

现在开源的RGB-D SLAM有哪些？

Original electech6 计算机视觉life 2019-05-08

本文图片都是动态图，但公众号限制图片尺寸以及外链，建议点阅读原文查看，更方便点击链接和查看动态图。

公众号后台回复：RGBD，进入交流群（限100人），一起交流RGBD SLAM相关技术。

背景：

RGB-D SLAM主要用于稠密三维重建。

在消费级深度相机出现之前，想要采用普通相机实现实时稠密三维重建比较困难。微软2010年发布了Kinect之后，基于深度相机的稠密三维重建掀起了研究热潮。早期比较有代表性的工作是2011年微软的Newcombe（单目稠密重建算法DTAM的作者）、Davison等大牛发表在SIGGRAPH上的KinectFusion算法，算是该领域的开山之作。KinectFusion算法首次实现了基于廉价消费类相机的实时刚体重建，在当时是非常有影响力的工作，它极大的推动了实时稠密三维重建的商业化进程。下图所示是几款消费级深度相机。



KinectFusion之后，陆续出现了Kintinuous，ElasticFusion，InfiniTAM，BundleFusion等非常优秀的工作。本文主要列举几个例子进行简介，更全更好的阅读体验请点击文末阅读原文查看本文GitHub地址

<https://github.com/electech6/awesome-RGBD-SLAM>

Bundle Fusion

基本信息

项目官网

<http://graphics.stanford.edu/projects/bundlefusion/>

论文

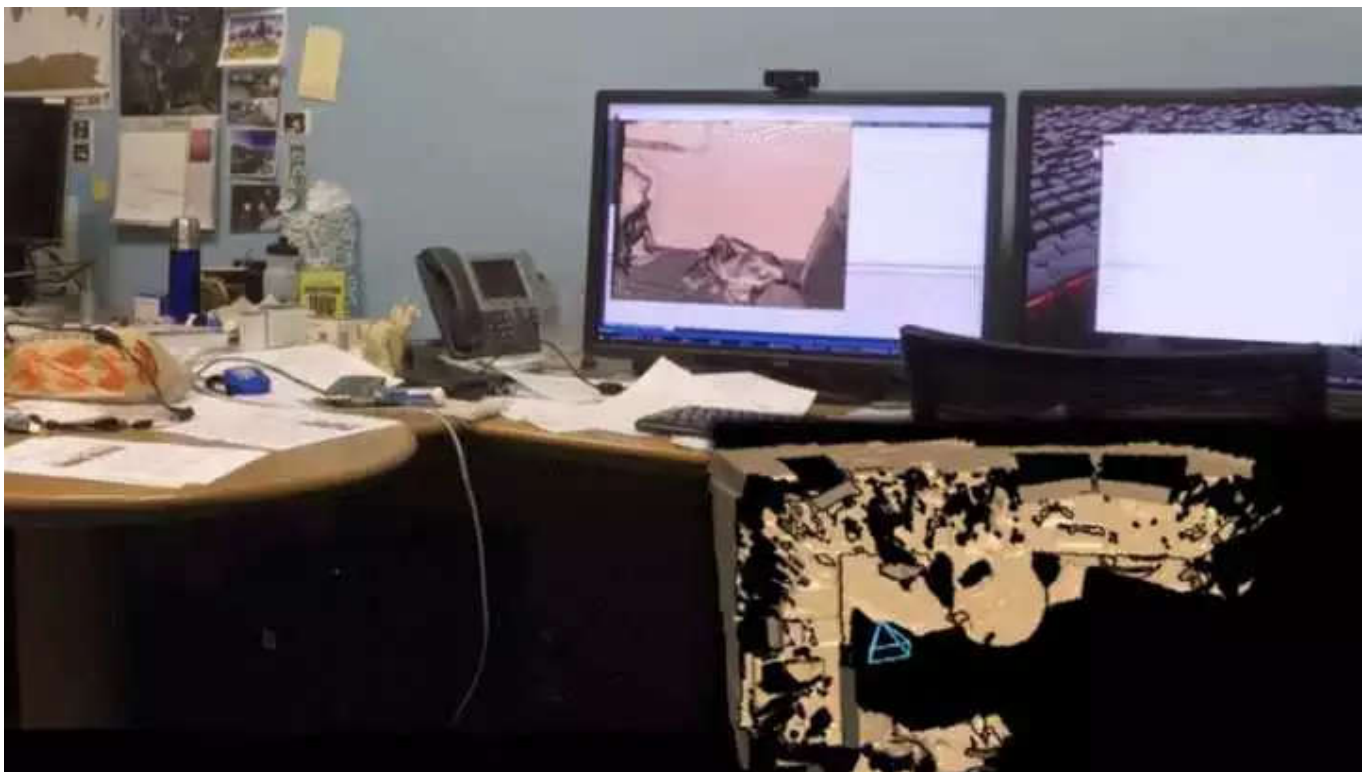
