

激光雷达和相机感知融合简介

焉知智能汽车 2022-02-25 11:50



来源 | 十点雨@知乎

知圈 | 进“域控制器群”请加微13636581676,备注域

本文介绍激光雷达和相机融合的方法：

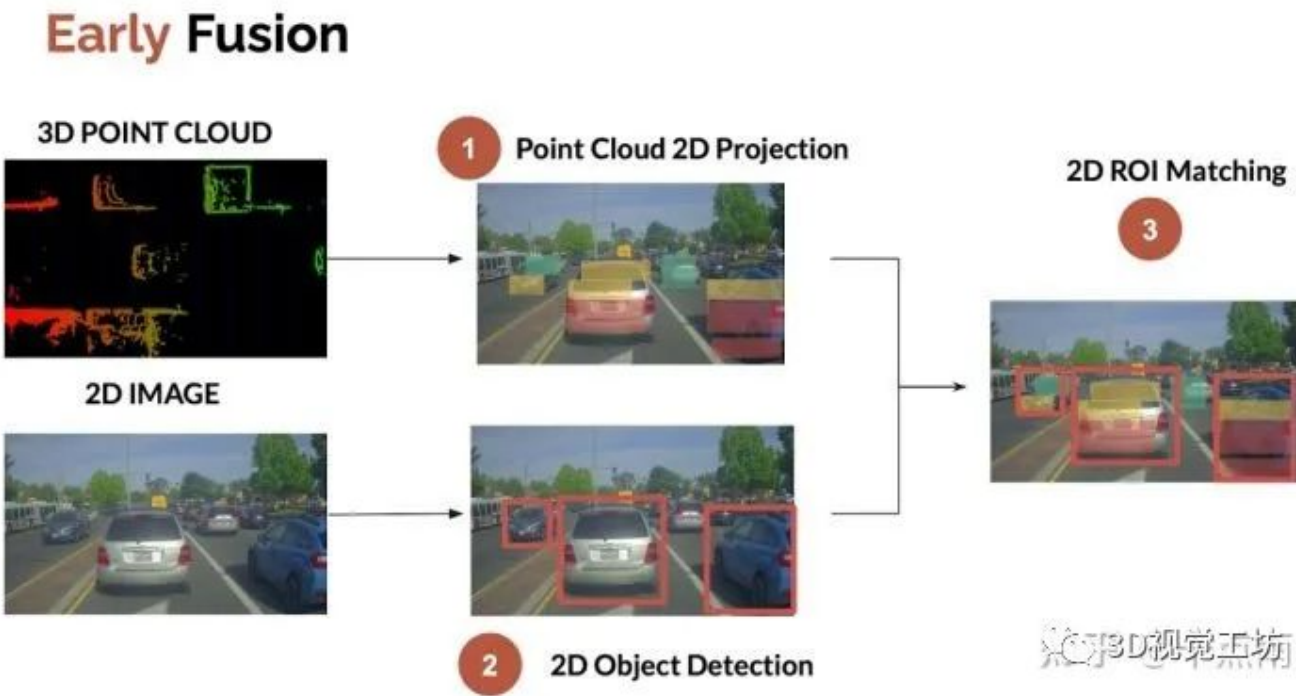
前融合：融合原始数据（点云和像素/目标框）。

后融合：融合目标框。

01 焉知

前融合

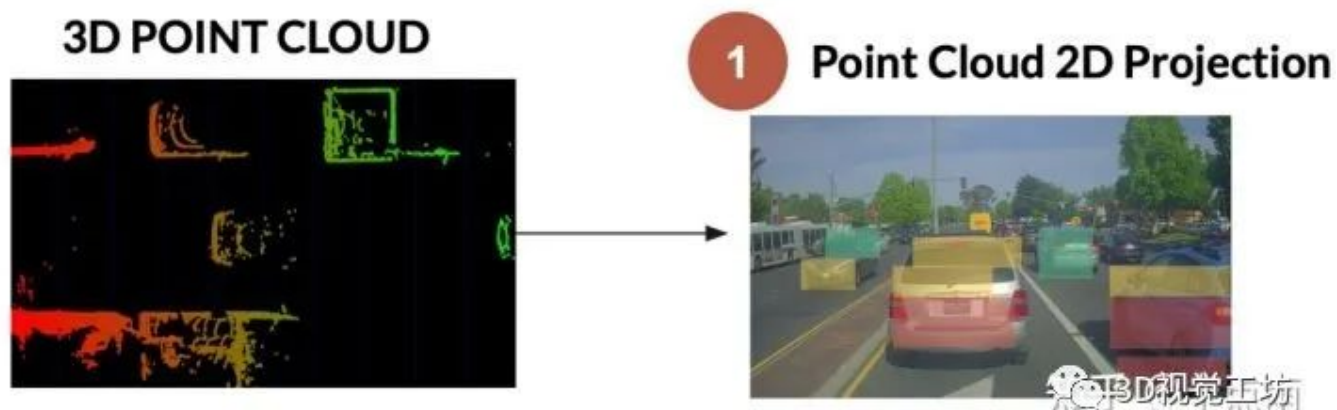
前融合一般指融合原始数据，最容易、最普遍的方式是将点云投影到图像。然后检查点云是否属于图像中检测的2D目标框。流程如下：



