

基于车联网的车辆定位技术研究

杨良浩

(福建水利电力职业技术学院, 福建 永安 366000)

摘要: 无人驾驶智能车辆的快速发展促进了车联网等一批新技术, 在新技术中车辆定位技术始终是一个重要的关键技术。本文从绝对定位与相对定位、单灯定位与多灯定位、基于路面不平度识别的定位技术三方面分析, 列举多种高精度车辆定位方法, 为后续研究提供依据。

关键词: 车辆定位; 相对定位; 多灯定位

一、背景介绍

无人驾驶智能车辆自 20 世纪 80 年代不断发展, 作为无人驾驶技术的支持技术——车联网技术也得到了快速的发展。通常来说, 车辆定位是指移动车辆利用车载传感器信息估算自身在全局坐标系中所处的位置和姿态。车辆定位是为了实现更加复杂的任务, 如路径规划、运动规划、避障甚至特定操作任务的先决条件。车辆定位问题是自主导航研究中的最为基本、最为重要的问题, 但因交通环境的复杂, 车辆定位问题又是相对困难的问题。

二、绝对定位和相对定位

绝对定位可以直接观测车辆在全局坐标系中的坐标, 通过导航信标、主被动标识、地图匹配或全球定位系统 GPS 进行定位。相对定位又称为航迹推算, 车辆通过车载传感器如里程计、加速度计、陀螺仪等测量采样间隔内的车辆运动参数, 依据其运动学模型计算出车辆相对于前一采样时刻的位置增量, 以位置增量对时间的积分来确定车辆当前的全局位置。尽管这种方法不可避免地引入航迹误差累积, 但在短距离短时间内能获得较好的定位性能, 是车辆定位系统中不可或缺的组成部分。

(一) 基于 GPS 的绝对定位

通过卫星传输信号进行三边计算, 对地面接收器测量含有卫星瞬时位置信息的解码信号的传输时间, 计算地面接收器的位置。由于需要计算同步时间, 地面接收器从三颗卫星的信号中能够计算出地面接收器的经度、纬度和同步时间。四颗卫星的信号则可以解析出经度、纬度、海拔和同步时间。但当车辆经过高楼、林荫道、隧道、立交桥等区域时, 茂密的树叶造成卫星信号的大幅衰减, 高楼阻挡或者反射部分卫星信号, 从而导致 GPS 接收机不能定位或者定位误差较大。

(二) 基于信标的绝对定位

通过获取三个或三个以上路标, 利用三角原理实现车辆定位。信标可以理解为具有明显特点的、能被车辆自载传感器识别或接受信息、全局坐标已知的标识物体。通常可以分为自然信标和人工信标。人工信标即在车辆的工作环境里, 人为地设置一些坐标已知的标识物、如灯塔和 RFID 标签, 车辆接受从路标发送过来的信息来决定自身的位置; 被动信标是不能够发射信号的路标, 必须利用自载传感器系统来寻找这些路标进而实现自身定位, 如条码、颜色几何图形是典型的可供视觉定位系统应用的被动信标。与人工路标相对应, 自然信标是自然环境存在的静态特征物体, 如室内环境中的口, 窗户及天花板等; 室外环境的公路, 树和交通灯等都可作为车辆定位所用的自然路标。人工路标的主要缺点在于维护困难, 不适合大规模环境下的应用, 而自然路标的缺点在于路标提取困难, 增加定位过程的计算量, 但随着传感信息处理, 尤其是计算机视觉技术的发展, 基于自然路标的定位已成为研究趋势。

(三) 基于地图匹配的绝对定位

车辆通过自身的传感器探测周围环境, 利用感知到的局部信息构造局部地图, 将局部地图与预先存储的全局环境地图进行比较。若两地图相互匹配, 则计算车辆在工作环境中的位姿参数, 地图匹配定位的两个关键技术是地图模型的建立和高效的匹配算法, 但对于相似、对称环境, 地图匹配方法不能保证解决全局定位问题。代表性的地图匹配方法如 CLS 方法从距离数据中提取完整线段并匹配; CP 方法从数据帧提取角点, 从相对位置实现车辆定位 PSI; APR 匹配方法是一种模型匹配方法, 通过提取锚点、匹配铺点图, 寻找合适的数据帧。

(四) 基于里程计航迹的相对定位

通过使用编码器来测量车轮的转向和转速, 根据运动学模型计算车辆在采样间隔内的相对位姿改变, 实现相对定位。里程计方法简单低成本且容易实时完成, 不需要外部传感器信息来实现对车辆位置和方向的估计; 其劣势在于容易受运动学参数标定误差、编码器量化精度、车轮与地面的不良接触, 颠簸等因素影响, 误差较大。此外, 由于误差的积分作用, 必须周期性地对误差进行削减, 否则车辆定位结果发散。

