

智能驾驶算法基础(B02)

定位建图技术—1



傅春耘 副教授

fuchunyun@cqu.edu.cn

卓越工程师学院

主要内容

1

建图的作用及常用地图种类

2

高精地图

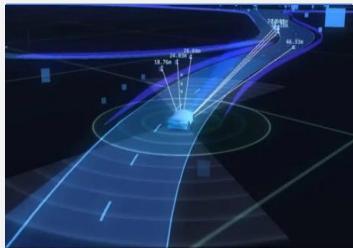
3

典型建图算法介绍——ICP、NDT和LOAM

4

实验内容

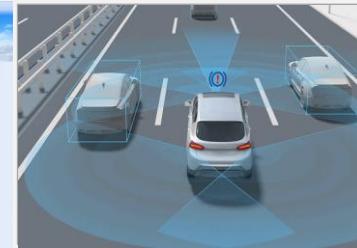
建图的作用：



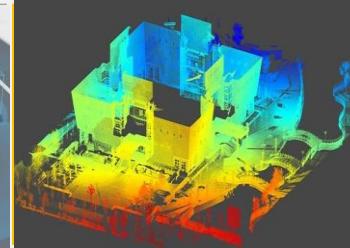
定位



导航



避障



重建



交互

定位是地图的一项基本功能。不但可以通过里程计的方法实现车辆定位，还可以通过已经保存的地图进行定位。

导航是指机器人在地图中进行路径规划，确定从起点到终点的可通行路径，然后通过运动控制移动到终点的过程。

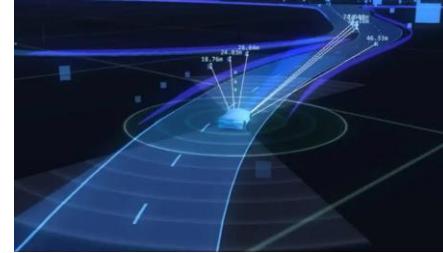
避障也是机器人经常碰到的问题。它与导航类似，但更注重局部的、动态的障碍物的处理。

重建一般指建立一个可以准确反映三维空间特征的、稠密的、带有纹理信息的地图。

交互主要指使用者与地图之间的互动。需要机器人对地图有更高层面的语义认知。

建图的作用：

- 定位：是地图的一项基本功能。若机器人第一次运行过程中把地图保存下来，则机器人在下次运行时或者其他机器人能够依靠该地图实现定位。
- 导航：需要创建稠密地图，因为要进行路径规划，需要知道地图中那些地方可以通过，那些地方不可以通过。
- 避障：与导航类似，但更注重局部的、动态的障碍物的处理，也需要建立稠密地图。
- 重建：创建车辆周围环境的3D模型，用于定位、导航、避障、测量等用途。
- 交互：进行人与地图之间的互动。例如用于增强现实（AR）。



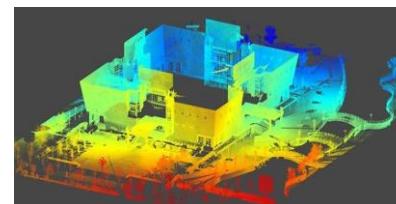
定位



导航



避障



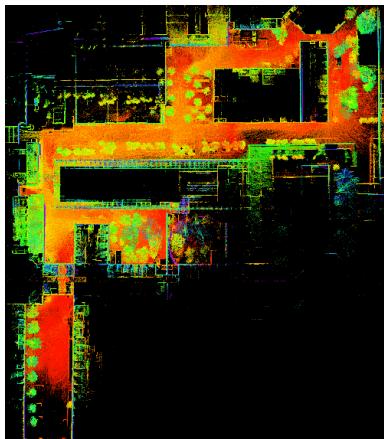
重建



交互

几何地图定义：

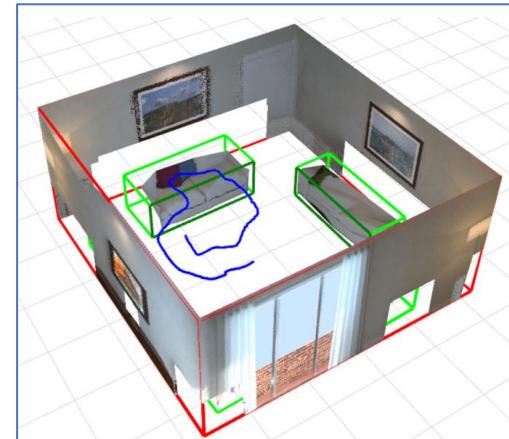
几何地图是指从机器人或车辆收集的环境信息中提取出特定**几何特征**，例如点或线段，并使用这些几何信息来描述环境。常见的几何地图有：**点地图**、**线地图**、**面地图**等。



基于LiDAR的点地图



基于相机的线地图

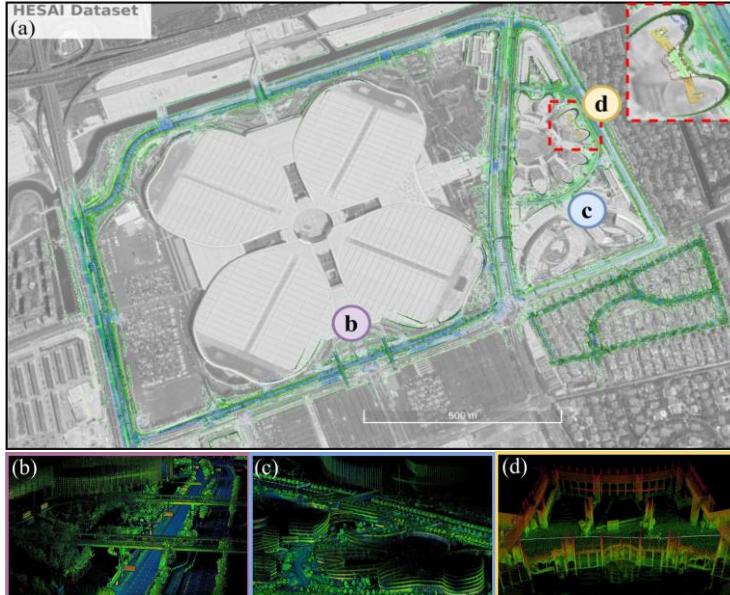


基于RGB-D的面地图

- 工程实践中，机器人和车辆需综合考虑使用场景和成本等因素选用LiDAR、相机、RGB-D相机和超声波传感器等一种或多种传感器，并根据场景的属性选取适当的地图形式建立地图。

点地图定义：

点地图是指用原始数据点或从原始数据中提取出的**特征点**来表示的地图。



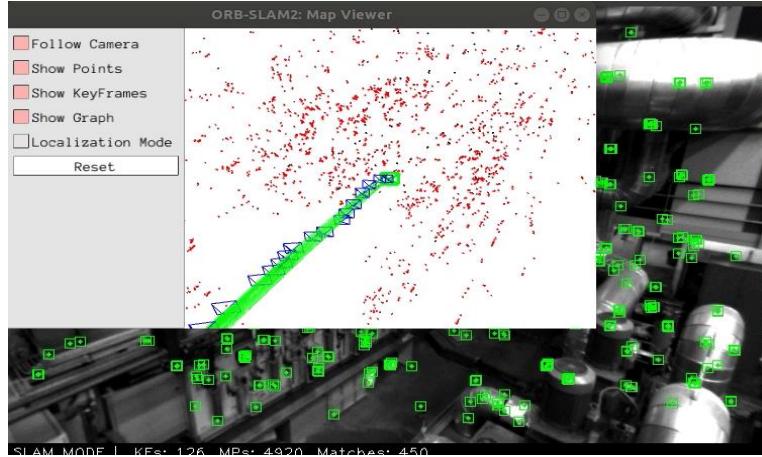
基于LiDAR的点地图



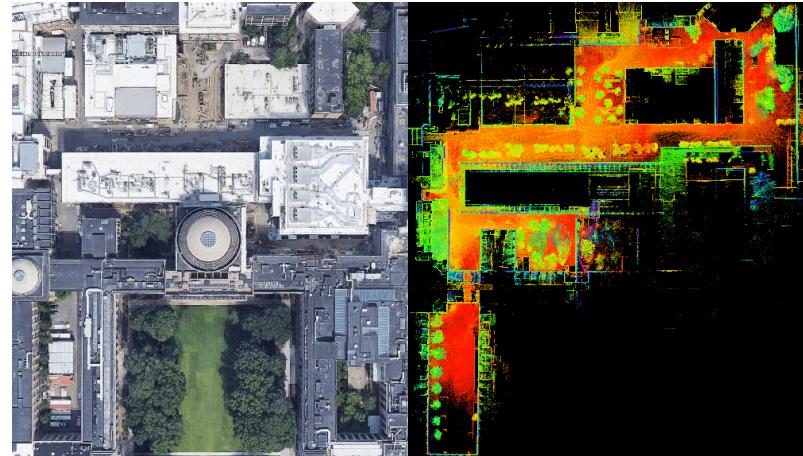
基于双目相机的点地图

- 优点：采用原始点云表示的地图包含准确、丰富的环境信息；采用特征点表示的地图更为紧凑，计算量小。
- 缺点：基于特征点表示的地图比较稀疏，不利于导航。

代表算法



ORB-SLAM



LIO-SAM

➤ 基于视觉的代表算法：

ORB-SLAM：使用ORB特征作为核心特征的视觉 SLAM算法。

PTAM：使用FAST特征作为的核心特征的视觉SLAM算法。

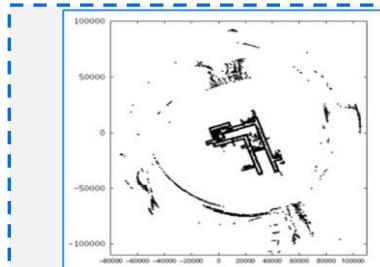
➤ 基于LiDAR的代表算法：

LOAM：使用平面点和角点作为特征点的激光里程计。

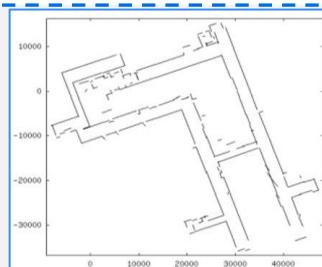
LIO-SAM：在LOAM算法的基础上融合IMU信息的激光里程计。

线地图定义：

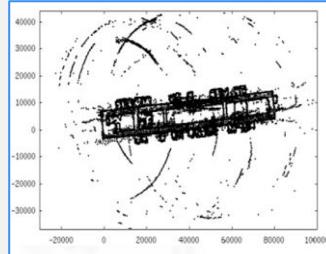
线地图是指用原始数据中提取出的**线特征**来表示的地图。



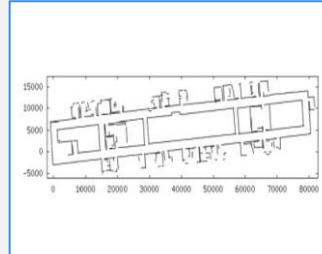
(a)



(b)



(c)

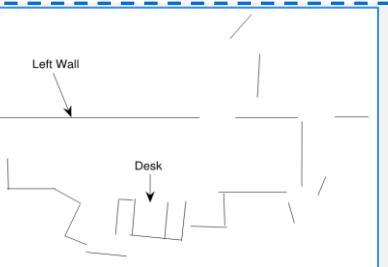


(d)

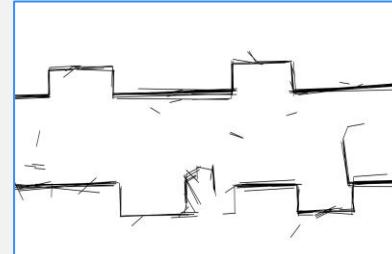
基于开源数据建立的线地图



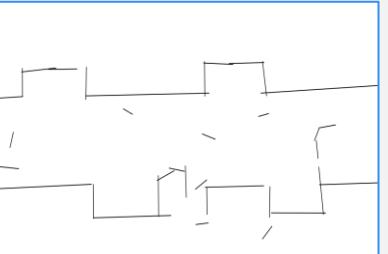
(a)



