

确定性地图匹配算法在车辆导航的应用和推广

张 昊¹, 刘晓鸿¹, 富 立²

(1. 北京邮电大学, 北京 100876; 2. 北京航空航天大学, 北京 100083)

摘要: 在车辆导航中, 地图匹配算法通过筛选正确道路来计算和显示车辆行驶的正确位置并校正车载定位系统的误差。基于神经网络的自适应确定性地图匹配算法便是其中的一种, 但该方法运算量大, 不能够适应实时性要求。对确定性地图匹配算法作了一系列的改进: 在各节点处选择适当固定的参数替代利用神经网络对参数进行自适应的调整, 简化了车辆是否进入节点区域的判断条件, 取消了在跟踪模式下的确定性值计算, 从而使算法在不降低计算准确性的基础上大大减少了运算复杂度, 提高了时间效率, 更能够适应实时导航系统的需求。

关键词: 地图匹配; 自适应确定性算法; 节点; 定位模式; 跟踪模式; 道路路况

中图法分类号: TP391; TP301.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2004)06-0117-03

Extension and Application of Certainty Measure Map Matching Algorithm in Car Navigation

ZHANG Hao¹, LIU Xiao-hong¹, FU Li²

(1. Beijing University of Posts & Telecommunications, Beijing 100876, China; 2. Beijing University of Aeronautics & Aerospace, Beijing 100083, China)

Abstract: In car navigation system, map-matching methods are required to calculate and show the exact position of car in the road and to correct the position errors of the car navigation system by electing the right road. Adaptive-fuzzy-network-based C-measure algorithm is one of them, however, its cost of computation is so high that it is difficult to meet the demands of real time systems. In this paper, the algorithm is improved in the following ways: using the fixed parameters to substitute training parameters by fuzzy-network at each node; simplifying the conditions on whether the car steers in the node area; abolishing computation of the certainty-measure value in tracking mode. So the improved C-measure algorithm greatly reduces the computation complexity and enhances the time efficiency and it meets the demands of real time system much more.

Key words: Map-matching; Adaptive C-measure Algorithm; Node; Tracking Mode; Position Fixing Mode; Road States

1 引言

在过去的几十年中, 车辆导航技术有了很大的发展, 其中基于 Kalman 滤波技术的 DRS(航迹推算系统)/GPS 定位导航系统得到了广泛的应用, 大幅度地提高了车辆定位的精度和可靠性。然而随着软件和电子地图技术的发展, 电子地图的精度越来越高。使得利用道路信息进一步提高车辆定位的精度和可靠性成为可能。一个提高车辆定位精度的较好的方法是进行地图匹配, 它的基本思想是找到当前车辆行驶的正确道路, 通过车辆在正确道路上的投影位置来校正航迹推算和滤波的误差。

本文引述了 Sinn Kim 和 Jong-Hwan Kim 提出的全新的地图匹配算法——确定性地图匹配算法^[1,2], 该算法得到了理论验证, 它比其他地图匹配算法计算量小, 选路准确率高, 但是算法中引入了自适应调节算法参数的过程, 不能够适应实时性要求很高的导航系统, 本文详细论述了针对此进行的一系列改进。

本文阐述由 Sinn Kim 和 Jong-Hwan Kim 提出的基于神经网络的确定性算法; 在比较详细地分析了基于神经网络的确定性算法应用到工程实践中存在的困难并阐述了针对此困难对

确定性算法所作的修改; 阐述了对交叉点处不同道路路况的划分规则以及在各种路况下对应的道路选择策略。

2 确定性地图匹配算法简介

2.1 电子地图相关内容简介

电子地图中存储着国家、地区的道路、建筑物等的地理信息。一条条的道路信息按照起止点的经纬度、海拔高度等信息被存储于数据库中。电子地图中一条道路被定义为从一个节点到另一个节点的连线, 节点是一条路的起点或终点, 在几条路相互交叉的地方是一个节点。

2.2 确定性值设计

确定性值考虑了两个重要的特性: 滤波后得到的车辆位置和投影在地图上的车辆位置之间的距离不能离得太远; 路的形状和车的轨迹相似。这两个特性可以由下面两个公式表达:

$$D(p_c, p_r) = \frac{1}{1 + \frac{p_c - p_r}{2}} \quad V(v_c, v_r) = \frac{(\frac{\mu}{v_c}, \frac{\mu}{v_r})^2}{v_c^2 v_r^2} = \cos^2$$

