Valet Parking Robot 개발

객체 인식

기술지원팀

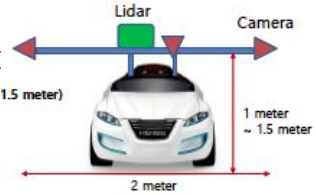
2019. 10. 4

ADAS ONE

목차

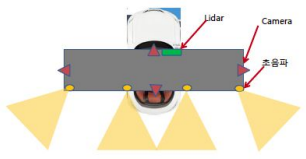
유아용전동차 (Toy Car)

1) 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : 유아용 전동차 선정, HW를 장착할 구조물 제작
   b) 배경 및 필요성 : 발렛파킹로봇의 SW 모듈을 테스트할 프로토타입 제작 (제어, 센싱, 비전
   c) 시스템 운영개념 : 내장배터리로 전원공급되어 통신명령에 따라 주행제어되는 전동차
   d) 운영 및 환경 제약사항 : 저가형 배터리로 인해 충전 7시간/작동 1시간 예상, 모터 해상도



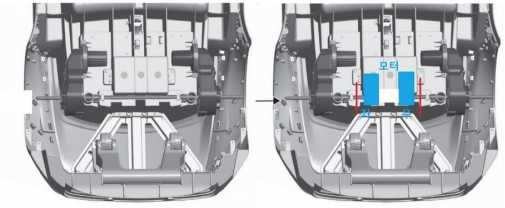
2) 기능 요구사항
   a) 주행 : 12V 듀얼 모터
   b) 조향 : 스테핑 모터
   c) 제어기 : Xavier-Arduino ROS 통신 확인
   d) 모터 제어 : 임베디드 보드에서 제어해 계산된 경로를 주행, Arduino에서 모터 가동/방향전환/인코더 확인
   e) 모듈 지지 : 스탠봉을 체결하여 구조물을 설치, 카메라/라이더/센서류 위치 선정
   f) 서스펜션 : 카메라 진동 억제

3) 비기능 요구사항
   a) 전진/후진 추진속도 : 6~8km/h
   b) 예비/확장 배터리 : 배터리로 교체 가능
   c) 크기 제원 : 전고 1~1.5m, 전폭 1.5~2m
   d) 허용하중 : 20kg+

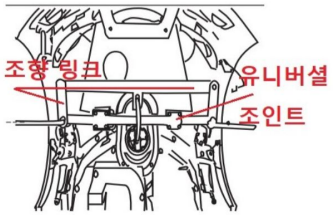


구동체 제작

이동방식 변경안 제안 결과



후방 샤프트 구조



전방 샤프트 구조

1. 이동방식 효율성을 고려해,
   자동차형 조향 방식에서 좌우 독립 구동 조향방식으로 변경안 제안

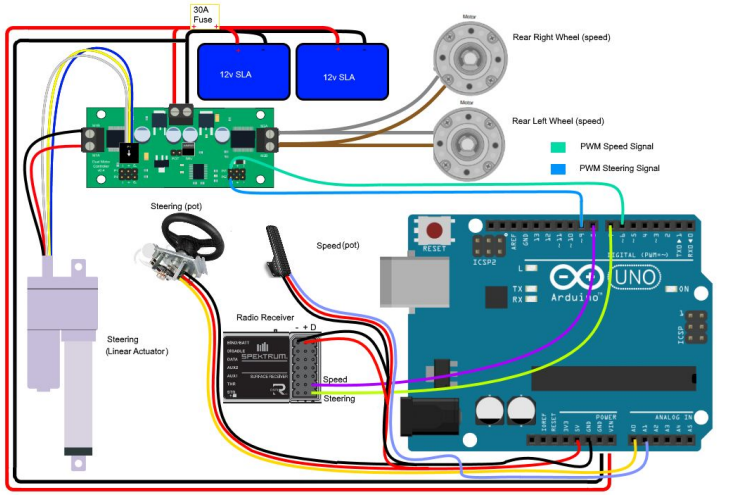
2. 전동차 개조 방안 검토
   a) 전동차의 모터 2개 사용불가, 새로 2개 구매필요.
   b) 모터 바퀴 직접 연결로 서스펜션 사용 불가
   c) 자전을 위해 전방 바퀴 사용 불가.

3. 대표님 검토 결과
   - 내년 최종 제품은 앞바퀴 구동과 조향이 필요하다. 따라서 차량을 탑재하고 조향하여야 한다.