(b)



(c)



(d)

针对室内环境建立的线地图

- 优点：能用较少的存储空间表示环境和物体的主要轮廓。
- 缺点：只适用于有明显特征的环境，例如室内等。

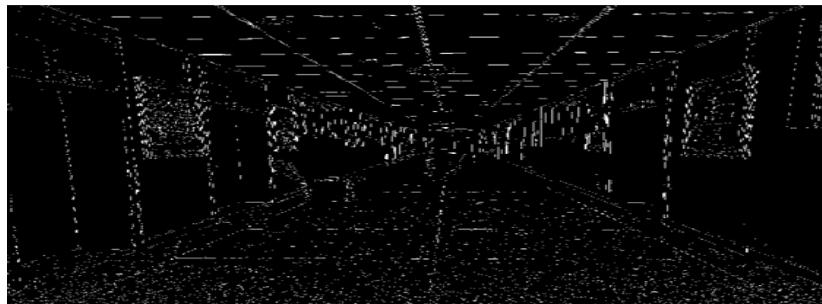
代表算法



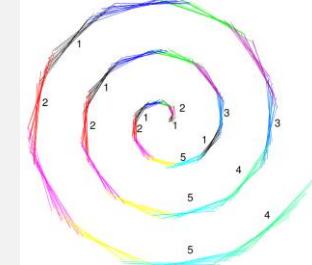
室内场景



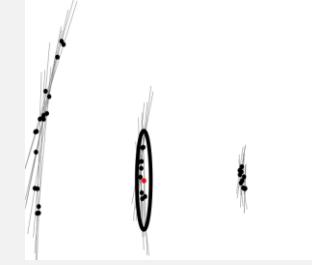
场景和特征叠加效果



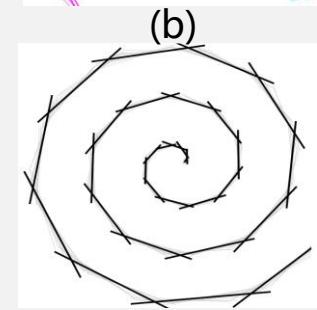
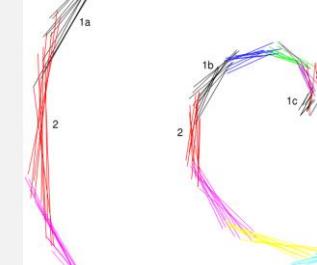
LSD 线段提取效果



(a)



(c)



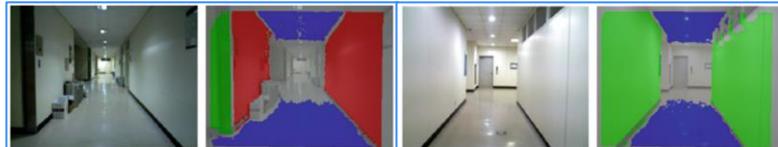
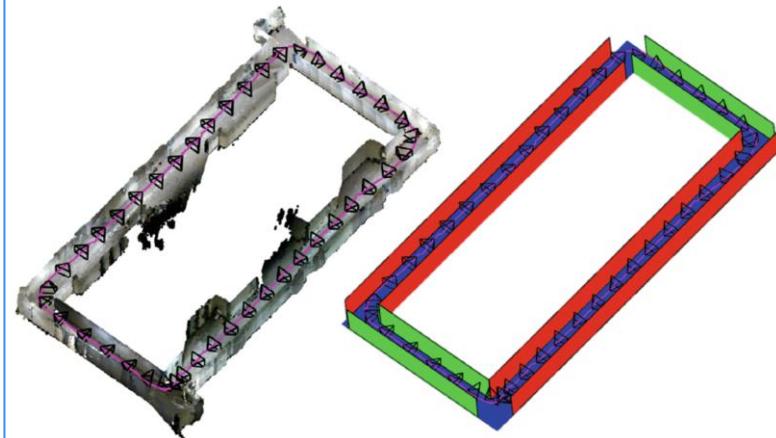
(d)

基于Mean-Shift融合的线地图

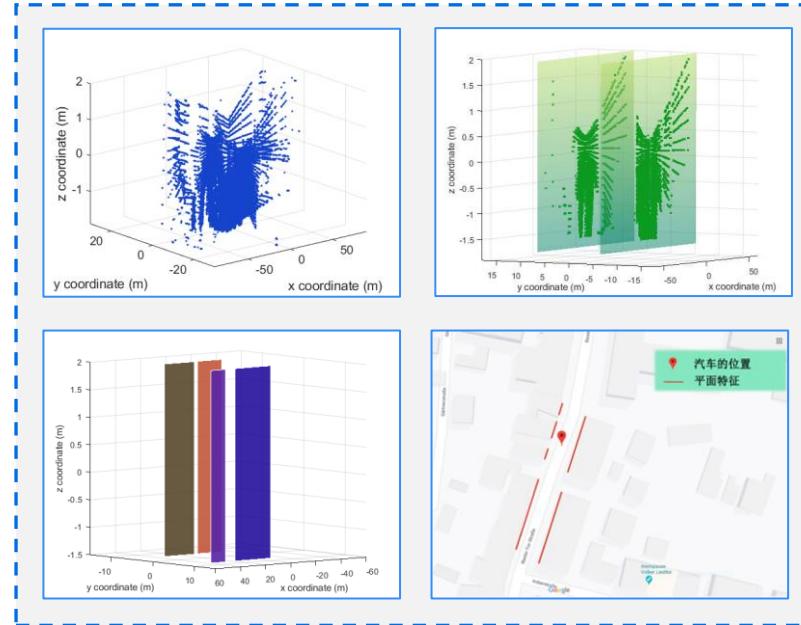
- 提取和融合线段的代表算法：
Line Segment Detector (提取) 等, Mean-Shift Clustering (融合) 等。

面地图定义

面地图是指用数据中提取到的**特征面**表示的地图。



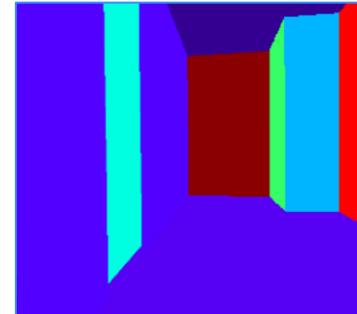
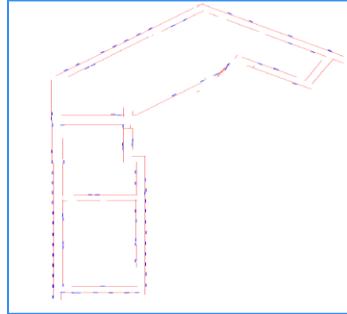
基于RGB-D的面地图



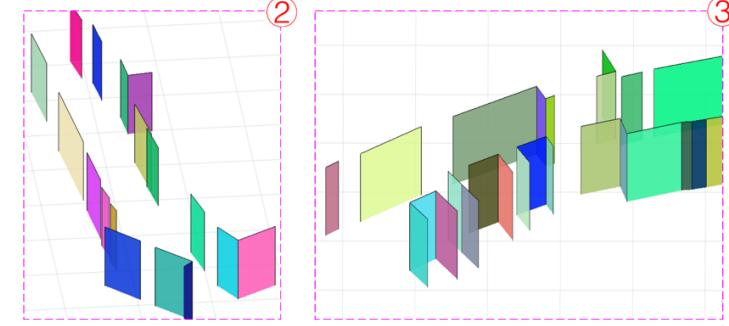
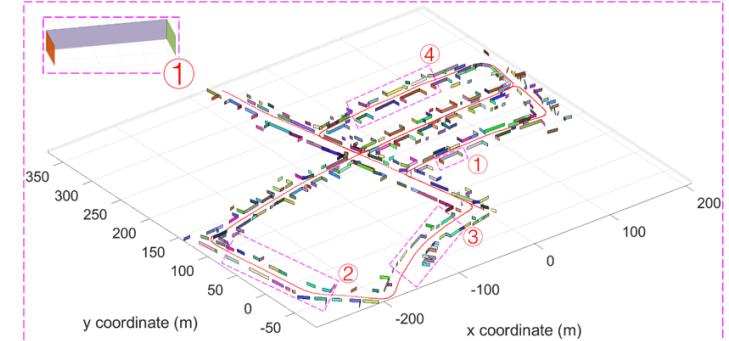
基于LiDAR的面地图

- 优点：可以用较少的存储空间表示三维地图。
- 缺点：仅适用于类似于室内的结构化环境。

代表算法



weak Manhattan



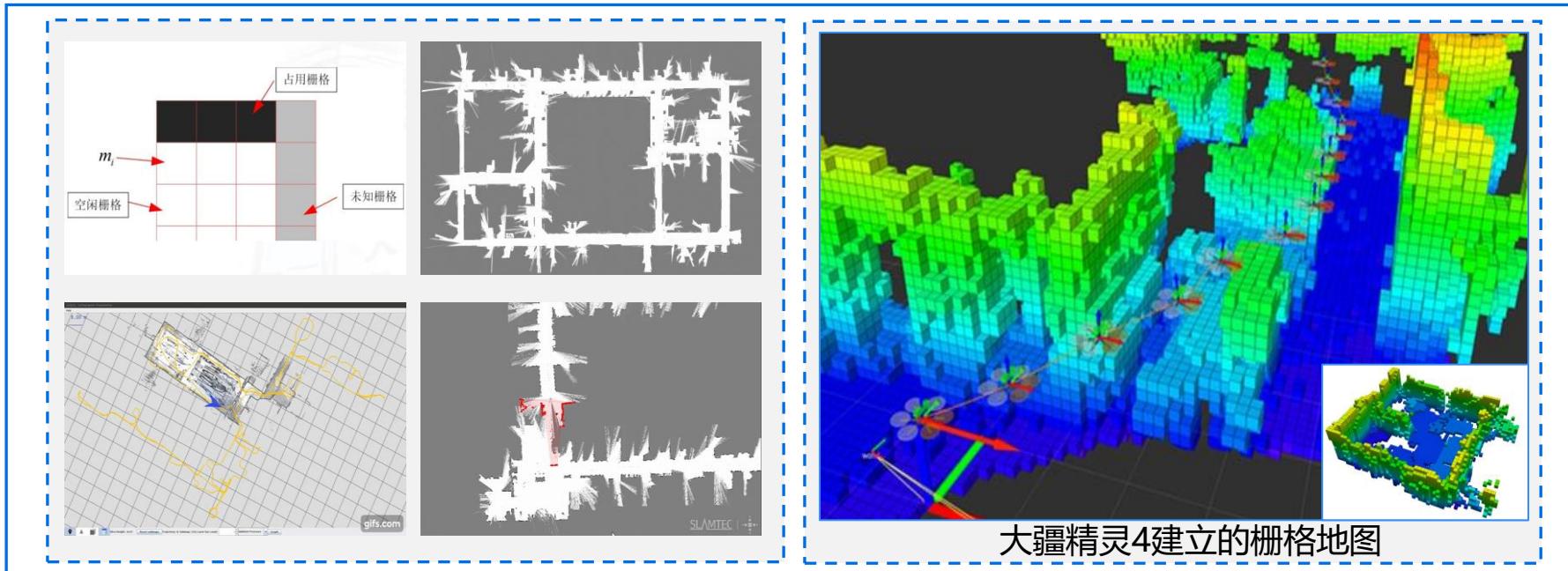
基于MSSE的面地图

提取平面的代表算法：

Modified Selective Statistical Estimator (提取) 等, weak Manhattan (提取) 等。

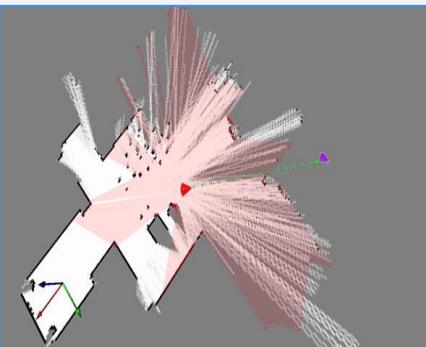
占用栅格定义

占用栅格地图是一种将整个环境分为若干相同大小的栅格，并用每个栅格的状态来表示其中是否存在障碍物的地图。

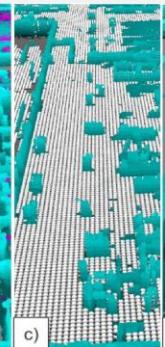
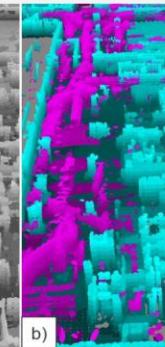