<https://arxiv.org/pdf/1604.01093.pdf>

代码

<https://github.com/niessner/BundleFusion>

算法详细解读

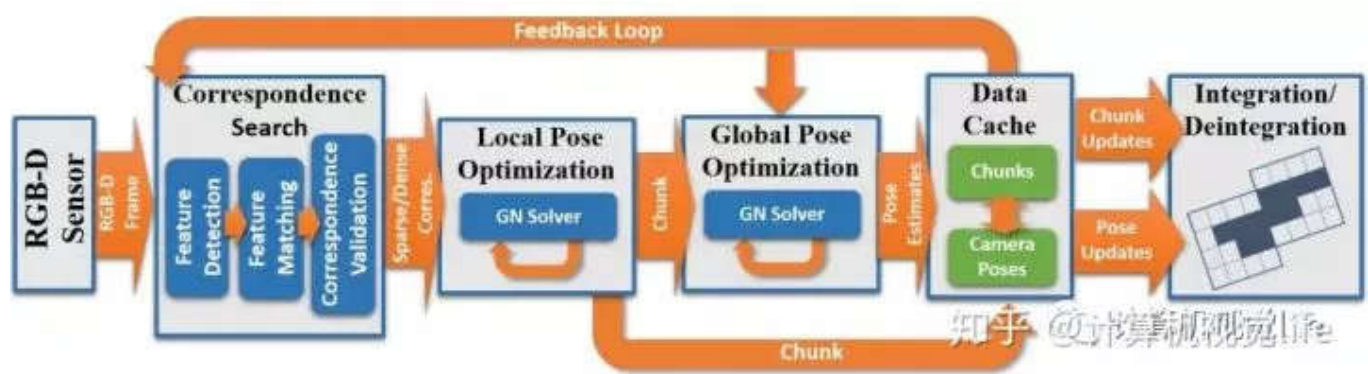
[计算机视觉方向简介](#) | [深度相机室内实时稠密三维重建](#)



算法流程

Bundle fusion算法具体流程图如下：

- 输入：RGB-D相机采集的对齐好的color+depth的数据流，作者使用的是structure sensor+iPad输出的30Hz，分辨率为640x480的序列图像。
- 输出：重建好的三维场景。



算法优缺点

优点

1. 重建效果在所有RGB-D SLAM中 top 3.
2. 使用持续的local to global分层优化，去除了时域跟踪的依赖。
3. 不需要任何显示的loop closure检测。因为每一帧都和历史帧相关，所以其实包含了持续的隐式的loop closure。
4. 支持在GPU上实时鲁棒跟踪，可以在跟踪失败时移动到重建成功的地方进行relocalization，匹配上后继续跟踪。

缺点

1. 由于成像传感器存在噪音，稀疏关键点匹配可能产生小的局部误匹配。这些误匹配可能会在全局优化中传播，导致误差累积。
2. 上述效果图片都是在作者提供的公开数据集上的效果，该数据集采集的场景纹理比较丰富，光照也比较适中。而实际重建时效果和所使用深度相机的性能、待重建场景的纹理丰富程度关系很大。对于办公室这种简洁风格的场景效果会下降很多，还有很多可改进的地方。
3. 目前算法需要两块GPU才能实时运行。