用 μ_{p_c} 来代表滤波后得到的车辆位置, 用 μ_{p_r} 代表车辆投影

在道路上的投影位置,用 μ_{V_c} 代表滤波后得到的车辆速度,用 μ_{V_r} 代表由车辆在道路上的投影位置位移计算出的速度, θ 代表两个速度向量之间的夹角, σ 代表滤波后得到的位置偏差均方差。由公式可知: $D(\mu_{P_c}, \mu_{P_r})$ 和 $V(\mu_{V_c}, \mu_{V_r})$ 的值都在0和1之间。车辆行驶的正确道路对应的D和V的值都将接近1,非车辆行驶的道路对应的D和V的值都比较小。用 $D(k)$ 和 $V(k)$ 代表k时刻对应的 $D(\mu_{P_c}, \mu_{P_r})$ 和 $V(\mu_{V_c}, \mu_{V_r})$,则确定性值可以定义为:

$$Q(k) = D(k) + V(k)$$

确定性值除了要反映特性和 θ 之外,还必须反映车辆行驶的连续性,即下一时刻的确定性值要受到上一时刻的确定性值的影响,进而确定性值可以定义为:

$$Q(k+1) = D(k) + V(k) + Q(k)$$

在车辆到达节点后,可以计算与节点连接的各条道路的每一时刻的确定性值,如果仅有最大的确定性值大于设定的阈值 Q_T ,可以判定车辆行驶在确定性值最大的那条道路上。

2.3 确定性值参数的选取

为了使确定性值有效,确定性值必须满足如下的准则:

(1) 确定性值必须比较稳定,受滤波器的噪声干扰比较小。

(2) 正确道路对应的确定性值与其他道路的确定性值有明显的区别。

为了满足准则(1),参数必须在0~1之间取值;为了满足准则(2),必须找出一个合理的阈值来区分正确的道路和其他的道路。在不同的节点处,确定性值公式对应的参数和阈值不相同。试验中得到的参考参数值依次为2,1,0.5,参考阈值为3.5(参见参考文献[1,2])。

2.4 确定性算法

在确定性算法中给出了两个不同的模式:定位模式和跟踪模式。定位模式是为了选取正确的道路;而跟踪模式则跟踪在定位模式下选取出的道路。在定位模式,一直计算与节点连接各条道路的确定性值,直到第i条道路的确定性值最大且大于阈值 Q_T 而其他道路的确定性值都小于阈值,那么第i条道路便是车辆行驶的道路,转入跟踪模式;在跟踪模式下,仅仅计算定位模式下选取出的道路的确定性值,一直保持跟踪模式不变,直到选取出的道路的确定性值小于阈值 Q_T 。为了判断车辆是否进入了道路交叉处,还需要使用另一个阈值 Q_J 。如果被跟踪道路的确定性值小于阈值 Q_J 且车辆位置与被跟踪道路末端对应节点的距离小于值L时,便进入定位模式,与节点连接各条道路的确定性值被初始化为被跟踪道路的确定性值,重新进行选路。在每一个交叉节点处利用模糊神经网络来自适应地训练出三个参数和阈值 Q_T 。

注:有关基于神经网络的自适应确定性地图匹配算法的详细信息读者可参见文献[1,2]。

3 确定性算法的特点及改进方案

3.1 确定性算法的特点

由第二章的简单介绍可知确定性算法同时使用航向和距离,把两个信息组合为新的度量。在过去提出的很多匹配算法中,有的算法通过两次筛选来选取车辆行驶的道路:首先利用车辆行驶的航向信息对道路进行筛选,接着通过当前车辆位置到道路的距离再进行一次筛选;有的算法则单一的利用航向或距离来选取车辆行驶的道路。经过两次筛选来选取道路,算法

执行效率不高;而仅使用一个信息来选取道路,正确率不高。确定性算法则克服了上述两个缺点,通过在一次运算中利用两个信息来选取道路,正确率高而且提高了整体的时间效率。

然而,确定性算法应用到实践中存在一个问题:在节点处,需要利用模糊神经网络的知识来自适应的调节三个参数值和阈值。参考文献中给出的改进型神经网络地图匹配方法又在每一节点处引入了与节点连接各条道路矢量参数。在电子地图中,道路情况复杂,节点分布比较多,在城市密集区,有可能达到约几百米甚至几十米一个节点,各条道路矢量参数的选取很复杂且不好确定。导致这一自适应过程不仅复杂,而且对效率也有影响。对于实时性要求很高的导航系统来说,影响效果更为明显。此外,为了判断当前车辆是否进入节点处,需要在跟踪模式下计算被跟踪道路的确定性值,并且需要给出判断当前车辆是否进入节点处的阈值 Q_J 。

3.2 确定性算法的改进和应用

针对前面的分析,对确定性算法进行了适当的修改:

(1) 定位模式下的修改。在任意节点处,都利用实验得到的参考参数值2,1,0.5和阈值3.5来计算与节点连接各条道路的确定性值。不再利用模糊神经网络自适应地调整参数值和阈值。