- 优点：（1）容易构建，表示和保存。（2）对于短路径的规划方便。
- 缺点：（1）路径规划效率不高，耗费存储空间大（栅格的分辨率不依赖于环境的复杂度）；（2）需要精确的机器人位姿估计；（3）对于物体识别的人机交互问题效果不好。

代表算法



Cartographer



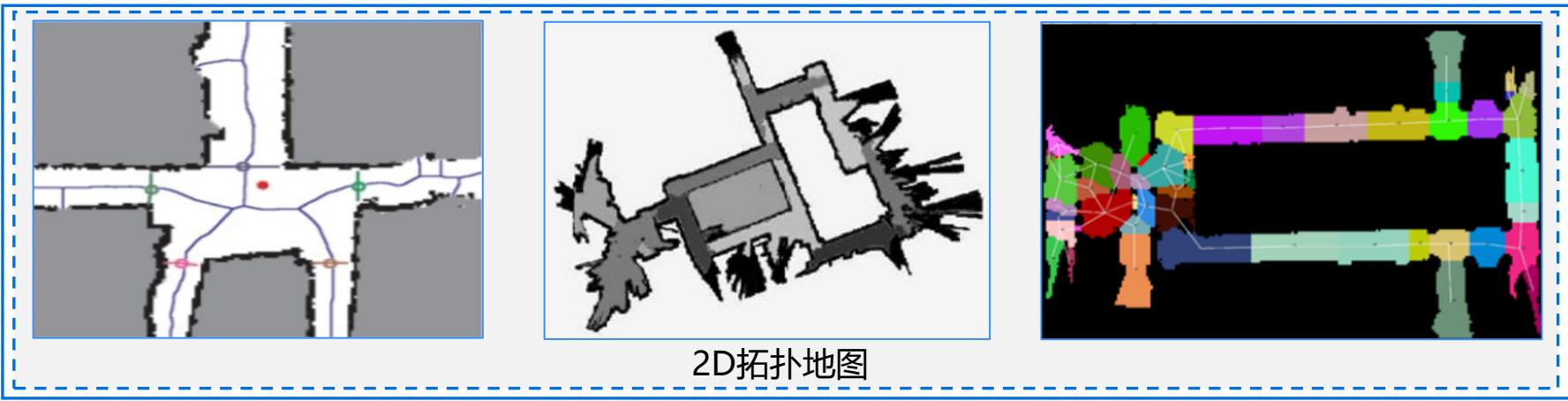
NDT-OM

➤ 占用栅格地图的代表算法：

1. Cartographer: 该算法能产生一个精度为5cm的2D栅格地图，能够通过回环检测来消除建图过程中产生的累积误差。
2. Normal Distribution Transformation , NDT: 该算法的核心思想是将三维空间离散划分为多个立方体，这样就可以将采集的点云划分到不同的网格中，可以很方便地描述点云的局部特性。

拓扑地图

拓扑地图是由[节点和边](#)组成，只考虑节点之间的连通性的地图，例如只关注A，B点是否连通，不考虑如何从A点到B点。相比于其他地图的精确性，拓扑地图更强调地图元素之间的相互关系。



2D拓扑地图

- 优点：(1) 有利于有效的路径规划和任务规划；
(2) 低空间复杂度，存储和搜索空间都比较小，计算效率高；
(3) 利用节点可实现有效的人机交互（如可以发“去门边”的指令）；
(4) 建立拓扑地图不需要机器人精确的位姿信息。
- 缺点：(1) 没有场景的细节信息，不能用于机器人和车辆的重定位；
(2) 可能产生非最佳的路径。

传统地图的劣势：

传统的栅格地图、拓扑地图，几何地图等主要用于实现**定位、导航、路径规划**等功能，一般应用于家用智能扫地机器人、三维重建、无人机等，但这类地图**缺乏机器人用于理解环境、人机 / 物机交互等高层次逻辑的语义信息**，使得机器人在智能避障、识别、交互方面有着天然劣势，整体智能化水平不高。基于此，能“看到”还要能“看懂”的更高级的带有语义信息的地图被提出。



