

第四次课

- 第四次课
 - 本节任务
 - 1 感知模块的准备
 - 1.1 内外参标定文件
 - 1.2 检查当前通道是的数据输入
 - 1.3 代码的目录组织结构
 - 1.4 激光雷达/相机感知无法开启
 - 2 基于激光点云的感知
 - 2.1 CNNSegmentation算法
 - 2.1.1 配置文件调整
 - 2.1.2 启动文件调整
 - 2.2 启动激光点云感知模块
 - 2.2 PointPillar算法
 - 2.2.1 配置文件调整
 - 2.2.2 启动文件调整
 - 2.3 开启PointPillar激光点云感知
 - 3 基于图像的感知模块
 - 3.1 配置文件调整
 - 3.2 启动文件调整
 - 3.3 启动图像感知模块
 - 4 基于相机和激光融合的感知模块
 - 4.1 配置文件调整
 - 4.2 启动文件调整
 - 4.3 启动融合感知模块
 - 5 启动预测模块
 - 5.1 输入输出解析
 - 5.2 预测模块启动

本节任务

1. 实车上实现激光雷达感知；
2. 实车上实现视觉感知；
3. 实车上实现激光雷达-视觉融合感知。

Apollo支持三种感知方式：基于激光点云的感知模型、基于相机的感知模型、基于融合感知的模型。支持多相机、多激光、毫米波雷达感知等多种传感设备。由于场地、设备等条件限制，这里仅仅对单相机感知，单激光感知，相机-激光融合感知算法进行测试实践。

1 感知模块的准备

1.1 内外参标定文件

在完成感知任务之前，首先必须完成相机内参标定、Lidar和相机外参标定，并将校正数据存放在下述文件夹中：

- 相机内参文件：

`modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/camera_params/front_6mm_intrinsics.yaml`

- Lidar-Camera外参文件：

`modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/camera_params/front_6mm_extrinsics.yaml`

1.2 检查当前通道是的数据输入

- `/apollo/sensor/lidar32/compensator/PointCloud2`：激光感知和融合感知中必备
- `/apollo/sensor/camera/front_6mm/image`：视觉感知和融合感知中必备
- `/apollo/localization/pose`：需要提供定位
- `/tf`及`/tf_static`：需要提供传感器外参和TF树

1.3 代码的目录组织结构

感知模块的目录组织结构如下：

```
.
├── BUILD
├── README.md
├── base      // 基础类
├── camera    // 相机相关      --- 子模块流程
├── common    // 公共目录
├── data      // 相机的内参和外参
├── fusion    // 传感器融合
├── inference  // 深度学习推理模块
├── lib       // 一些基础的库，包括线程、时间等
├── lidar     // 激光雷达相关    --- 子模块流程
├── map       // 地图
├── model     // 深度学习模型
├── onboard   // 各个子模块的入口  --- 子模块入口
├── production // 感知模块入口（深度学习模型也存放在这里） --- 通过cyber启动子模块
├── proto     // 数据格式，protobuf
├── radar     // 毫米波          --- 子模块流程
├── testdata  // 上述几个模块的测试数据
└── tool     // 离线测试工具
```

其中：

- `production`：感知模块的入口在`production`目录，通过`lanuch`加载对应的`dag`，启动感知模块。
- `onboard`：定义了多个子模块，分别用来处理不同的传感器信息（Lidar，Radar，Camera）。各个子模块的入口在`onboard`目录中，每个传感器的流程大概相似，可以分为预处理，物体识别，感兴趣区域过滤以及追踪。
- `inference`：深度学习推理模块。部署的过程会对模型做加速，实现了`caffe`，`TensorRT`、`libtorch`、`onnx`等多种模型部署。训练好的深度模型放在`modules\perception\production\data`目录中，然后通过推理模块进行加载部署和在线计算。
- `camera`：主要实现车道线识别，红绿灯检测，以及障碍物识别和追踪。

- radar：主要实现障碍物识别和追踪（由于毫米波雷达上报的就是障碍物信息，这里主要是对障碍物做追踪）。
- lidar：主要实现障碍物识别和追踪（对点云做分割，分类，识别等）。
- fusion：对上述传感器的感知结果做融合。

