

DR 算法及其在香港特区特种车辆实时定位中的应用

黄海华 王慧青 王庆

(东南大学 南京 210096)

摘 要 香港特区高楼林立的街道限制了 GPS 的应用, 本文介绍了 DR 算法及其在香港特区特种车辆实时定位中的应用情况。

关键词 航位推算; GPS; 里程系数; 陀螺仪角度系数

1 概 述

DR (Dead Reckoning 航位推算) 主要应用于车辆定位系统中。车辆定位系统在大多数情况下使用 GPS 都能达到预想的精度。GPS 全球定位系统的定位和测速精度高, 且基本不受地域、时间限制。但是随着应用的扩大, GPS 渐渐暴露出了它的不足。当车辆行驶在城市高楼区、林荫道、隧道、立交桥下等区域时, 常出现 GPS 卫星信号被遮挡或多径效应问题。当接收到的卫星数目少于 4 颗时, GPS 接收机就无法正常定位, 或者受多径效应的影响, 导致定位精度很差。这种情况在香港特区尤为明显, 本文作者所在单位研制了适合香港特区特种车辆实时定位的 GPS/DR/MM 系统, DR 是其中的重要组成部分。为此, 本文介绍了 DR 的算法、实验结果与应用情况。

2 DR 的基本原理

车辆航位推算方法是一种常用的自主式车辆定位技术, 其推算的原理是以地球表面某点作为当地坐标系的原点, 利用里程计输出的距离信息和陀螺或罗盘输出的角度信息, 计算确定车辆当前的位置, 推算方程为

$$X(n) = X_0 + \sum_{i=0}^{n-1} S_i \cos \theta_i, \quad Y(n) = Y_0 + \sum_{i=0}^{n-1} S_i \sin \theta_i \quad (1)$$

式中 X_0 、 Y_0 为初始时刻车辆所在位置, S_i 与 θ_i 为从 $i-1$ 时刻到 i 时刻车辆行驶距离和航向角。

将式 (1) 进一步展开:

第一步:

$$\begin{aligned} X(k) &= X_0 \\ Y(k) &= Y_0 \end{aligned} \quad (2)$$

X_0 、 Y_0 为初始状态, 在下一时刻推算。

第二步:

$$\begin{aligned} X(k+1) &= X(k) + \Delta d \cos \theta \\ Y(k+1) &= Y(k) + \Delta d \sin \theta \\ X(k) &= X(k+1) \\ Y(k) &= Y(k+1) \end{aligned} \quad (3)$$

式中 Δd 是这段时间的距离变化。

$$\theta = f(K_G, P, P_0) \quad (4)$$

K_G 为陀螺仪的角度参数, P 为当前时刻的陀螺仪脉冲数, P_0 为静态时刻的陀螺仪脉冲值。

第三步:

重复第二步。

3 实际使用

3.1 设定原点

车辆的角度信息由陀螺仪提供, 但具体转过的角度需根据陀螺仪脉冲的变化来掌握。这就需要测试陀螺仪在静态时候的初始值, 因为陀螺仪脉冲会有漂移, 需静止测试一定时间取平均值。静态值受影响的因素很多, 如温度等, 所以最好在每次跑车之前停止一段时间, 以便得到其准确的初始值。

3.2 设定参数

跑车过程中涉及到的主要参数有 K_0 、 K_G 。 K_0 是表征里程表脉冲和实际距离之间的参数, K_G 表征的是陀螺仪脉冲和实际角度之间的参数。

每辆车的 K_0 是不同的, 就是同一辆车在跑车过程中, 温度升高也会对 K_0 有影响。实际应用过程中这种影响在结合 GPS 和 MM (Map Matching 地图匹配) 后可以忽略不计。具体测试车辆一段路径的实际长度, 然后把车辆行驶这段路径的里程表脉冲求和, 即可算出 K_0 。

同 K_0 一样, 每个陀螺仪的 K_G 也是不同的。 K_G 也是会受温度等外部条件的影响。性能好的陀螺仪 (如光纤陀螺) K_G 参数受温度影响很小。测试 K_G 可选用一闭合方块图形, 调整 K_G , 直达到和已知图形吻合为止。