4. 결론
   - 초기 모델대로 전동차 조향방식으로 진행

유아용 전동차 (Toy Car)

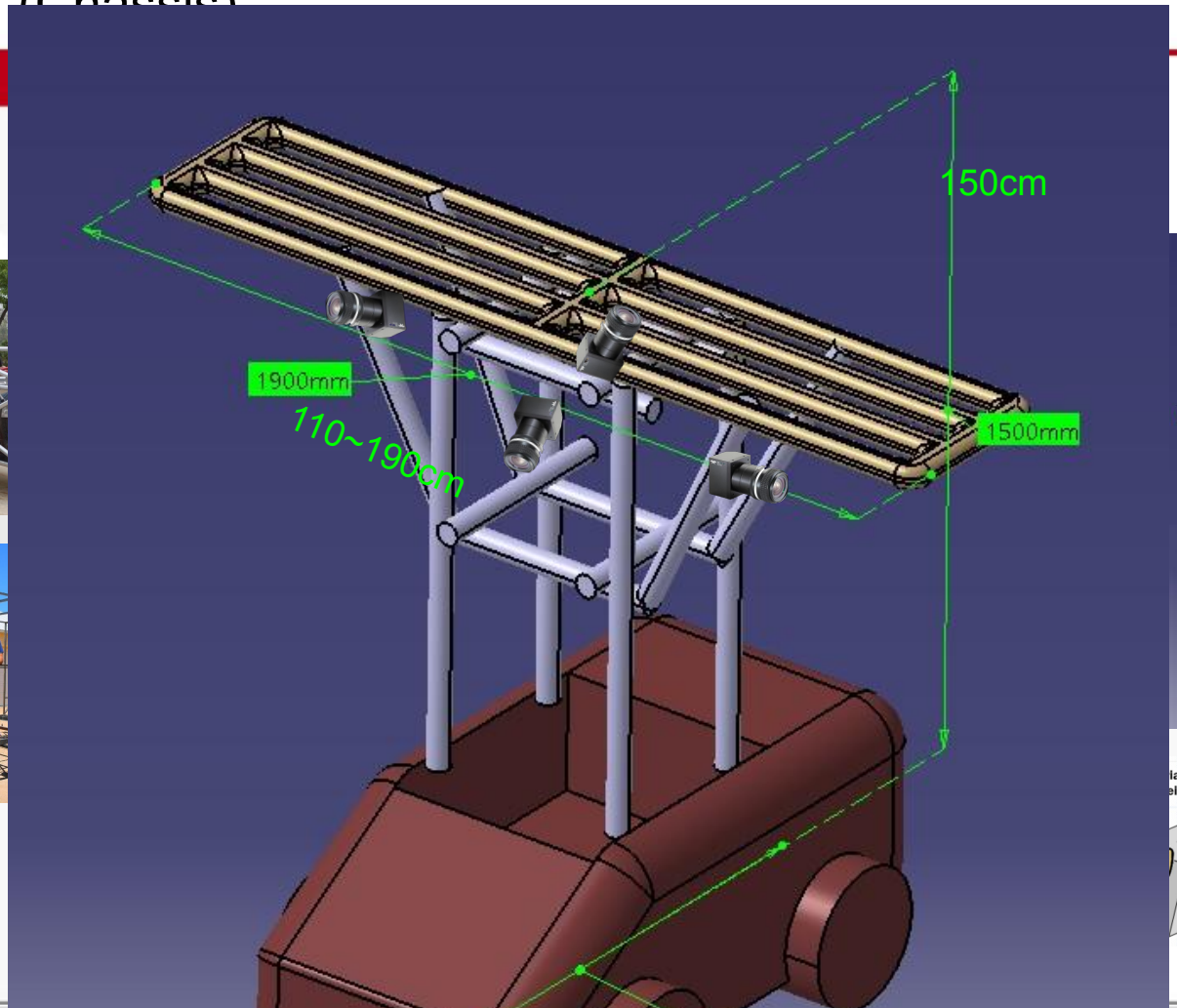
내부에 자비어, 배터리팩 장착

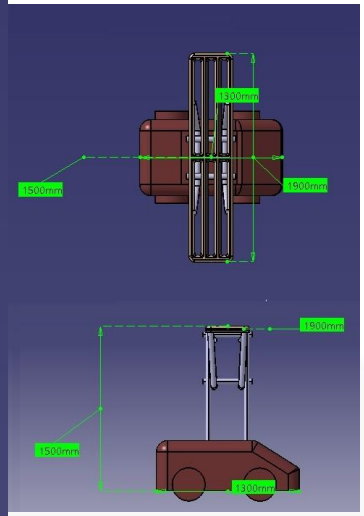


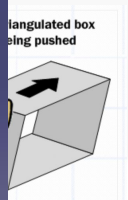
1) 전동차 34만원 : 구매 진행
2) 배터리팩 9.8만원 : 필요시 상위 배터리로 교체. 4시간 충전 1시간 사용. (기존 10 충전 1시간 운용)
3) 전장 : 모터관련 전장의 경우 작동을 확인함. 전동차도 유사하리라 예상.