1.4 激光雷达/相机感知无法开启

打开dreamview，选择dev kit pix hooke的车型依次开启Tranform GPS localization，查看选择车型的位置是否出现警告：

Raw IMU Message Delay. IMU message is xx cycle 0.xxxxxxx sec behind current time

这是因为华测惯导没有初始化成功，时间戳没和world系统时间对齐，重启接收机(参考惯导设置)，关闭工控机，整车断电，再进行惯导初始化，直到惯导状态出现组合导航。

如果没有出现上面的警告，但是在开启感知的terminal出现 transform_wrapper.cc can not find transform. Lookup would require extrapolation into the past/future...，如果上面的IMU信息没有延迟，那么大概率是CPU不堪重负了，数据处理不过来，解决方法是停掉所有打开的软件(进程)或者重启电脑。

2 基于激光点云的感知

2.1 CNNSegmentation算法

CNNSegmentation算法（以下简称cnnseg）是由百度研发、尚未开源的语义分割算法（而非传统上基于bbox的方法）。它分为center offset，objectness，positiveness，object height，class probability五个层级，由于鲁棒性和检测效果较好，后续如不额外声明，均以该方法作为基础。

cnnseg的模型权重文件位于：

modules/perception/production/data/perception/lidar/models/cnnseg/velodyne16/deploy.caffemodel

工控机里面的apollo版本并没有CNNSegmentation算法，因此需要从 apollo edu 6.0 版本拷贝modules下的 perception文件夹到 工控机的modules目录下(原来perception文件夹删掉即可)，然后重新编译：

```
bash apollo.sh build_opt perception
```

2.1.1 配置文件调整

创建/修改参数配置文件：

- modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/velodyne16_segmentation_conf.pb.txt：

```
sensor_name: "velodyne16"
enable_hdmap: true
lidar_query_tf_offset: 0 #通过增加此处值来同步lidar和imu的时间
lidar2novatel_tf2_child_frame_id: "lidar32"
output_channel_name: "/perception/inner/SegmentationObjects"
```

- modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/recognition_conf.pb.txt:

```
main_sensor_name: "velodyne16"
output_channel_name: "/perception/inner/PrefusedObjects"
```

- modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/mlf_engine.conf:

```
main_sensor: "velodyne16"
use_histogram_for_match: true
histogram_bin_size: 10
output_predict_objects: false
reserved_invisible_time: 0.3
use_frame_timestamp: true
```

- modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/lidar_fusion_component_conf.pb.txt:

```
fusion_method: "ProbabilisticFusion"
fusion_main_sensors: "velodyne16"
object_in_roi_check: true
radius_for_roi_object_check: 120
output_obstacles_channel_name: "/apollo/perception/obstacles"
output_viz_fused_content_channel_name:
  "/perception/inner/visualization/FusedObjects"
```

2.1.2 启动文件调整

创建/修改dag启动文件：

modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_dag/dag_streaming_perception_dev_kit_lidar.dag

```
module_config {
  module_library: "/apollo/bazel-
bin/modules/perception/onboard/component/libperception_component_lidar.so"

  components {
    class_name: "SegmentationComponent"
    config {
      name: "Velodyne16Segmentation"
      config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/velodyne16_segmentati
on_conf.pb.txt"
      flag_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/perception_common fla
g"
```

```

    readers {
      channel: "/apollo/sensor/lidar32/compensator/PointCloud2"
    }
  }
}

components {
  class_name: "RecognitionComponent"
  config {
    name: "RecognitionComponent"
    config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/recognition_conf.pb.txt"
    readers {
      channel: "/perception/inner/SegmentationObjects"
    }
  }
}

components {
  class_name: "FusionComponent"
  config {
    name: "SensorFusion"
    config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/lidar_fusion_componen
t_conf.pb.txt"
    readers {
      channel: "/perception/inner/PrefusedObjects"
    }
  }
}
}

```

- 为了提高效率，同一个模块内的部分数据通道，如/perception/inner/SegmentationObjects或者/perception/inner/PrefusedObjects并不会在cyber_monitor中显示，但是它们依然存在并有效传递着数据。

2.2 启动激光点云感知模块

1. 在dreamview选择车型dev_kit_pix_hooke，如果之前已选择了车型，请刷新一下车型，即选择一下其他车型再选择车型dev_kit_pix_hooke，那么apollo会把dev_kit_pix_hooke车型配置文件覆盖掉modules目录下同命名的文件。
2. 启动感知模块，等待待显存稳定（一般在1-2分钟左右）直接点击dreamview界面的lidar Perception按钮，如果按钮无法启动(启动几分钟后自动关闭)，使用下面的命令手动开启，查看报错信息：

```

# cnn_seg
mainboard -d
modules/perception/production/dag/dag_streaming_perception_dev_kit_lidar.dag