如图 1, 1 的 K_G 明显比 2 的准确, 更能重合这个封闭图形。

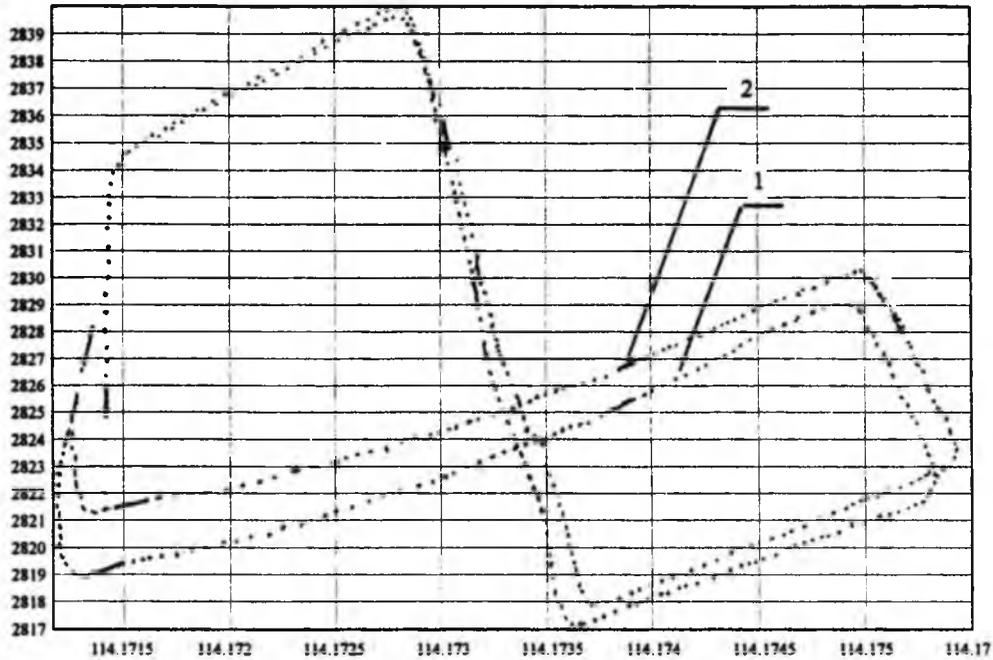


图 1 不同 K_G 下 DR 的推算结果

4 应用中遇到的问题解决方法

实际应用中 DR 必须和 GPS 结合起来应用, 在 GPS 不能满足定位精度的条件下, 使用 DR 推算。

4.1 判断何时使用 GPS, 何时使用 DR?

如前所述, 当接受到的卫星数目少于 4 颗时, GPS 接收机就无法正常定位。但在实际应用中发现由于多径效应的影响, 卫星数多于 4 颗, 定位精度仍然不高。因此加上 HDOP 作为一判断条件, 判断何时取用 GPS, 何时取用 DR。如果能同时获得卫星信号强度因子, 则还可以将信号强度太弱时的 GPS 定位结果剔除。

4.2 初始角度问题

陀螺仪给出的角度只能是角度的变化量, 但每次从 GPS 切换到 DR 时, 都需注入一个初始角度 α_0 。最初选择初始角选择的是 DR 上一时刻的 GPS 定位时的角度, 结果在实际应用中发现效果不好。究其原因, 是由于车辆并不是一定沿着道路的方向行驶, 比如在超车时会出现车辆方向与道路方向不一致的现象, 这时 GPS 提供的只是该时刻车辆行驶的方向, 并不是道路的方向。如图 2 所示。

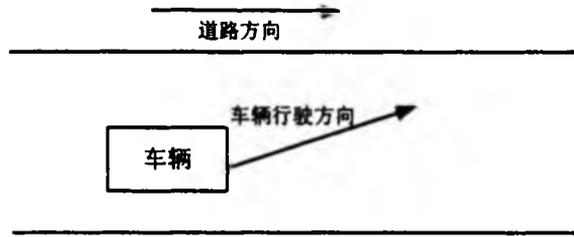


图2 车辆行驶方向

为此,我们在进行 DR 推算时,除了要满足 GPS 定位条件,还要满足一定的速度条件。因为如果车辆在街上超车,我们认为它的速度是快不起来的。所以我们并不是到 DR 阶段才开始角度计算,而是把角度计算脱离出来。选用连续几个除了满足 GPS 条件,并满足一定速度条件的点,取其最近时刻的那个角度作为初始角度 α_0 。如果满足 GPS 条件,但不满足一定的速度条件,这时刻我们仍然需要推算角度,而不取 GPS 所给的角度。

