

文章编号: 1001-0920(2005)01-0103-03

利用 GPS 进行车辆动态定位的自适应模型研究

王新龙, 申功勋, 丁杨斌

(北京航空航天大学 宇航学院, 北京 100083)

摘 要: 提出一种 GPS 动态定位系统模型, 并将其应用于车辆的导航定位系统, 获得了明显效果. 将 GPS 的误差等效为马尔柯夫过程, 采用描述机动载体运动的“当前”统计模型, 建立了一种利用 GPS 对车辆进行动态导航定位的滤波模型及自适应卡尔曼滤波算法. 仿真结果表明, 应用所提出的强跟踪动态定位模型和算法, 与改进前相比车辆导航定位系统的精度、实用性均得到了明显提高.

关键词: GPS; 车辆导航; 动态定位; 卡尔曼滤波

中图分类号: U 666 12 **文献标识码:** A

Adaptive system model of the vehicle kinematic positioning based on GPS

WANG Xin-long, SHEN Gong-xun, DING Yang-bin

(Academy of Astronautics, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China. Correspondent: WANG Xin-long, E-mail: xlwon@sina.com)

Abstract: An adaptive system model in the vehicle kinematic positioning utilizing GPS is presented. The dynamic tracking and positioning performance of the GPS is greatly improved for estimating maneuvering vehicles. A novel system of the vehicle model and adaptive filtering model are established in the vehicle kinematic positioning with GPS. By using the strong tracking and kinematic positioning model and the adaptive filtering arithmetic, the precision and practicability of the vehicle positioning system are improved greatly. The validity of the proposed means is verified by the computer simulation results.

Key words: GPS; vehicle navigation; kinematic positioning; Kalman filtering

1 引 言

车辆在行进中的定位属于动态过程, GPS 在动态定位数据中存在着影响定位精度的随机误差. 文献[1]对车载 GPS/DR 组合导航系统进行了深入的分析, 但该组合系统复杂、成本高, 不能满足普通车辆导航的需要. 目前的 GPS 动态滤波模型中, 载体运动模型大多采用 Singer 模型^[2]. 此模型对于等速和等加速范围的载体运动最适宜, 但对于快速机动的情况, 将引起较大的模型误差. 因此, 如何合理地简化导航系统结构, 建立更准确的车辆运动模型是解决车辆导航问题的关键.

本文提出一种简便的车载航迹推算系统动态模

型及其滤波算法. 由于将 GPS 的误差等效为马尔柯夫过程, 采用描述更符合实际车辆运动情况的机动载体运动的“当前”统计模型^[3]及一种有效的自适应滤波算法, 提高了 GPS 动态定位的准确性和实时性. 仿真结果表明, 应用该模型和算法, 与改进前相比车辆导航定位系统的精度和实用性均得到了明显提高.

2 系统方程的建立

2.1 机动载体的“当前”统计模型

实际车辆的运动通常不完全属于等速或加速范围的运动, 因而需要建立合理准确的运动模型. 当载体正以某一加速度运动时, 下一时刻的加速度取

收稿日期: 2004-02-11; 修回日期: 2004-04-21.

作者简介: 王新龙(1969—), 男, 博士后, 从事惯性导航及组合导航系统技术等研究; 申功勋(1935—), 男, 教授, 博士生导师, 从事多传感器信息融合理论与方法等研究.

由最优估计理论可知^[1], 加速度状态变量 $a_1(t)$ 的最优估计值正好是整个过去观测 $Z(t)$ 的条件均值 $\hat{a}_1(t) = E[a_1(t) | Z(t)]$ 如果 $\hat{a}_1(t)$ 可直接从卡尔曼滤波中得到, 则利用 $\hat{a}_1(t)$ 代替 $a_1(t)$ 中的均值 \bar{a} , 便可得到状态变量 $a_1(t)$ 的估值与状态噪声 $w_1(t)$ 的均值之间的关系 另外, 在状态变量 $a_1(t)$ 的估值与状态噪声 $w_1(t)$ 的方差 σ_w^2 之间, 如果“当前”加速度为正, 则 $w_1(t)$ 的方差为

$$\sigma_w^2 = \frac{2\alpha(4-\pi)}{\pi} (a_{\max} - E[a_1(t) | Z(t)])^2$$

因此

$$\begin{cases} \sigma_w^2 = \frac{4-\pi}{\pi} [a_{\max} - \hat{a}(k+1, k)]^2 = \\ \frac{4-\pi}{\pi} [a_{\max} - \hat{a}(k)]^2, a_e(k) > 0; \\ \sigma_w^2 = \frac{4-\pi}{\pi} [a_{-\max} + \hat{a}(k)]^2, a_e(k) < 0 \end{cases}$$