```

3. 待显存稳定后观察dreamview是否检测出物体或者启动一个录好的数据集，例如：

```
cyber_recorder play -f data/bag/20220203/20220203100813.record.0000*
```

- 显存是否稳定可以通过指令：`watch -n 0.1 nvidia-smi`查询。该命令表示每间隔0.1 s执行一次 `nvidia-smi`指令
- 显存稳定：

```
Every 0.1s: nvidia-smi
```

Sun Apr 10 10:46:48 2022

NVIDIA-SMI 470.42.01 Driver Version: 470.42.01 CUDA Version: 11.4									
GPU	CName	Persistence-M	Bus-Id	Disp.A	Volatile Uncorr. ECC				
Fan	Temp	Perf	Pwr:Usage/Cap	Memory-Usage	GPU-Util	Compute M.	MIG M.		
0	NVIDIA GeForce ...	Off	00000000:01:00.0	Off	N/A				
N/A	50C	P8	14W / N/A	2073MiB / 5946MiB	0%	Default	N/A		
1.1 CNNSegmentation算法									
1.1.1 配置文件调整									
Processes: 启动文件调整									
GPU	GI	CI	PID	Type	Process name	GPU Memory Usage			
	ID	ID							
0	N/A	N/A	5306	C	mainboard	2071MiB			

4. 查看/apollo/perception/obstacles中是否由数据输出（cnnseg检测输出为多边形，PointPillar检测输出为矩形框）

```
cyber_monitor
```

对于每时刻的检测结果，有如下障碍物检测序列：

```
ChannelName: /apollo/perception/obstacles
MessageType: apollo.perception.PerceptionObstacles
FrameRatio: 0.00
RawMessage Size: 23558 Bytes (23.01 KB)
perception_obstacle: +[21 items]
header:
  timestamp_sec: 1649554907.004176140
  module_name: perception_obstacle
  sequence_num: 1441
  lidar_timestamp: 1648287224159765248
  camera_timestamp: 0
  radar_timestamp: 0
error_code: OK
```

对于每一个障碍物检测结果，包含：

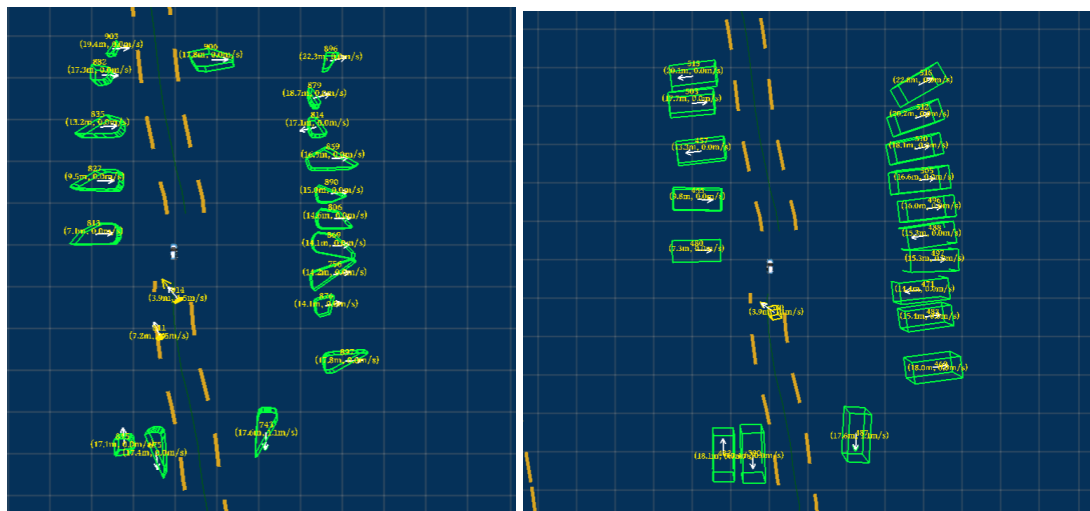
- 检测目标的id，类别，位置，朝向（仅包括yaw），速度，加速度
- 长宽高，多边形点（cnnseg，PointPillar），bbox2d（camera），anchor
- 位置、速度、加速度协方差
- 追踪时间：数据关联成功时长
- light_status：仅在图像障碍物检测中出现

```

ChannelName: /apollo/perception/obstacles
MessageType: apollo.perception.PerceptionObstacles
FrameRatio: 0.00
perception_obstacle: [0]
  id: 675
  position:
    x: 443996.994114553
    y: 4436666.019773082
    z: 32.388639151
  theta: -1.497994423
  velocity:
    x: -0.0
    y: 0.0
    z: 0.0
  length: 4.122876167
  width: 1.470222116
  height: 1.344617486
  polygon point: +[13 items]
  tracking_time: 42.900608778
  type: VEHICLE
  timestamp: 1648287224.159749746
  acceleration:
    x: -0.000000446
    y: -0.000004244
    z: 0.0
  anchor_point:
    x: 443997.130370396
    y: 4436666.995180999
    z: 33.152222815
  bbox2d:
    xmin: 0.0
    ymin: 0.0
    xmax: 0.0
    ymax: 0.0
  sub_type: ST_UNKNOWN
  measurements: +[1 items]
  height_above_ground: nan
  position_covariance: +[9 items]
  velocity_covariance: +[9 items]
  acceleration_covariance: +[9 items]
  light status:
    brake visible: 0.0
    brake switch on: 0.0
    left turn visible: 0.0
    left turn switch on: 0.0
    right turn visible: 0.0

