

# 车载 GPS 复合定位系统仿真研究

于凤仙 孟翠平 俞 敏 刘 杰 王壬林

(北京航空航天大学, 北京, 100083)

## SIMULATION STUDY ON GPS BASED INTEGRATED VEHICLE LOCATION SYSTEMS

Yu Fengxian, Meng Cuiping, Yu Min, Liu Jie, Wang Renlin

(Faculty 301, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083)

**摘 要** 研究了基于 GPS 的复合定位车载系统仿真方法, 建立了车辆移动轨迹发生器、移动轨迹测量和各种敏感器模型, 通过计算机仿真, 可以进行室内“模拟跑车”试验, 从而为设计系统所关心的问题如总体定位精度等的研究提供了一个模拟试验平台。

**关键词** GPS 车辆定位 系统仿真

**中图分类号** V249

**Abstract** In this paper, a GPS based integrated Vehicle Location System Simulation is introduced. The associate models, concerning the vehicle trajectory generator, GPS and other sensors as well as trajectory measurement, are established. With computer simulation, an in-door van test can be performed, providing a test platform for accuracy analysis required by the system design.

**Key words** GPS, vehicle location, system simulation

GPS 技术的成熟与发展, 为各类运动载体的精密实时定位提供了美好前景。特别是在城市交通管理现代化中, 基于 GPS 的车辆自动定位/导航与管理系统的开发与应用正日益受到国内外各部门的高度评价与重视, 并将显示出重大的技术、经济和社会效益。

在 GPS 车辆定位系统设计和开发过程中, 需要确定各部件、分系统对总体精度的影响, 以及相互协同工作的可靠性、管理软件的完善性等, 于是不可避免要做耗费很大的跑车试验, 而且往往由于人的疏忽, 会导致数据的无效或丢失, 造成不可挽回的损失。为了节省人力物力, 根据仿真原理, 利用设计的仿真软件在室内进行“模拟跑车”试验。只要数学模型正确, 仿真结果将能较真实反映实际跑车的各种工作情况, 从中获取充足的试验数据, 它可帮助验证实际系统设计的性能, 并得到不断的改进, 保证系统的完善性; 从仿真结果中确定最符合要求的部件, 使系统具有最好的性能价格比。当然实际野外跑车试验也是不可缺少的, 但在此基础上将会大大缩短开发周期, 节约开支, 取得事半功倍的效果。

## 1 GPS 车辆复合定位系统组成及基本工作原理

一类基于 GPS 的车载复合定位系统由 3 部分组成: GPS; 姿态敏感器和里程仪; 由 PC 机、调制/解调器和数据链组成的信息处理与通信模块, 如图 1 所示。GPS 接收机能实时确定车辆的运动位置, 但在城市环境中, 道路两旁的建筑物和树林会影响卫星的可视性和 GPS 信号的强度, 致使 GPS 定位精度降低或定位失效。此时, 系统进入“辅助定位”模式, 即利用由航向/姿态敏感器和里程仪提供的信息进行位置推算, 实现连续定位<sup>[1,2]</sup>。而当 GPS

1998-08-07 收到, 1998-09-22 收到修改稿

国家科委重点科技项目基金资助课题

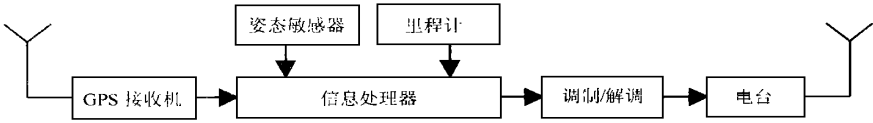


图 1 车辆复合定位系统组成原理图

定位功能恢复时, 系统管理软件将系统转至“GPS 定位”模式。这就是复合定位系统。

### 2 仿真数学模型

(1) 轨迹发生器模型 在当地水平地理坐标系中, 车辆的理想运动轨迹由下列数学模型描述

$$\ddot{x}^a = f_1(v, t); \ddot{y}^a = f_2(v, t); \ddot{z}^a = f_3(v, t) \tag{1}$$

式中:  $x, y, z$  为车辆在北东地坐标系中的位置;  $v$  为车辆速度。该数学模型描写的车辆理想运动轨迹, 可在计算机屏幕上显示在 GIS 城市道路电子地图上, 也可显示在专用图形界面(GUI)上, 如图 2 所示的 E 型轨迹。

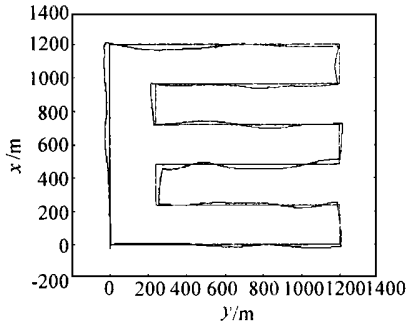


图 2 E 型运动轨迹及其仿真界面图形

#### (2) 系统误差模型

1 GPS 接收机测量误差 本系统采用低成本 L1 频率, C/A 码 GPS 接收机, 其水平定位误差可表示为

$$\$x_i = k_x \$U; \quad \$y_i = k_y \$K \tag{2}$$

式中:  $\$x_i, \$y_i$  为东向、北向瞬时位置误差;  $\$K, \$U$  为经度、纬度定位误差;  $k_x, k_y$  为比例因子; 而  $\$K, \$U$  为平稳随机变量, 可由一 ARMA(p, q) 时间序列发生器产生, 也可使用 GPS 定位实际观测数据。在仿真中 GPS 定位误差水平, 决定于城市道路环境及 GPS 接收机的类型和性能, 其水平定位精度可在 1~300m 内任意选择<sup>[3]</sup>。