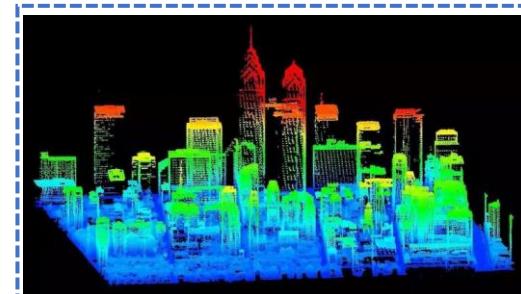
人机交互



无人机



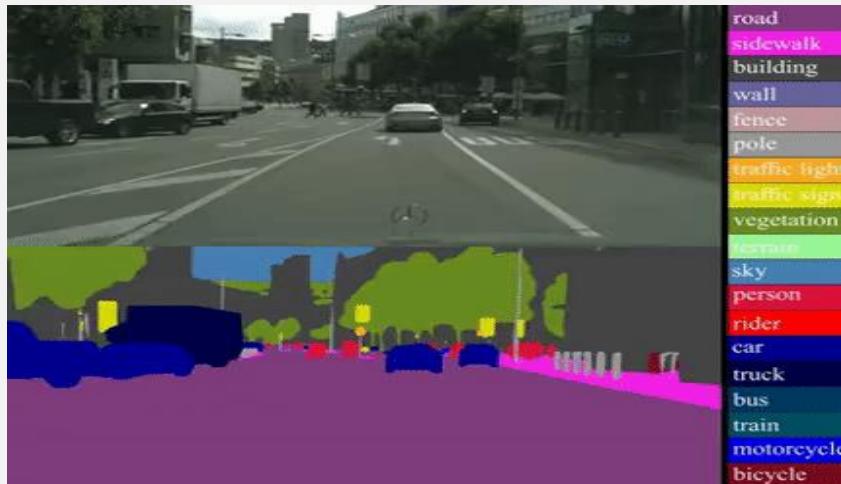
家用智能扫地机器人



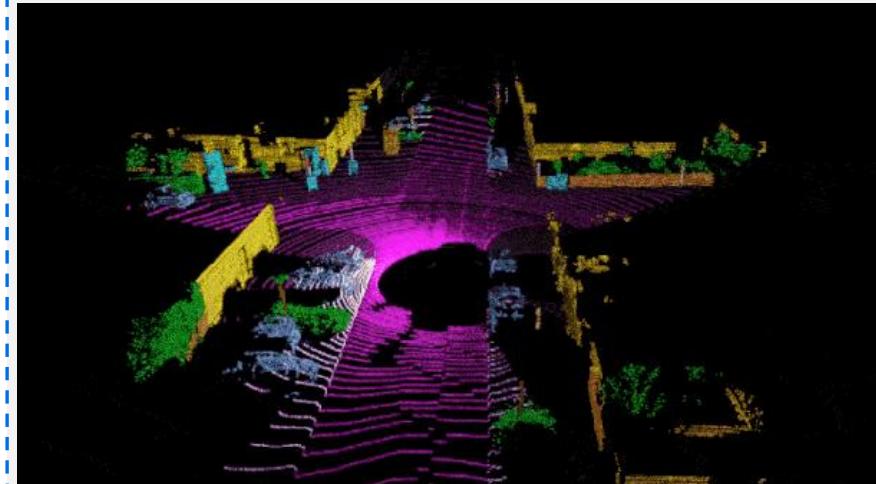
三维重建

语义地图定义

语义地图是指将语义信息映射到地图中，赋予语义标签。这其中的语义信息需要通过目标检测方法对图像或点云等数据中的语义对象进行提取。



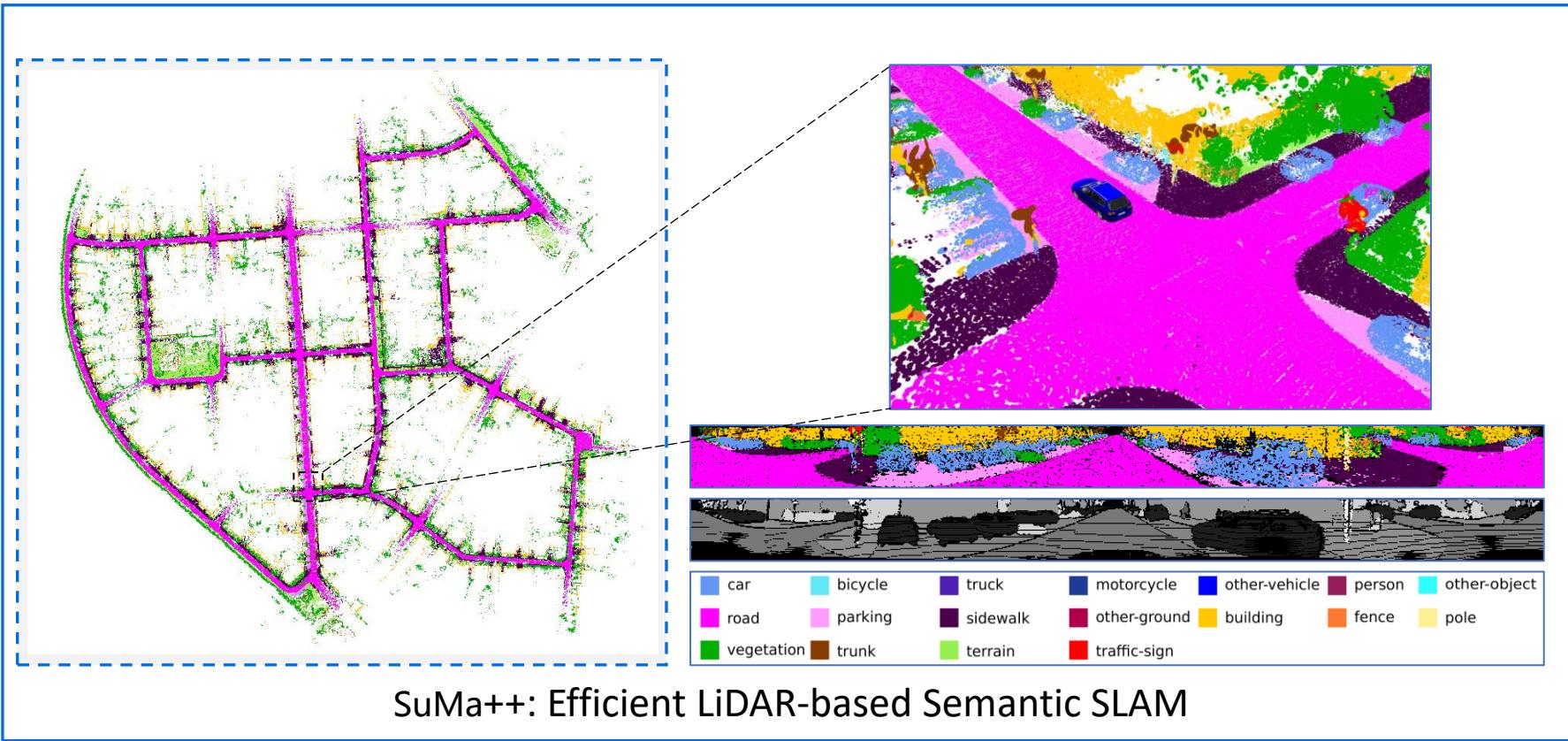
基于视觉的语义地图



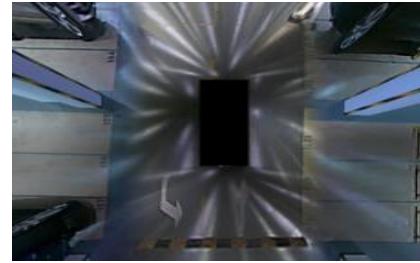
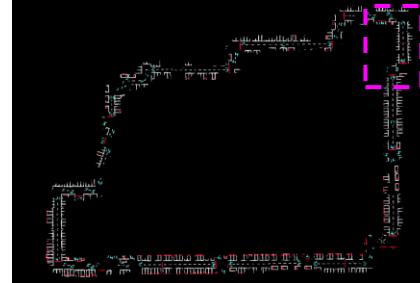
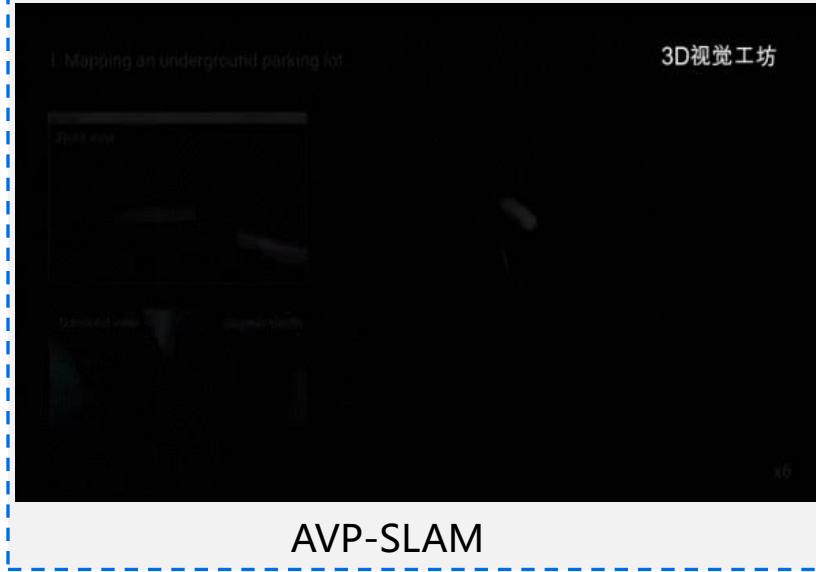
基于LiDAR的语义地图

- 与传统地图相同，它的地图模型是针对真实场景的三维环境重构，包含区域性场景信息及场景中每个独立物体的属性信息、空间中的三维模型、位姿信息等，使机器人和车辆模仿人类大脑对环境理解的方式，在语义层次上理解环境信息。

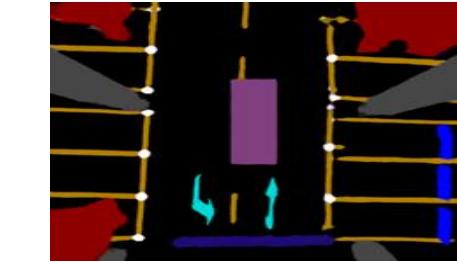
代表算法



代表算法



The IPM image



The segmentation image

该算法所建立的语义地图主要包含：**引导标志、停车线和减速带**。整个方案分为两部分：

- 第一部分是建立全局语义地图，4个环视摄像头采集到的图像首先投影到鸟瞰图，然后合并成全方位图；
- 第二部分是定位，与建图相似，通过鸟瞰图提取语义特征然后与全局地图进行匹配来定位。

语义地图的优点

语义地图建图过程不仅需要获取环境中的几何结构信息，同时要识别环境中的独立个体，获取其位置、姿态和功能属性等语义信息，以应对复杂场景并完成更加智能的任务。因此，其具有以下优点：

预知物体的可移动属性

传统建图方法一般以静态环境假设为前提，而语义地图可以预知物体（人、汽车、动物等）的可移动属性。

提高扩展性和存储效率

语义地图中的相似物体知识表示可以共享，通过维护[共享知识库](#)提高系统的可扩展性和存储效率。

实现机器人运动路径更优

语义地图可实现智能路径规划，如机器人可以搬动路径中的可移动物体等实现路径更优。

提高机器人的定位精度

语义地图与SLAM过程可以相互促进。用语义检测的结果作为SLAM前端的输入，与ORB等特征形成互补，提高定位精度。

语义地图的缺点

三维识别算法、场景分割等任务导致系统复杂性较高，计算成本高昂。

代表算法

➤ 基于LiDAR的语义地图代表算法：

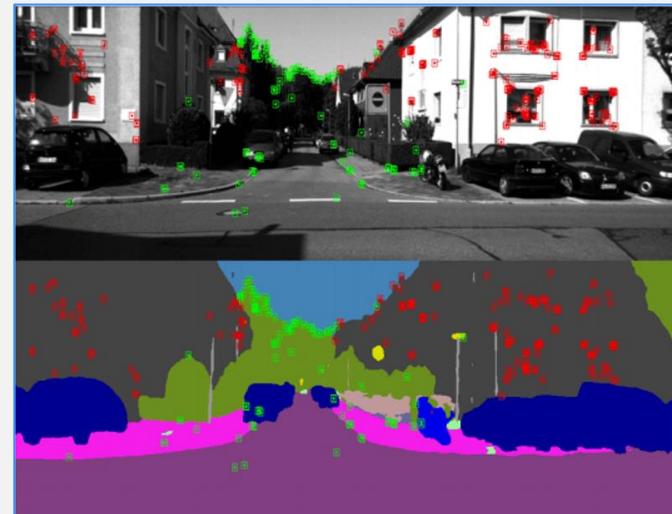
1. SuMa：一种基于面元地图的激光SLAM方案。在前端中，三维激光点云数据被投影为二维深度图，并对深度图中的每一个点计算法向量。前端所用的帧间匹配算法称为frame-to-model ICP，该算法同时考虑了点的位置信息和法向量信息。
2. SuMa++：在曲面建图方法的基础上，增加了语义信息。不但可以从地图中滤除动态物体，而且可以使用语义信息对里程估计进行约束，提高了定位和建图精度。

➤ 基于视觉的语义地图代表算法：

1. AVP-SLAM：是一种基于视觉的定位解决方案，利用强健的语义特征来辅助车辆在停车场中导航。利用分布车辆周围的四个摄像头，通过IPM（逆透视变换）将图像转换成鸟瞰图。然后利用神经网络检测语义视觉特征，包括[引导标志](#)、[停车线](#)和[减速带](#)。基于这些特征构建语义地图。通过厘米级的语义特征匹配，可以在地图上对车辆进行定位。
2. RoadMap, Semantic Fusion, X-View等。

混合地图定义

混合地图是指采用一种以上基本地图形式来表示环境。例如，点地图和线地图混合、点地图和语义地图混合、栅格地图和拓扑地图混合。



融合语义和特征点的混合地图

- 地图的表现形式，很大程度上取决于当前的任务、传感器和环境类型。单一的地图表达形式很难满足复杂任务和复杂环境条件下的鲁棒性，采用混合地图的表达形式是解决上述问题的方案之一。

主要内容

1

建图的作用及常用地图种类

2

高精地图

3

典型建图算法介绍——ICP、NDT和LOAM

4

实验内容

高精地图定义

高精地图是指具有高精度、交通要素种类更详细、交通要素属性更丰富的地图。其精度达到厘米级；交通要素包括车道线、红绿灯、交通标志、交通标线、道路边缘等等；交通要素属性包括静态和动态两类。



高精地图示例

- 高精地图的主要服务对象是自动驾驶汽车。随着定位技术的快速发展，基于高精地图的定位已经成为可能。目前普遍认为，实现 L3 级别以上的自动驾驶必须引入高精地图。

高精地图的功能

高精地图不仅精度高，且包含静态要素和动态要素。主要包括道路信息、车道相关的附属设施及构造物信息、车道限制场景和车道限制信息等多维度信息，能够提高智能驾驶汽车定位精度和识别精准度，实现高效识别交通要素属性，提高车辆运行速度和安全性。

提高定位精度

借助高精地图，车辆可以通过比对车载GNSS、IMU、LiDAR、摄像头等传感器的数据来精确确定自身的位置。

提高识别精准度

高精地图包含车道线和道路周围的地理对象等大量辅助信息，可以帮助车辆减少识别的对象，提高识别地图相关要素的精确度。

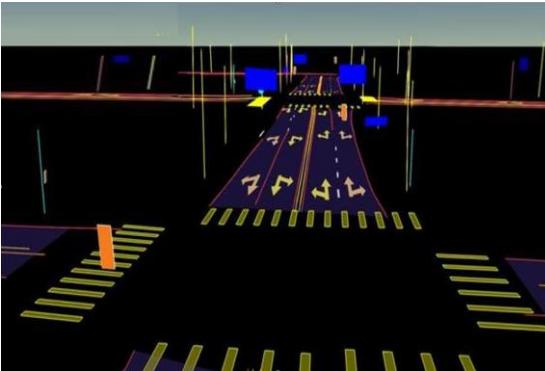
高效识别交通要素属性

如果车辆在行驶过程中检测到当前高精地图中没有的物体，则可以快速排除已知要素，提升识别效率。

提高车辆运行速度和安全性

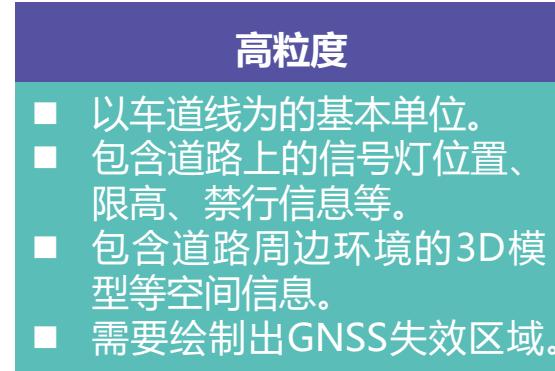
由于高精地图中具有准确的车道线信息，所以智能汽车可以方便地利用该信息来确定合理的行驶路径，实现安全、快速行驶。