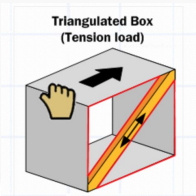
스텐봉를 이용하여 베이스 제작. 작업 공구과 환경을 갖춘 메이커스페이스 이용.
볼트, 테이프, 케이블타이, 조인트를 이용하여 모듈의 분해조립이 가능하도록 체결.

상부구조물 (Chassis)









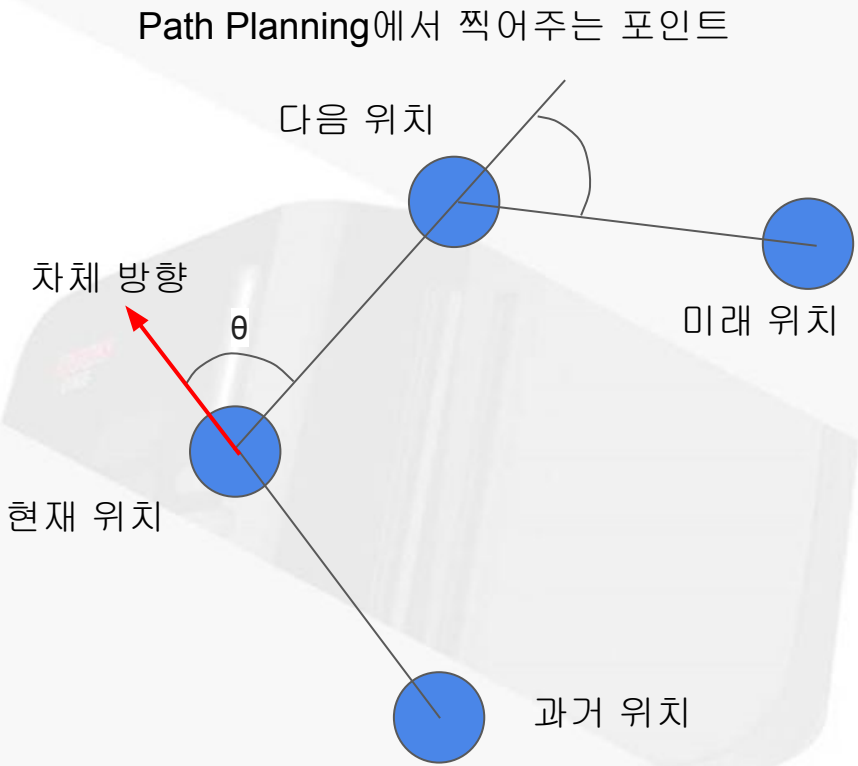
조향각 계산기 (Steering Angle - PWM Converter)

1) 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : Path Planning에서 계산된 경로를 따라 로봇이 실제 주행할 수 있는 조향모터와 주행모터 회전량을 계산
   b) 시스템 운영개념 : Path Planning 데이터를 받아 정보 계산 후 모터 제어기로 데이터 전송
   c) 운영 및 환경 제약사항 : 노면상태 등 환경 요인에 의한 오차 발생 가능성 있음.
2) 기능 요구사항
   a) 입력부 : MAIN SYSTEM의 Path Planning에서 (다음 위치 좌표, 현재 위치 좌표) 입력.
   b) 회전량계산부 : 다음 위치 좌표에 도달 하기 위한 θ를 추정
   c) 출력부 : EMBEDDED의 Motor PWM에게 /steering_angle을 ROS pub.
3) 비기능 요구사항
   a) 데이터 측정
      i) 차체의 최소 조향반경
      ii) 조향모터 각도에 따른 차체 회전 반경
      iii) 최대 조향시 속도에 따른 구조물 안정성

```
analogWrite(enA, motorSpeedA); // Send PWM signal to motor A
analogWrite(enB, motorSpeedB); // Send PWM signal to motor B
```

조향각 계산기 (Steering Angle - PWM Converter)

조향각 계산모델



1) 조향 모터 회전 각도
=A*B*(현재 바퀴 조향각 - θ)

A(모터 바퀴 회전비)
B(바퀴 조향각과 차체 회전각 비)

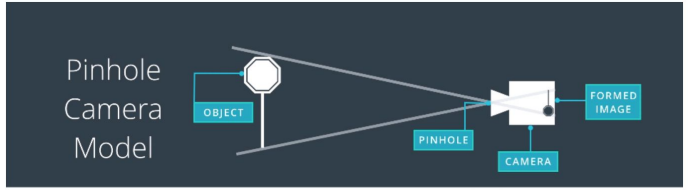
2) 주행중 속도 모터 제어

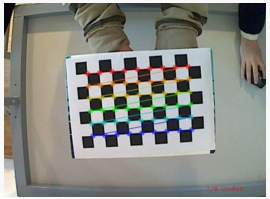
직진: θ = 0 -> 차량 속도 최대(8km/h)
회전: θ = MAX -> 구조물이 안정한 속도
(테스트 필요)

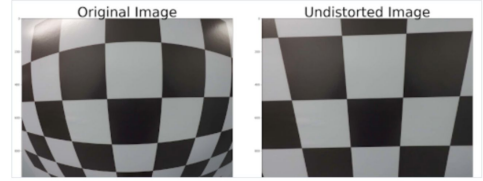
3) 자체의 조향 반응속도가 느리면 미래 위치를 미리 계산하여 조향 시간을 단축할 수 있다.