1.1 点云投影

三步：

- 将3D激光雷达点转换为齐次坐标
- 将点云变换到图像坐标系（LiDAR-Camera外参）
- 透视投影到图像平面（相机内参）



1.2 图像目标检测

一般使用YOLO系列算法。可以参考：Introduction to YOLOv4: Research review

<https://www.thinkautonomous.ai/blog/?p=introduction-to-yolov4-research-review>

1.3 ROI匹配

ROI（Region Of Interest）匹配即融合目标边界框内的数据。这一步的输出：

- 对于每个2D边界框，图像检测提供类别。
- 对于每个LiDAR投影点，我们有准确的距离。

因此，融合目标语义类别和空间位置就完善了。这一步的重点是如何融合目标边界框内的投影点，作为目标位置：求平均，中值，中心点，最近点？

另外，图像目标框往往比真实目标大一些，目标边界框内投影点云可能不属于真实目标（比如可能属于背景，或附近目标）。针对这个问题，采用图像分割，可以更准确地匹配投影点和像素。

下图箭头处显示了投影点在目标框内，但不属于目标框对应的车辆，而是前方车辆的点云。

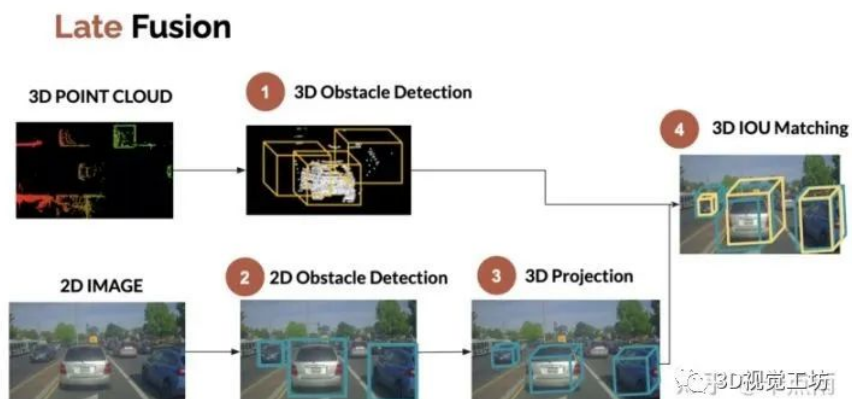
后融合

后融合是融合各个传感器独立的检测结果，有两种融合思路：

- 2D融合：图像2D检测，点云3D检测投影到图像生成的2D检测。如下图：



- 3D融合：图像3D检测，点云3D检测。流程如下：



下文详细介绍下3D融合的思路。

2.1 点云3D目标检测

- 传统方法：聚类，L-shape fitting等
- 深度学习方法：centerpoint等

2.2 图像3D目标检测

单目3D目标检测，需要知道投影参数（相机内参，标定外参），并使用深度学习。知道目标的真实大小和朝向也有助于得到目标的准确边界框。

分享一篇单目3D检测论文：3D Bounding Box Estimation Using Deep Learning and Geometry
(<https://arxiv.org/pdf/1612.00496.pdf>)



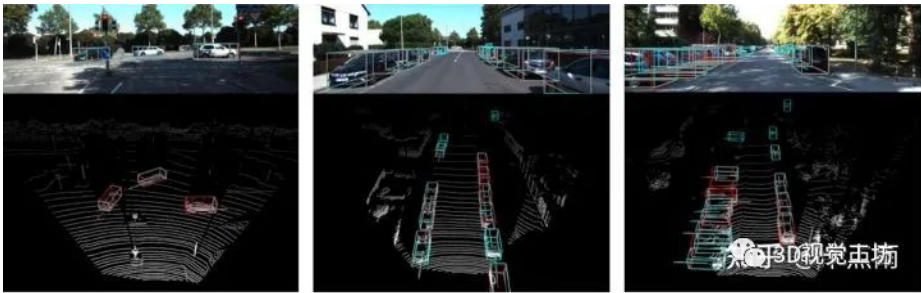
Figure 1. Our method takes the 2D detection bounding box and estimates a 3D bounding box.

