물품 감지와 동시 진행



3.5 혼잡도 계산

- 감지된 승객수를 기준값을 통해 혼잡도 3단계 분류

- 보통

2



경찰서



앰불런스



- 약간 혼잡

5



경찰서



앰불런스



- 매우 혼잡

10



경찰서

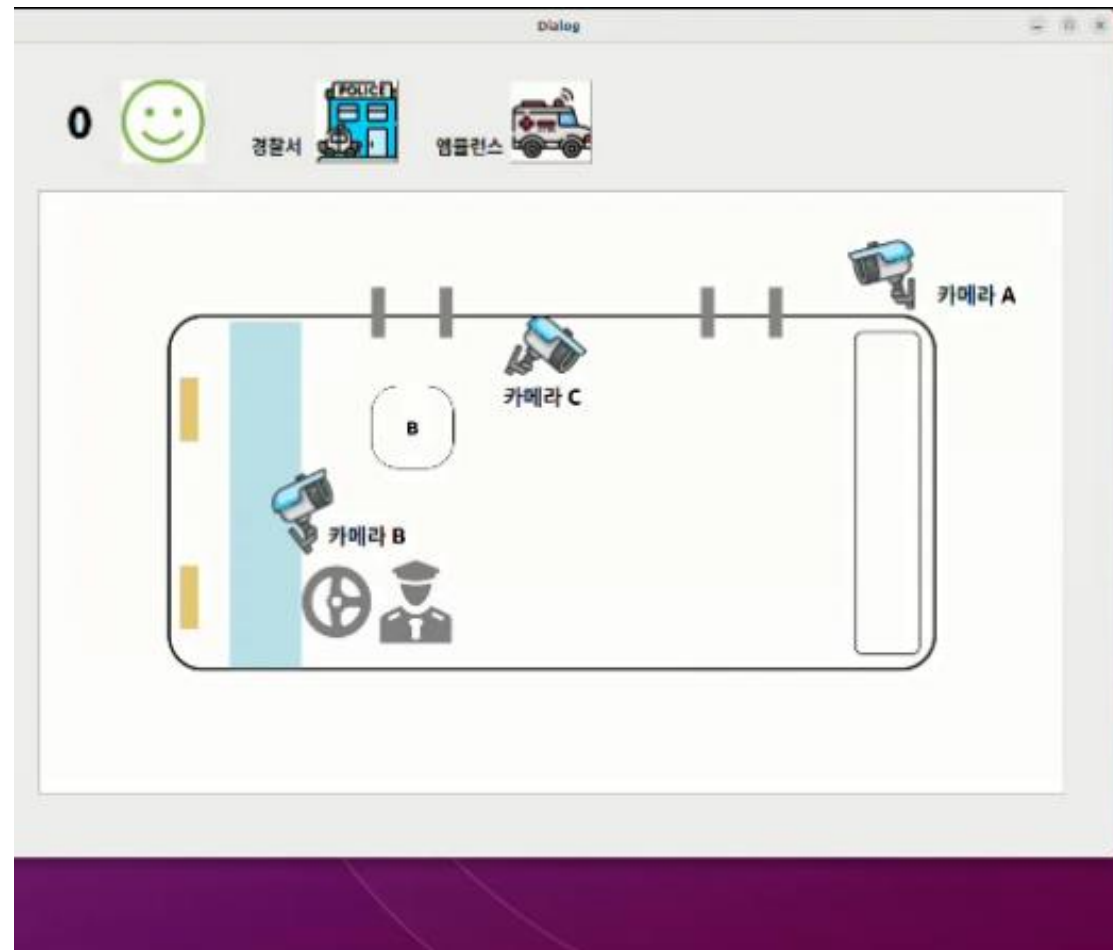


앰불런스



3.5 긴급 신고

- 경찰서 및 병원 긴급 출동 요청 버튼
 - 운전자의 급박한 상황 발생을 고려



결과

4.1 결과 : 시연 영상(1)

- 거동 불편자 감지 시연 영상
 - 휠체어 : 'wheelchair_user'
 - 일반인: 'person'



4.1 결과 : 시연 영상(2)

- 위험 물품 감지 시연 영상
 - 칼 : 'knife'



감지된 객체 캡처 이미지



시연 영상

4.1 결과 : 시연 영상(3)

- 쓰러진 승객 감지 시연 영상
 - 위험물품과 함께 감지



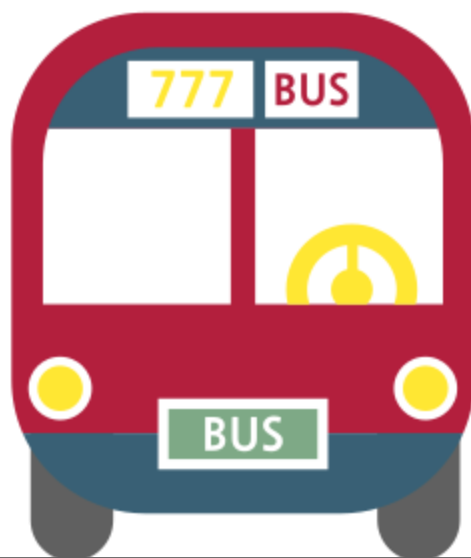
시연 영상

회고 및 발전 가능성

5.1 발전가능성

시스템 확장 가능성

다른 교통수단에 맞춤 서비스 제공



Q & A

감사합니다