Camera Calibration

1) Camera Calibration
   a) 목적 및 기능 : 카메라 내부/외부 파라미터 추정 및 영상왜곡 보
   b) 배경 및 필요성 : libxcam에 입력하여 bird-eye view의 왜곡율을
   c) 시스템 운영개념 : 카메라보정 포팅 & 체스보드 보정
2) 기능 요구사항
   a) 카메라 보정
      i) 입력 : BGGR/fisheye 1920x1080x16bit x20
      ii) 출력 : Fx, Fy, Cx, Cy, K1, K2, K3, Rv, Tv
   b) 영상 왜곡 보정
      i) 입력 : RGB 영상, CamMat, Dist
      ii) 출력 : 왜곡이 보정된 RGB 영상
3) 비기능 요구사항
   a) Camera Calibration Porting : OpenCV Library 이용
   b) 4 Fish-eye Camera & Xavier 인터페이스: 전동차의 전방, 좌측, 우측, 후방에 설치, 출력확인



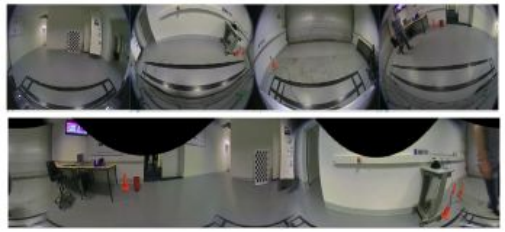


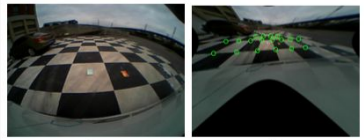


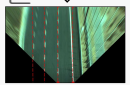

```
Return values:
ret, mtx, dist, rvecs, tvecs
```

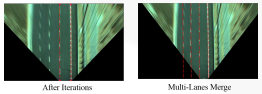
AVM

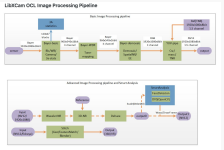
1) Around View Monitor 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : 차량의 360도 scene bird's-eye view로 제공
   b) 배경 및 필요성 : 주차칸인식과 주차선인식의 입력
   c) 시스템 운영개념 : AVM이 4개 카메라에서 1장의 주변버드뷰영상을 생성
   d) 시스템 아키텍쳐 : Xavier JP4.2에 Intel 기반 libxcam_app 포팅
2) 기능 요구사항
   a) 입력 : BGGR/fisheye 1920x1080x16bit x4, Cam Calib Prams
   b) Image Stitching : 파노라마와 같은 surround view 생성
   c) Fisheye Distortion Correction : world의 bowl-view를 평탄화
   d) Inverse Perspective Mapping : 원근 제거 & 2D로의 매핑 → bird's-eye view
   e) 형변환 : C++ NV12 1280x720 → python BGR (320 x 160)
   f) 출력 : python BGR 변환
3) 비기능 요구사항
   a) 4 fish-eye camera & Xavier 인터페이스: 전동차의 전방, 좌측, 우측, 후방에 설치, 출력확인

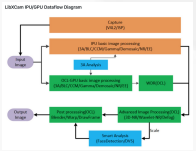


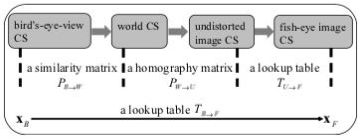




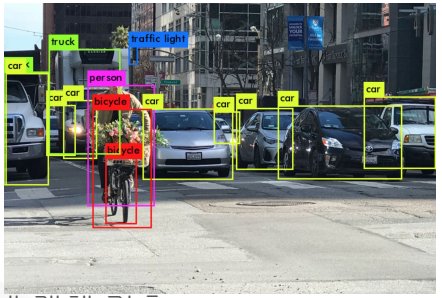




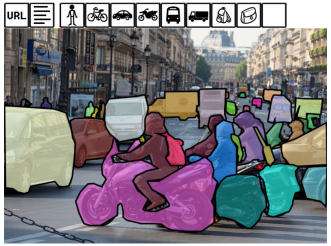




객체인식 (Object Detection)