```

5. 在dreamviewer最终效果如下(第一个为cnnseg, 第二个为PointPillar): 可以看出, 雷达视野覆盖360度, 但是感知距离相对较近。



2.2 PointPillar算法

PointPillar是基于激光点云进行目标检测的经典开源算法, 在apollo和autoware上均有其实现。训练模型权重详见文件: `modules/perception/production/data/perception/lidar/models/detection/point_pillars`。

2.2.1 配置文件调整

创建/修改参数配置文件:

- `modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/velodyne16_detection_conf.pb.txt`

```

sensor_name: "velodyne16"
enable_hdmap: true
lidar_query_tf_offset: 0 #通过增加此处值来同步lidar和imu的时间

```

```
lidar2novatel_tf2_child_frame_id: "lidar32"
output_channel_name: "/perception/inner/DetectionObjects"
```

- modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/recognition_conf.pb.txt:

```
main_sensor_name: "velodyne16"
output_channel_name: "/perception/inner/PrefusedObjects"
```

- modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/mlf_engine.conf:

```
main_sensor: "velodyne16"
use_histogram_for_match: true
histogram_bin_size: 10
output_predict_objects: false
reserved_invisible_time: 0.3
use_frame_timestamp: true
```

- modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/lidar_fusion_component_conf.pb.txt:

```
fusion_method: "ProbabilisticFusion"
fusion_main_sensors: "velodyne16"
object_in_roi_check: true
radius_for_roi_object_check: 120
output_obstacles_channel_name: "/apollo/perception/obstacles"
output_viz_fused_content_channel_name:
"/perception/inner/visualization/FusedObjects"
```

2.2.2 启动文件调整

创建/修改dag启动文件：

modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_dag/dag_streaming_perception_lidar.dag

```
module_config {
  module_library: "/apollo/bazel-
bin/modules/perception/onboard/component/libperception_component_lidar.so"

  components {
    class_name: "DetectionComponent"
    config {
      name: "Velodyne16Detection"
      config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/velodyne16_detection_
conf.pb.txt"
```



```

    flag_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/perception_common.fl
g"
    readers {
      channel: "/apollo/sensor/lidar32/compensator/PointCloud2"
    }
  }
}

components {
  class_name: "RecognitionComponent"
  config {
    name: "RecognitionComponent"
    config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/recognition_conf.pb.txt"
    readers {
      channel: "/perception/inner/DetectionObjects"
    }
  }
}

components {
  class_name: "FusionComponent"
  config {
    name: "SensorFusion"
    config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/lidar_fusion_componen
t_conf.pb.txt"
    readers {
      channel: "/perception/inner/PrefusedObjects"
    }
  }
}
}

```

- 为了提高效率，同一个模块内的部分数据通道，如/perception/inner/SegmentationObjects或者/perception/inner/PrefusedObjects并不会在cyber_monitor中显示，但是它们依然存在并有效传递着数据。

2.3 开启PointPillar激光点云感知

1. 在dreamview选择车型dev_kit_pix_hooke，如果之前已选择了车型，请刷新一下车型，即选择一下其他车型再选择车型dev_kit_pix_hooke，那么apollo会把dev_kit_pix_hooke车型配置文件覆盖掉modules目录下同命名的文件。
2. 启动感知模块，等待待显存稳定（一般在1-2分钟左右）

```
mainboard -d modules/perception/production/dag/dag_streaming_perception_lidar.dag
```