InfiniTAM

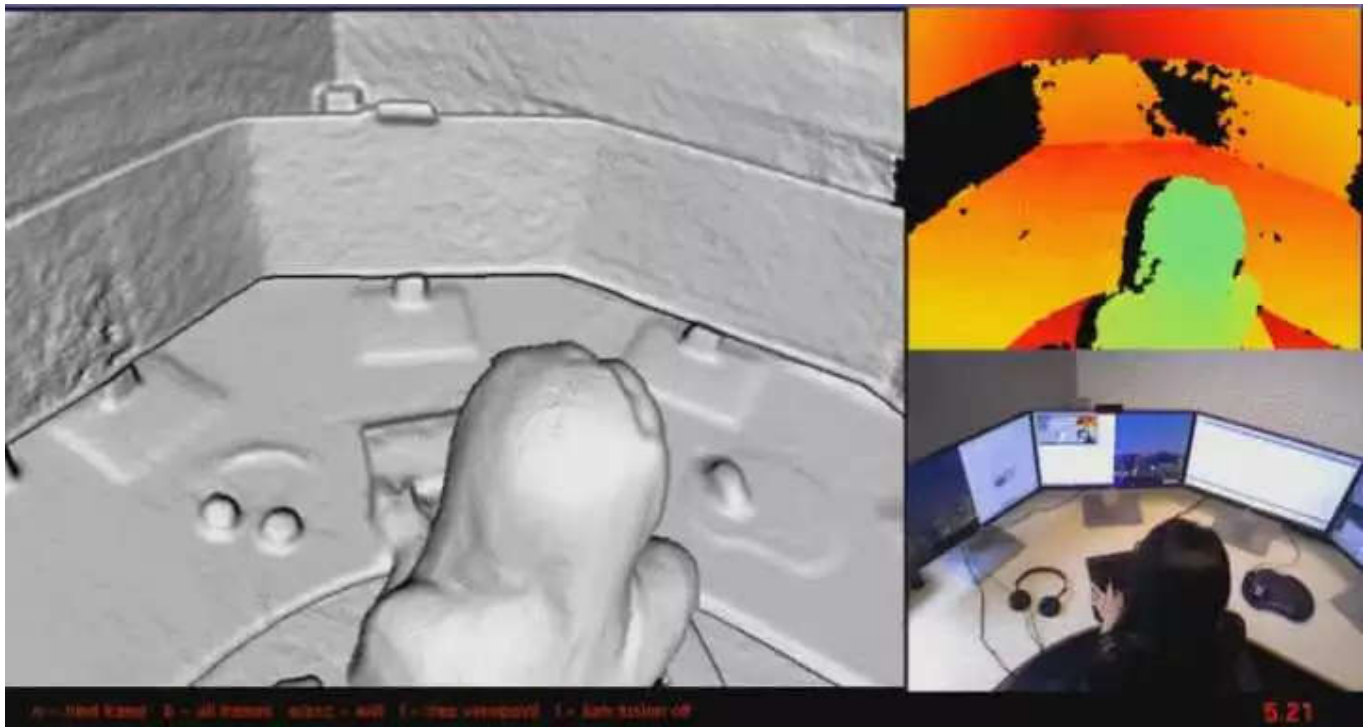
基本信息

官网

<http://www.robots.ox.ac.uk/~victor/infinitam/>

代码

<https://github.com/victorprad/InfiniTAM>



算法优缺点

优点

- 提供Linux, iOS, Android平台版本
- CPU可以实时重建
- 重建效果还不错

缺点

- loop closure 不是很稳定, loop closure后经常无法消除累计漂移
- 没有提供带color的重建结果, 需要自己写

RTAB-Map

基本信息

官网

<http://introlab.github.io/rtabmap/>

代码

<https://github.com/introlab/rtabmap>



简介

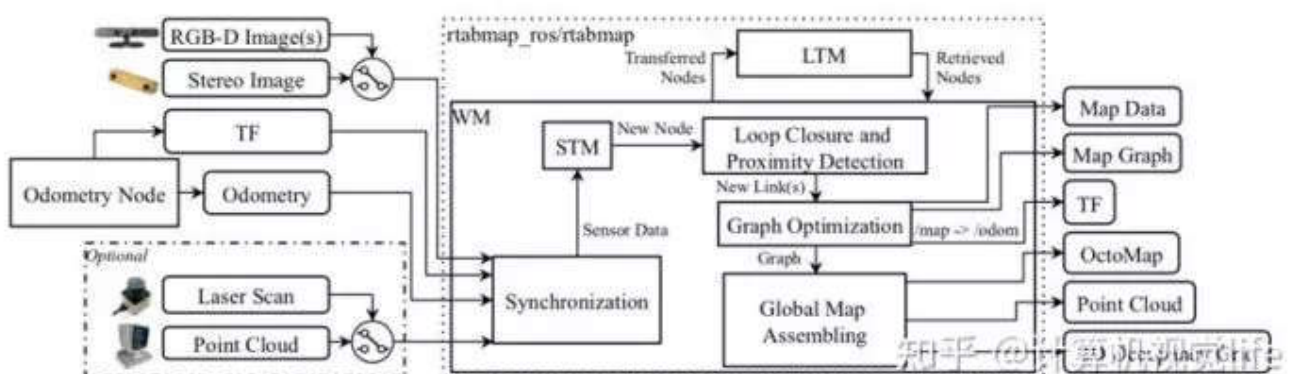
RTAB-Map (**R**ea**T**-**T**ime **A**ppearance-**B**ased **M**apping) 用于基于外观的实时建图， 是一个通过内存管理方法实现回环检测的开源库。它限制地图的大小以使得回环检测始终在固定的时间限制内处理，从而满足长期和大规模环境在线建图要求。

从2013年开始并于2013年作为开源库发布，RTAB-Map已经扩展到完整的基于图的SLAM方法，目前RTAB-Map已经发展成为一个跨平台的独立C++库和一个ROS包，允许用户使用不同的机器人和传感器实现和比较各种3D和2D对于各种应用的解决方案。

本文介绍了RTAB-Map的扩展版本及其在大量流行的真实数据集进行定量和定性的比较，（例如KITTI, EuRoC, TUM RGB-D, MIT Stata Center）。从自主导航应用的实用角度概述视觉和激光雷达SLAM配置的优势和局限性。