同理, 可得 σ_w^2 的自适应算法 式(10)中

$$F_{k/k-1}^1 = \begin{bmatrix} F_{k/k-1}^{1e} & 0 \\ 0 & F_{k/k-1}^{1n} \end{bmatrix}$$

其中

$$F^{1e} = \begin{bmatrix} 1 & T & T^2/2 & 0 \\ 0 & 1 & T & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{-T/\tau_a} \end{bmatrix},$$

$$F^{1n} = \begin{bmatrix} 1 & T & T^2/2 & 0 \\ 0 & 1 & T & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{-T/\tau_n} \end{bmatrix}$$

式(11)中的 $F_{k/k-1}$ 为系统转移矩阵 A 的离散化矩阵, 即

$$F_{k/k-1} = \begin{bmatrix} \Phi_{k/k-1} & 0 \\ 0 & \Phi_{k/k-1} \end{bmatrix},$$

$$\Phi_{k/k-1} =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & T & (T/\tau_a - 1 + e^{-T/\tau_a})\tau_a^2 & 0 \\ 0 & 1 & (1 - e^{-T/\tau_a})\tau_a & 0 \\ 0 & 0 & e^{-T/\tau_a} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{-T/\tau_a} \end{bmatrix},$$

$$\Phi_{k/k-1} =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & T & (T/\tau_n - 1 + e^{-T/\tau_n})\tau_n^2 & 0 \\ 0 & 1 & (1 - e^{-T/\tau_n})\tau_n & 0 \\ 0 & 0 & e^{-T/\tau_n} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{-T/\tau_n} \end{bmatrix}$$

$Q(k)$ 阵为系统噪声协方差阵 Q 的离散化矩阵, 其中 $Q = \text{diag}[0, 0, \sigma_a^2, 0, 0, \sigma_n^2, \sigma_a^2, \sigma_n^2]$; $R(k)$ 阵为系统

噪声协方差阵 R 的离散化矩阵, $R = \text{diag}[R_a^2, R_n^2]$

4 仿真结果及分析

利用上述 GPS 动态定位模型及带渐消因子的自适应卡尔曼滤波公式, 对 GPS 输出的定位结果进行实时滤波处理 初始条件为: $X(0)$ 均取为 0, $Q(0) = \text{diag}\{0, 0, 3^2, 0, 0, 3^2, 20^2, 20^2\}$, $R(0) = \text{diag}\{(1 \times 10^{-4})^2, (1 \times 10^{-4})^2\}$. 相关时间常数为: $\tau_{a_e} = \tau_{a_n} = 1.0$, $\tau_n = \tau_n = 0.5$

车辆以 $v_e = 2.5 \text{ m/s}$ 和 $v_n = 2.5 \text{ m/s}$ 的速度作匀速运动时, 滤波前后位置误差如图 1 所示 车辆以初速 $v_e = 2.5 \text{ m/s}$, $v_n = 2.5 \text{ m/s}$, 加速度 $a = \pm 1 \text{ m/s}^2$ 的方式交替运动时, 滤波前后位置误差比较曲线如图 2 所示 可以看出, 将 GPS 总的定位误差视为一阶马尔柯夫过程, 采用更符合实际车辆运动情况的机动载体运动的“当前”统计模型建立车辆的系统模型, 利用线性自适应卡尔曼滤波器进行车辆动态定位滤波的有效性 系统误差(10)由滤波前的 21.5 m 降为滤波后的 10.3 m, 与以往采用的扩展卡尔曼滤波器相比, 模型简化, 系统的运算量降低, 提高了系统的实时性

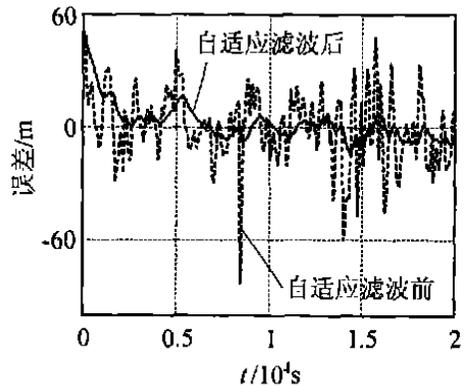


图 1 匀速运动时滤波前后定位误差

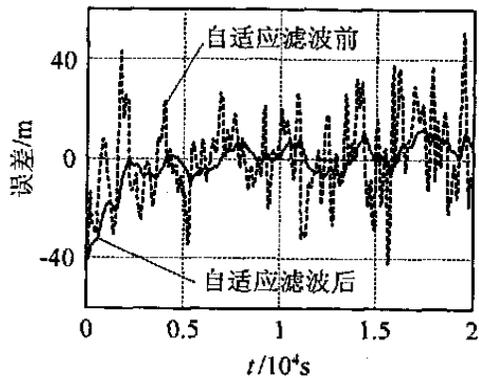


图 2 加速运动时滤波前后定位误差

(下转第 112 页)

