

# 动态环境下的移动机器人避障策略研究

周可可

广州恒岩科技有限公司 上海市 201620

**摘要:**近年来,由于传统的人工领域方法易受极少数局部问题的影响,所提议的优化算法在适用性和效率方面仍然存在问题。由于某些优化算法存在缺陷,作者引入了基于采样的快速扩展随机轴算法(RRT),以便在已知的静态地图上预选多个临时目标点,从而避免了移动机器人在使用人工动态场方法和规划路径时落入非常小的局部区域。结果表明,该方法简单易用,结合了RRT算法的整体概率、APF算法的良好收敛和低计算量以及实时高可用性等优点。能够适应动态环境的变化,满足移动机器人的动态回避要求。

**关键词:** 车辆工程; 移动机器人; 路径规划; 人工势场法

## 前言

为了使机器人能够在流畅的工作过程中避免各种障碍,采用了机器人的避障算法作为人工场的避障方法,并对传统人工场法无法到达目标的问题进行了详细分析,将机器人与目标点的距离关系作为一个因素引入传统人工场法的抑制力函数中,分别重新定义了函数中的抑制力和重力。目标未能实现的问题已成功解决。基于maaii ab平台的仿真结果表明,该方法控制的机器人可以避开不同大小的障碍物,最终到达指定位置。

## 一、人工势场法的局限性

### 1. 传统人工势场法模型

#### (1) 目标点引力场

自动机被定义为在平面曲面上工作,而不考虑自动机在楼梯上的位置(假设它位于 $P=(x, y)$ )。由于引力场始终存在于机器人到达目标位置之前,而且机器人离目标位置越近,目标位置对机器人的吸引力越小,即吸引力大小与机器人与目标位置之间的距离成正比,因此潜在的重力功能如下:

$$E_{\text{attp}}(P) = k_{\text{attp}}(P - P_{\text{goal}})^m \quad (1)$$

其中: $k_{\text{attp}}$ 是引力场的比例增益系数; $P_{\text{goal}}$ 是机器人的位置;目标是目标点的位置; $m$ 为可调整参数; $(P - P_{\text{goal}})$ 是机器人和目标点之间的移动距离。由于机器人沿势能场下降方向搜索路径,因此它可以通过查找重力势能函数的负梯度来获得重力,即

$$F_{\text{attp}}(P) = -\text{grad}(E_{\text{attp}}) = -mk_{\text{attp}}(P - P_{\text{goal}})^{m-1} = mk_{\text{attp}}(P - P_{\text{goal}})^{m-1} \quad (2)$$

#### (2) 障碍物斥力场

自动机被定义为在平面上工作,假定它位于 $P=(x, y)$ 位置,而不考虑楼梯。当机器人处于障碍物的影响距离范围内时,机器人越接近障碍物,障碍物的排除力就越大,也就是说,排除力的大小与障碍物和机器人之间的距离成反比,所以潜在的排除能函数可以表示为

$$E_{\text{rep}} = \begin{cases} k_{\text{rep}} \left( \frac{1}{P - P_{\text{obs}}} \right)^a & (P - P_{\text{obs}} \leq d_0) \\ 0 & (P - P_{\text{obs}} > d_0) \end{cases} \quad (3)$$

$$F_{\text{rep}}(P) = -\text{grad}(E_{\text{rep}}) = ak_{\text{rep}} \left( \frac{1}{P - P_{\text{obs}}} \right)^{a-1} (P - P_{\text{obs}} \leq d_0) \quad (4)$$

其中: $k_{\text{rep}}$ 是排斥场的比例增益因子; $a$ 是可调整的参数。 $P_{\text{obs}}$ 是障碍物的位置; $(P - P_{\text{obs}})$ 是机器人与障碍物之间的移动距离; $d_0$ 是障碍物对机器人的最大影响距离。它是根据机器人的运动速度、环境中障碍物的大小以及机器人的减速速度预先定义的。当机器人和障碍物之间的距离大于 $d_0$ 时,机器人和障碍物之间没有排斥力。

