

Smart Parking Monitor - 주차장 CCTV 기반 차량 분석 시스템

20230683 박한비, 20230308 최승희

1. 프로젝트 개요 및 범위 (Goals & Scope)

본 프로젝트의 목표는 주차장 CCTV 영상을 실시간으로 분석하여, 주차장 내에서 발생하는 문제들(불법주차, 주차칸을 벗어난 정차, 장기 주차 등)을 자동으로 탐지하고, 그 결과를 VLM(Visual Language Model)을 통해 자연어로 요약하여 관리자에게 전달하는 주차장 모니터링 시스템을 구축하는 것이다.

2. 개발 계획 (Development Plan)

Smart Parking Monitor 기기에서 처리해야 할 기능들은 아래와 같다.

- 차량 탐지 : 경량 YOLO 모델을 활용하여 실시간 감지를 수행한다. 차량 종류(ID) 및 위치를 나타내는 Bounding Box 를 ouput 으로 출력한다.
- 주차 구역 인식 : CCTV 설치 후 카메라의 시점 혹은 주차장의 모습은 변화하지 않을 확률이 높기 때문에, 사전에 주차칸 혹은 허용되는 주차 구역에 대한 정보를 추출한 후 계속 활용한다. BiSeNet, Fast-SCNN, RTFormer-small 과 같은 경량 segmentation 모델을 사용한다.
- Event** 감지 : Rule 기반으로 단순하고 확실한 알고리즘을 통해 구현하며, 감지할 이벤트 종류는 아래와 같다.

Event	Rule
불법주차	주차 금지 구역에 차량 Bounding box overlap > 임계치
주차칸 벗어난 정차	차량 Bounding box 중심이 주차칸 polygon 밖에 위치
장기 주차	한 차량 ID 가 N 시간 이상 같은 위치에 머무름

- Event** 발생 시 알림 : 이벤트 발생 시에만 VLM 을 호출하여 현재 상황에 대해 설명하는 텍스트를 생성한다. 생성된 텍스트를 기반으로 관리자에게 실시간으로 메세지를 전송한다. 예시 메세지는 아래와 같다.
 - "차량 ID AAA (12 가 2345, 회색 SUV)가 진입 금지 구역에 5 분 이상 정차 중입니다."
 - "차량 ID BBB (34 가 6789, 흰색 경차)가 불량한 상태로 주차되어 있습니다."

3. 모델 최적화 및 성능 개선 계획 (Optimizaton Strategy)

동일한 하드웨어 내에서 throughput 과 latency 를 개선하기 위해, 다음과 같은 최적화 전략을 적용하고자 한다.

1. 모델 경량화: 기본적인 FP32 연산 대신 FP16 이나 INT8 로 변환하여 연산량을 줄인다. 필요하다면 TensorRT 엔진으로 변환해서 연산 부담을 줄이고, MobileNet 기반의 구조를 활용해서 실시간 처리 성능을 높인다.
2. VLM 호출 감소: 처리 비용이 큰 모델이므로, 이벤트가 발생한 시점에만 캡처해서 호출량을 줄이려고 한다. normal frame filtering 으로 전체 VLM 호출량을 줄인다.
3. 파이프라인 : detection → tracking → rule engine → VLM 의 과정을 비동기 방식으로 분리해서 각각 병렬적으로 동작하게 한다. multiprocessing 이나 async queue 를 적용해서 bottleneck 을 최소화한다.

동일한 모델을 CPU, GPU 에서 각각 실행해서 성능 차이를 측정하고, 해상도나 배치사이즈 변화에 따른 FPS 를 분석한다. 또한 latency 가 어디에서 주로 발생하는지 단계별로 나눠서 분석해볼 예정이다.