3. 其他操作参考上述cnnseg步骤。

3 基于图像的感知模块

图像感知模块基于单目yolo 3D障碍物感知算法进行测试，检测种类包括：CAR，VAN，BUS，TRUCK，CYCLIST，TRICYCLIST，PEDESTRIAN，TRAFFICONE。其模型权重位于：
modules/perception/production/data/perception/camera/models/yolo_obstacle_detector

3.1 配置文件调整

创建/修改配置文件，确保检测到的障碍物信息向指定channel输出：

- 修改文件位置为：
modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/camera/fusion_camera_detection_component.pb.txt
- 仅修改文件内容为：

```
output_final_obstacles : true
output_obstacles_channel_name : "/perception/obstacles"
```

3.2 启动文件调整

创建/调整启动文件：

modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_dag/dag_streaming_perception_dev_kit_camera.dag:

```
module_config {
  module_library : "/apollo/bazel-
bin/modules/perception/onboard/component/libperception_component_camera.so"
  components {
    class_name : "FusionCameraDetectionComponent"
    config {
      name: "FusionCameraComponent"
      config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/camera/fusion_camera_
detection_component.pb.txt"
      flag_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/perception_common.fl
ag"
    }
  }
}
```

3.3 启动图像感知模块

1. 在dreamview选择车型dev_kit_pix_hooke，如果之前已选择了车型，请刷新一下车型，即选择一下其他车型再选择车型dev_kit_pix_hooke，那么apollo会把dev_kit_pix_hooke车型配置文件覆盖掉modules目录下同命名的文件。

2. 启动图像模块，等待待显存稳定（一般在1-2分钟左右）。直接点击dreamview界面的 **camera Perception** 按钮，如果按钮无法启动(启动几分钟后自动关闭)，使用下面的命令手动开启，查看报错信息：

```
mainboard -d
/apollo/modules/perception/production/dag/dag_streaming_perception_dev_kit_camera.dag
```

3. 待显存稳定后观察**dreamview**是否检测出物体或者启动一个录好的数据集，例如：

```
cyber_recorder play -f data/bag/20220203/20220203100813.record.0000*
```

- 显存是否稳定可以通过指令：**watch -n 0.1 nvidia-smi**查询。该命令表示每间隔0.1 s执行一次 **nvidia-smi**指令
- 显存稳定：

Every 0.1s: nvidia-smi

Sun Apr 10 10:46:48 2022

NVIDIA-SMI 470.42.01				Driver Version: 470.42.01		CUDA Version: 11.4	
GPU	Name	Persistence-M	Bus-Id	Disp.A	Volatile	Uncorr. ECC	
Fan	Temp	Perf	Pwr:Usage/Cap	Memory-Usage	GPU-Util	Compute M.	MIG M.
0	NVIDIA GeForce ...	Off	00000000:01:00.0	Off		N/A	
N/A	50C	P8	14W / N/A	2073MiB / 5946MiB	0%	Default	N/A

1.1 CNNSegmentation算法

1.1.1 配置文件调整

1.1.2 启动文件调整

GPU	GI ID	CI ID	PID	Type	Process name	GPU Memory Usage
0	N/A	N/A	5306	C	mainboard	2071MiB