高精地图的特点



高精度

- 传统地图只需要做到米级，高精地图需要达到厘米级。
- 不同地图元素的精度不同。
- 不同场景的精度要求不同。
- L1-L5阶段的自动驾驶对精度要求不同。



高粒度

- 以车道线为基本单位。
- 包含道路上的信号灯位置、限高、禁行信息等。
- 包含道路周边环境的3D模型等空间信息。
- 需要绘制出GNSS失效区域。



实时性

- 高精地图比传统地图要有更高的实时性。
- 众包地图是实现高精地图制作的有效方式。

2.1 高精地图的定义、功能和特点

卓越工程师学院

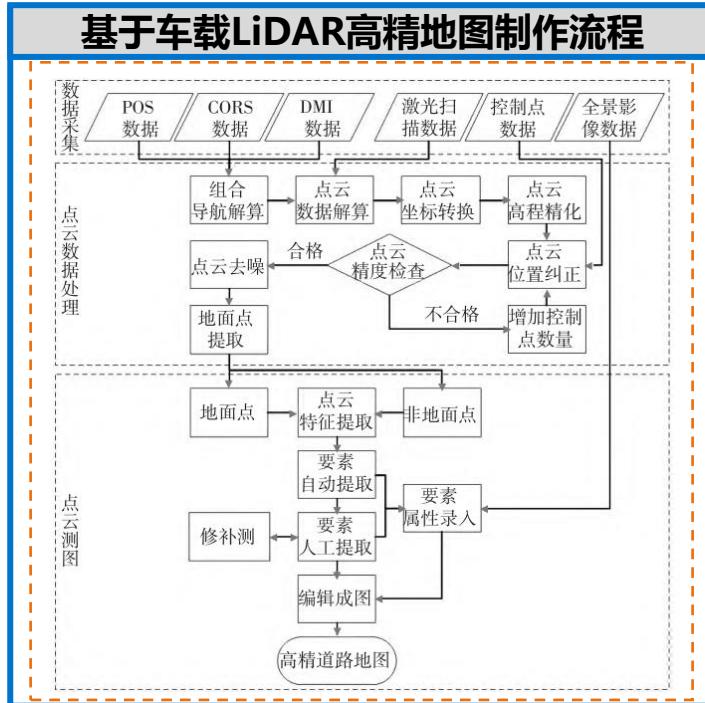
高精地图数据结构

高精地图的数据结构大体分为静态地图数据和动态地图数据。静态地图数据是高精地图的基础，构成了高精地图内容的骨架，是高精地图制图工作的重点。



高精地图制作流程

利用车载激光扫描技术制作高精道路地图流程主要包括[数据采集](#)、[点云数据处理](#)和[点云测图](#)。



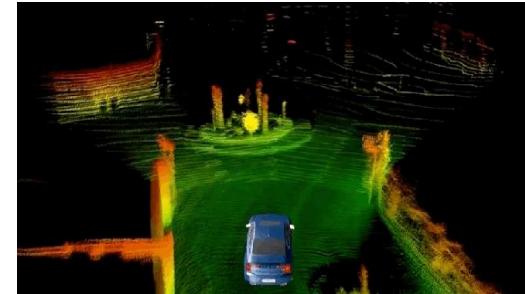
数据采集

基于车载移动测量系统的数据采集主要包括**任务规划**、**数据采集**和**数据解算**三个阶段：



任务规划

- 根据测区资料和现有路网数据，制定外业数据采集计划。
- 确保道路数据采集的**连贯性**。
- 确保全景影像的质量和点云数据的**完整性**。



数据采集

- 移动测量车要获取全覆盖、高密度的道路点云。
- CORS基准站、移动测量车载GNSS流动站进行**联合差分解算与定位**（视频）。
- 为提高点云的整体精度，沿采集路线布设一定数量的控制点（纠正点和检查点）。

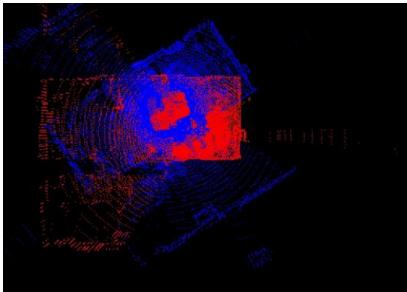


数据解算

- 对LiDAR、POS、DMI等原始数据进行融合解算预处理。
- 用POS和CORS基准站计算出测量车的轨迹。
- 将轨迹及POS姿态与车载LiDAR回波数据进行融合。
- 点云与全景影像进行融合。

点云数据处理

点云作为道路要素矢量化的底图数据，数据的高精度是最终地图高质量的重要保证。因此，需对初始解算得到的点云数据进行必要的处理，以保证点云精度能够满足要素提取及测图要求。



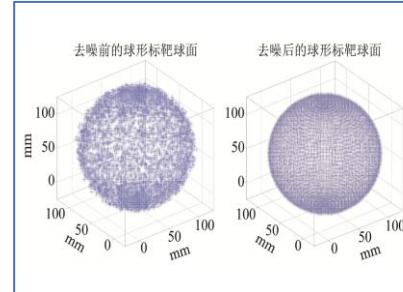
点云坐标转换

- 经数据解算得到的初始点云坐标基准为 WGS-84坐标系，而城市测绘成果通常采用地方独立坐标系。
- WGS-84坐标系到地方坐标系的转换可分为平面坐标转换和高程基准转换两部分。



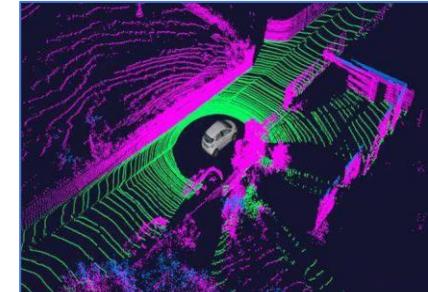
点云位置纠正

- 因GNSS和IMU有误差，同一路段的重访点云间会有几何偏差。
- 用点云配准全局优化策略对点云相对位置进行纠正。
- 用测区内均匀分布的少量控制点对整体点云进行绝对位置修正。



点云去噪

- 后处理软件自动（人工）剔除噪声点云。
- 去除行进中的车辆、行人等与提取目标无关的点云。
- 去除道路范围外的点云，以减少数据冗余。



地面对提取

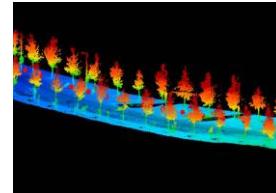
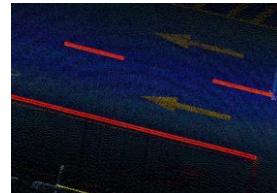
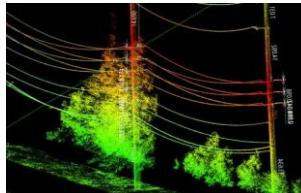
- 结合轨迹数据按高程进行过滤，分离出路面所在一定高度范围内的点并将其划分为地面点，而道路面以上的点为非地面点。

高精道路地图制作

01

道路要素分类

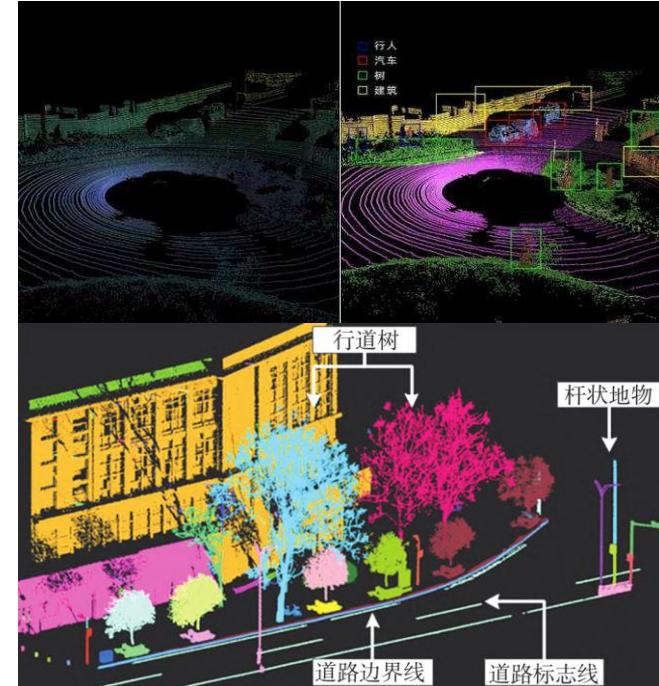
根据要素几何形状特征的不同，可将道路专题要素划分为点要素、线要素和面要素。



02

点云测图

对部分典型道路要素进行自动提取和分类，再按照“线-面-点”要素的顺序依次进行人工采集和补测，最终存储高精地图。具体流程如下：



道路专题要素自动提取效果图

2.2 基于LiDAR的高精地图制作

高精道路地图制作



某路口的高精道路地图细节图

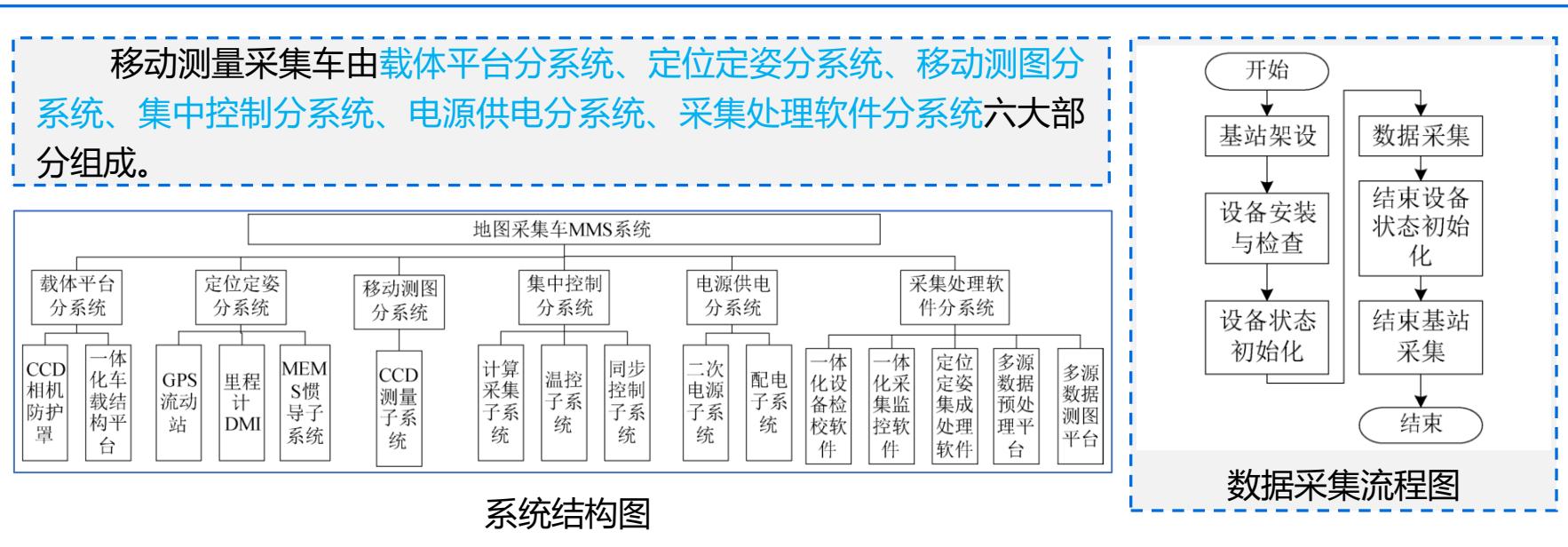


高精道路地图与车载点云叠加效果图

- 利用车载点云构建出的高精道路地图充分保证了道路场景的完整性，具有比传统线划地形图更为详尽的道路要素信息，可准确还原车道级道路、道路交叉口及沿街附属设施的空间布局。

利用配备双目视觉设备的移动测量车采集数据，通过基于神经网络的自动识别算法提取地图要素，实现以较低的成本来制作车道级高精地图。基于视觉的高精地图制作技术流程主要包括：[数据采集](#)、[图像处理](#)和[高精地图制作](#)。

