

上下文敏感的导航分层代价地图

(Layered Costmaps for Context-Sensitive Navigation)

原作: David V. Lu

译作: 罗辉武*

版本: 0.1

翻译日期: 2019 年 06 月 28 日

摘要

许多导航系统, 包括普遍使用的 ROS 导航功能包, 在单个代价图上规划机器人的行走路径, 大部分信息皆存储于单个网格单元中。这种方法对需要生成最小长度的无冲突路径的应用非常成功, 但是在面对动态的人群环境时, 需要将 costmap 的值扩展到占用或自由这两种网格单元的属性之外, 此时它会面临非常多的挑战。

我们创建和实现了一种称为 layered costmap(分层代价图)的新方法, 该方法通过将 costmap 的数据处理分离到语义不相关的层(layer)来进行。每个 layer 仅跟踪一种类型的障碍物或约束, 修改用于路径规划的主代价地图(master costmap)。我们展示了如何将算法与开源的 ROS 导航功能包进行集成, 证明了我们的方法比当前使用单个(monolithic) costmap 的做法更容易在特定的环境进行调整(tuning)。这种设计还可以在实际使用中实现加速实现路径规划, 并且可以更清晰地表达原始架构所关注的信息。新算法还可以表达复杂的代价值, 以便在使用上下文信息的环境中创建导航行为。

目录

1 简介

1 | 2 相关工作

3

1 简介

过去的几十年里, 导航算法变得越来越复杂。它们处理大量传感器的数据, 高精度跟踪障碍物位置和自由空间。结合正确的路径规划算法, 它们可以很熟练地在环境中进行巡航。然而, 很多这类导航算法也遇到同样的问题: 算法皆是为了产生无碰撞的自由路径进行有效寻优。

这种算法在许多实际用例或抽象环境下表现很好, 如果都是要求从点 A 走到点 B。对于其他实际用例来说还不是特别好。像在人口稠密的动态环境中移动的机器人, 需要集成更复杂的约束到优化问题中。从一个点走到另一个点只是一个更大区域的上下文的一部分。机器人围绕障碍物移动仅是为了

*Email: huiwu.luo@aliyun.com

避免碰撞是不够的; 机器人必须根据上下文语义的不同区别对待该障碍。例如, 大多数情况, 在远离桌子几厘米之外行走是完全没有问题的。然而, 紧贴着人群行走更是不希望发生的。如果导航算法平等对待所有感知到的障碍物, 此时规划器可能无法选择出一条正确的行走路径。

规划路径时, 除了尊重他人的个人空间这种场合之外, 还有许多其他的场合表明: 选择最短的无碰撞路径可能不是最理想的。若考虑人群中人经常聚集的位置信息, 此时应该首选避免可能有障碍的长度更长的路径。机器人还必须考虑进入有潜在危险区域的场景时的实用情况, 例如厨房, 虽然是有效的路径, 但这些区域应该带有通行代价。即使对一些简单因素也应该作考虑, 比如在走廊的右侧驾驶。机器人选择走哪条路取决于在大环境提取的额外的上下文信息。

路径规划器使用的环境信息皆存储于一张代价地图上。在传统的代价图中, 所有的数据都存储在一个单元网格中, 我们称之为 **单体代价地图 (monolithic costmap)**。单体代价地图由于只需要在一个地方读写代价值, 非常简单, 是一种很流行的技术。它的一个结果是代价地图中相当多的代价值被丢弃, 使得对地图的周期维护变得越来越困难。

本文中, 我们介绍一种将额外上下文信息到代价地图方案, 方案采用了一种称之为 **分层代价地图 (layered costmaps)** 的新方法。通过使用 ROS 导航框架作为试点, 我们展示分层代价地图在复现以前导航算法的功能的同时, 能增加处理更多上下文信息的灵活性。图1展示了一种分层代价地图的可能的配置方式。我们将讨论该算法和数据结构, 以及相对以前方法的改进点。之后, 我们将对可以加入到新旧代价地图中的不同层和它们所集成的环境上下文进行检查 (以讨论它们对规划的路径的影响)。

