

改进动态窗口算法的移动机器人路径规划

郑玉航 夏朝辉 孙 鹏

(西安高技术研究所 陕西 西安 710025)

摘 要: 针对移动机器人在稠密区的运动绕行的问题, 本文采用改进的动态窗口方法作为提高移动机器人路径规划的能力, 在传统的 DWA (Dynamic window approach) 算法基础上增加了目标朝向角评价函数和基于障碍物距离的自适应权, 解决了传统的 DWA 算法的缺陷和不足, 实现了障碍环境下移动机器人安全自主的路径规划。

关键词: 路径规划, 移动机器人, DWA

1 绪论

移动机器人, 其最主要的核心是需要处理好所面对的复杂环境下通过传感器实时传输的数据进行路径规划。路径规划作为研究的最基础、最重要的项目, 目的是消除移动机器人在复杂环境中移动避障的难题。拥有完善的避障技术, 尤其在复杂区域里安全避开障碍物的前提。

研究机器人移动时, 最简单的思路是沿着始起位置和终止位置之间的移动过程, 按照两点之间距离最短的原则, 当将要碰到障碍物时, 一般而言会沿着障碍物的边沿绕行经过, 但是这样有可能造成轨迹不圆滑, 路径总距离增长, 移动路径不是最短等问题。因此, 在人工势场法中将目标点作为引力源, 而障碍物则作为斥力源, 将引力和斥力二者合力的作用, 作用在移动机器人上, 根据牛顿第二定律即能得到加速度, 通过积分可以得到移动机器人的速度大小和运动方向以及实时的位置姿态, 在局部路径规划中起着较好的效果。但是如果周围环境比较特殊的情况下, 例如存在多个相近障碍物的情况下时, 则可能无法寻找出可行的路径。

本文针对基于三轮全向模型的 DWA 算法构建模型, 建立动力学约束和运动学约束, 计算出轨迹, 建立二种约束条件将采样速度控制在一定范围。评价每条轨迹, 而后调整目标代价增益和速度代价增益, 分析对算法的影响。

2 动态窗口的移动机器人路径规划

局部动态路径规划在移动机器人实际应用中占据首要地位, 局部动态路径规划对其自身传感器的需求较高, 对算法要求也较高, 若难以准确获取动态障碍物的运动情况, 将无法对障碍物的运动趋势做出明确的判断, 无法计算得到合理的运动轨迹。局部路径规划在不完全可知周围环境的条件下, 易陷入极小值点, 但是计算量较小, 且实时性高, 在环境出现较大变化的情况下依旧能够自主完成避障和新的路径规划的特点, 是实现移动机器人自主导航的首选方法。

动态窗口法是根据传感器实时传输得到的空间信息, 根据信息中移动机器人的位置姿态和速度相对应的关系, 将其所在位置的控制转换成为对其自身速度的控制; 将移动机器人避开障碍物移动描述成为速度空间带约束的优化问题, 即对其运动的加速度和速度的约束和环境与周围障碍的约束。

根据传感器实时传输的信息, 获得移动机器人的位置和速度的对应关系, DWA 算法将移动机器人位置的控制转化成为速度的控制, 将避开障碍物的问题变更成为速度空间带约束的优化问题, 包含两大约束条件: (1) 移动机器人动

力的约束即指速度和加速度限制约束条件; (2) 环境和障碍物的约束条件。

通过研究和仿真实验, 发现动态窗口法具有较好的避障功能, 针对移动障碍物避障的问题也能够得到很好的解决。但是从规划最优路径来看, DWA 算法依旧存在缺陷, 运动较快、规划的轨迹可能太过于靠近某一处障碍, 降低安全性; 运动较慢, 使行程时间明显增长; 在障碍物较多的情况下时, 不在障碍物间隙中规划较短路径移动; 在受到障碍物干扰时, 移动机器人运动受到限制和约束出现绕行, 在某一点处以某一角速度旋转。

3 改进动态窗口法的移动机器人路径规划

3.1 引言

由于传统的动态窗口法的局限性, 需要在此基础上引入目标朝向角评价函数和基于障碍物距离的自适应权值, 对传统的 DWA 算法进行改进。

通过采用三轮全向约束的移动机器人运动模型, 引入目标朝向角评价函数, 结合评价函数中移动机器人的运动速度、安全距离和朝向目标距离等因素, 在诸多预轨迹中选择判断哪一条轨迹所花费的代价值最小。在结合目标朝向角评价函数后, 可以使移动机器人在障碍物稠密区, 始终会朝着目标点进行规划路径, 避免绕过稠密区规划路径的问题。解决了绕过稠密区路径规划的问题后, 加入基于障碍物距离的自适应权值参数这一思想, 能够很好的解决由于障碍物权值设置的不恰当影响移动机器人移动的问题。