1.2.2 启动文件调整

4. 查看输出结果：（camera检测输出为三维目标框）

```
cyber_monitor
```

观察到/perception/obstacles中有数据输出：

- 障碍物序列为：

```

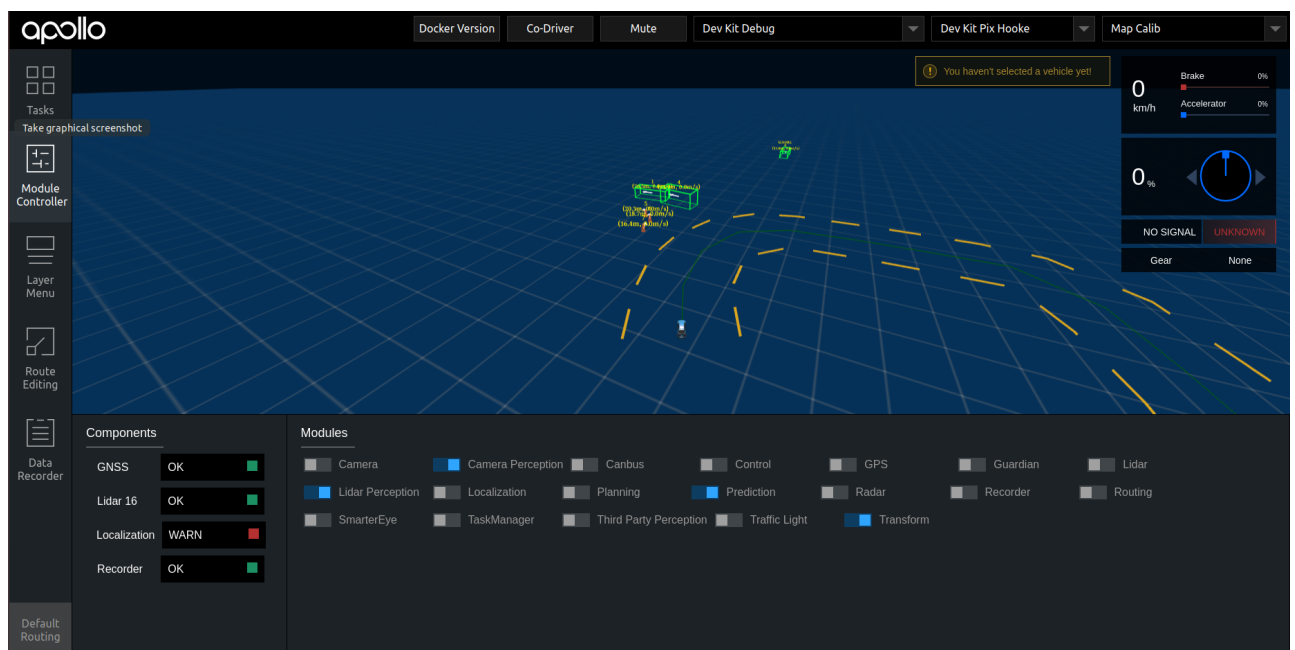
ChannelName: /apollo/perception/obstacles
MessageType: apollo.perception.PerceptionObstacles
FrameRatio: 0.00
RawMessage Size: 2690 Bytes (2.63 KB)
perception_obstacle: +[5 items]
header:
  timestamp_sec: 1649559114.608419418
  module_name: perception_camera
  sequence_num: 1580
  lidar_timestamp: 1644554795624157952
  camera_timestamp: 1644554795624157952
error_code: OK
lane_marker:
  left_lane_marker:
  right_lane_marker:
  next_left_lane_marker: +[1 items]
  next_right_lane_marker: +[1 items]

```

与激光雷达检测相比，多了车道线等信息，但是由于该模块尚未开启，因此没有数据。

- 单个障碍物信息（`perception_obstacle[i]`）的数据类型解析详见激光点云的检测说明。与激光相比，基于视觉的输出多了**`bbox2d`**和**`light_status`**，其余变化不大。

5. 在**`dreamviewer`**最终效果如下：可以看出，**相机的视野较远**，还能有效的检测到**小物体**，但是**视野受限**。



4 基于相机和激光融合的感知模块

4.1 配置文件调整

选择需要融合的主传感器，并设置输出通道：

- 创建/修改文件：

`modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/fusion_component_conf.pb.txt`

```

fusion_method: "ProbabilisticFusion"
fusion_main_sensors: "velodyne16"
fusion_main_sensors: "front_6mm"
object_in_roi_check: true
radius_for_roi_object_check: 120
output_obstacles_channel_name: "/apollo/perception/obstacles"
output_viz_fused_content_channel_name:
"/perception/inner/visualization/FusedObjects"

```

4.2 启动文件调整

创建/修改启动文件：

`modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_dag/dag_streaming_perception.dag`，内容如下：

```

module_config {
  module_library : "/apollo/bazel-
bin/modules/perception/onboard/component/libperception_component_camera.so"
  components {
    class_name : "FusionCameraDetectionComponent"
    config {
      name: "FusionCameraComponent"
      config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/camera/fusion_camera_
detection_component.pb.txt"
      flag_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/perception_common fla
g"
    }
  }
}

module_config {
  module_library : "/apollo/bazel-
bin/modules/perception/onboard/component/libperception_component_lidar.so"

  components {
    class_name : "SegmentationComponent"
    config {
      name: "Velodyne16Segmentation"
      config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/velodyne16_segmentati
on_conf.pb.txt"
      flag_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/perception_common fla
g"
      readers {
        channel: "/apollo/sensor/lidar32/compensator/PointCloud2"
      }
    }
  }
}