数据采集

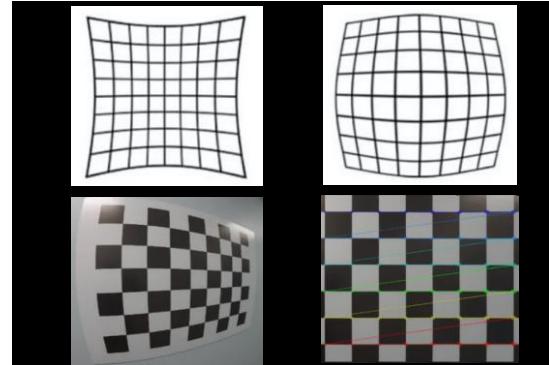


图像处理



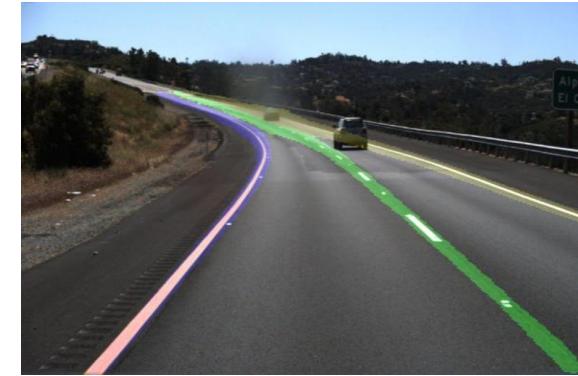
步骤1：轨迹解算

- 利用商业POS数据处理软件进行轨迹解算。
- 融合GNSS差分数据与IMU数据，得到车辆的精确位置和姿态数据。



步骤2：畸变校正

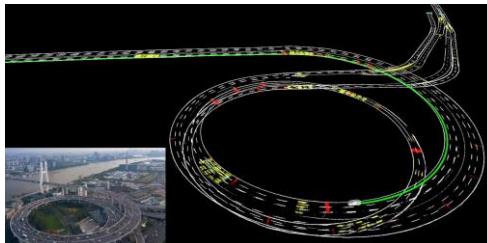
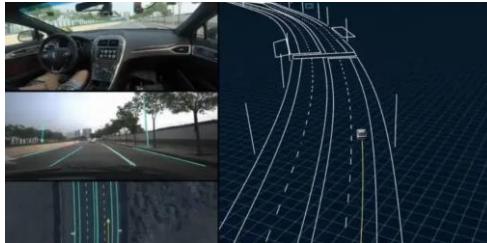
- 用POS文件和相机的标定参数解算出车载相机的照片外方位文件（即相机位姿）。
- 用照片校正工具进行照片畸变纠正，减少镜头畸变影响，以便在照片上实现精准量测。



步骤3：自动识别

- 使用校正后的照片训练神经网络模型。
- 利用训练好的神经网络识别算法，检测出车道线、交通标志等要素。

高精地图制作



步骤一：数据制作

- 利用四维图新自主研发的DMI (Digital Measurable Image) 平台进行高精度地图元素的**几何位置、属性信息、联通关系**的提取和处理。

步骤二：数据检查

- 对数据的**正确性、业务逻辑、结构关系**等进行检查，以验证数据是否满足产品设计要求。在不同作业阶段，根据不同的需求，调用不同的检查规则包。

步骤三：精度分析

- 采用内业**量测坐标**与全站仪**实测坐标**进行对比，通过两者的误差来衡量高精地图的建图精度。

LiDAR与相机的数据融合方法

传感器数据融合能够克服单一传感器的局限性，提高环境感知的准确性。传感器数据融合按实现原理可以分为三种：**硬件层融合、数据层融合、任务层融合。**

硬件层融合

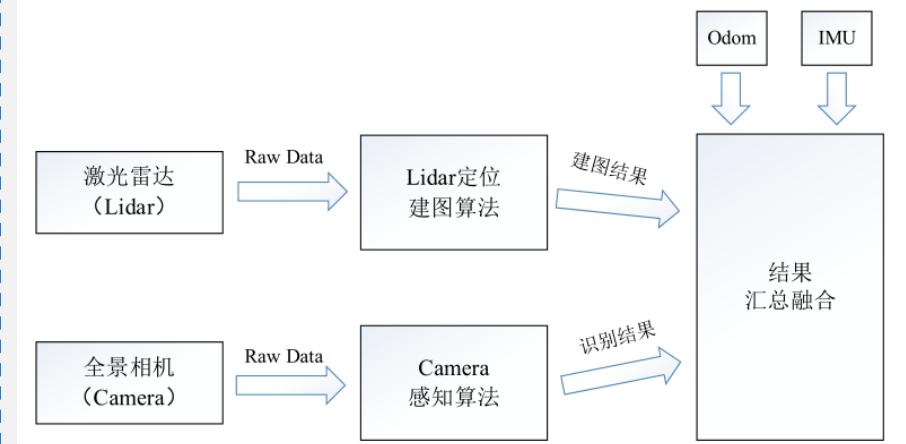
硬件层融合一般是由传感器厂商对传感器底层数据进行融合。

任务层融合

利用每个传感器独立进行环境感知，再将最后的感知任务进行融合。

数据层融合

融合各个独立传感器的感知数据，实现环境感知。



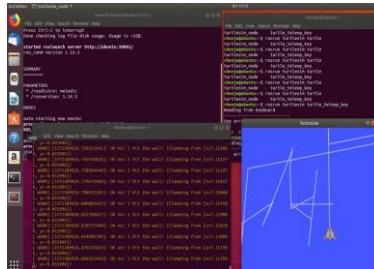
LiDAR与相机任务层融合算法结构

LiDAR与相机的数据融合方法——时空对准

基于传感器融合的高精地图制作方法需要对激光雷达和全景相机进行**时空对准**并**联合标定**。

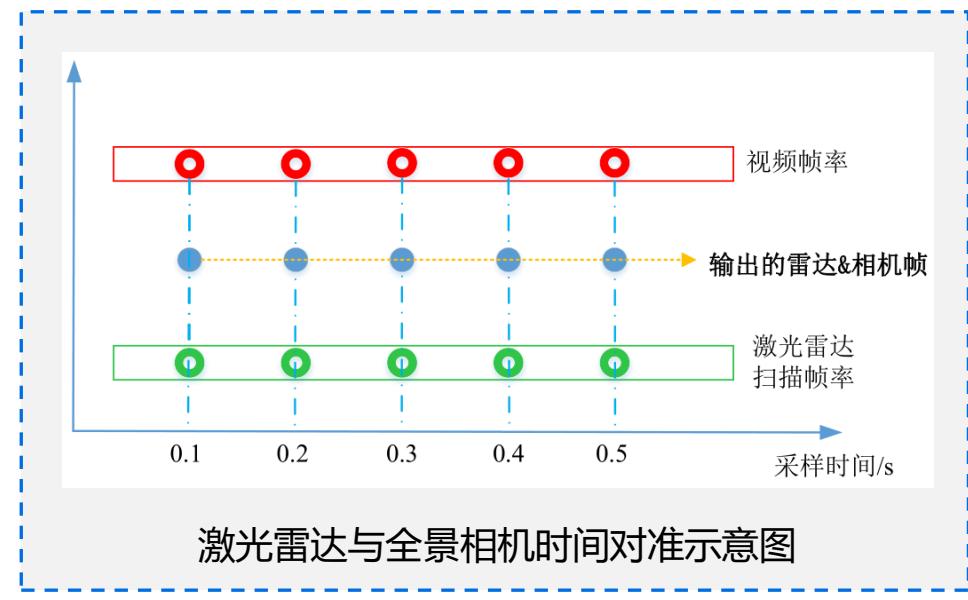
设置雷达扫描频率

激光雷达的工作频率范围为5~20 Hz，全景相机采集频率为10 Hz。可设置激光雷达的扫描频率为10 Hz。



时间戳对准

利用ROS系统进行数据采集，根据系统的时间戳对两者数据进行对准，保证点云和图像数据的同步性。



LiDAR与相机的数据融合方法——时空对准

基于传感器融合的高精地图制作方法需要对激光雷达和全景相机进行**时空对准**并**联合标定**。

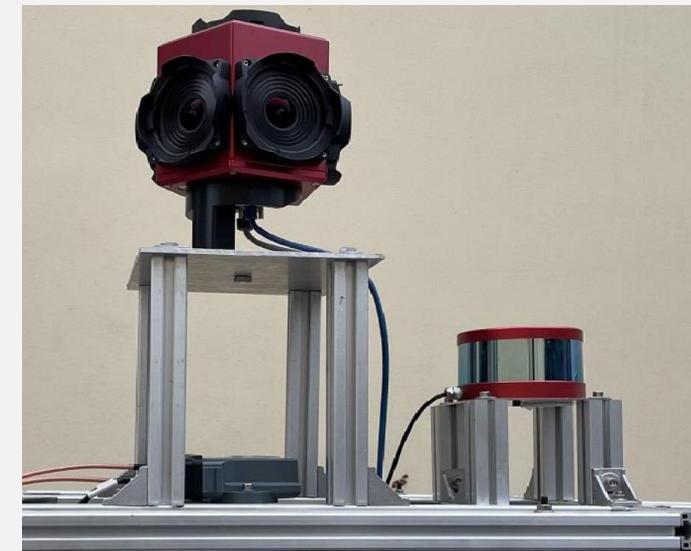
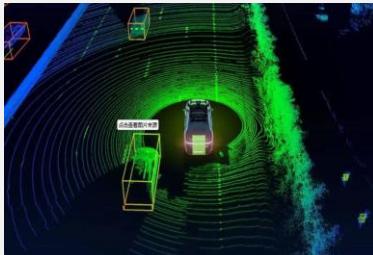
相机安装要求