在节点处,以节点处滤波后得到的位置偏差均方差为半径,在该半径范围内计算车辆在与节点连接各条道路上的确定性值,在半径范围内如果仅有一条道路的确定性值大于阈值,则该道路便是车辆行驶的正确道路,返回选取出的道路信息,进入跟踪模式;如果在半径范围有多条道路的确定性值大于阈值,不直接选取对应的道路,继续在半径范围内对各条道路进行监测,直到当车辆行驶出半径范围大小时,选取确定性值最大的道路作为车辆正确行驶的道路。在半径范围内,考虑到工程实践上的美观性,先给出确定性值最大的道路以便于投影匹配,达到投影点连续的效果。

图1给出了修改后的定位模式下的利用确定性值进行道路选择的算法设计方案。

(2) 跟踪模式下的修改。不再计算被跟踪道路的确定性值,在跟踪模式下主要完成投影匹配操作,显示当前车辆在道路上的正确位置。

(3) 判断进入定位模式条件的修改。当下一个节点位置与当前车辆位置之间的距离小于L时,进入定位模式,与节点连接各条道路的确定性值被初始化为 Q_T-1 。

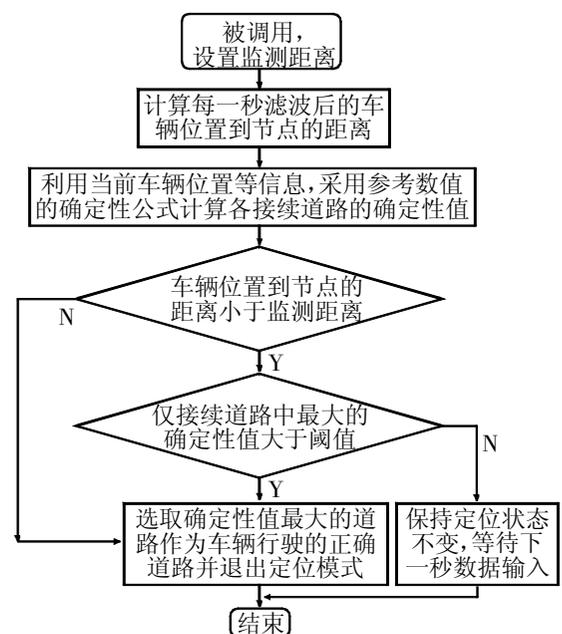


图1 改进的定位模式结构图

另外,在计算确定性值的时候,考虑到精确度的要求,可以对确定性值的三个参考参数中的前两个参数和阈值放大一定

相同倍数, 第三个参数保持 0.5 不变。如可以使用参数 200, 100, 0.5, 阈值为 300。与节点接续的道路如果在方向和位置上都很接近, 采用放大的参数值, 可以提高区分正确道路和错误道路的精度。

通过上述四个方面的修改, 在跟踪模式下不再计算被跟踪道路的确信性值, 节省了计算时间; 在定位模式下, 不再使用模糊神经网络的知识来自适应地估计确信性值中的三个参数和阈值, 进一步降低了运算复杂度, 节省了定位模式下的计算时间; 在判断当前车辆位置是否到达节点区域时, 仅仅利用距离来判断, 减少了判断的依据; 通过对确信性值的参数放大, 可提高各条道路确信性值的精确度。改进后的确信性算法在时间效率和选取道路的正确性方面, 经过工程实践的证明是很高的。

4 不同道路路况的划分与处理

各种道路情况有不同的性质。对于城市间主干道, 道路宽阔且是长直的, 周围道路也较少; 在城市密集区, 各条道路纵横交错且每条道路比较短; 对于高速路, 在入口和出口节点处, 往往有较长的缓冲区, 与节点连接的道路在刚开始的几百米以内基本平行。针对每一种不同的道路情况, 需要采用不同的策略结合改进后的确信性算法来选取正确的道路。下面给出在工程实践中划分的几类节点处道路路况和每一种道路路况下对应的道路选取策略。

4.1 路况种别划分

经过多次的归纳总结和测试, 在工程实践中, 把节点处道路路况分为四类: 类别 A 代表与当前节点接续的道路仅有一条的情况; 类别 B 代表与当前节点连接的道路都较长(均超过了节点处滤波后得到的位置偏差均方差)且两两道路间的夹角比较大(如大于 15°)的道路情况; 类别 C 代表与当前节点连接的道路两两夹角中有较小值(如小于 15°)的道路情况; 类别 D 代表与当前节点连接的道路中至少有一条道路的长度小于节点处滤波后得到的位置偏差均方差的道路情况。

图 2 显示的道路情况对应道路类别 A; 图 3 显示的道路情况对应道路类别 B; 图 4 显示的道路情况对应道路类别 C; 图 5 显示的道路情况对应道路类别 D。