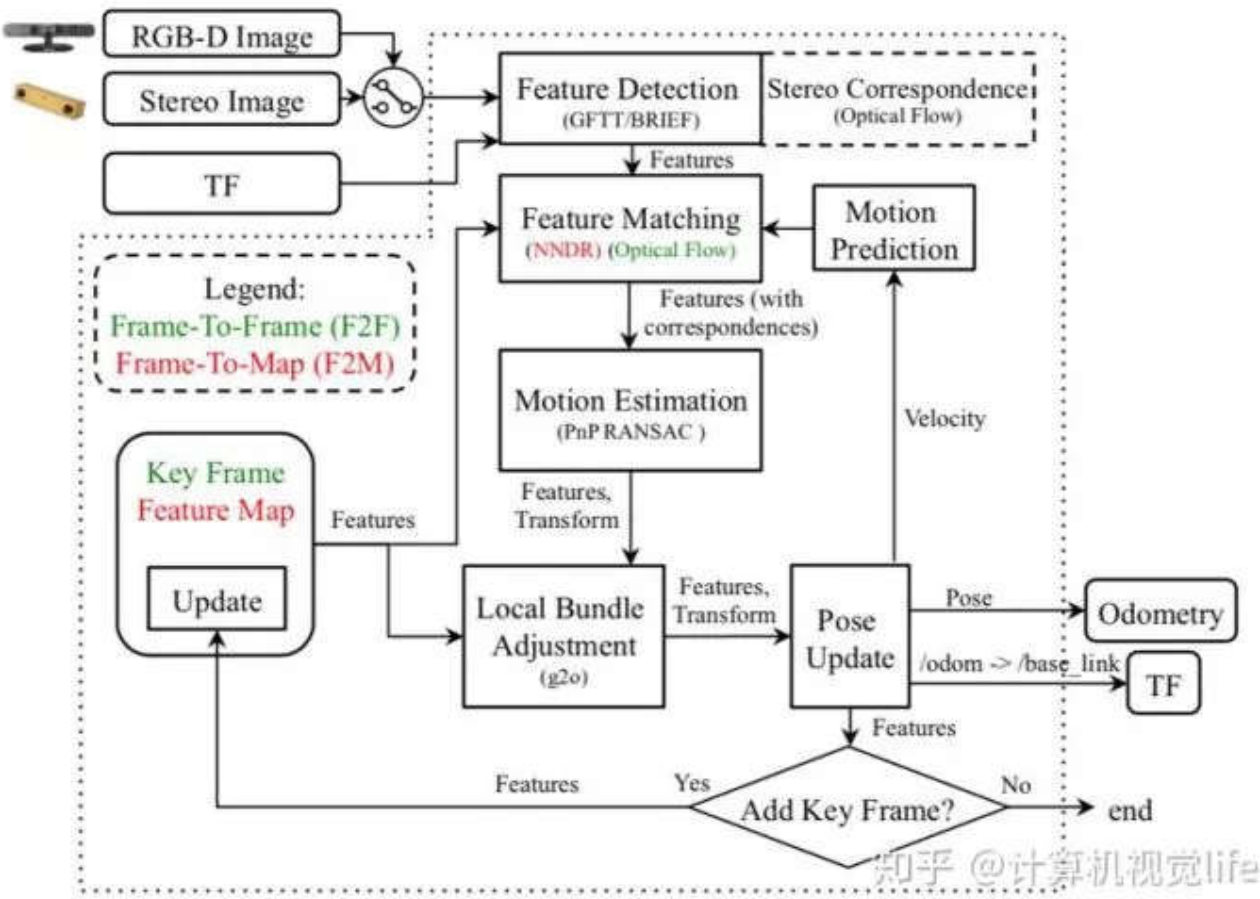
算法流程

1、RTAB-Map 整体描述



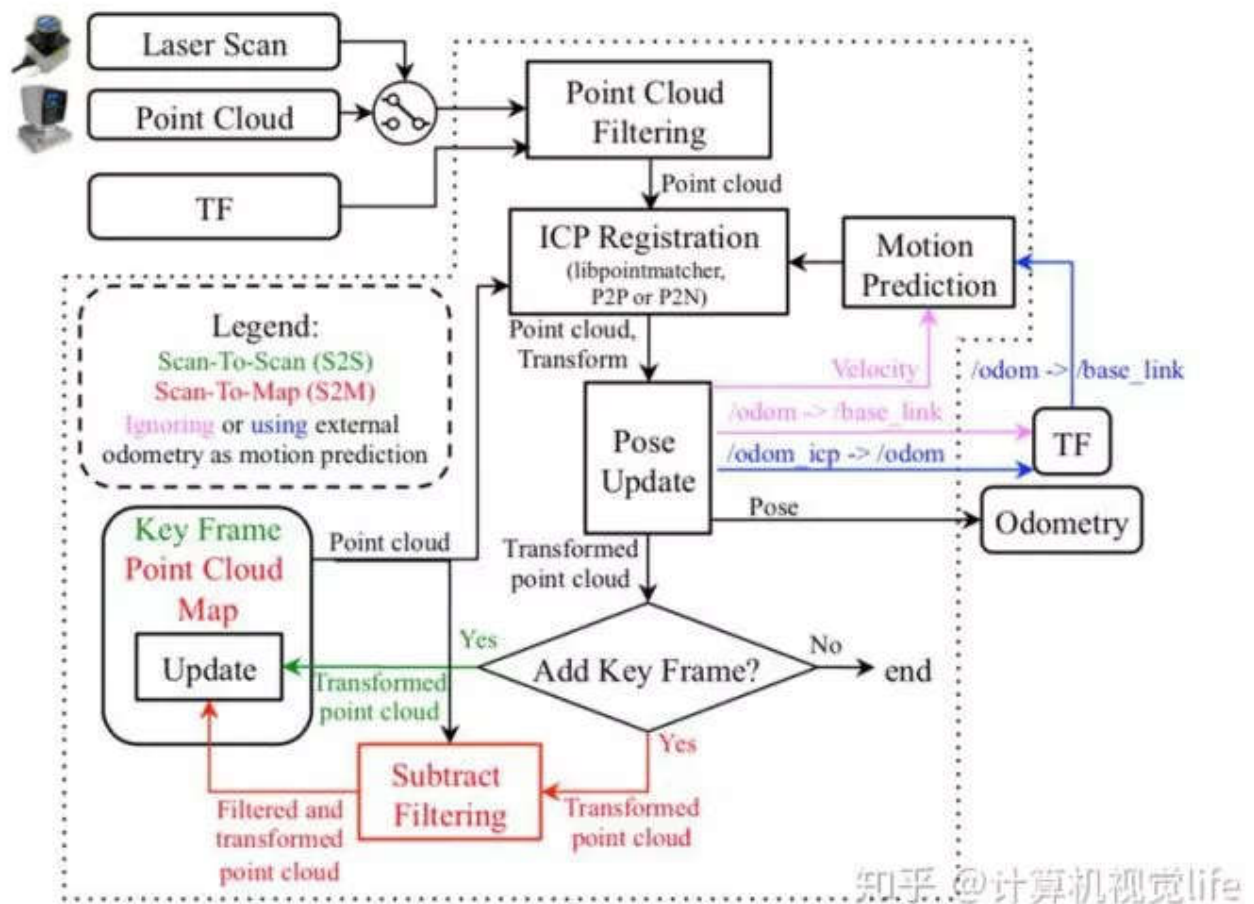
RTAB-Map ROS节点的框图。所需输入是：TF，用于定义传感器相对于机器人底座的位置；来自任何来源的里程计（可以是3DoF或6DoF）；其中一种相机输入（一个或多个RGB-D图像，或双目立体图像），且带有相应的校准消息。可选输入：2D激光的雷达扫描，或3D激光的点云。然后，来自这些输入的所有消息被同步并传递给graph-SLAM算法。输出的是：Map Data，包含最新添加的节点（带有压缩传感器数据）和Graph; Map Graph，没有任何数据的纯图;TF，矫正过的里程计; 可选的OctoMap（3D占用栅格地图）；可选的稠密点云地图; 可选的2D占用栅格地图。