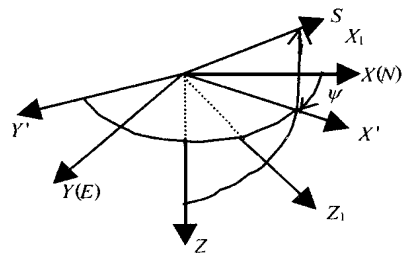


图 3 坐标系与运动学关系

$$x = x_0 + \sum S \cos \gamma_i \cos H; \quad y = y_0 + \sum S \sin \gamma_i \sin H \tag{3}$$

式中:  $S$  是位移增量, 由里程仪给出;  $x_0, y_0$  是位置推算的初始位置;  $\gamma, H$  为航向角和俯仰角, 由航向/姿态敏感器输出。系统中各敏感器的常值误差和随机误差, 可按实际传感器的精度指标予以仿真, 设误差分别为  $\$S, \$H \$\gamma$ , 则

$$\$S = b_s + n_s; \quad \$H = b_H + n_H; \quad \$\gamma = b_\gamma + n_\gamma \tag{4}$$

式中:  $b_s, b_H, b_\gamma$  是常值误差;  $n_s, n_H, n_\gamma$  是随机误差, 则位置推算误差为

$$\left. \begin{aligned} \$x &= \sum (\$S \cos \gamma_i \cos H - S \cos \gamma_i \sin H \$H - S \sin \gamma_i \cos H \$\gamma) \\ \$y &= \sum (\$S \cos \gamma_i \sin H + S \cos \gamma_i \cos H \$H - S \sin \gamma_i \sin H \$\gamma) \end{aligned} \right\} \tag{5}$$

根据系统设计与配置要求,  $n_s, n_H, n_T$  随机误差可分别由相应的零均值高斯白噪声  $N(0, R)$  予以仿真, 其中标准偏差  $R_s, R_H, R_T$  由里程仪和姿态敏感器性能确定。

» 车辆运动轨迹测量模型 车辆运动的实际位置由 GPS 或航迹推算系统测量给出, 它们都有一定的误差, 因此, 在屏幕上显示的轨迹与理想轨迹不同, 数学上可表示为

$$\begin{aligned} \overset{d}{x} &= x + \$x; \overset{d}{y} = y + \$y \end{aligned} \tag{6}$$

式中:  $x, y, \$x, \$y$  分别为理想运动轨迹和定位误差。仿真时, 由用户键入 “G” 或 “T” 或可通过 GPS 可视性条件判断, 进行人工切换或仿真软件自动进行定位模式转换。

### 3 仿真软件设计及功能

在仿真软件编程时, 使用应用最广泛的 Turbo C2.0 进行设计, 保证在 286 机型以上皆可使用, 同时使用图形界面, 提高人-机对话能力, 以使用户使用。该仿真软件有以下模块组成: 1 理想轨迹发生器, 它可由计算机直接定位给出, 也可以由数学模型解算随时显示, 其功用是作为地图背景以备地图匹配用; 2 各传感器误差模型模块, 包括 GPS 接收机、姿态敏感器、里程仪等; 3 轨迹测量模型模块, 这里考虑了各种干扰后的轨迹测量模型, 实际上是理想轨迹发生器模型与误差模型的组合; 4 图形界面生成模块, 包括理论轨迹模块、管理模块和人机对话模块, 如图 4 所示。

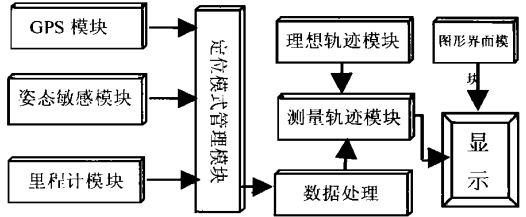


图 4 仿真软件模块结构

该仿真软件使用方便, 在 DOS 环境下键入文件名, 显示图形界面, 然后在人-机对话提示符键入常值误差即可运行。利用本文提出的仿真工具, 可在车辆定位系统的设计过程中解决下列问题: 系统总体技术方案的可行性与比较研究; 系统各组成模块的功能与误差模型研究; 系统精度与统计特性分析。

图 2 为考虑姿态敏感器、里程仪及 GPS 测量误差后的仿真界面图形。从图中可见, 测量误差对系统总体定位精度有很大影响, 这也是 GPS 复合定位系统应研究的重要问题之一。

### 4 结 论

通过仿真软件调试, 达到了预期目的, 用户在 DOS 环境下打开界面, 根据界面提示可以自行键入误差、切换条件, 运行后界面上显示出两种轨迹匹配情况, 形象逼真。根据需要能验证各种条件下的工作情况, 可以方便地修改数学模块中的参数, 并从中获取大量实验数据供设计参考使用。进一步在数据处理模块中可扩展应用各种组合定位算法(如 Kalman 滤波, 神经网络和模糊控制等)用以仿真评估各类先进的车辆组合定位系统的性能。

### 参 考 文 献

- 1 王广运, 郭秉义, 李洪涛. 差分 GPS 定位技术与应用. 北京: 电子工业出版社, 1996
- 2 TCM2 Electronic Compass Module, User's Manual. Precision Navigation, Inc, 1996
- 3 Abbott E. An examination of the relative merits of various sensors for vehicle navigation. ION GPS-95, 1995. 1269~1284