#### 2. 目标不可达问题

模拟目标不可用问题的示例如图1所示,其中小方块表示机器人在不同时间经过的路径,圆表示障碍物,小三角形表示目标点。如果目标附近有障碍物,且障碍物的位置在影响范围内,那么机器人越接近障碍物,阻力就越大。但是,随着机器人接近目标点,目标点对机器人的吸引力越来越小,因此相对于排除力吸引力很小,使机器人无法接近。

**个人简介:**周可可,男,汉族,籍贯江苏沛县,华中科技大学,在职研究生学历,工程硕士学位,机械工程专业,广州恒岩科技有限公司,中级工程师职称。研究方向:AGV 机器人 立库 集成

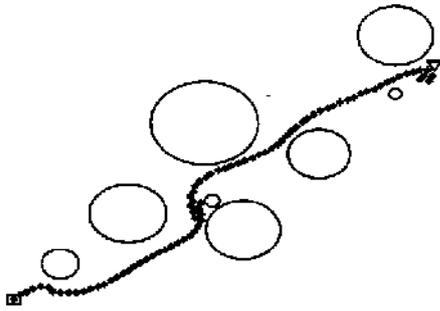


图1 目标不可达问题仿真实例

### 3. 传统人工势场法的改进思路

动态障碍的分布是不确定的和实时的，一些特定的静态障碍也可能导致移动机器人在路径规划中遇到某些区域。区域内障碍物和目标点吸引力产生的排斥力接近0，反之亦然。此区域称为局部最小区域。当移动机器人落在区域内时无法逃脱，导致路径规划失败。当存在U形障碍物等复杂的障碍物时，移动机器人被障碍物包围时无法逃脱，这也可能导致航迹规划失败。

## 二、快速扩展随机树算法

### 1. 快速扩展随机树算法

1) 构建扩展的随机树。在工作区中，每个迭代都随机选择一个不属于扩展树的外部参照随机节点。然后在扩展树中找到距离XRD测量最近的节点，并在 $x_r$ 和XRD之间的连接上找到新的 $X_{near}$ 状态节点。 $X_{new}$ 和 $X_{near}$ 之间的距离是扩展的随机树的无扩展条件。在此过程中，最近的节点 $n_{near}$ 向随机外部参照节点添加了一个扩展步骤，以确保 $x_{new}$ 不会干扰障碍物。重复此过程，直到新节点包含在目标点中，然后完成迭代以形成一个完整的随机扩展树。(2) 路径搜索阶段。创建完扩展的随机树后，停止添加新节点。根据上一步中构建的扩展随机树，反向搜索整个随机树从目标节点开始，逐层迭代到初始根节点，计算包含初始根节点和目标节点的路径，不干扰障碍物，并满足计划要求。

### 2. 改进的快速扩展随机树算法

快速扩张随机树的具体扩张类似于生长和散布在它们周围的树。由于其不确定性，发展不可避免地过于中等，从而导致所取得的进展的质量问题。针对这一问题，作者提出了一种改进的扩展随机树算法，使随机树能够扩展到目标点并提高搜索效率。改进算法的说明如下：步骤1 确定起始根节点 $x_{PstARt}$ ，自由空间中随机选择的节点 $x_{prand}$ 确定起始根节点不在障碍物内，随机选择的节点不在扩展的随机树中。Step2在扩展树中查找最近的XP，而最近的XP节点是扩展树中最近的 $x_{prand}$ 点。

$x_{pnew}$ 解析 $x_{pnear}$ 和 $x_{prand}$ 之间的连接。 $x_{pnew}$ 必须位于路径规划区域的可用空间中，而“到 $x_{pnear}$ ”距离是随机树的扩展步骤。如果 $x_{pnew}$ 存在且不在障碍物内，请将该点添加到随机扩展树中。否则，请返回到步骤1并再次随机选择 $x_{prand}$ 节点。步骤4，确定新添加的节点 $x_{pnew}$ 是否为目标节点 $x_{PgoAl}$ ，如果是，则解决问题并终止算法。否则，请重复步骤1。