1) 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : 전진/후진 경로에 장애물을 식별
   b) 배경 및 필요성 : 주행방향에 나타난 장애물에 따라 다른 행동을 하기 위함
   c) 초기요구사항
      i) 4-클래스 검출 (차량, 보행자, 자전거, 오토바이)
      ii) 주행속도 10~30km → 정지시간 2~3초 → 정지거리 16~24m → 25m 이내 객체 검출
      iii) 이미지크기 300x300일시 25m내 사람 25x25
      iv) 근접시 오검출로 인하여 시맨틱세그멘테이션 접근
      v) 데이터셋 및 목표객체 확장성



2) 기능 요구사항
   a) 훈련 : COCO에서 (640x480, JSON) 입력, 가중치 최적화
   b) 입력부 : /dev/video에서 python 모듈로 스트리밍, gstreamer vs uvccapture
   c) 추론 : 최적화된 파라미터에 의한 forward-pass
   d) 출력부 : 메인시스템으로 (python list of bounding boxes & class predictions) 반환
3) 비기능 요구사항
   a) 계산가속 : CUDA, CuDNN, Half-precision, TensorRT
   b) 환경 구축 : PyTorch 1.1
   c) 감독학습 : COCO Dataset (car, truck, bus, motorcycle, bicycle)
   d) 오픈소스 : maskrcnn-benchmark (YOLO, CenterNet, DarkNet, Faster R-CNN)

Faster R-CNN and Mask R-CNN in PyTorch 1.0

페이스북 리서치팀에서 개발하고 제공하는 오브젝트 디텍션과 시멘틱 세그멘테이션이 함께 가능한 라이브러리

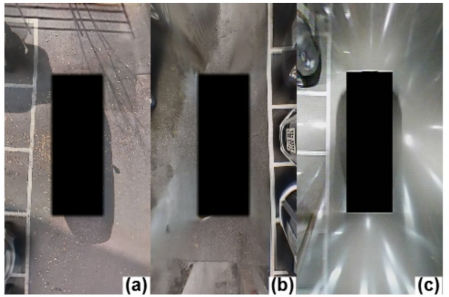
1) 오브젝트 디텍션과 시멘틱 세그멘테이션을 함께 처리할 수 있음
2) R-CNN 기반 pretrained 모델 제공
3) 500MB의 적은 GPU 메모리 사용
4) 싱글 및 멀티 GPU 트레이닝
5) Mixed precision training
6) Dataset 추가 용이, 목표객체 확장성

1) pytorch 1.0
2) CUDA 9.0+

- env_tests
- checkpoint.py
- test_backbones.py
- test_box_coder.py
- test_configs.py
- test_data_samplers.py
- test_detectors.py
- test_fbnet.py
- test_feature_extractors.py
- test_metric_logger.py
- test_nms.py
- test_predictors.py
- test_rpn_heads.py
- test_segmentation_mask.py
- utils.py

주차선인식 (Parking Lane Detection)

1) 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : 탑뷰영상에서 차선을 찾아냄
   b) 배경 및 필요성 : 자동주차경로계산에 카메라 영상을 추상화함으로써 정확성 증
   ~~c) 초기요구사항 : 4-클래스라벨 (0 배경, 1 주차선, 2 차량, 3 장애물)~~
   d) 요구사항 : 2-클래스라벨 (0 배경, 1 주차선)
   e) 시스템 운영개념 : 딥뉴럴 시맨틱 세그멘테이션 모델 추론
   f) 운영 및 환경 제약사항 : Xavier에 libxcam_app 포팅
2) 기능 요구사항
   a) 주차선 훈련 : AVM (320x160, GT) 입력, 가중치 최적화
   b) 입력부 : python 모듈로 영상입력 (320x160 RGB)
   c) 주차선 추론 : 최적화된 파라미터에 의한 forward-pass
   d) 주차선 추출 : 주차선을 제외한 차량, 장애물의 출력을 배제
   e) 출력부 : 주차칸인식기에게 주차선영상 (200x100 Numpy.array) 반환
3) 비기능 요구사항
   a) 오픈소스 : 기존모델 개량
   b) 계산가속 : CUDA, CuDNN, Half-precision, TensorRT
   c) 환경 구축 : PyTorch 1.1.0
   d) 감독학습 : AVM Dataset - Semantic Segmentation (outdoor/indoor)
   e) 모델 : DeepLabV3+ (Xception65)



(a) outdoor-day, (b) outdoor-rainy, (c) indoor

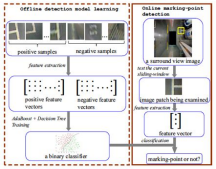
주차칸인식 (Parking Lane Detection)

1) 기존에 만든 시맨틱 세그멘테이션

2) 텐서플로를 이용한 시맨틱세그멘테이션 포팅

주차칸인식 (Parking Space Detection)

Figure 9. Directions of the marking-point patterns.