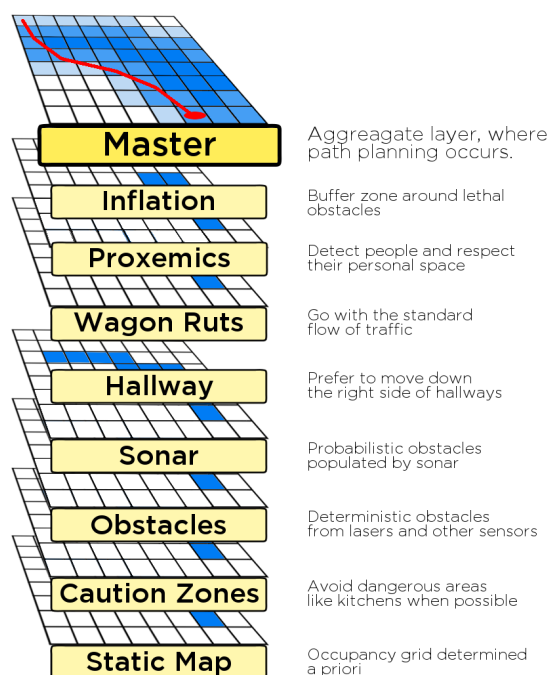


图 1: 一组 costmap 图层, 展示了使用分层 costmap 方法可实现的不同上下文行为。

2 相关工作

这项工作的重点是适用于规划路径的地图的网格表示方式。20 世纪 80 年代, 由 Moravec 及其合作者在卡内基梅隆大学 (CMU) 开发的占据网格 (occupancy grid) 是现代代价地图鼻祖^[1,2]。占据网格的语义值很直观: 每个单元格的值表示该单元格存在障碍物的概率, 因此其更新过程是贝叶斯规则的直接应用。Konolige^[3] 和 Thrun^[4] 改进了概率模型, 以便更好地定位障碍物。基于网格的代价地图表示方法 (其中网格值表示的不是概率而是通行代价) 被证明是很实用的方法, 尤其是当障碍物的位置是固定不定的情况下 (不使用声纳探测仪)。过去, 代价地图主要是二进制的, 单元格要么是被占据状态 (occupied), 要么是自由 (free) 状态。现在的情况是, 随着将更多的复杂代价的值加入代价地图, 必然导致代价地图的语义信息过于混乱。对于那些非致命的 (non-lethal) 代价值, 即值介于 occupied 与 free 中间, 通常表示软约束 (soft constraints)。自动驾驶车辆采用这样的值进行优化, 从而能在街道上正确的一边进行行驶或采取其他优先驾驶行为^[5]。Gerkey 和 Agrawal^[6] 在代价图中用不同的代价值表示不同类型的地形及其通行性。软约束也可用于基于人机交互的约束。Sisbot 等人的 Costmap 系统^[7] 就考虑到个人的活动空间和视野, 而 Kirby 等人^[8] 等人则对在路的右边行走行为进行了建模。Svenstrup 等人^[9]、Scandolo 和 Fraichard^[10] 开发了更为复杂为感知人类的导航代价计算方法。

参考文献

- [1] MATTHIES L, ELFES A. Integration of sonar and stereo range data using a grid-based representation[C]//Proceedings. 1988 IEEE International Conference on Robotics and Automation. [S.l. : s.n.], 1988: 727-733 (引用页: 3).
- [2] MORAVEC H P. Sensor fusion in certainty grids for mobile robots[G]//Sensor devices and systems for robotics. [S.l.]: Springer, 1989: 253-276 (引用页: 3).
- [3] KONOLIGE K. Improved occupancy grids for map building[J]. Autonomous Robots, 1997, 4(4): 351-367 (引用页: 3).
- [4] THRUN S. Learning occupancy grids with forward models[C]//Proceedings 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. Expanding the Societal Role of Robotics in the the Next Millennium (Cat. No. 01CH37180): vol. 3. [S.l. : s.n.], 2001: 1676-1681 (引用页: 3).
- [5] FERGUSON D, LIKHACHEV M. Efficiently using cost maps for planning complex maneuvers[J]. Lab Papers (GRASP), 2008: 20 (引用页: 3).
- [6] GERKEY B P, AGRAWAL M. Break on through: Tunnel-based exploration to learn about outdoor terrain[C]//ICRA Workshop on Path Planning on Costmaps. [S.l. : s.n.], 2008 (引用页: 3).
- [7] SISBOT E A, MARIN-URIAS L F, ALAMI R, et al. A human aware mobile robot motion planner[J]. IEEE Trans. Robot., 2007, 23(5): 874-883 (引用页: 3).
- [8] KIRBY R, SIMMONS R, FORLIZZI J. Companion: A constraint-optimizing method for person-acceptable navigation[C]//RO-MAN 2009-The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication. [S.l. : s.n.], 2009: 607-612 (引用页: 3).

- [9] SVENSTRUP M, TRANBERG S, ANDERSEN H J, et al. Pose estimation and adaptive robot behaviour for human-robot interaction[C]//2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation. [S.l. : s.n.], 2009: 3571-3576 (引用页: 3).
- [10] SCANDOLO L, FRAICHARD T. An anthropomorphic navigation scheme for dynamic scenarios[C]//2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation. [S.l. : s.n.], 2011: 809-814 (引用页: 3).