解释: 与当前节点连接的道路仅有一条。其中标有 2 的点代表节点(图 2)。

解释: 圆圈代表在节点处滤波后得到的位置偏差均方差, 以该均方误差为半径的圆, 便是所需要监测的范围(图 3)。与节点连接的道路长度均超过了该半径且两两夹角比较大。

解释: 箭头代表当前车辆的行驶方向, 在节点处连接有两条夹角很小的道路(图 4)。这种路况很大比例出现在高速路上。

解释: 圆圈是在节点处滤波后得到的位置偏差均方差, 从图 5 中可以看出, 与节点接续的一条方向向北的道路较短, 其长度小于位置偏差均方差。

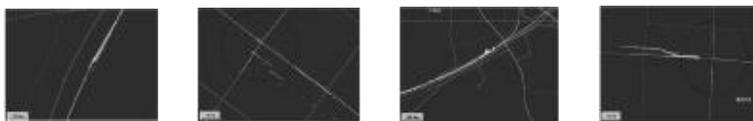


图 2 路况类别 A

图 3 路况类别 B

图 4 道路类别 C

图 5 道路类别 D

4.2 不同道路类别下对应的处理

类别 A 对应的处理策略: 在车辆到达节点处的时刻, 直接返回与节点接续的唯一道路。

类别 B 对应的处理策略: 在位置偏差均方差对应的半径范围以内, 计算与当前节点接续的几条道路的确信性值, 如果

仅仅有一条道路的确信性值大于阈值, 则该道路是车辆行驶的正确道路, 返回选取的道路信息, 进入跟踪模式; 如果有多条道路的确信性值大于阈值, 选取确信性值最大的道路作为向地图上投影匹配的参考道路, 一直跟踪计算各条道路的确信性值, 直到车辆行驶出该半径范围时, 选取出确信性值最大的道路作为车辆行驶的正确道路。

类别 C 对应的处理策略: 由于与节点接续的道路在航向和位置上很相近, 放大监测的范围, 通常可以取 250m ~ 300m 作为监测范围, 在车辆通过节点后, 先选取确信性值最大的道路作为向地图上匹配投影的参考道路, 然后在过节点后的 250m ~ 300m 范围内对与节点接续的道路进行监测, 如果节点接续道路还有接续道路, 需要读取它们的道路信息并计算确信性值, 在车辆行驶过节点 250m ~ 300m 之后, 一般道路形状会发生较大的变化, 在此时刻选取确信性值最大的道路作为车辆正确行驶的道路。

类别 D 对应的处理策略: 在半径范围内, 当每一秒滤波后得到的车辆信息到来的时候, 判断是否需要读取与节点接续的较短道路的接续道路信息, 如果需要则读取其接续道路信息(判断是否需要读取的准则也是判断当前车辆位置到较短道路对应的末端节点的距离是否小于一个定值), 在下一秒滤波数据到来后也要计算它们的的确信性值。在每一秒计算各道路的确信性值, 如果仅有一条道路的确信性值超过阈值, 则返回确信性最大值对应的道路信息, 进入跟踪模式; 如果有多条道路的确信性值都大于阈值, 则不再受半径范围的约束, 一直对接续道路监测, 直到仅有一条道路的确信性值大于阈值, 在监测的过程中, 如果需要读取接续道路末端节点对应的道路信息, 则读取之并计算确信性值。

5 总结

本文详细分析了基于神经网络自适应的确定性地图匹配算法特点, 指出了其在实际应用中运算复杂、运算量大的不足。提出了在不对性能有较大影响条件下上面算法的改进, 即减少运算量的方法: 在各节点处选择适当固定的参数替代利用神经网络进行自适应的调整得到的动态参数, 使得运算量大大减少; 简化了是否进入节点区域的判断条件; 由于跟踪模式下不会产生大的误差, 故取消了此时确信性值计算。同时, 根据实际地图数据, 经过大量归纳总结和多次测试, 给出了对节点处道路类别的划分规则和处理策略, 使得算法能够适应于复杂的路况, 同时依据不同特点简化了各种情况下的处理。实际测试表明: 改进后方案选路正确率高, 且性能不会随着与节点接续的道路的增加而降低, 从而有更高的效率。改进后的算法可以适用于实时性很强的车辆导航系统。

参考文献:

- [1] inn Kim, Jong-Hwan Kim. Adaptive Fuzzy-network-based C-measure Map-matching Algorithm for Car Navigation System[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2001, (4).
- [2] inn Kim, et al. Q-factor Map Matching Method Using Adaptive Fuzzy-Network[C]. IEEE International Fuzzy Systems Conference Proceedings, 1999.

作者简介:

张昊(1979-), 男, 山西人, 硕士研究生, 研究方向为模式识别; 刘晓鸿(1966-), 男, 山西人, 副教授, 主要研究方向为智能交通、模式识别; 富立(1969-), 女, 辽宁人, 副教授, 主要研究方向为智能交通、自动控制。