1) 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : 로봇 주변에 있는 주차칸을 찾기
   b) 배경 및 필요성 : 주변에 모든 주차칸을 찾아낸 후, 자율주차의 목적지가 되는 하나의 주차칸을
   c) 시스템 운영개념 : 주차코너를 찾고, 그 칸의 입구선을 찾고, 입구점을 분석해, 주차칸을 찾음
   d) 운영 및 환경 제약사항 : Xavier에 libxcam_app 포팅

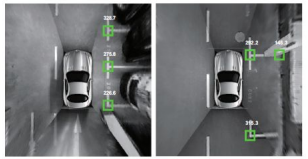
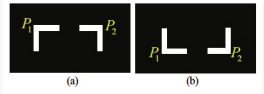
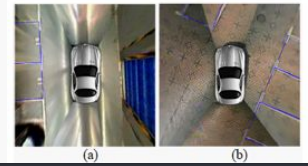
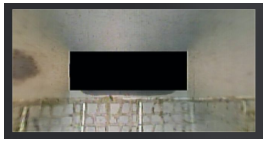


Figure 10. Marking-point detection results on two typical surround-view images.

2) 기능 요구사항
   a) 입력 : libxcam_app (C++) → 카메라 NV12영상 (1280x720 NV12) 입력
   b) 주변 주차칸 추론 (Python) : 입력받은 영상에 있는 주차칸 주변 주차칸입구점)
   c) 출력 : 주변 주차칸 (양 입구점) → 주차칸 결정부 (Python)
3) 비기능 요구사항
   a) 환경 구축 : Matlab
   ~~b) 오픈소스 포팅 : Parking Slot Detection L Algo., Tongji Parking Slot Dataset (600x600)~~
   c) AVM Dataset - Parking Space
   d) 오픈소스 가공 : maskrcnn-benchmark



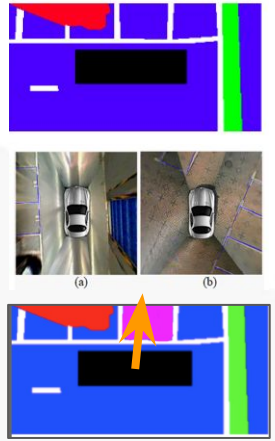




```
%YAML:1.0
empty:
   - { type:0, condition:0, slot:0, tr:[ 302, 119 ], tl:[ 239, 119 ] }
   - { type:0, condition:0, slot:0, tr:[ 235, 121 ], tl:[ 171, 121 ] }
   - { type:0, condition:0, slot:0, tr:[ 166, 122 ], tl:[ 96, 122 ] }
   - { type:0, condition:0, slot:0, tr:[ 92, 123 ], tl:[ 21, 124 ] }
occupied:
   []
```

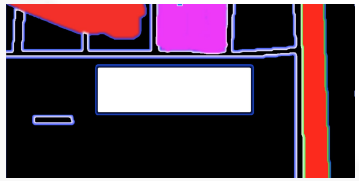
주차칸결정 (Parking Space Decision)

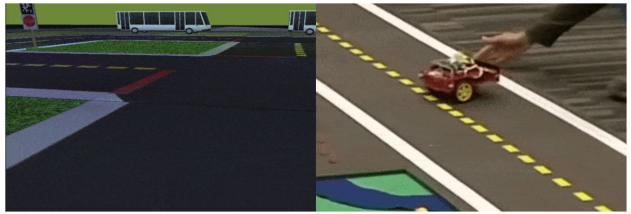
1) 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : 주변 주차칸이 인식한 후 목표주차칸을 결정
   b) 배경 및 필요성 : 주차칸인식은 Matlab, 주차칸결정은 Python에서 수행이 편리
   c) 시스템 운영개념 : 주변 주차칸들 중에서 목표주차칸과 가장 가까운 것의 좌표를 출력
2) 기능 요구
   a) 입력 1 : 주차선인식 → 주차선영상 (320x160 Numpy.array) 입력
   b) 입력 2 : 주차칸인식 → 주변 주차칸 (양 입구점) 입력
   c) 입력 3 : 서버 → 목표 (상대위치) 입력
   d) 입력 4 : EMBEDDED →(localization + odometry) → /position ROS sub.
   e) 주차칸결정 (python) : 목표위치과 로봇위치를 대조해 목표 주차칸 결정 & 마킹
   f) 출력 : 목표주차칸영상 (320x160 Numpy.array) → 주차경로추정



주차경로결정 (Parking Path Decision)