3.2 三轮全向约束的移动机器人运动模型

三轮全向驱动移动机器人, 其底盘上有三个分布对称的万向驱动轮。通过对三个驱动轮的全局线速度进行解耦, 可以得到移动机器人横向线速度、法向线速度、横向旋转角速度、法向旋转角速度以及三个驱动轮之间的解耦矩阵。将解耦所得到的线速度和旋转角速度作为控制输入, 可得到新的移动机器人运动模型。

在三轮驱动的移动机器人运动模型中, 移动机器人运动方向并非 Y_k 轴的正方向, 而是将 v_x 、 v_y 、 ω_z 的合速度方向作为移动机器人的运动方向。

基于三轮驱动移动机器人运动模型为:

$$\begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ \theta_k \end{bmatrix} = f[x_{k-1}, u_k, v_k, k] = \begin{bmatrix} x_{k-1} + \Delta D_k \cos(\alpha_{k-1} + \beta_{k-1} + \theta_{k-1}) \\ y_{k-1} + \Delta D_k \sin(\alpha_{k-1} + \beta_{k-1} + \theta_{k-1}) \\ \theta_{k-1} + \Delta \theta_k \end{bmatrix} + v_k \quad (1)$$

v_k 表示系统噪声, 移动机器人运动模型的控制输入为 v_x 、 v_y 、 ω_z , 通过三轮驱动的全局线速度 v_1 、 v_2 、 v_3 的反馈, 由解耦矩阵可得到 v_x 、 v_y 、 ω_z 的值, 从而获得移动机器人位姿的变化情况。

3.3 基于目标朝向角评价函数的 DWA 算法

当三轮全向移动机器人受到障碍物干扰时, 评价函数中只考虑运动速度、安全距离和到朝向目标的距离因素, 无法规划出最优路径, 通过加入目标朝向角, 如图 1 所示。

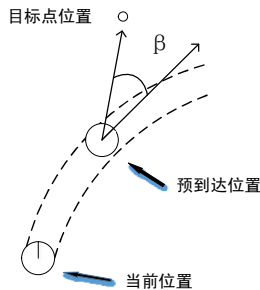


图 1 移动机器人方位角表示图

即评价到达预轨迹末端时的移动机器人的朝向和目标点之间的夹角大小, 当移动机器人朝向和目标点之间的夹角值越小时, 则该评价因子越好, 此时移动机器人始终朝着目标点移动, 且结合该评价函数移动机器人不断的调整自身的朝向, 最后评价当前移动机器人所设定的采样速度, 是否为最佳的采样速度, 从而规划运动轨迹。即新的评价函数可表示为:

$$G(v, \omega) = \alpha \cdot goal(v, \omega) + \beta \cdot dist(v, \omega) + \gamma \cdot v(v, \omega) + \eta \cdot target(v, \omega) \quad (2)$$

3.4 基于障碍物距离的自适应权值

现有的移动机器人一般都携带了不同的传感器, 假设该机器人能够通过激光测距传感器测得某处障碍物的方位及距离。黑色区域代表障碍物, 圆圈代表机器人, s_i 、 s_j 分别代表距离两侧障碍物的长度, α 代表距离障碍物两侧的夹角, 如图 2 所示。根据三角形已知两边及其夹角可以计算得到两障碍物之间的距离 D 。

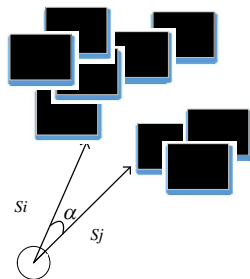


图 2 移动机器人测距示意图

$$D = \sqrt{s_i^2 + s_j^2 - 2s_i \cdot s_j \cos \alpha} \quad (3)$$

通过计算得到两障碍物之间的距离 D , 同机器人的半径作比较, 当且仅当大于两倍的机器人的运动半径时, 可以推断移动机器人能够顺利的从该障碍物之间通过。当两障碍物之间的距离始终大于设定半径阈值的两倍, 移动机器人应该以最大速度通过障碍物区域, 当小于设定半径阈值的两倍

