

# 基于C#的智能机器人室内巡检路径跟踪算法

李海英 黄宏本 何高明 蒋琳琼

梧州学院 广西梧州 543000

**摘要:** 由于传统巡检路径跟踪算法无法准确观测到运行状态与路径情况, 研究基于C#的智能机器人室内巡检路径跟踪算法。将直角坐标系分割成面积相同的栅格, 通过缩放因子与C#编程, 构建二维栅格环境模型; 确定经度、纬度坐标和机器人距离障碍物的距离, 完成巡检机器人的精确定位; 由此可见, 所研究的方法在使用过程中可以达到预先设定的效果。

**关键词:** C#; 智能机器人; 室内巡检; 路径跟踪

## Path Tracking Algorithm for Intelligent Robot Indoor Inspection Based on C#

Li Haiying, Huang Hongben, He Gaoming, Jiang Linqiong

Wuzhou University, Wuzhou Guangxi 543000, China

**Abstract:** Since the traditional inspection path tracking algorithm can not accurately observe the running state and path situation, this paper studies the indoor inspection path tracking algorithm of intelligent robot based on C#. The cartesian coordinate system is divided into grids with the same area, and a two-dimensional grid environment model is constructed by scaling factor and C# programming. Determine the longitude and latitude coordinates and the distance between the robot and the obstacle to complete the accurate positioning of the inspection robot; It can be seen that the method studied can achieve the pre-set effect in the process of use.

**Keywords:** C#; Intelligent robot; Indoor inspection; Path tracing

**【基金课题】** 广西高校中青年教师科研基础能力提升项目“基于视觉的车道检测与跟踪技术研究”, 编号: 2020KY17014; 梧州学院2018-2019年度校级教育教学改革工程立项项目“在《C#应用程序设计》课程的过程性考核中融入思政教学的研究与探索”, 编号: WYJG2019B007。

### 引言

随着科学技术与网络技术的发展, 使机器人技术孕育而生, 这就使在进行巡检的工作中, 开始由传统的人工巡检逐渐发展成为利用机器人技术来进行巡检。在很多条件下, 使用机器人的操作员不能精确而清晰地观察工作情况和路径状态。所以, 对于研发智能机器人的巡检路径追踪算法就有着十分关键的作用。尽管当前许多在国外的研究团队, 都已经对巡检路径追踪算法的研发与突破等一些十分重要的方面, 作出了相当多的努力, 但是在对于智能机器人的精确定位方面, 却始终缺乏突破。

### 一、构建二维栅格环境模型

当机器人在作业场地中进行移动时, 就可利用形成单一平面的直角坐标系统来表达其动作条件, 并把已建立成功的直角坐标系统划分为不同的单位, 就这样构成了面积大小均等的栅格。而栅格四周的长度, 也可根据其每次移动的长度来加以判断, 这样就能够比较精确地计算出奇的移

动方向, 并在缩放因子的基础上确定实际的长度。在一般情形下, 栅格的分类主要包括了自由栅格和障碍物栅格二类情形。自由栅格是指栅格所在的任何地方都是机器人所能够到达的, 并没有任何约束; 而障碍物栅格是指在栅格的内部具有障碍物, 机器无法进行通往的地点。为了使栅格的划分得更加合理, 假设栅格内有障碍物, 那么就必须要该栅格看成一个满的栅格。再假设, 每一栅格的尺寸都是单位宽度下的正方形, 那么就可把黑色用来表示在环境中出现的所有障碍物, 而白色则代表了自由栅格。该模式的构建是以室内的自然环境为基准, 而虚拟的自由栅格则是机器人在进行探测环境的过程中, 所同时建立出来的有关在此区域环境下的所有信号, 通过C#编程就可以实现室内环境的建立<sup>[2]</sup>。

### 二、巡检机器人精确定位

使用机器人对巡检路径进行精准定位, 主要就是需要确定经度、纬度坐标和其距离障碍物的距离。当设定经度、

纬度等位置之后，通过GPS系统所收集到的数据信号则是通过自己的远程控制中心来实现，GPS系统所获得的数据信号则是使用Visual C编译平台中的本地控制端进行的实现。C系统中的Visual C，要和收集到的数据信息进行对接，并从这里收集到有用的数据信息。在系统程度上首先要完成对数据信息的检查，以确定数据信息是否属于GPRMC，然后再进行比较，如果该信息是以\$GPRM作为开头，并且该语句的字符数在七十五以上，则说明了该收到的数据信息是有用数据。收集到所有有效数据信息都是通过字符串的形式来完成的，需要使用函数System.Text.Encoding.UTF8.GetString()来对其进行分段式提取，这样就可以得到机器人的经度、纬度坐标。