4.3 静态陀螺仪脉冲的设定

前文已提到陀螺仪脉冲需跟静态时刻的陀螺仪脉冲 P_0 做比较才能得到转变的角度。但在实际应用中, P_0 的值会随着温度的变化而有所变化,开车过程中难免温度会上升,这样将导致 DR 精度的降低。为了弥补这种误差,我们在跑车过程中加入了对 P_0 的校正。如果不考虑车辆的扭动,在直路行驶的过程中陀螺仪脉冲应该是不变的,因为角度不会变化。所以在直路的行驶过程中,我们可以通过 n 个值求平均值的办法来抵消车辆扭动所造成的误差,这样就能在车辆行驶过程中随时纠正静态陀螺仪脉冲 P_0 了。但随之又带来一个新的问题,如何判断是否是直路?

4.4 如何判断直路

判断直路可以通过所接受的 GPS 角度来得到。可以把每两个时刻的 GPS 的角度求差,如果差的均方根和平均值均在一定的条件的允许的范围以内,则可认为这条路是直路,即可以求静态陀螺仪脉冲 P_0 值。

4.5 跳秒问题

在实际使用中发现由于数据通信等原因,接收 GPS 信号的硬件会出现跳秒,也就是常常中断几秒没有信号。针对这个现象,由硬件给出跳秒时间,把原来的第二步改为:

$$\begin{aligned}
 X(k+1) &= X(k) + \Delta d \cos \theta \\
 Y(k+1) &= Y(k) + \Delta d \sin \theta \\
 X(k) &= X(k+1) \\
 Y(k) &= Y(k+1)
 \end{aligned} \tag{5}$$

式中 Δd 是这段时间(包含跳秒时间)的距离变化。

$$\theta = K_G \cdot (P - P_0) \cdot T_0 \quad (6)$$

T_0 为时间常数, 表明跳秒的时间。

5 试验结果

本文介绍的 DR 算法已应用到香港特区某特种车辆的综合定位系统中。我们在实际工作中发现, 由于陀螺仪的精度不高, 在调整陀螺仪参数时发现, 陀螺仪左转和右转同为 90° 的情况下会有偏差, 这将导致计算车辆角度变化时出现偏差。光纤陀螺的不仅性能高, 能准确的给出变化角度, 而且内部有温度补偿, 能克服普通陀螺的温度误差, 能够进一步的提高 DR 精度。

另外针对 K_G 、 K_0 会变化的特性, 可以在实际跑车过程中实现动态纠正 K_G 、 K_0 参数, 这样更能提高精度。

参考文献

- 1 万德钧, 房建成, 王庆. GPS 动态滤波的理论、方法及其应用. 江苏科学技术出版社, 2000.12
- 2 张小国, 王庆, 万德钧. 车载组合导航系统中的分级地图匹配算法. 中国惯性技术学报. 2000, 8(4)
- 3 洪大永. GPS 全球定位系统技术及其应用. 厦门: 厦门大学出版社, 1998
- 4 董绪荣, 张守信, 华仲春. GPS / INS 组合导航定位及其应用. 长沙: 国防科技大学出版社, 1998
- 5 李德仁. 误差处理与可靠性理论. 北京: 测绘出版社, 1998
- 6 董绪荣, 孟庆杰, 任宇飞. 车辆 GPS / DR 组合导航方法研究. 指挥技术学院学报. 2001,12(3), p23~25

Algorithm of Dead Reckoning and Its Application in Special Vehicles Real-time Navigation for Hongkong District

HUANG Haihua WANG Huiqing WANG Qing

Abstract The high buildings and large mansions in Hongkong District restricts the application of GPS. This paper introduces the algorithm of Dead Reckoning and its application in special vehicles real time navigation.

Key Words Dead Reckoning; GPS; Gyroscope Angle Coefficient; Mileage Coefficient