2、视觉里程计



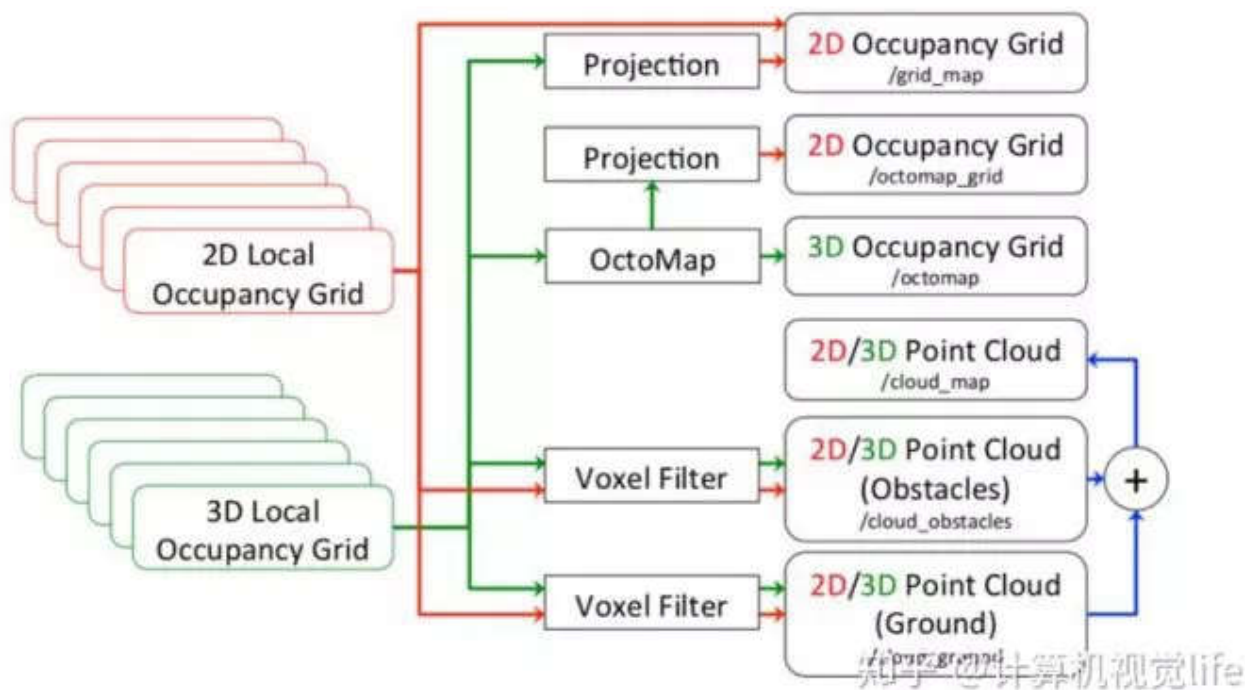
RGBD里程计和双目立体视里程计的ROS节点框图。TF定义相机相对于机器人基座的位置，并作为输出发布机器人基座的里程计变换。对于RGB-D相机或立体相机，管道是相同的，除了多计算一步相应的立体深度信息，以便稍后确定检测到的特征的深度。可以有两种里程计的方法：绿色的帧到帧（F2F）方法，红色的帧到地图（F2M）方法。

3、激光里程计



ICP里程计ROS节点框图。TF定义激光雷达相对于机器人基座的位置，并作为输出以发布机器人基座的里程计变换。可以有两种里程计的方法：绿色的扫描到扫描（S2S）方法，红色的扫描到地图（S2M）方法。这些方法还可以选择使用恒速模型（粉红色）或其他里程计（蓝色）进行运动预测。对于后者，输入测距的校正发布在TF上。

4、局部地图



全局地图集成。依赖于局部地图创建地图的类型（见上图）。当只有3D局部占用栅格地图可用于生成3D占用栅格地图（OctoMap）及其2D地图。

算法优缺点

优点

- 定位精度很准
- 支持视觉、激光传感器
- 支持跨平台、ROS
- 在线处理

缺点

- 鲁棒性不是很好，如果建图时间和重定位时间间隔得比较久，或者光线变化都很明显的话，重定位会失败
- 点云网格化用posson重建，不是主流的TSDF，速度会慢
- 重建效果不如 bundle fusion，但是也还不错