```

```

    }
  }

  components {
    class_name: "RecognitionComponent"
    config {
      name: "RecognitionComponent"
      config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/recognition_conf.pb.txt"
      readers {
        channel: "/perception/inner/SegmentationObjects"
      }
    }
  }

  components {
    class_name: "FusionComponent"
    config {
      name: "SensorFusion"
      config_file_path:
"/apollo/modules/calibration/data/dev_kit_pix_hooke/perception_conf/fusion_component_conf.pb.txt"
      readers {
        channel: "/perception/inner/PrefusedObjects"
      }
    }
  }
}

```

4.3 启动融合感知模块

1. 启动融合感知模块，等待待显存稳定（一般在1-2分钟左右）。

直接点击dreamview界面的 **camera Perception**按钮，如果按钮无法启动(启动几分钟后自动关闭)，使用下面的命令手动开启，查看报错信息：

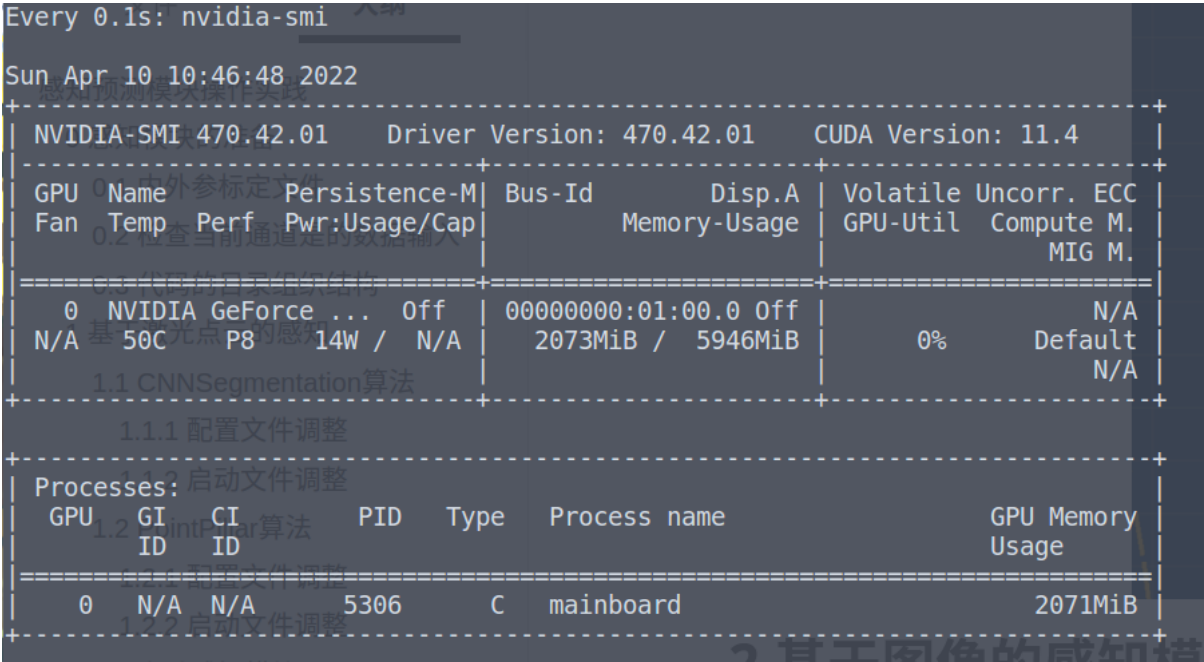
```
mainboard -d
/apollo/modules/perception/production/dag/dag_streaming_perception.dag
```

2. 待显存稳定后观察**dreamview**是否检测出物体或者启动一个录好的数据集，例如：

```
cyber_recorder play -f data/bag/20220203/20220203100813.record.0000*
```