尽可能将全景相机安装在高处，保证相机可以尽可能多采集到前方道路的信息，视野不受其他传感器的干扰。



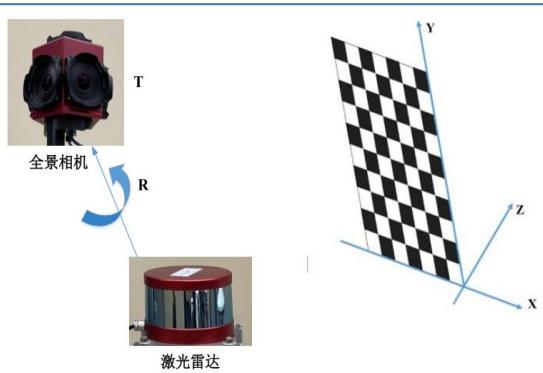
雷达安装要求

保证激光雷达前方道路视野不受遮挡，激光雷达垂直视场角一般较小，其安装高度将影响对近处物体的探测能力。



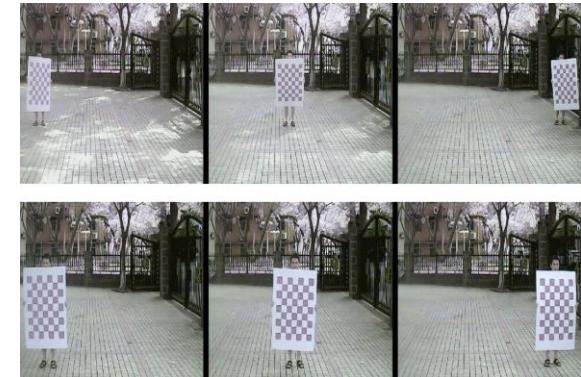
全景相机和激光雷达的安装位置

LiDAR与相机的数据融合方法——空间标定



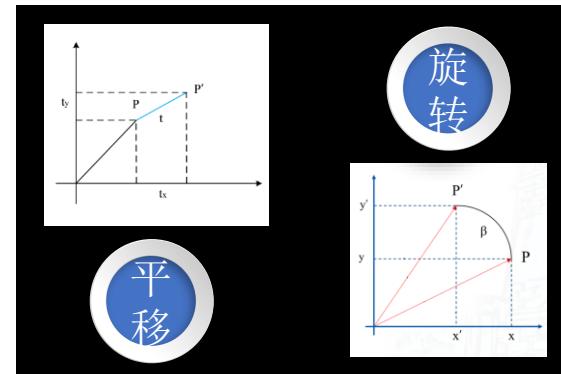
标定原理

- 因相机与激光雷达的坐标位置不同，故需要将其中一个坐标系中的数据通过平移和旋转变换到另一个坐标系下。



空间标定方法概述

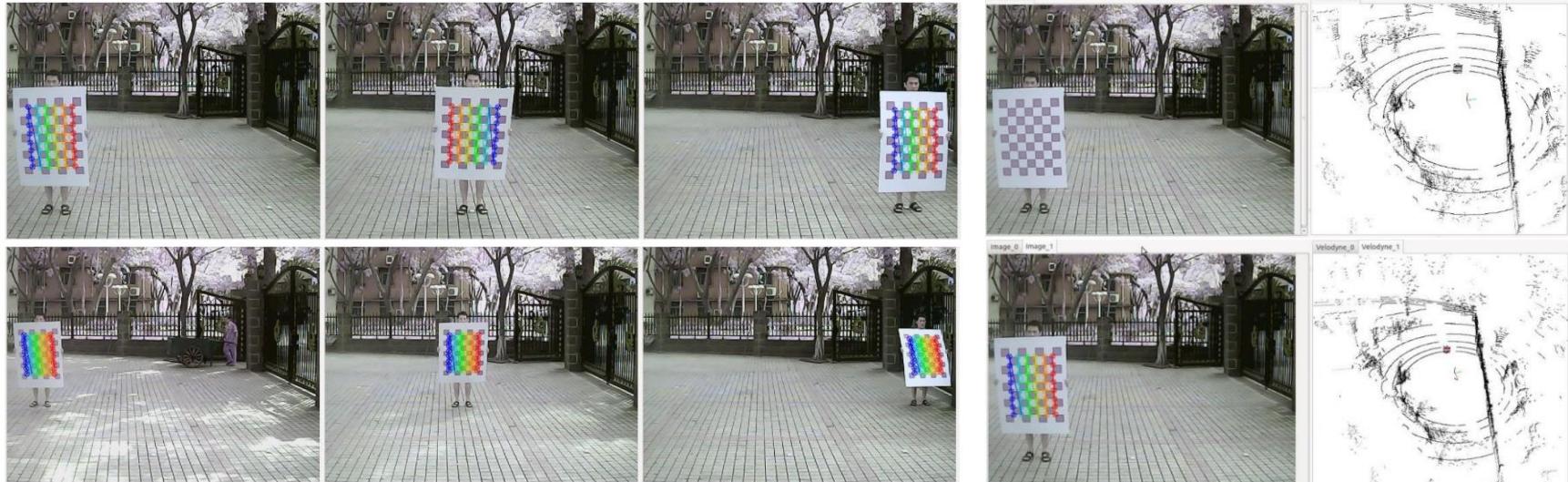
- 借助黑白棋格板来实现两者的联合标定，求解得到两个传感器坐标系相互转换的旋转矩阵 R 和平移向量 t ，最后利用 R 和 t 来对图像和点云数据进行融合。



使用Autoware软件标定

- 加载采集的数据 bag 包。
- 订阅LiDAR和全景相机的话题消息。
- 根据所检测到的标定板角点图像和标记的标定板上的点云联合计算得出内外参数。

LiDAR与相机的数据融合方法——空间标定



棋盘格角点检测图

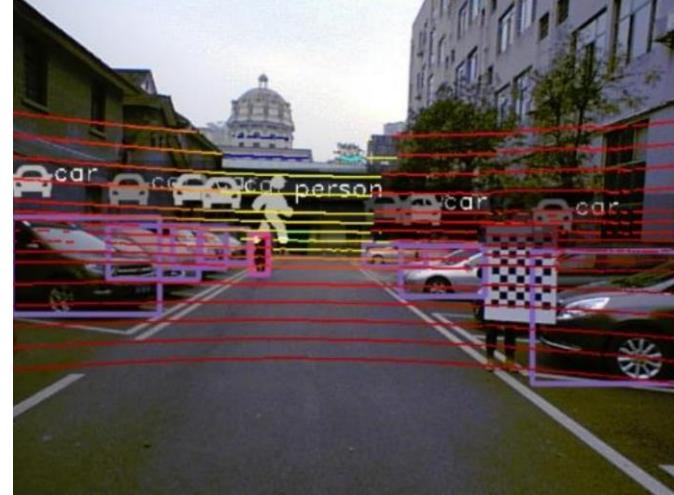
相机和激光雷达联合标定过程

- 基于Autoware中的标定工具Calibration Tool Kit，识别得到棋盘格角点检测图像。
- 针对每个角点检测图像，在点云图上手动标记标定板的中间位置。

LiDAR与相机的数据融合方法



联合标定结果验证



点云与图像融合结果

- 对标定结果进行验证：之前手动标注的红色点云较均匀地分布在标定板上，表明标定实验结果正确。
- 利用联合标定的结果将激光雷达数据投影到全景相机采集的图像上，实现点云数据与图像数据的融合。图像中的点云颜色会根据深度的不同而变化。

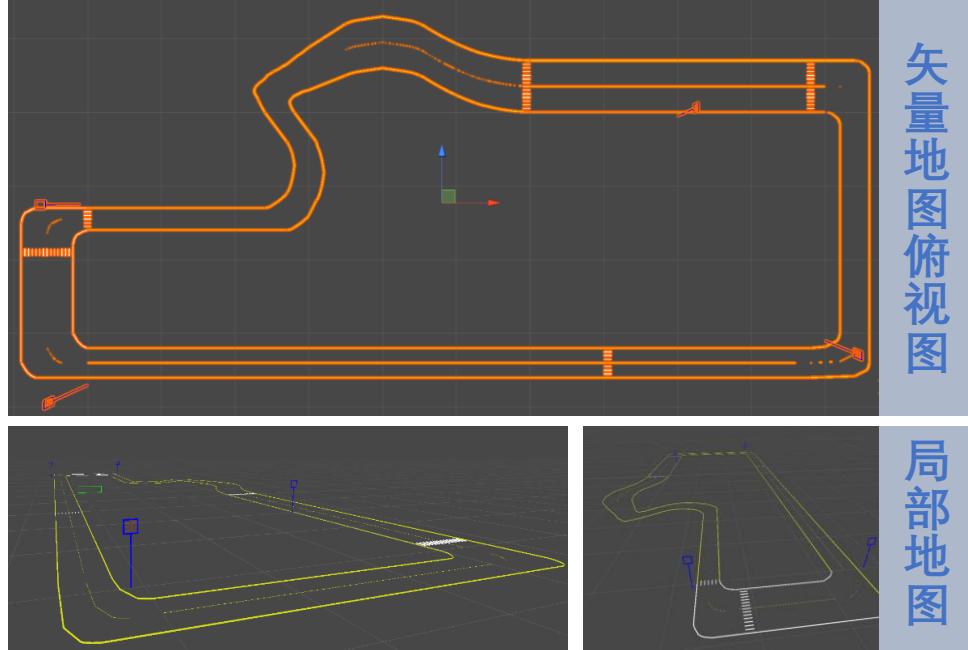
2.4 基于传感器融合的高精地图制作

卓越工程师学院

基于LiDAR与相机融合的高精地图制作



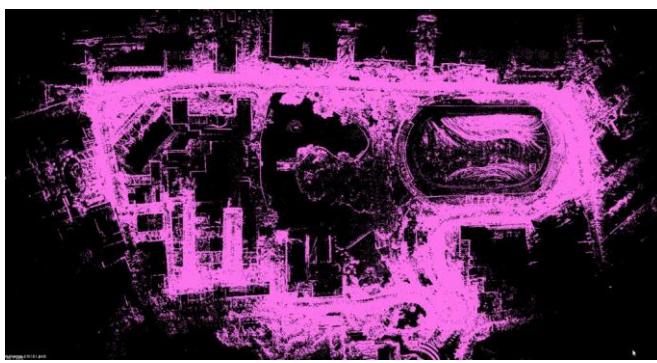
采集车实验路径 (黄色)



- 将bag包中的图像导入到Autoware框架下的MapToolbox插件下，结合Unity软件将图像中的车道线和交通标志的位置信息标注出来，生成一个闭环的osm格式的矢量地图。

基于LiDAR与相机融合的高精地图制作

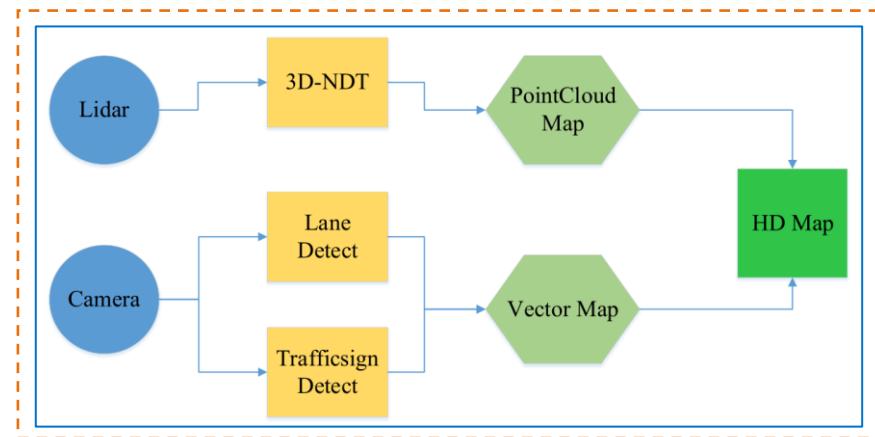
校园三维点云地图



- 基于3D-NDT的匹配算法对三维点云进行匹配。
- 融合 IMU 与 GPS 的数据，生成采集车初始位姿。

高精度地图建立流程

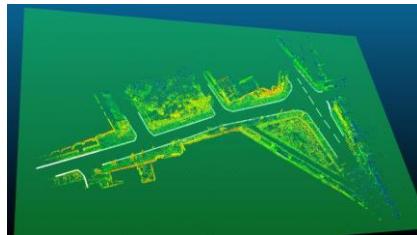
- 用 3D-NDT 匹配算法输出点云地图，并提取道路区域。
- 基于 AlexNet 和 Faster-RCNN 检测识别道路信息，生成道路的矢量地图。



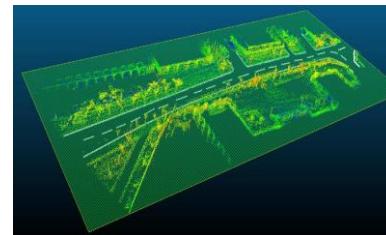
- 利用激光雷达和相机联合标定，将矢量地图投影到点云上，生成最终的高精度地图。

基于LiDAR与相机融合的高精地图制作

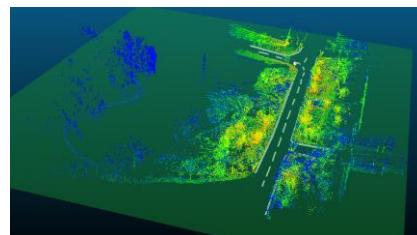
由于实验场地范围较大，点云数据量较大，将整体切分为八小块（选四部分展示如下）分别进行处理，将每一块三维点云地图与矢量地图融合，生成小范围高精度地图。然后将八小块高精度地图进行拼接，利用激光雷达数据对障碍物（如车辆等）进行剔除，还原地面信息，最终得到较大范围的静态高精度地图。