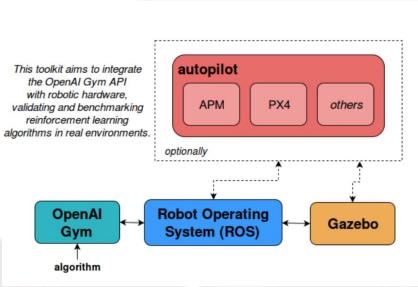
1) 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : 목표 주차칸에 후방으로 주차하는 경로 추정
   b) 배경 및 필요성 : 이차원 평면 상에 장애물을 피해 도착하는 게임을 푸는 것
   c) 시스템 운영개념 : 로봇의 환경 모방, 강화학습, 모델을 환경에서 풀이
   d) 운영 및 제약사항 : 현실의 파라미터 정규화 필요
2) 기능 요구사항
   a) 주차경로 훈련 + 시뮬레이터 : gym-gazebo
      i) 환경 : 차선 or 배경, 시야범위 제한
      ii) 보상 : 목표 주차칸과의 평균거리 반비례, 목표주차칸과 평행, 충돌 시 페널티
      iii) 행동 : 조향각, 추진속도 (양/음), 페이즈 분리 (전진, 후진)
   b) 입력 : 목표주차칸영상 (320x160 Numpy.array) 입력
   c) 주차칸 추적 : 프레임간 트래킹, 목표영역 추가마킹 (connected component)
   d) 주차경로 추론 : 최적화된 파라미터에 의한 forward-pass
   e) 출력 : 조향각, 속도 (양/음)
3) 비기능 요구사항
   a) 프레임워크 포팅 : gym-gazebo
   b) 오픈소스 : OpenAI Gym의 튜토리얼
      i) duckie town (강화학습-로봇제어), deep-drive (3차원 주행)



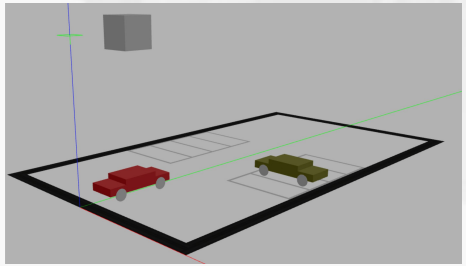


주차경로결정 (Parking Path Decision)

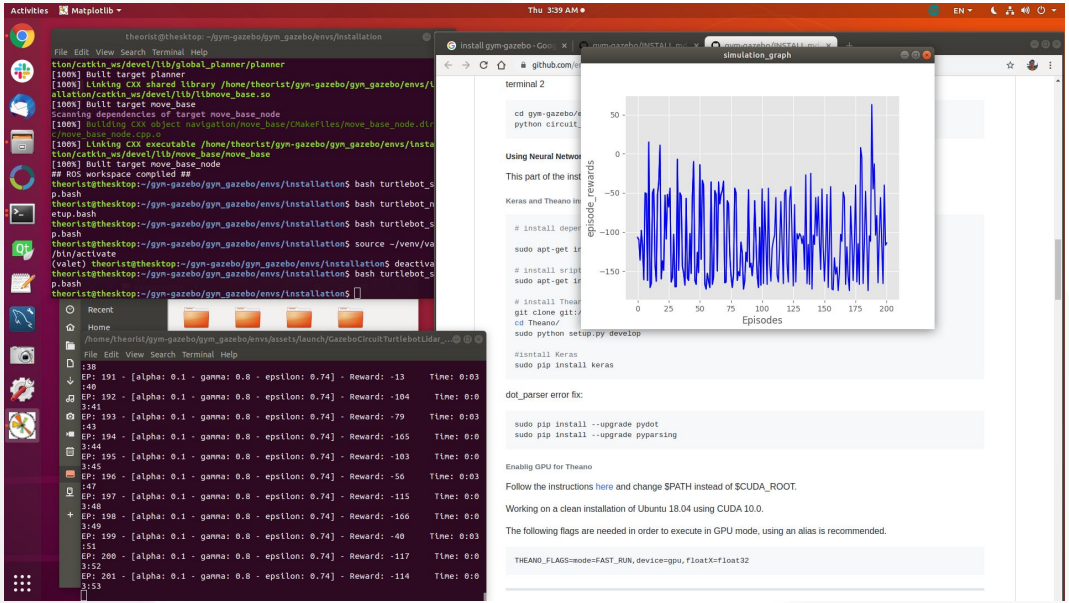
gym-gazebo 포팅



Gazebo 시각화 & 응용중



TurtleBot 훈련



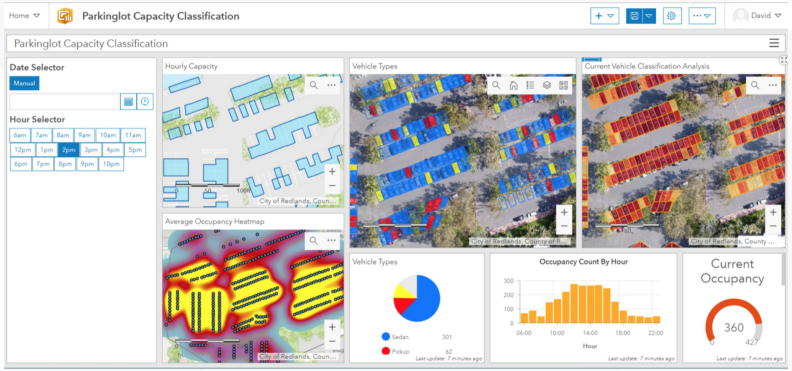
주차장지도제작 (Parking Lot Mapping)