2.3 IOU匹配

IOU即Intersection Over Union， 描述两个边界框的重合程度。

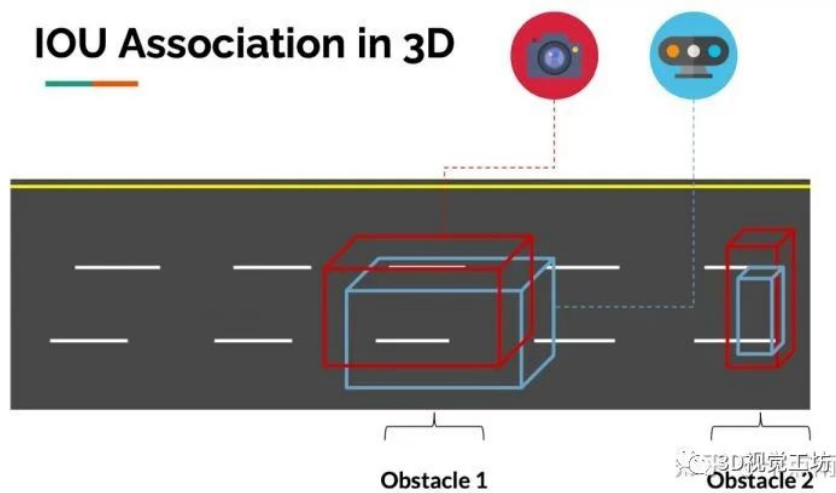
2.3.1 空域上的IOU匹配

匹配就是看图像3D边界框和点云3D边界框是否重合（用IOU衡量），重合度高则是同一个目标。3D Iou--Net (2020)中的示例图像：



因此，我们可以在空域上将不同传感器的检测目标进行关联。

IOU Association in 3D

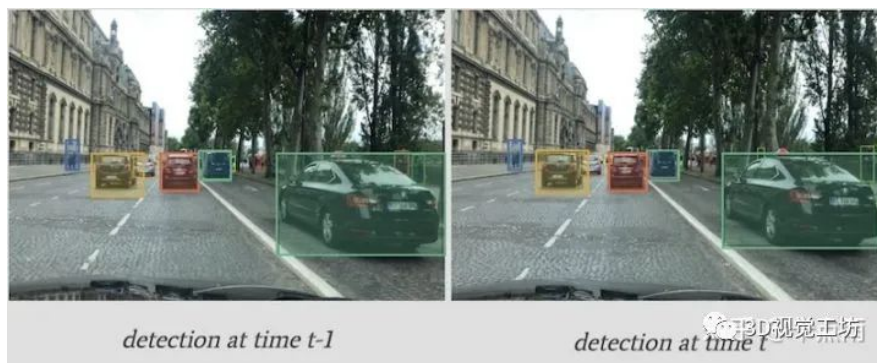


这个过程在9 Types of Sensor Fusion Algorithms中 (<https://www.thinkautonomous.ai/blog/?p=9-types-of-sensor-fusion-algorithms>)，被定义为中级（middle-level）传感器融合。中级传感器融合和高级传感器融合的区别是，高级传感器融合包括跟踪。

而为了时间跟踪，则需要时域上的数据关联。

2.3.2 时域上的IOU匹配

目标跟踪一般用卡尔曼滤波和匈牙利算法来关联时域上的目标，从而跨帧跟踪目标，甚至预测目标位置。



跟踪3D边界框位置时，一般用IOU作为度量进行数据关联。当然也可以使用深度卷积特征来确保目标一致。我们称该过程为SORT (Simple Online Realtime Tracking)，或Deep SORT，如果使用深度卷积特征。

时域上IOU匹配的原理与空域上类似：如果第一帧和第二帧的边界框重合，则说明两个目标是相同的。

既然我们可以在空域和时域上跟踪目标，那么也可以利用类似方法进行高级的传感器融合。

2.4 后融合总结

融合检测目标是中级的融合，需要空域上的IOU匹配；融合跟踪轨迹是高级的融合，需要时域上的IOU匹配（匹配度量），卡尔曼滤波（状态估计），匈牙利算法（数据关联）。

阅读原文，关注作者知乎。

汽车科技媒体
Automotive Technology Media

第二届焉知智车年会

2022年3月23-25日 上海龙之梦大酒店

1
场颁奖

3
天大会

12
场专题论坛

100+
演讲嘉宾

1000+
与会人士

大会第一天 3月23日 上午	大会第一天 3月23日 下午			
主论坛 + 知鼎奖 • 颁奖盛典	商用车创新 应用	电子电气架构	高精地图与 定位	功能安全与预 期功能安全
大会第二天 3月24日				
车载芯片与域控制器	感知系统		信息安全	
车载芯片与智能座舱				
大会第三天 3月25日				
车载计算平台		V2X与智慧交通		
控制执行				

SDV、E/E架构、SOA、OTA、车规级芯片、AI视觉芯片、芯片存储、语音芯片、算法、计算平台、操作系统、AUTOSAR、域控制器、以太网、TSN、高精地图与定位、传感器融合、侧传感器、4D成像雷达、激光雷达、线控底盘、信息安全、功能安全、预期功能安全、ASPICE、通信安全、CV2X、5G

预期功能安全、ASPICE、通信安全、C-V2X、5G、车路协同、数据引擎、云控平台、ETC2.0、智慧交通、政策、标准、资本、数字中台、数字化营销、乘用车、卡车、矿山、港口、园区小巴、清洁环卫车、智慧物流、Robotaxi.....



扫码报名

[Read more](#)

People who liked this content also liked

第一期：Openpilot开源项目深度解析

焉知智能汽车