- 显存是否稳定可以通过指令：**watch -n 0.1 nvidia-smi**查询。该命令表示每间隔0.1 s执行一次**nvidia-smi**指令

- 显存稳定：



3. 查看输出结果：（三维目标框和多边形框）

```
cyber_monitor
```

观察到/apollo/perception/obstacles以及/perception/obstacles中有数据输出，输出数据类型与之前类似。

- 4. 在dreamviewer可以看出，近处时为点云检测为主的多边形目标，远处时为相机检测到的矩形框，兼具了两者的优势。

5 启动预测模块

5.1 输入输出解析

预测模块输入消息类型为：

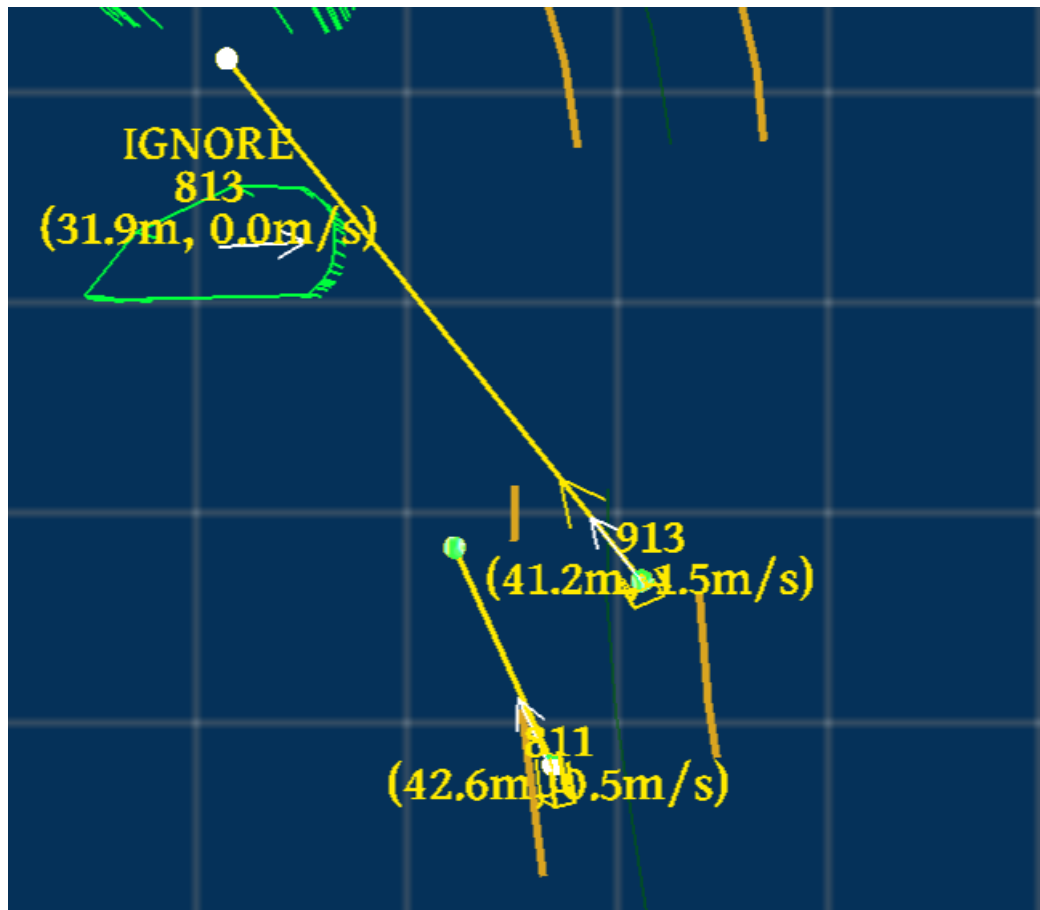
- perception::PerceptionObstacles：感知模块输出的障碍物信息，对应/apollo/perception/obstacles
- planning::ADCTrajectory：规划模块输出的行驶路径，对应/apollo/planning
- localization::LocalizationEstimate：车辆当前的位置，对应/apollo/localization/pose

预测模块输出消息类型为：

- prediction::PredictionObstacles：预测模块输出的障碍物信息，对应/apollo/prediction

5.2 预测模块启动

- 1. 启动cyber_launch start modules/prediction/launch/prediction.launch



2. 观测cyber_monitor的/apollo/prediction通道是否正常工作输出

```
ChannelName: /apollo/prediction
MessageType: apollo.prediction.PredictionObstacles
FrameRatio: 0.00
RawMessage Size: 3199 Bytes (3.12 KB)
header:
  timestamp_sec: 1644114068.160332918
  module_name: prediction
  sequence_num: 218
  lidar_timestamp: 1643854111485752064
  camera_timestamp: 1643854111485752064
  radar_timestamp: 0
prTakegraphicalscreenshot:[6 items]
perception_error_code: OK
start_timestamp: 1644114068.156162262
end_timestamp: 1644114068.160304546
```