1. 引言

同步进行机器人自身定位和地图创建（Simultaneous localization and mapping，SLAM），作为机器人学中最为关键的一项应用技术，对移动机器人自身定位在精准度上有着很高的要求，在早期文章中被重点的探讨过(1)。但由于移动机器人本身运动产生的误差存在积累，单机器人创建地图往往只适用于小、中型环境。要创建大型环境地图，多机器人联合建图系统从效率、精准度、鲁棒性等方面来说，是一个更好的选择，然而一个可以使多机器人实时协作的系统十分复杂，其中十分关键的一点是，在两台机器人相对位置不确定时，将二者创建的地图进行拼接，完成地图合并，这不仅可以重新校正两台机器人的相对位置。还是大规模地图拼接的第一步。

机器人学中的地图根据不同环境表示方式可以分为3种类型：特征地图、栅格地图和拓扑地图。其中栅格地图是一种障碍概率地图，不同于其他两者，创建栅格地图不需要从环境中提取特殊的环境特征就能较好得为多数环境建模。因此，在机器人学中栅格地图是十分主流的环境表示方法，多机器人系统中栅格地图的拼接也就不可或缺了。目前这类拼接问题的主流解决办法是通过特征点匹配算法SIFT及其衍生SURF特征匹配算法。《基于图像配准的栅格地图拼接方法》。然而，由于SIFT特征提取出的描述子维度较高，当需要进行拼接的栅格地图结构单一纹理过于简单时，误匹配概率较高。故需要一种不过度依赖栅格地图纹理复杂度的，更加鲁棒，精确并且高效的方法。

1. 问题定义

栅格地图的拼接问题转化为图像的配准问题，

* 1. 地图拼接是创建大型环境模型的主流方法，对于多移动机器人系统，要解决此类问题，其实就是要通过两张栅格地图的共有部分，找到刚体变换T，通过T对给出的地图P进行旋转，平移变换，使栅格地图P与Q可以准确重合。一般的，在栅格地图具有相同尺度时，变换T由旋转矩阵R，以及关于x,y轴的平移分量 , 组成，即就是 ，其中由地图绕其平面法线旋转的旋转角 的度数所决定，而 则是由平移距离决定，如式（1）：



* 1. 栅格地图拼接的数学模型

栅格地图是障碍概率地图，对于实际环境中的某一位置状态，表示为地图中某一栅格的灰度值，灰度越大，该点为障碍物占据点可能性越大。因此，我们可以将栅格地图中每一个像素点对应实际环境中的一个点，通过边缘提取算法提取像素点，将待拼接的栅格地图转化为二维点云。从而可以通过对两帧二维点云进行匹配来完成栅格地图拼接。分别将提取出的点云集称为数据点集 ，模型点集，通过变换数据点集来和模型点集进行匹配，对于可进行拼接的两幅栅格地图一定含有部分重叠区域，在提取的得到的边缘点集上，可表述为，其中为数据点集 的子集，且可在模型点集Q中找到其对应部分。由此可以将图像拼接问题转化为如下的匹配误差最小化问题：

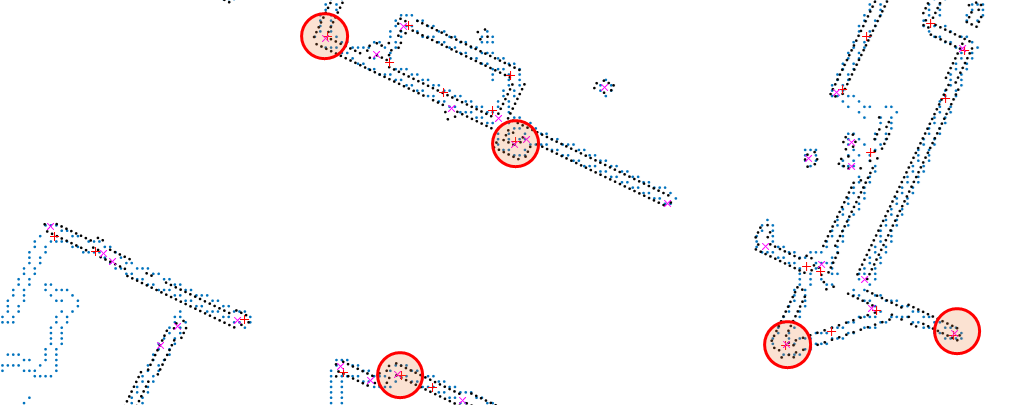


其中R,t分别为刚体变换的旋转与平移， 为重叠百分比， 代表模型点云Q中的每一个点，为集合的势，代表集合的元素个数，在这里即就是对应点数量， 表示向量的二范数， 此处为求取匹配点对间的误差距离。该最小化目标函数即就是两帧地图匹配的均方误差。要解决该问题，可采用迭代最近点（ICP）算法。

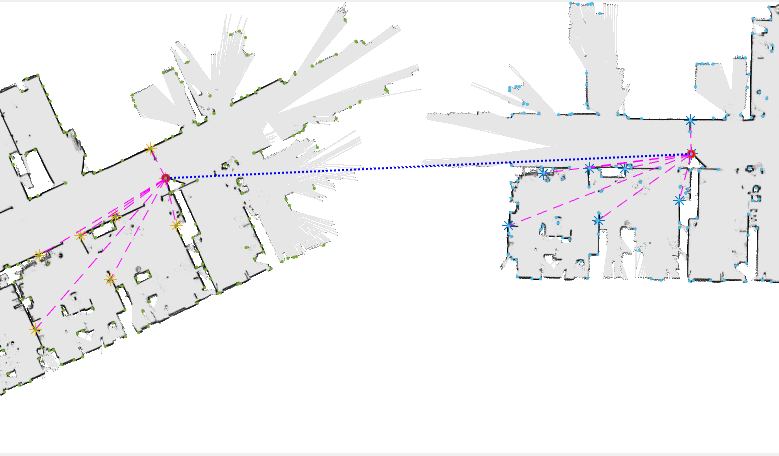
* 1. 裁剪ICP

1. 基于匹配对扩展的栅格地图拼接方法
   1. 多尺度描述子

为确保裁剪ICP算法能获得图像配准最优解，需要有接近正确变换运动的变换初始参数。因此，需要为两幅地图的特征点建立对应关系，要想建立正确关系，需要满足以下两个要求：(1) 在两幅地图的重叠区域提取出一定数量的共同特征点。（2）对于应建立联系的特征点，可以计算出相同或接近的描述子，且不相同或接近于其他位置的特征点描述子。对于条件（1）可以选取具有快速检测角点的Harris算法，通过滑动窗口检测灰度值的变化，



同一位置的Harris角点



匹配对儿扩展

1. 1