3. Localization : 위치
   - 주차장 Mapping
   - GPS + odometry
   - 서버 Visualization : 차량 현재 위치 on the Map(google map with GPS)

1) 시스템 정의
   a) 목적 및 기능 : 야외주차장의 상공사진에서 주차장의 구조를 추출
   b) 배경 및 필요성 : 로봇의 localization, 서버의 Visualization, 클라이언트의 UI에 주차장의 정적구조 필요
   c) 시스템 운영개념 : 시연주차장의 차선정보 구하기
   d) 운영 및 환경 제약사항 : 자동추출 한계, 동적 객체 출력 안함 (보행자, 차

2) 비기능 요구사항
   a) 상공영상 확보 : 구글보다 네이버
   b) 지도 생성 : ArcGIS Free Trial을 이용한 차선따라 그리기
   c) GPS 좌표 확보 : RTK GPS 활용
   d) 주차칸 번호 할당 : JSON {slot {id, latitude, longitude}}
   e) 상대좌표 부여 : LT(0, 0), RB(1,1)로 상대좌표공간 생성
   f) 영상 생성 : 0 배경, 1 차선, 2 차량

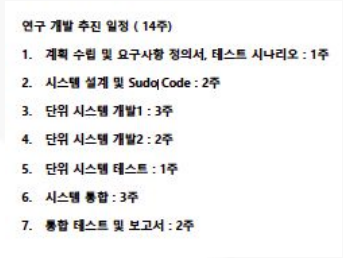
~~3) 자동화된 주차장 구조 추출 (2016년 논문)~~
   ~~a) 빌딩제거, 차량검출, 주차공간검출, grouping~~
   ~~b) 낮은 검출율 : 차량 66%대, 주차공간 20~40%대~~



개발 자원

9월	1주차	팀빌딩 (청소기로봇)
	2주차	계획수립 (발렛파킹로봇)
	3주차	요구사항 정의서, 테스트 시나리오
	4주차	시스템 설계 및 Pseudo Code
		a. 시스템 설계 및 Pseudo Code
10월	5주차	단위 시스템 개발 1 - 주차선 인식
	6주차	단위 시스템 개발 2 - 주차칸 인식
	7주차	**단위 시스템 개발 3 (중간고사) -** 객체인식
	8주차	단위 시스템 개발 4 - 주차장 Mapping
	9주차	단위 시스템 테스트
11월	10주차	시스템 통합 - 비전통합, 서버 Visualization
	11주차	시스템 통합 - ROS 통합, 조향각계산기
	12주차	시스템 통합 - 서비스통합
	13주차	테스트 및 보고서
	14주차	테스트 및 보고서
12월	**15주차**	**테스트 및 보고서 (기말고사)**

1) 단기 방향성
   a) 카메라 인수 시
      i) Camera Calibration
      ii) AVM
   b) 서버 인수 시
      i) Object Detection
      ii) Parking Lane Detection
      iii) Parking Space Detection
2) 장기 방향성
   a) 강화학습
      i) gym-gazebo 미로탈출 포팅
      ii) gym-gazebo 주차경로 포팅
   b) 주차장 매핑
      i) GeoAI를 이용한 툴 활용 시도


연구 개발 추진 일정 (14주)

1. 계획 수립 및 요구사항 정의서, 테스트 시나리오 : 1주
2. 시스템 설계 및 Sudo Code : 2주
3. 단위 시스템 개발1 : 3주
4. 단위 시스템 개발2 : 2주
5. 단위 시스템 테스트 : 1주
6. 시스템 통합 : 3주
7. 통합 테스트 및 보고서 : 2주

소요

소요물

1. 차체
   a. 유아용 전동차 x 1
2. 구조물
   a. 스탠 봉 x 00
   b. 설치 잡자재
3. 보드
   a. NVIDIA Jetson Xavier x 1
   b. SD Card 128Gb+ x 3
   c. USB C-A Cable
4. 하드웨어
   a. 12V 배터리, 충전기
   b. 4-CH Camera HW interface
5. 개발환경
   a. **GPU 서버 → 외부공개 IP**

1. 시스템소프트웨어
   a. JetPack 4.2
2. 미들웨어
   a. PIP
   b. virtualenv
3. 프레임워크
   a. ROS Melodic
   b. OpenCV 3.4
   c. PyTorch 1.1
   d. TensorFlow 1.4
   e. Matlab ?
4. 어플리케이션
   a. **libxcam_app**
   b. Camera driver for Xavier