SLAMRecon

官网

<http://irc.cs.sdu.edu.cn/SLAMRecon/>

代码

<https://github.com/HaoLi-China/SLAMRecon>



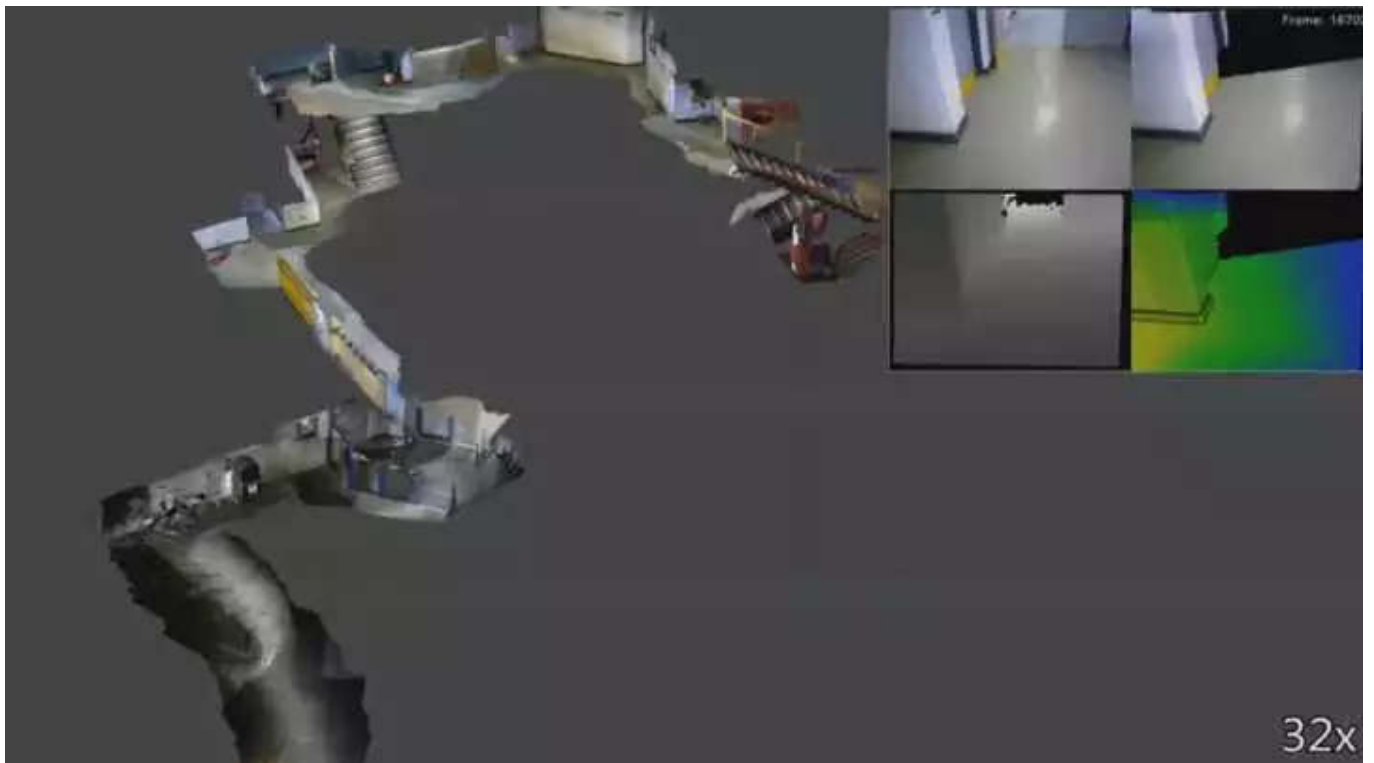
Kintinuous

代码

<https://github.com/mp3guy/Kintinuous>

论文

<http://thomaswhelan.ie/Whelan14ijrr.pdf>



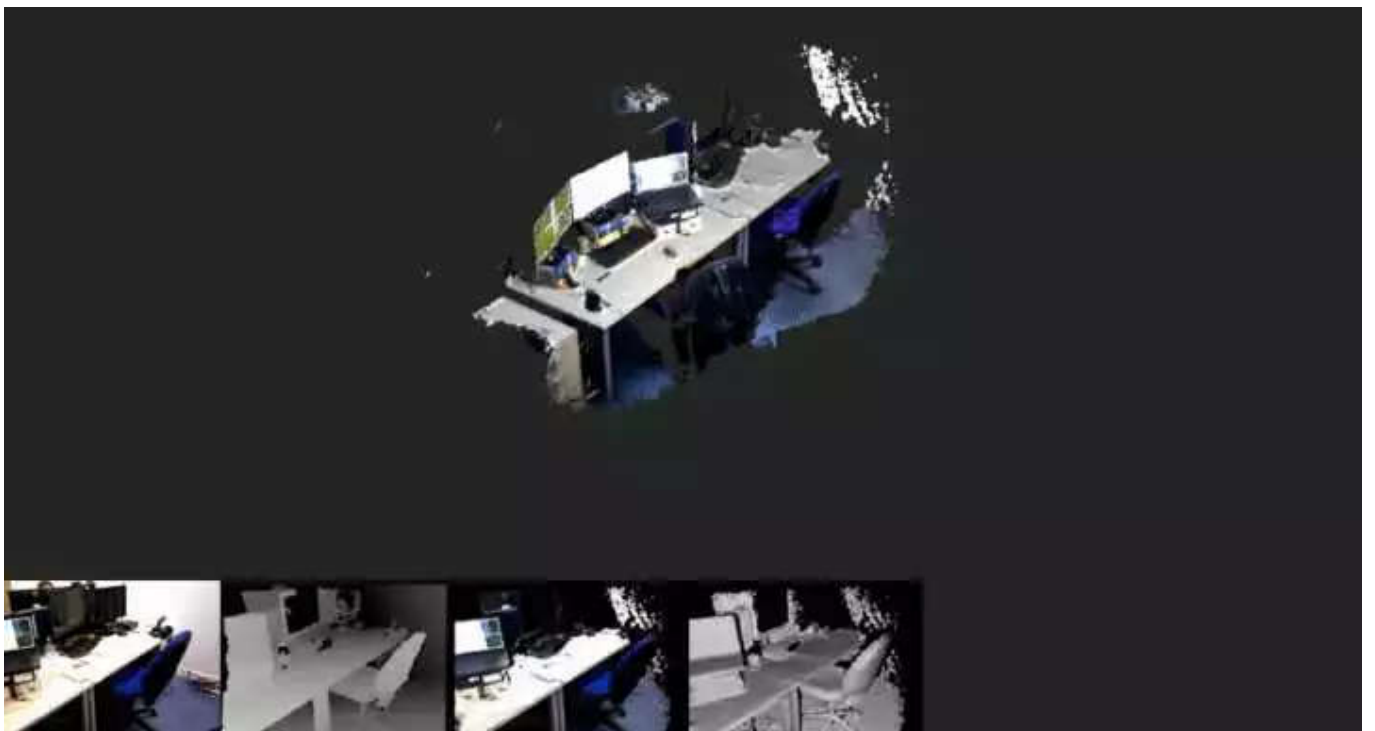
ElasticFusion

代码

<https://github.com/mp3guy/ElasticFusion>

论文