地面的控制端可以通过C获取GPS等数据资料，从而获取机器人经线、纬度坐标，也可以通过C在SQL Server数据库中获取所有的障碍物经线、纬度坐标，通过算法就能够得出机器人和障碍物之间的相对位置。

当A、B两点的实际经度为 $K_a$ 、 $K_b$ ，实际纬度为 $E_a$ 、 $E_b$ 。假定地球属于一个标准的球面，该球体的半径为 $R = 6371$  km，则点A和点B的相对位置则分别是 $(R_1, K_a, E_a)$ 与 $(R_2, K_b, E_b)$ 。将直角坐标点设置为 $(x, y, z)$ ，将球体坐标点设置为 $(\eta, \varphi, \vartheta)$ ，其中： $\eta \geq 0$ ， $-\pi/2 \leq \vartheta \leq \pi/2$ ， $-\pi \leq \varphi \leq \pi$ 。 $\varphi$ 代表着经度； $\vartheta$ 代表着纬度。根据空间直角坐标系，可以知道空间内随机的两个点坐标就为 $C_1(x_1, y_1, z_1)$ 和 $C_2(x_2, y_2, z_2)$ 的，那么两个点之间的距离 $S$ 就如下式所示。

由上式可知：点A与点B均在直角坐标系中，因为，如果把地球设想为一幅标准的正切图，那么就可以得知点A与点B则处在球面上，即 $R_1 = R_2 = R$ 。得到的两点之间距离，就是球面上两个点之间的距离，这样就可以准确得到机器人距离障碍物的距离。

### 三、智能机器人巡检路径跟踪

#### (一) 机器人智能避障算法

要想实现机器人巡检路径的跟踪，需要先对其增加智能的避障算法。而在机器人进行智能避障的过程中，可以通过激光雷达的传感器来实现。根据激光测距原理可知：激光雷达旋转一周时，激光的发射头按照一定的时间间隔来进行激光的发射，且每束激光之间的角度均是相同的。假设，激光雷达旋转一周后所发射出360束激光，那么每束激

光之间所相隔的角度就为 $1^\circ$ ，这样就可以按照机器人不同的方位来划分全部的激光光束，将1~3激光束设置在机器人的左方，4~18激光束设置在机器人的前方，19~21激光束设置在机器人的右方。这样就可以根据流程，来对障碍物进行具体的避障。

可以看出：在障碍物检测的时候，需要在左方、前方与右方的激光束中，选择距离的最小值分别为 $m$ 、 $n$ 和 $o$ ；当左方 $m$ 的距离小于1时，需要让机器人进行右转；当右方 $o$ 的距离小于1时，需要让机器人进行左转。而当前方 $n$ 的距离小于1且左方距离小于右方距离时，需要让机器人先进行后退再右转；当前方 $n$ 的距离小于1且左方距离大于右方距离时，需要让机器人先进行后退再左转。

#### (二) 路径跟踪算法

在对机器人增加了智能避障算法后，就需要对其进行路径跟踪。假设， $H(h_x, h_y)$ 为机器人需要进行跟踪的目标点，并且该目标点位于规划好的路径上，这样就需要对巡检机器人所处位置的参照点 $V$ ，经过该目标点的路径进行有效控制。参照点 $V$ 所处位置为 $(v_x, v_y)$ ， $s_f$ 代表着巡检机器人所处位置与目标点之间的距离， $\beta$ 则代表着机器人当前方面与目标点所形成的夹角。 $h_x$ 和 $h_y$ 分别代表着目标点得横、纵坐标； $v_x$ 和 $v_y$ 分别代表着机器人所处位置的横、纵坐标<sup>[6]</sup>。在机器人进行移动的过程中，需要控制线速度的大小，并且与 $s_f$ 成正比例的关系， $B_S$ 和 $B_R$ 分别代表着机器人左、右车轮的线速度代表着机器人所进行移动时产生的线速度； $l_b$ 则代表着 $s_f$ 与 $b(u)$ 之间的比值。由上述公式与正弦定理相结合，可以得到机器人需要选择的角度。在机器人进行移动的过程中，需要控制机器人旋转的角速度以及旋转的角度，并且二者呈现出正比例关系后就可以得到： $\sigma(u) = l_j \beta$ 。其中 $\sigma(u)$ 为代表着机器人旋转过程中的角速度， $l_j$ 代表着角速度 $\sigma(u)$ 与角度 $\beta$ 之间的比值。这样就可以在C#的基础上，实现智能机器人室内巡检路径跟踪算法的优化。