CPU 时间和 I/O 时间 另外, 模拟方案中不考虑创建线程和调度线程的时间开销 图 3 显示了一个具有 41 个任务的任务流周转时间与 CPU 个数的关系

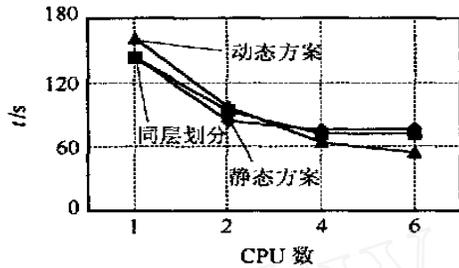


图 3 任务流的周转时间与 CPU 数目的关系

从图 3 可以发现, 增加 CPU 数目会缩短一批任务的总的周转时间, 尤其从一个增加到两个时 但是, 再增加 CPU 数, 时间缩短的幅度不大 分析发现, 在该批模拟的任务中有一个任务的时间开销很长, 总的时间主要由该任务决定 在实际环境中, 因为任务数很多, 所以会弥补这方面的问题 另外, 从该测试可以发现, CPU 数目增加到一定数量后 (如图中的 3 或 4), 作业流的时间开销主要由 I/O 时间决定 因此, 数据仓库服务器的配置在考虑扩展 CPU 数目的同时, 还应考虑磁盘的配置和数据的分配技术 如果采用共享磁盘, 当 CPU 数目达到一定值后, 系统的 I/O 能力便成为系统性能的瓶颈 采用 RAID 磁盘, 可以缓解 I/O 压力

在本实验样本环境下, 处理机数量增加时, 动态调度算法体现出优越性, 比其他两种的性能好 在不考虑调度开销的情况下, 动态调度可以使 CPU 利

用率最高

5 结 语

本文利用 workflow 思想调度数据仓库系统中的任务 通过自动分析任务文本发现每个任务的输入和输出, 形成任务的描述表; 然后根据各个任务的输入输出数据集之间的关系, 得到数据仓库系统中任务间的任务流图 针对任务流图提出了 3 种任务调度策略 从实验结果看, 3 种算法的定量性能类似, 随着处理机数量的增加, 动态算法优于其他两种方法 从算法的灵活性和可扩展性方面考察, 动态调度和同层划分调度优于静态调度; 然而从算法实现的角度, 静态算法最简单 模拟实验结果表明, 影响作业流周转时间的因素不仅有 CPU 的数目和调度算法, 而且还有磁盘 I/O 的效率 因此, 基于此任务流的调度方法可以为数据仓库的配置提供量化决策依据, 即通过构造周转时间与 CPU 数目的关系曲线, 便可确定合理的 CPU 数目

参考文献 (References)

- [1] Immon W H. *Building the Data Warehouse* [M]. 2nd Edition. New York: Wiley, 2003
- [2] Wu M C, Buchmann A P. Research issues in data warehousing [A]. *Proc of BTW 97* [C]. UIn, 1997: 61-68
- [3] William Stallings. *Operating Systems Internals and Design Principles* [M]. 4th Edition. New Jersey: Prentice Hall, Inc, 2001.
- [4] Platform Inc Load Sharing Facility (LSF) [EB/OL], <http://www.platform.com/products/wm/LSF/>, 2002/10/15

(上接第 105 页)

5 结 论

上述研究结果表明, 与以往^[1,5]采用的扩展卡尔曼滤波器相比, 模型简单, 系统运算量降低, 实时性较好 将 GPS 定位误差视为一阶马尔科夫过程, 扩充为状态变量, 利用自适应卡尔曼滤波器对车辆位置和速度信息进行估计是可行的, 效果良好 为了改善滤波器的动态性能, 采用加权自适应卡尔曼滤波算法, 仿真结果表明效果较好 从而说明了本文的 GPS 车辆导航动态模型, 能够有效地降低 GPS 定位信号的随机干扰, 提高车辆动态定位精度, 降低车辆导航定位的成本, 提高车辆导航定位系统的实用性

参考文献 (References)

- [1] 万德钧, 房建成, 王庆. GPS 动态滤波的理论、方法及其

应用[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 2000

- [2] Singer R A. Estimating optimal tracking filter performance for manned maneuvering targets [J]. *IEEE Trans on Aerospace and Electronic Systems*, 1970, 6(4): 473-483
- [3] Zhou H R, Kumar K S P. A current statistical model and adaptive algorithm for estimating maneuvering targets [J]. *J of Guidance, Control and Dynamics*, 1984, 7(5): 596-602
- [4] 袁信, 俞济祥, 陈哲. *导航系统* [M]. 北京: 航空工业出版社, 1993
- [5] Moussa R. Making the best with GPS in car application [A]. *Proc of ION GPS-95* [C]. California, 1995: 1819-1823