

飞思卡尔智能车竞赛中赛道曲率的单点求法

周 阳¹ 雷 鹏²

1, 宁波大学 商学院 浙江 宁波 315211; 2, 宁波大学 信息科学与工程学院 浙江 宁波 315211

【摘 要】本文提出了一种飞思卡尔智能车竞赛中赛道曲率的单点求法, 只用小车前方一处赛道信息即可完成曲率计算。该算法不仅准确度高, 所需道路信息少, 算法复杂度降低, 而且普遍适用于摄像头组、光电组和电磁组, 拓宽了曲率计算在智能车控制中的应用范围。

【关键词】智能车 曲率 单点法 道路信息

中图分类号: O1 文献标识码: A 文章编号: 1009-4067(2013)07-270-01

1 引言

全国大学生飞思卡尔智能车竞赛已成功举办七届。在该竞赛中, 比赛队伍分为光电组、摄像头组和电磁组, 每支队伍要制作一个能够自主识别路径的智能车, 在专门设计的跑道上自动识别道路行驶。而计算赛道曲率是识别赛道路况、判断小车运行状态, 从而对小车打角和速度进行控制, 实现小车流畅、快速运行的一种重要方法。目前常用的是三点求曲率法。

2 三点求曲率法

三点求曲率法对应的模型如图 1, 在某一位置, 小车捕获了前方三处赛道信息: $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$ 和 $C(x_3, y_3)$ 。由于赛道 ABC 段可看成圆弧, 这样, 求赛道曲率的问题便转化成了求 $\triangle ABC$ 外接圆曲率的问题。根据三角形外接圆半径公式, 容易得到该段赛道曲率:

$$K = \frac{1}{r} = \frac{4S_{\triangle ABC}}{abc} \quad (1)$$

其中, r 是 $\triangle ABC$ 外接圆半径; a , b , c 分别是 $\triangle ABC$ 的三个边长 BC , AC , AB ; $S_{\triangle ABC}$ 是 $\triangle ABC$ 的面积。

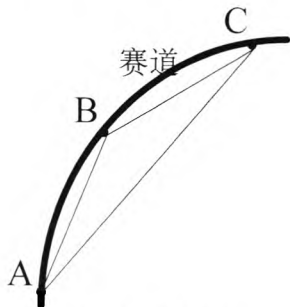


图 1 三点求曲率法

$S_{\triangle ABC}$ 又可根据式(2)或式(3)求出:

$$S_{\triangle ABC} = \frac{1}{2} \overline{AB} \times \overline{AC} = \frac{1}{2} [(x_2 - x_1)(y_3 - y_1) - (x_3 - x_1)(y_2 - y_1)] \quad (2)$$

$$S_{\triangle ABC} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad (3)$$

式(3)中, p 是 $\triangle ABC$ 的周长:

$$p = a + b + c \quad (4)$$

三点求曲率法要用到小车在同一运行位置采集到的三点赛道信息, 这就要求光电组和电磁组用双排甚至多排的传感器, 而这时由于受到传感器数量的限制, 各点信息误差会大大增加, 因此该算法只适用于摄像头组。另外, 由于摄像头存在图像畸变, 还需要先对三点信息进行校正。

3 单点求曲率法

本文根据小车在赛道上的运行模型, 提出了一种只用小车前方一处赛道信息来求曲率的算法。小车在赛道上的运行模型如图 2, 小车当前在赛道上 A 点处, 传感器检测前瞻 h 处的道路信息:

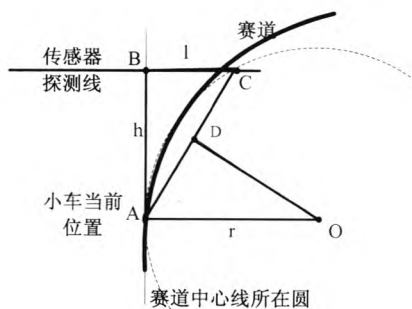


图 2 单点求曲率法

首先假设小车车身在赛道中心线上, 这时传感器探测线与赛道在小车车身处的切线垂直。根据小车硬件构架, 前瞻 h 为已知数据; 而传感器又可测出小车前瞻处中点和赛道中心线的偏差 l 。又因为赛道 AC 段可看成圆弧, 由图中图形的几何性质, 易知 $\triangle ABC$ 和 $\triangle ADO$ 相似, 因此有:

$$\frac{l}{\sqrt{l^2 + h^2}} = \frac{\sqrt{l^2 + h^2}/2}{r} \quad (5)$$

上式变形, 可得 AC 段赛道的曲率为:

$$K = \frac{1}{r} = \frac{2l}{l^2 + h^2} \quad (6)$$

式中, h 为常量。这样, 小车当前运行位置处赛道的曲率只用前方一处赛道信息就求出来了。

特别地, 当 $h \gg l$ 时, $l^2 + h^2 \approx h^2$, 有:

$$\frac{1}{r} = \frac{2}{h^2} l \quad (7)$$

这时, 赛道曲率 K 与偏差 l 成正比。

实际运行中, 小车车身与赛道中心线总有稍许的偏差或夹角, 这时按照单点曲率算法求得的曲率不是赛道的实际曲率, 而是小车“眼中”的赛道曲率, 这时按照该曲率对舵机进行控制正有利于驱使小车回归赛道中心线上, 因而算法依然有效。

由以上可知, 单点求曲率算法只用了非常少的道路信息就完成了曲率计算, 且准确度较高。另外, 由于对赛道检测传感器要求很低, 该算法不仅适用于摄像头组 (此时只需对一点信息进行校正), 也同样适用于光电组和电磁组。

4 结语

计算曲率是飞思卡尔智能车比赛中辅助控制的一种重要方法。三点求曲率法只适用于摄像头组, 且复杂度高; 本文提出的单点算法在保证赛道曲率计算准确度的前提下, 所需道路信息少, 算法复杂度降低, 而且同时适用于摄像头组、光电组和电磁组, 适用范围广。

参考文献

- [1] 第七届全国大学生“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛组织委员会, 全国大学生智能汽车竞赛秘书处. 第七届全国大学生“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛-竞速比赛规则与赛场纪律[EB/OL]. 2011. <http://www.smartcar.au.tsinghua.edu.cn/web/rules.html>.
- [2] 同济大学数学系. 高等数学[M]. 第6版. 高等教育出版社, 2007: 169-175.