#### 四、应用测试与分析

为了测试此次提出智能机器人室内巡检路径跟踪算法的可靠程度和实际使用效果，需要对所处某一坐标点的巡检机器人实际位置与测量位置之间的误差进行分析。

通过MATLAB软件将巡检机器人与无线串口进行联机，并在MATLAB软件中规划出一条途径五个点的路径，随后对其运行路径跟踪算法，控制实际巡检机器人在室内环境下，按照所规划的路径依次经过并有效避开跟踪中出现的障碍物。并且，还需要在系统中对位置误差与角度误差的阈值进行设置，将位置误差的阈值设置为7cm，角度误差的阈值设置为0.3rad。这样就可以对机器人移动到每一个坐标点的位置与偏转角进行测量，具体测量结果见如下表1和表2。而表3则是巡检机器人在路径跟踪过程中，每一个坐标点所形成的位置误差与角度误差。

表1 各个坐标点的实际位置与测量位置/m

坐标点	实际位置	测量位置
1	(0.5, 1)	(0.5, 1)
2	(1.4, 0.5)	(1.35, 0.45)
3	(2.9, 1.5)	(2.89, 1.49)
4	(2.9, 1.8)	(2.87, 1.78)
5	(3.2, 5.5)	(3.16, 5.49)

表2 各个坐标点的实际偏转角与测量偏转角/°

坐标点	实际偏转角	测量偏转角
1	2.68	2.68
2	2.68	2.58
3	2.68	2.56
4	2.68	2.53
5	2.68	2.57

表3 各个坐标点的位置误差和姿态角度误差

坐标点	位置误差/m	角度误差/rad
1	0	0
2	0.056	0.21
3	0.06	0.23
4	0.039	0.20
5	0.069	0.21
平均值	0.045	0.17

由上述三个表格可以看出：巡检机器人在路径跟踪过程中，所得到位置误差与角度误差的具体数值均处在所设定的阈值范围内；且每一个坐标位置误差的平均值为0.045m (4.5cm)，角度误差的平均值为0.17 rad。在机器人离开某一个巡检位置，且移动到下一个巡检的位置的过程中，存在某个位置的误差在4.5cm以上且角度的误差在0.2rad以上，这是因为机器人在加速或者减速的过程中，会因为自身惯性所造成的顿挫引起的。综上所述，该智能机器人能够在室内的环境下，进行巡检路径跟踪的工作且能够满足实际的工况需要。

## 五、结束语

此次智能机器人室内巡检路径跟踪算法是在我国当前所拥有方法的基础上，结合C#研究出更准确的智能巡检路径跟踪算法，为其他无法准确进行巡检路径跟踪的环境提供了更加完整的理论基础。但是此方法也有不足之处，今后可以把重点放在巡检路线规划上，从而使巡检的速度得到提升，还可以增加监控系统，让巡检的结果更加准确。

## 参考文献：

- [1] 王伟峰, 姚涵文, 轩晓景, 等. 基于改进ILS-RVND算法的工业园区智能巡检机器人路径规划方法[J]. 现代电子技术, 2021, 44(18): 167-171.
- [2] 赵茜, 王超逸. 基于DBSCAN的变电站智能巡检机器人激光导航算法改进[J]. 常州信息职业技术学院学报, 2020, 19(01): 19-22.

## 作者简介：

李海英 (1978.10-), 女, 汉族, 广西梧州市藤县人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 物联网技术、移动计算。

何高明 (1980.2-), 男, 汉族, 湖北通城人, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 物联网技术、计算机视觉。

黄宏本 (1976.11-), 男, 汉族, 广西梧州人, 硕士研究生, 副教授, 主要研究方向: 数据挖掘。

蒋琳琼 (1975-), 女, 汉族, 湖南人, 硕士研究生, 副教授, 研究方向: 物联网技术。