

基于卡尔曼滤波的车辆组合导航仿真研究

孙泽育

(潍坊科技学院, 山东 潍坊 262700)

摘要 针对传统车载导航系统在复杂道路环境下定位精度偏低等问题,提出了应用全球定位系统与航位推算相结合的组合导航算法,使用卡尔曼滤波进行数据处理,实时调整参数值,将卡尔曼滤波器调整到运行过程中的最佳状态,从而提升导航系统的准确度。实验结果表明,所提方法可以提升车载导航系统的准确性和连续性,保证车辆定位曲线和车辆实际行驶路线基本吻合,但是定位误差会随着信号中断时间的延长而增大。

关键词 组合导航;卡尔曼滤波;航位推算

DOI:10.19514/j.cnki.cn32-1628/tm.2019.29.021

0 引言

随着人们生活水平的不断提高,对城市建设和交通提出了更高的要求,随之产生的交通问题也日益严重并备受关注^[1]。随着汽车保有量的大幅增加,因交通拥挤导致的时间延误、环境污染加剧、交通事故增加等问题日渐突出。因此,综合有效地管理车辆、道路、行人等已经势在必行^[2-3]。

随着我国北斗系统的投入使用以及全球导航系统(Global Positioning System, GPS)的建立,车辆导航定位技术进入了崭新的发展阶段。当车载GPS信号被干扰或者被遮挡,就会导致无法完成精确的定位导航,此时需要辅以航位推算系统(Dead Reckoning, DR),以提高车辆导航定位的可靠性和精度。本文使用GPS/DR组合导航系统模拟车辆在实际行驶过程中可能会发生的GPS信号间歇性中断的情形^[4],并使

用MATLAB仿真软件以及卡尔曼滤波算法仿真分析车辆导航过程^[5]。

Dead Reckoning
航位推测法

1 GPS/DR组合导航系统

GPS系统是由美国建立的全球卫星定位系统,具有定位精度高、误差小且不具有积累性等优点,因此在军用和民用领域均得到了广泛应用。但是GPS接收机的信号易受到外部环境因素的影响,从而导致定位精度下降。因此,确定采用信息融合技术组合定位系统的性能更加优良。

DR系统是一种自主式定位系统,抗干扰能力强,在惯性导航原理的基础上,用车辆行驶过程中的方向、距离、速度等信息推算车辆的瞬时位置,因此需要车辆安装各种惯性传感器,从而解算出车辆在惯性导航系统中的相对位置,但是由于传感器测量存在误差,导致DR系统的定位误差随时间积累而不断

2.2 自动化仪表与系统运行过程中的安全防护措施

(1)结合现场实际情况做好安全防护措施。在自动化仪表中如果需要手轮操作进行控制,实际使用过程中不能用猛力操作手轮,在达到控制要求后,不得继续用力操作手轮。巡检过程中,如果控制手轮处于手动操作状态,则不可以随意操作,需要先获得操作资格,并有专业的监理人员监督作业。同时,还要严格禁止非专业人员私自操作控制手轮,以避免造成安全事故。(2)保证调整方法的科学性。在自动化仪表与系统中,可能会出现工作异常的情况,需要检修调整后才能够投入正常使用。调整工作需要由专业检修人员进行现场修理,其他人员不可私自拆卸。同时,在调整过程中,针对精密元器件的操作要做好清洁防护,操作动作要轻缓。在对精密元器件调整过程中,严格禁止在操作台上放置液体或重物,避免对其造成损坏。此外,仪表及相关元器件上不能悬挂物品,对仪表及其内部元器件擦拭过程中,不得使用有机溶剂,应当使用中性的洗涤剂或干净的湿布,清洁完成后需要用干布进行擦拭。(3)保证参数调整的合理性。在工业生产中,根据生产需求的不同,经常需要对自动化仪表参数进行调整,参数调整工作需要由专门人员负责,严格按照生产工艺要求,遵循相关程序进行参数调整。工业生产中,自动化仪表的参数调整通常采取多级管理制度,尤其是生产车间的传感器、烟感器、可燃物检测仪器等,参数调整需要严格按照企业管理程序执行,避免造成安全生产事故。(4)提高自动化仪表的抗干扰运行能力。当前,工业生产运行中的各种生产设备都投入到生产过程中,其产生的电磁辐射对自动化仪表会产生一定干扰,尤其是高精度