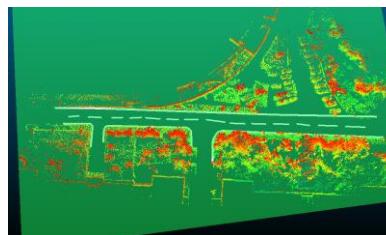
校医院附近道路地图



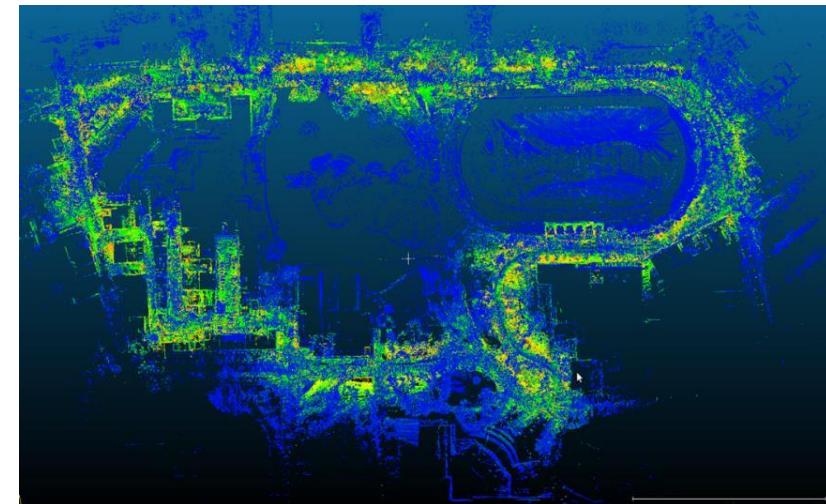
影视学院附近道路地图



民主湖附近道路地图



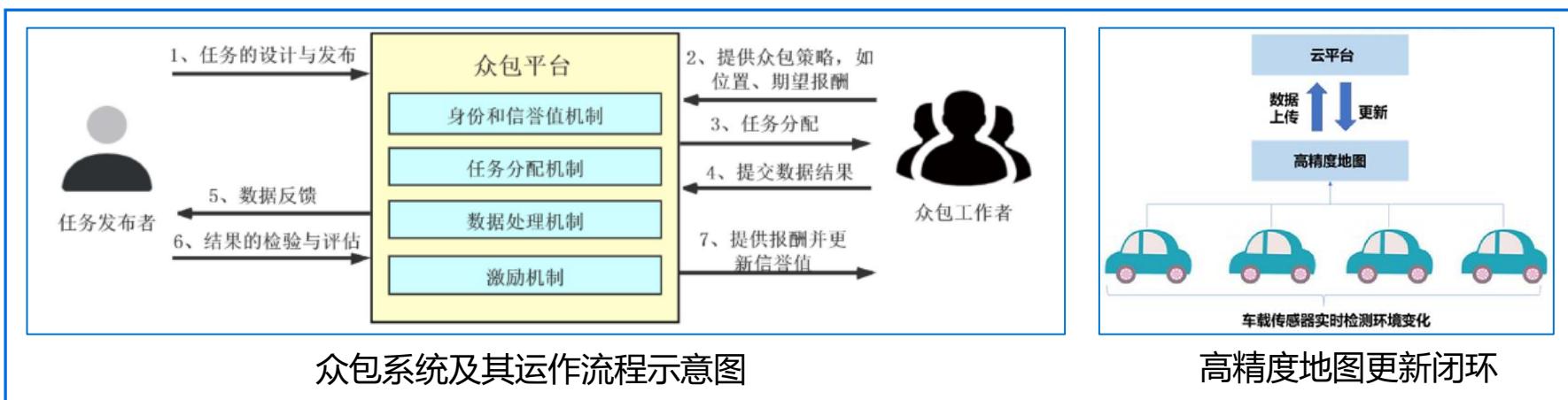
思群广场附近道路地图



校园大范围高精度地图

基于众包数据的高精地图制作

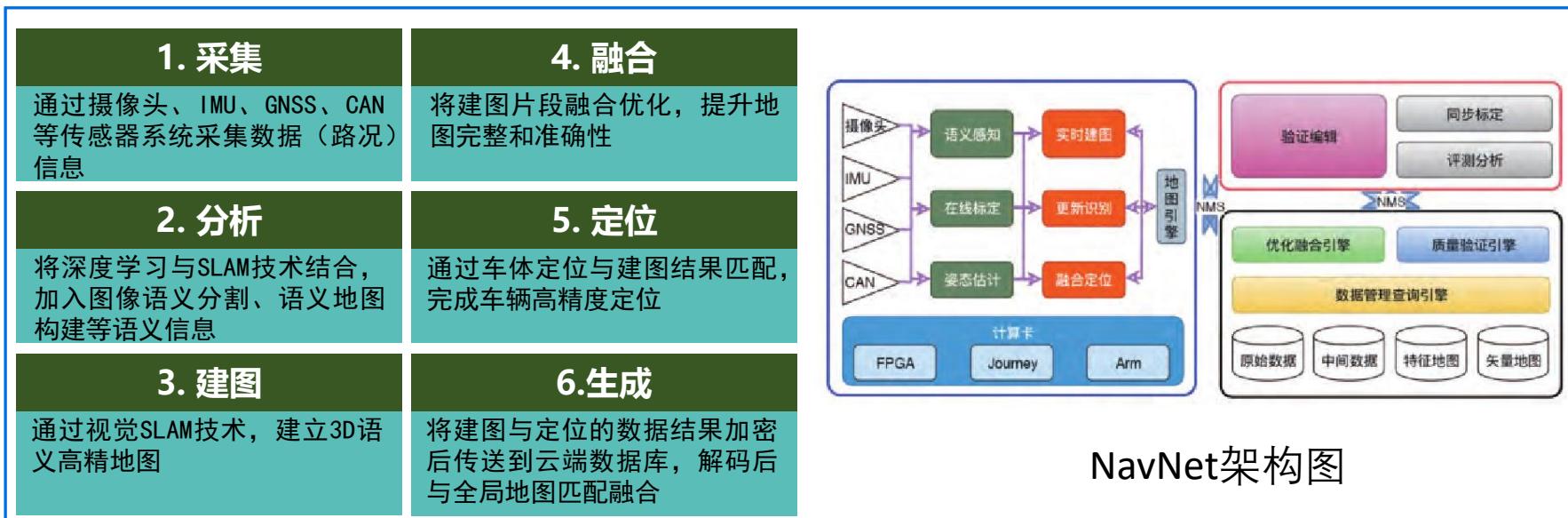
众包是指把个人或计算机无法完成的复杂任务以自愿的形式交由大众群体来完成的做法。众包系统通常由**众包平台**、**任务发布者**以及**众包工作者**组成。**任务发布者**是服务需求方，他们通过提供一定报酬的方式雇佣大众群体来完成特定的任务。**众包工作者**是众包的供给方，他们利用空闲时间来参与众包任务，贡献自己的服务，并获取一定的报酬。**众包平台**是为需求方与供给方提供联系的桥梁。



- 参与者利用移动设备（无人驾驶汽车等）作为基本感知单元来收集数据，并通过互联网进行数据的上传和分享。相比使用固定专业设备的方式，具有**部署成本低、维护简单、扩展性高**的特点。

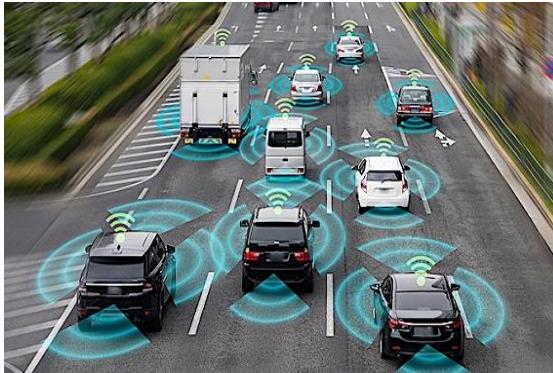
基于众包数据的高精地图制作——地平线解决方案NavNet

基于边缘计算的众包高精度地图解决方案将强大的视觉感知和建图能力结合在一起。地图更新所需的数据采集任务交给道路上的普通车辆而非专业采集车辆，在边缘处利用SLAM技术实现高精度地图的创建，输出三维语义地图，用于众包实现高精地图实时更新。主要流程如下：



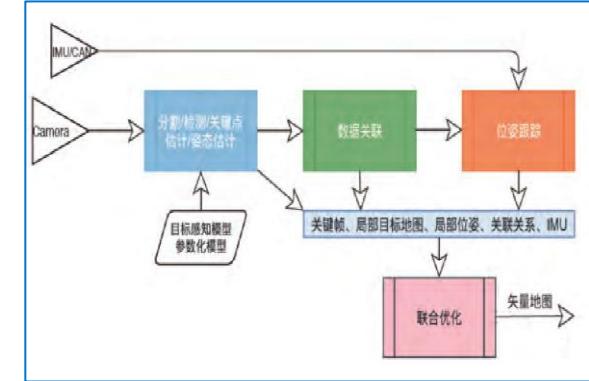
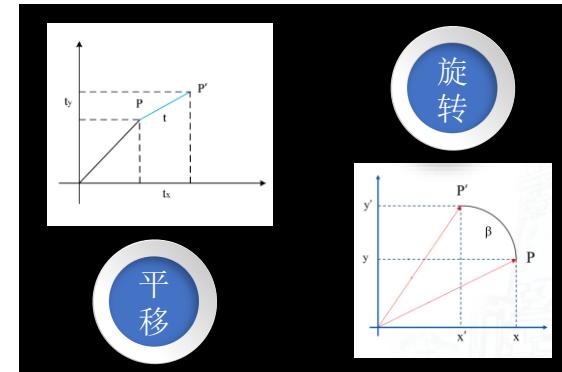
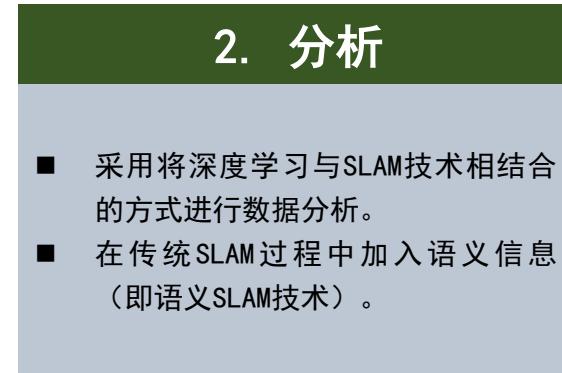
- NavNet具有安全（云端计算不受网络攻击）、高效（数据处理效率高）、快捷（实时性高）、方便（众包方式更新地图）等优点。

基于众包数据的高精地图制作——地平线解决方案NavNet



1. 采集

- 摄像头：用于采集信息，实现环境感知和实时建图定位。
- IMU+GNSS：用于车辆自定位，确定车辆的大致位置。
- Matrix软件：将收集到的感知数据进行解析并输出。



3. 建图

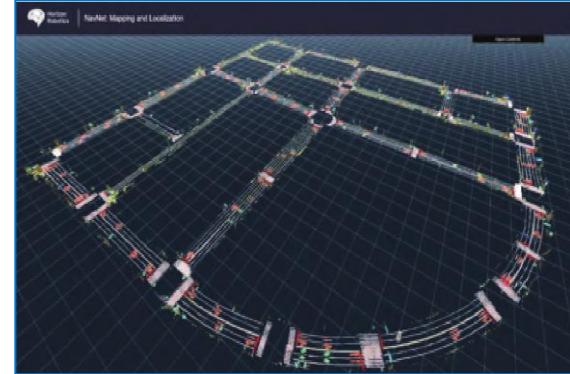
- 地平线高精地图解决方案NavNet有三种技术路线。
- 语义分割+点云重建+参数化。
- 语义分割检测+语义重建。
- 完全利用深度学习来创建矢量地图（终极目标）。

基于众包数据的高精地图制作——地平线解决方案NavNet



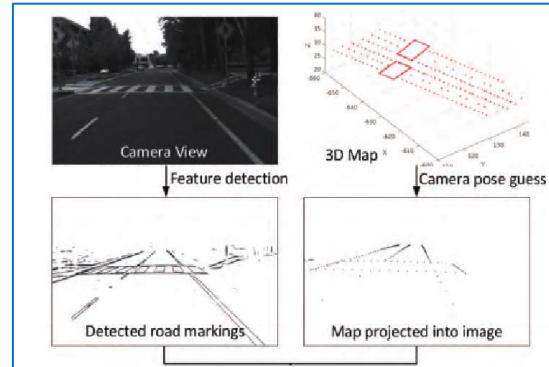
5. 定位

- 利用GNSS、轮速计等进行车辆的自定位，得到车辆的**大致位置**。
- 通过实时建图的结果，在附近区域内将**局部地图**与**全局高精度地图**进行**匹配**，从而得到车辆当前的**高精度位置**及其周边环境的语义信息。



4. 融合

- 将大量车辆采集的**地图片段**数据进行**关联匹配**，以矢量地图要素的属性参数为变量，根据属性的相似度约束建立统一的目标函数，优化求解以获得**融合后的地图**。



6. 生成

- 建图与定位后的数据及结果加密后输出，最终数据传送到**云端数据库**，图商可以在云端进行解码。
- 众包产生的**局部地图**与图商的**全局地图**进行**匹配和融合**，最终完成**局部地图与全局地图的更新和再加工**。