<http://www.thomaswhelan.ie/Whelan16ijrr.pdf>



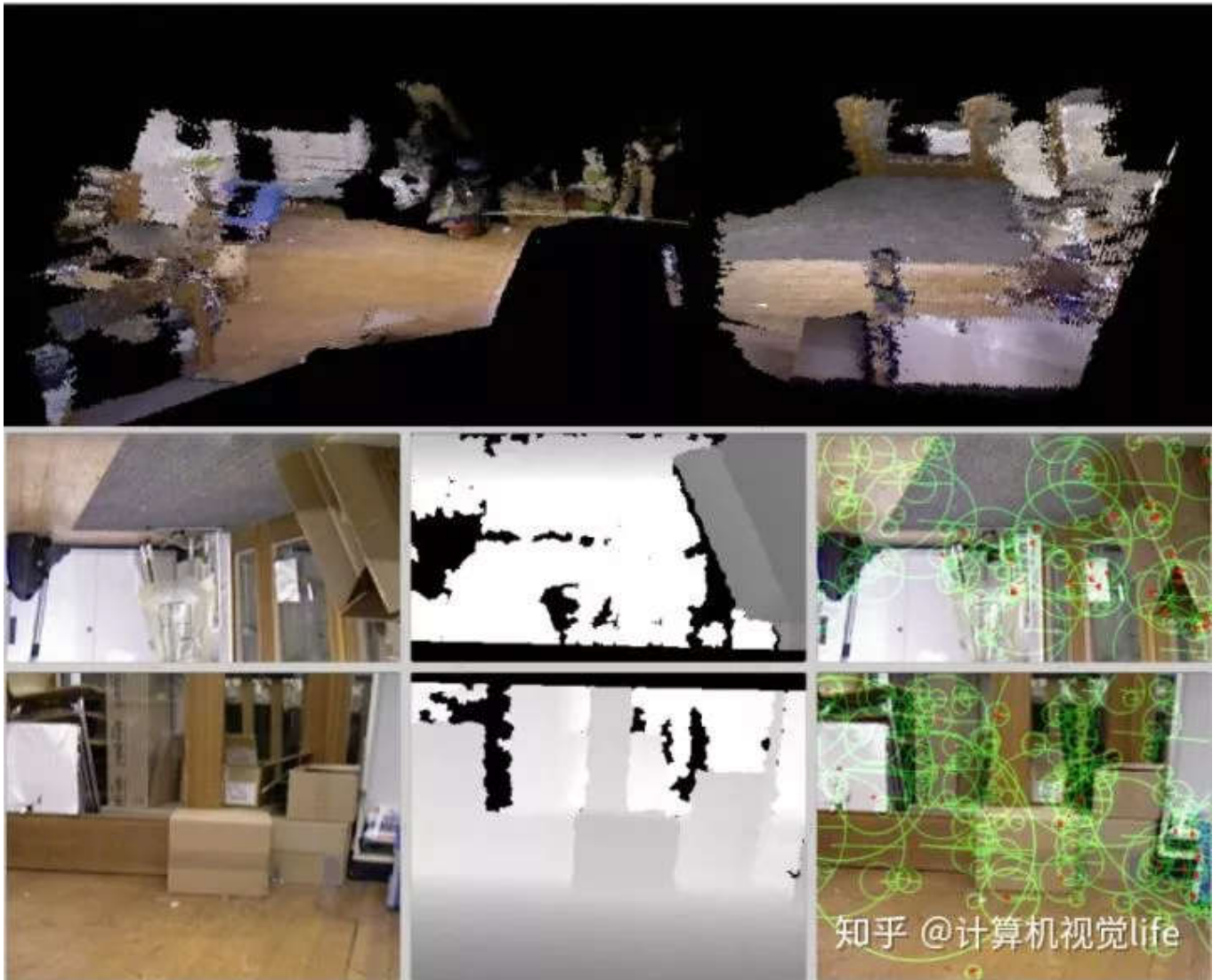
rgbdslam_v2

代码

https://github.com/felixendres/rgbdslam_v2

论文

<http://www2.informatik.uni-freiburg.de/~endres/files/publications/felix-endres-phd-thesis.pdf>



推荐阅读

[如何从零开始系统化学习视觉SLAM?](#)

[快看，那个学SLAM 的崩溃了!](#)

[计算机视觉方向简介](#) | [深度相机室内实时稠密三维重建](#)

[计算机视觉方向简介](#) | [深度图补全](#)