仪表对电磁干扰更为敏感。很多自动化仪表的DCS与PLC系统在抗静电、电磁干扰方面的能力虽然有了大幅提升,但并不能完全不受干扰。较强的电磁干扰会造成仪表数据的丢失或失准等,影响其使用安全性。因此,相关工作人员需要严格遵守“仪表在15 m之内,DCS和PLC设备在3 m之内不可以使用对讲机、手机等设备”的规定,避免对仪表造成干扰。

3 结语

现阶段自动化仪表与系统在工业生产中的应用十分广泛,加强其安全防护工作,对于提高工业生产安全性,提升工业生产效率具有重要意义。因此,在自动化仪表与系统安装及运行过程中,需要严格按照要求做好安全防护措施,以保证自动化仪表与系统的使用安全性。

[参考文献]

- [1] 刘小洋,刘力源,郑晨.工业自动化仪表与自动化控制技术分析[J].科技经济导刊,2019,27(25):82.
- [2] 杨东田.仪表自动化控制系统故障与维护[J].石化技术,2019,26(3):217.
- [3] 吕新.自动化仪表控制系统应用及发展趋势分析[J].现代信息科技,2019,3(4):168-169,172.

收稿日期 2019-09-30

作者简介:王鸿科(1989—),男,山东聊城人,工程师,研究方向:电气自动化。

增加。目前车载DR系统多采用里程仪和陀螺仪组合的方式。

通常车辆在路面上的行驶过程,可近似看作是平面上的二维运动。当已知车辆起始位置以及运动过程中所有时刻的位移,则通过初始位置与位移矢量的累加运算即可求得车辆的位置。若计算过程采用东北坐标系,那么车辆的位置便可用东、北向位置坐标(x, y)来描述。

假定 t_0 时刻车辆的初始位置为(x_0, y_0),则在 t_n 时刻车辆的位置可按照如下公式计算:

$$\begin{aligned}x_n &= x_0 + \sum_{i=0}^{n-1} d_i \sin \theta_i \\y_n &= y_0 + \sum_{i=0}^{n-1} d_i \cos \theta_i \\ \theta_n &= \theta_0 + \sum_{i=0}^{n-1} \Delta \theta_i\end{aligned}$$

式中 θ_i 为 t_i 时刻车辆的行驶角度; d_i 为 t_i 到 t_{i+1} 时刻车辆驶过的角度。

2 卡尔曼滤波理论及系统方程的建立

2.1 离散卡尔曼滤波算法

卡尔曼滤波(Kalman Filtering, KF)是常用的求解最优状态估计的方法之一,采用卡尔曼滤波进行最优估计时,首先建立系统的观测方程和状态方程,以动态离散系统为例,其方程如下:

$$\begin{aligned}X(k) &= \varphi(k, k-1)X(k-1) + \Gamma(k, k-1)W(k-1) \\Z(k) &= H(k)X(k) + V(k)\end{aligned}$$

式中 $X(k)$ 为 k 时刻的 n 维状态矢量,即被估计的状态量; $Z(k)$ 为 k 时刻的 m 维观测矢量; $\varphi(k, k-1)$ 为状态矢量从 k 时刻到 $k-1$ 时刻的转移矩阵; $\Gamma(k, k-1)$ 为 $k-1$ 时刻的系统噪声矢量 $W(k-1)$ 对 k 时刻的状态矢量影响的噪声系数矩阵; $H(k)$ 为 k 时刻的观测矢量与 k 时刻的状态矢量之间的观测系数矩阵; $V(k)$ 为 k 时刻的 m 维测量噪声序列。

卡尔曼滤波是一个线性的递推过程,其递推又分为观测修正方程、时间修正方程,具体如下:

(1) 时间修正方程:

$$\text{最优预测递推估值 } \hat{X}(k, k-1) = \varphi(k, k-1)\hat{X}(k-1)$$

(2) 观测修正方程:

$$\text{最优增益矩阵 } K(k) =$$

$$P(k, k-1)H^T(k)[H(k)P(k, k-1)H^T(k) + R(k)]^{-1}$$

2.2 GPS/DR组合系统状态方程的建立

组合定位系统的状态变量为导航参数的误差,因此状态变量选取:

$$X = [x_e, y_e, \alpha_e, x_n, y_n, \alpha_n]^T$$

式中 x_e 与 x_n 为车辆行驶过程中东、北向的位置分量误差; y_e 与 y_n 为车辆行驶过程中东、北向的速度分量误差; α_e 与 α_n 为车辆行驶过程中东、北向的加速度分量误差。

将状态变量分别代入状态方程进行求解,观测是否达到预期效果。

3 仿真结果及分析

3.1 轨迹规划

为了进一步分析GPS/DR组合导航系统在车辆上的应用,

需要利用MATLAB软件进行仿真实验。通过设置车辆的运行状态参数,同时加入高斯白噪声从而产生里程仪和陀螺仪的惯性参数实际输出。在进行车辆运行状态设计时,需要综合考虑车辆的位置、速度等因素,同时为更好地模拟车辆实际运行状况,需要加入匀速、匀加速等直线运动以及转弯、上下坡等状态参数。

假定仿真时车辆行驶方向的东、北向速度分别为20 m/s、15 m/s,仿真时长约为1 078 s,仿真步长设置为1 s,状态变量 X 东向和北向位置分量、速度分量、加速度分量的初始值为 $[6.915e05, 4.858e06, 180.340, 8.056, 1.618, 0.21]^T$ 。

3.2 结果分析

利用MATLAB软件进行GPS信号中断仿真实验时,根据不同情况进行模拟并对误差进行统计分析,结果如图1所示。

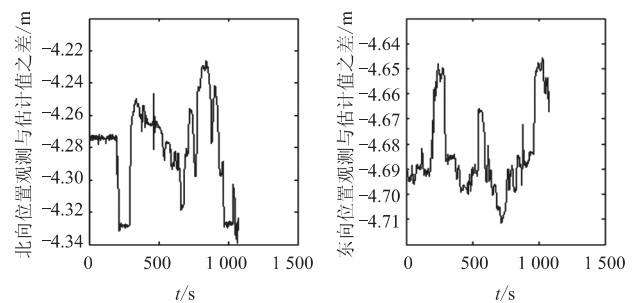


图1 定位误差显示

由图1可知,车辆在行驶时,由于受到实际环境的影响,北向、东向的定位误差不同,并且具有随机性。但采用GPS/DR组合方式对车辆进行导航能够有效进行高精度定位,保证车辆定位曲线和车辆的实际行驶路线基本吻合。

4 结语

本文采用GPS/DR组合导航系统,设计了基于卡尔曼滤波的导航算法,并通过MATLAB仿真实验验证了该方法的有效性。结果表明,与单一的导航系统相比,组合导航系统可以为车辆提供更为精确、连续的导航服务,只是定位误差会随着GPS信号中断时间的延长而增大。

[参考文献]

- [1] 赵欣,王仕成,廖守亿,等.基于抗差自适应容积卡尔曼滤波的超紧耦合跟踪方法[J].自动化学报,2014,40(11): 2530-2540.
- [2] 薛文婷,张波,李署坚.组合导航中一种新息自适应卡尔曼滤波算法[J].全球定位系统,2014,39(4): 8-11.
- [3] 吴富梅,秦显平,唐颖哲.低成本车载GPS/INS组合导航速度更新算法[J].测绘科学技术学报,2010,27(4): 243-246.
- [4] 徐波.遗传算法及其在数据挖掘中的应用[J].电脑编程技巧与维护,2010(4): 9-11,16.
- [5] 王耀南,邓霞,赵伟.基于权值矩阵的模糊自适应卡尔曼滤波在组合导航中的应用[J].中国惯性技术学报,2008,16(3): 334-338.

收稿日期:2019-09-19

作者简介:孙泽育(1997—),男,河南孟津人,研究方向:车辆仿真、数据分析。