(五) 基于惯性的相对定位

采用陀螺仪、加速计等惯性器件来测量车辆位移和姿态的加速率与速度, 通过积分处理推导出车辆的位置与姿态增量, 能够提供很高的短期定位精度。对含噪数据进行积分处理, 仍存在误差累积效应, 且惯导设备造价较高, 高端车辆系统上才可能采用。

(六) 基于激光里程的相对定位

利用激光雷达作为车辆环境观测传感器, 由于相邻采样的两帧激光数据间往往存在很多重复区域, 利用匹配算法匹配两帧数据即可求得车辆在激光数据帧间的位置改变。激光里程计算的代表性方法是角度直方图算法, 该方法由 Hiknel 提出、Weiss 进行改进, 有学者在其基础上设计基于 Hough 变换的角度直方图构建算法来建立前后两帧激光雷达数据的对应关系, 进而通过残差鲁棒最小化来求取精确的车辆位姿改变量。

(七) 基于视觉里程的相对定位

利用视觉系统(单目视觉、双目视觉、全景视觉、RGB-D 视觉系统)作为环境感知传感器, 通过连续多帧图像中的环境特征变化和几何原理, 从两幅或多幅图像中恢复相机运动。视觉里程计分为基于环境特征的算法和基于光流的算法。视觉计算主旨思想在于通过图像处理算法寻找图像局部特征, 再通过局部特征的变化并恢复这些特征在摄像机坐标系下的 3 维空间位置, 最后通过计算求得视觉系统的位姿变化。

(八) 组合定位

以 GPS 为代表的绝对定位的优点在于无累计误差, 缺陷是使用条件有限且精度与采样率低下; 以里程计为代表的相对定位的

优点在于采样率高、短时间内精度高,缺陷在于存在累积误差。因此,最初组合定位的思想就是在绝对定位和相对定位之间进行切换:在室外空旷情况下使用GPS等全局定位系统,在GPS信号阻隔或者GPS失效区域使用相对定位算法进行补偿。由此出现了GPS和惯性导航原件(电子罗盘、陀螺仪、加速度计、里程计)的组合定位系统。这个系统在短时间内相对航迹推算定位结合绝对定位误差校正,保证高的车辆位置采样率的同时在一定程度上解决了相对定位结果的误差累积问题。

本质上,组合定位可看作是绝对定位与相对定位两种方法的融合。由于绝对定位、相对定位由含噪声传感器测量信息计算得出,具有各自的不确定性。因此,利用数学方法处理两者的不确定性信息,实现对车辆准确的位置估计是组合定位系统的基本任务,而概率方法为解决这一问题给出了完备的理论、方法上的处理框架。

三、交通灯单灯定位和多灯定位

基于交通灯的车辆定位技术是使用两个安装在车辆上的光电接收机同时接收来交通灯的定位信号,根据定位信号到达两个光电接收机的时间差计算目标车辆与交通灯的位置关系。最后根据可见光通信技术获取的交通灯的真实位置信息,换算得出目标车辆的真实位置信息。根据交通灯的个数可以分为单灯定位技术和多灯定位技术。

(一)单灯定位

F_1 和 F_2 为起始时刻对称分布于X轴上的两个间距为 $2c$ 的PD接收机,并以速度 v 沿Y轴的正方向运动, F_1' 和 F_2' 为 t 时刻PD接收机的位置, T_1 为发射定位信号的交通灯,那么可以根据可见光信号在初始时刻和 t 时刻到达两个PD接收机的时间差 Δt_1 和 Δt_2 , 确定两条离心率分别为 e_1 和 e_2 的双曲线。 $\Delta y = v \times t$ 为接收机在时间间隔 t 内的移动距离,离心率 $e = c/a$, $a = C \times \Delta t$ 为双曲线上任意点到双曲线两个焦点距离差的一半, C 为可见光的传播速度, Δt 为可见光信号到达两个PD接收机的时间差。两条双曲线的四个交点 T_1, T_2, T_3 和 T_4 为满足方程(1)和(2)的四个解,由于可见光信号到达探测器 F_1 的时间小于探测器 F_2 , 那么交通灯应位于 $x < 0$ 的左半平面内,即双曲线的左半支上,可以有效去除 T_2 和 T_4 假解;而非全向接收的PD接收机决定交通灯应位于接收机的最大视场角内,即 $y > 0$ 且 $y > \Delta y$, 可以有效去除假解 T_3 , 确定交通灯 T_1 在XY坐标系上的位置坐标,以及交通灯 T_1 与PD接收机的位置关系。