## 三、APF-RRT融合算法

### 1. 融合算法的必要性

路径规划算法可以根据规划路径分为全路径规划算法和全概率路径规划算法。如果在第一种算法的路径规划中存在起始点和目标点之间的路径规划解决方案，则可以计算该解决方案。这是一种完整的路径规划算法，其优点是可以回答路径是否可用的问题，但也可能存在第二种算法运行迅速，得到了一个完全确定概率的路径规划解决方案，这在大空间中始终有效。缺点是它们可能无法解决，而且与第一种算法相比，创建刀路的成本太高。人工动态场法解决了移动机器人的路径规划问题，由于缺乏全局信息，在复杂的环境中往往无法完成路径规划。扩展随机树算法作为全概率路径规划算法，在已知环境信息的情况下具有卓越的静态路径规划能力，但无法在动态环境中实时避开障碍物。根据这两种算法的优缺点，作者采用优化的快速扩展随机树算法，在移动机器人使用人工动态路径规划的动态场方法之前，对已知静态环境中的障碍物分布进行了预研究。将每个新状态节点定义为多个临时子目标点，然后使用人工动态字段方法动态规划移动机器人路径，进行干涉并引导路径；优化的快速扩展随机树算法解决了人工动态场法的极小局部问题，使移动机器人在动态环境中具有较强的避障性能。

### 2. APF-RRT融合算法设计

1) 获取当前移动机器人 $x_{PstARt}$ 的初始位置，并检查该点是否位于障碍物内。2) 随机选择 $x_{prand}$ 作为空间中的临时目标点，以确定手动设置的参数 $P_{goAl}$ 是否大于算法生成的随机数字；如果是，请选取终点做为暂时目标点。否则，继续随机选取。3) 算法调度，RRT研究堆完成后，当移动机器人使用人工动态场方法调度路径时，选择路径上的每个 $x_{pnew}$ 作为临时目标点，以指导移动机器人沿路径移动。4) 计算移动机器人与障碍物之间的移动距离，解决移动机器人的障碍物吸引力和临时目标点，实现排除势能和重力势能的组合。5) 计算障碍物和移动机器人之间的向量和角度，转换角度和弧度，

并按顺序避免虚拟目标点之间的障碍物。6)确定移动机器人是否到达终点。

#### 四、仿真验证

主要研究动态环境下移动机器人的轨迹规划为了验证APF-RRT研究堆融合算法的必要性和适用性,利用MATLAB平台进行了仿真。从起点出发,移动机器人成功地到达了目标点,而没有与地图的障碍物和限制发生碰撞,这表明它成功地避开了障碍物。对传统的人工动态场方法进行了测试,并与APF-RRT研究堆融合算法进行了比较。仿真结果表明,结合快速扩展随机轴算法,移动机器人很容易落入预先规划路径上的极少数临时目标点,从而可以指导移动机器人进行路径规划。

#### 五、结束语

综上所述,为了克服人工动态场法的局限性,本文提出了一种改进方法,建立了新的函数模型。当目标位置已知时,机器人可以从起点实时规划路径,避开障碍物,安全到达终点。但是,改进算法并不是很有效地避免设置障碍。可以考虑吸引障碍和机器人之间的相对速度,以便机器人能够更好地避开障碍。因此,环境既包含动态障碍,也包含静态障碍。

#### 参考文献:

[1]孔令文,李鹏永,杜巧玲.基于模糊神经网络的六

足机器人自主导航闭环控制系统设计[J].机器人,2018,40(1):16-23.

[2]贾松敏,高立文,樊劲辉,等.模糊神经网络在智能轮椅避障中的应用[J].华中科技大学学报(自然科学版),2013,41(5):77-81.

[3]李国勇,杨丽娟.神经·模糊·预测控制及其MATLAB实现[M].第3版.北京:电子工业出版社,2013:2627-265.

[4]段华,赵东标.动态环境下基于势场原理的避障方法[J].华中科技大学学报(自然科学版),2006,34(9):39-41,56.

[5]于振中,闫继宏,赵杰,等.改进人工势场法的移动机器人路径规划[J].哈尔滨工业大学学报,2011,43(1):50-55.

[6]王攀攀.部分未知环境中移动机器人动态避障研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012:23-37.

[7]孟蕊,苏维均,连晓峰.基于动态模糊人工势场的移动机器人路径规划[J].计算机工程与设计,2010,31(7):1558-1561.

[8]纪迪.人工势场法在机器人避碰路径规划中的应用[J].软件导刊,2010,9(7):83-85.