时, 移动机器人的运动速度也应该是呈递减关系的, 不同情况下障碍物距离的权值是不一样的。

当移动机器人距离某一障碍物较远时, 该障碍物对路径规划的影响是较小的, 因此权值也较小, 当移动机器人距离某一障碍物较近时, 该障碍物对路径规划的影响较大, 因此权值也较大。通过增加基于障碍物距离的自适应权值的评价函数, 该障碍物对可以使得移动机器人不单纯的依靠障碍物距离某一固定的权值进行规划避障, 依据实际情况做出最优的处理。即 β_d 表示为障碍物距离的自适应权值。

$$\beta_d = \beta \cdot dist(v, \omega) \quad (4)$$

即新的评价函数可表示为:

$$G(v, \omega) = \alpha \cdot goal(v, \omega) + \beta_d \cdot dist(v, \omega) + \gamma \cdot v(v, \omega) + \eta \cdot target(v, \omega) \quad (5)$$

3.5 实验与分析

首先构建模拟地图, 同时设置不同障碍点, 进行移动机器人自动避障的仿真实验。如图 3 所示: 红色小叉代表移动机器人, 蓝色的小叉代表运动目标点; 黑点代表障碍点; 绿色的线表示为预轨迹; 地图中白色的部分为移动机器人可通行区域。

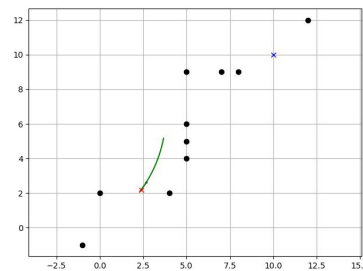
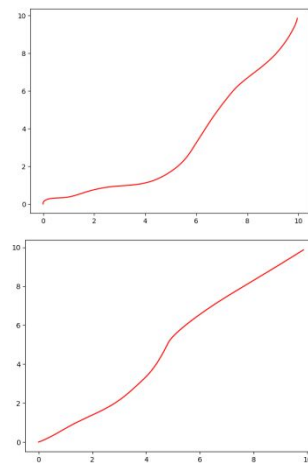


图 3 移动机器人实验仿真环境

相比较传统的 DWA 算法下移动轨迹图可知, 改进后的 DWA 算法, 使移动机器人在稠密区域内能够正常移动, 在不发生碰撞的情况下, 顺利的在障碍物稠密区内顺利避障, 并且能够规划出较优的路径, 如图 4 所示。



(a) 传统 DWA 算法下移动机器人运动轨迹 (b) 改进 DWA 算法下移动机器人运动轨迹

图 13 移动机器人实验仿真数据

(下转第 8 页)

(上接第4页)

通过对比明显的发现改进后的DWA算法的不仅能够在障碍物区域顺利完成避障,而且其运动轨迹相较于传统的DWA更为平滑,轨迹距离也大大缩短。

根据上述实验结果可知:改进后的DWA算法,移动机器人也不再因为障碍物的干扰出现多行的情况,顺利的完成轨迹规划任务。

4 总结

本文主要从传统的DWA算法出发,对移动机器人的最优路径规划问题进行研究。针对移动机器人在稠密区的运动绕行的问题,在传统的DWA算法的基础上增加新的评价指标,目标朝向角评价函数和基于障碍物距离的自适应权。增加目标朝向角评价函数使得移动机器人移动朝向始终对准目标点,不受障碍物的干扰出现绕行;通过对比分析出障碍物距离的大小对移动机器人路径规划的影响较大,即在不同的障碍物环境约束下,将障碍物权值调整为自适应权值,解

决了移动机器人在稠密区运动绕行的问题。

参考文献:

[1]陈孟元. 移动机器人SLAM、目标跟踪及路径规划[M]. 北京航空航天大学出版社,2018.

[2]王永雄,田永永,李璇,李梁华. 穿越稠密障碍物的自适应动态窗口法[J]. 控制与决策.2019,34(5):927-936.

[3]徐保来,管贻生,苏泽荣,谷世超,黄晶. 改进动态窗口法的阿克曼移动机器人局部路径规划器[J]. 机电工程技术,2016(9):21-26.

[4]张洋洋,瞿栋,柯俊,李小毛. 基于速度障碍法和动态窗口法的无人水面艇动态避障[J]. 上海大学学报(自然科学版),2017,23(1):1-16.

[5]高慧英. 基于多传感器信息融合的移动机器人避障系统研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013.

[6]何宁,赵彬,毛欣. 服务机器人导航与路径规划技术研究[J]. 机械设计与制造,2018,332(10):256-258+263.