(二)多灯定位

当PD接收机可以探测到多个发射定位信号的交通灯(至少为两个)时,可以根据不同交通灯发射的可见光信号到达两个PD接收机的时间差,确定多条双曲线,最终计算得出定位目标的真实位置信息。 F_1 和 F_2 为对称分布于X轴上的两个间距为 $2c$ 的PD接收机, T_1 和 T_2 为两个不同的发射定位信号的交通灯,那么可以根据交通灯 T_1 和 T_2 发射的可见光信号到达两个PD接收机的时间差 Δt_1 和 Δt_2 , 确定两条离心率分别为 e_1 和 e_2 的双曲线。 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 为交通灯 T_1 和 T_2 在XY坐标系上的位置坐标, (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) 分别为 T_1 和 T_2 的真实位置信息。与单灯定位技术相似,由于受非全向接收的PD接收机的限制,有 $y_1 > 0, y_2 > 0$; 同时,当可见光信号到达时间差 $\Delta t_1 > 0, \Delta t_2 > 0$ 时,有 $x_1 > 0, x_2 > 0$; 当时间差 $\Delta t_1 < 0, \Delta t_2 < 0$ 时,有 $x_1 < 0, x_2 < 0$ 。求解以上方程,便可得到交通灯 T_1 和 T_2 在XY坐标系上的位置坐标 (x_1, y_1) 和 (x_2, y_2) , 结合交通灯 T_1 和 T_2 的真实位置信息 $(x_1,$

$y_1)$ 和 (x_2, y_2) , 便可计算得出定位目标(即坐标系原点)的真实位置信息 (X_1-x_1, Y_1-y_1) 和 (X_2-x_2, Y_2-y_2) 。

四、路面不平度识别与地图匹配车辆定位技术

道路设计及施工原因形成的路面不平度对车辆有垂向振动激励输入,车辆能感知到路面不平度。不同车辆经过同一路段时,在路段上相同位置具有相似的垂向振动响应,仅响应幅值有所不同。大量路测试验表明,路面的随机输入和汽车振动响应都基本符合正态分布。因此,可选取出现概率较小但引起车辆振动响应较大且车辆感知重复性较好的路面不平度输入作为地图匹配特征,选取的两相邻特征点距离应在惯性定位误差较小的距离内,考虑使两相邻路面不平度特征点距离大于GPS/INS定位误差,以避免造成特征误匹配。

车辆垂向振动由前、后轮输入,由于大部分车辆的悬挂质量分配系数接近1,车辆前后悬挂系统的垂直振动几乎是独立的,即安装于车辆质心处的加速度计测得的车身垂向加速度 a_z 为前后车轮输入的两个独立垂向加速度 a_f, a_r 的分量。车辆前后轴经过同一路面不平度区域存在时间上的延迟,匹配区域路面冲击信号表现为两个连续的脉冲信号、两个连续波峰 P_1, P_2 , 脉冲时间差为轴距/车速。因此,可以对车辆垂向加速度信号做相关性分析,降低路面输入噪声。由于不同路段对车辆的振动激励有较大差别,不同车速下车辆感知的振动加速度信号幅值大小也有区别,为保证车辆对振动特征的准确识别,对地图匹配特征点附近路段的车辆振动加速度相关序列进行归一化处理,进而设置路面不平度识别阈值并储存于电子地图中,其中归一化路段的长度为特征点位置前后2倍的定位误差范围。

五、总结

本文从三大角度论述定位方法,绝对定位和相对定位是当前定位技术的基本方法,如GPS技术和视觉识别技术;单灯定位和多灯定位则是依据交通信号灯和位置函数确定车辆坐标位置;基于路面不平度识别与地图匹配车辆定位技术,则将定位方法与道路特征数据联系起来,通过对比电子地图中的不平度数据识别车辆到达道路固定位置。

参考文献:

- [1] 栗元重,班训海.GPS绝对定位解算方法探讨[J].地矿测绘,2000(4):2.
- [2] 刘超,卢晓春,徐劲松.基于GPS和RFID的城市车辆定位系统的设计[J].时间频率学报,2012,35(3):6.
- [3] 高军军,龙杰,刘琰,余跃,黄四牛.基于惯性导航+通信信号测角信息融合的车辆行进间高精度定位方法[J].指挥与控制学报,2015,1(04):430-433.
- [4] 李娟,高山.车辆定位的地图匹配算法研究[J].交通标准化,2009(09):161-164.
- [5] 马宏伟,张珍珍,杨林,王川伟.巡检机器人全球定位系统和里程计组合定位方法[J].科学技术与工程,2020,20(23):9440-9444.
- [6] 程俊达,张舵.基于智能车控制系统的交通灯定位识别算法设计[J].工业控制计算机,2018,31(6):2.
- [7] 曹岩,雷涛.基于交通灯的高精度车辆定位技术[J].计算机工程与应用,2015,51(3):212-215.
- [8] 李帅帅,鲍晨,沈勇.路面不平度识别与地图匹配在车辆定位中的应用[J].汽车零部件,2017(1):5.