

数字地图在车辆导航中应用的若干技术问题

陈南¹ 高扬¹

(1 西安测绘研究所, 西安市雁塔路中段1号, 710054)

摘要: 分析了对各种车辆导航系统对数字地图的使用需求, 提出了车辆导航专用数字地图的特点和建立车辆导航专用数字地图库的必要性, 在此基础上对数字地图在车辆导航中的若干技术问题作了一些探讨, 并提出了一种在大范围内实现路径规划的技术途径。

关键词: 数字地图应用; 车辆导航; 路径规划; 地图匹配

中图法分类号: P228.42; P208

1 车辆导航系统对数字地图的使用需求

1.1 车辆导航系统的基本功能

车辆导航系统按用途大致上可分为车辆定位和路线引导系统、车辆位置报告和调度系统、智能车辆公路系统 3 大类。无论什么系统, 车辆位置的确定和在地图上的标示是最基本的功能。除此之外, 不同的系统还各自具备不同的功能: ①提供道路信息; ②提供多种地理信息; ③路径规划; ④路线引导; ⑤数字移动通信。

1.2 车辆导航对数字地图的使用需求

对定位来说, 最重要的数据是正确的地理位置数据, 正确的地图位置数据与车辆定位数据相结合, 可使导航系统的使用者直观地了解车辆所处位置及周围环境信息。此外, 当地图数据的位置精度比车辆定位精度高时还可用来校正定位误差和改善显示效果。

对车辆导航系统的使用者来说, 最关心的地图数据是道路名和地名, 这是数字道路图的基本数据。为了使不同地区的相同道路名不引起混淆, 地区名和更高一级行政区域的名称也需要包括进去。许多使用者还关心其他一些地理信息, 如停车场、酒店、医院和加油站等, 对军用车辆导航系统的使用者来说, 可能需要重要地物、制高点等数据。如果数字道路图数据库中加入这些数

据, 导航系统的性能就被加强了。

对路径规划和路线引导来说, 所需要的数据是道路网的拓扑结构, 同时还要考虑交通限制信息, 如单行线、转弯限制、非机动车道等。将道路按路面宽度(或通行能力)进行等级划分对道路进行分类也可使路径规划功能更有效。对卡车来说, 道路对车辆的物理数据的要求也要考虑进去, 如高度、宽度、长度和重量等。

对地图显示来说, 仅有以上信息显示还不够美观, 显得有些单调。还需要增加一定数量的其他信息, 如森林、植被、海洋、河流、居民区、铁路和其他重要地物。

1.3 车辆导航专用数字地图

汽车导航用数字图与普通矢量数字图相比较, 有其特殊之处。

①要素种类不同。车辆导航专用数字地图的要素种类与普通矢量数字地图要素种类相比有许多不同, 汽车导航专用数字地图主要包括与交通有关的数据和一些增强显示效果的数据, 一般不需要高程、等高线、等深线、管线网络等信息。但道路网的信息量比普通矢量数字地图的信息量大, 除了道路宽度、长度等数据外, 还应具有是否是单行线及单行方向等信息。另外, 高速公路的出口数据、立体交叉桥的结构数据、高架桥数据等也是普通矢量数字图所不具备的。

②数据层次划分灵活。各种不同车辆导航系统对数字地图中数据类型的使用需求各不相同,

如车辆位置报告系统对道路的通行限制和道路网的拓扑结构就不感兴趣。所以车辆导航专用数字地图数据库的数据组织应合理划分层次,可根据用户不同需求提供包含不同类型数据的数字地图。另外,汽车导航专用数字地图的一个最基本的用途就是显示在各种车载导航仪器或其他系统的屏幕上供用户观看。由于各种车载导航仪器或系统的硬件组成随成本和功能的不同有很大差别,显示设备的种类和分辨率也有很大差别。为了使汽车导航数据库的数据可支持多种不同的显示设备,达到较好的显示效果,汽车导航专用数字地图数据层次的划分也应较为灵活。

③数据表示方式简洁。各种车载导航系统的数据存储能力随成本和功能的不同有很大差别,简单的车载导航仪可能只有很少的数据存储能力,因此,汽车导航专用数字地图中数据的表示方法也应简洁,尽可能地节省存储空间。

2 数字地图数据的组织和显示

2.1 数字地图数据的组织

在对车辆导航系统的数字地图数据库数据进行组织时,应注意做到以下几点。

①使地图显示控制程序能够适用于任何地区,不因车辆所处位置的变化而改变程序,无论车辆在何处,均可根据所处位置准确无误地调出所在区域的数字地图;

②使地图显示控制程序可适用于多种比例尺的数字地图,而且在无地图数据情况下也能正常工作;

③使地图显示控制程序能够快速查询和调出所需显示的地图数据。

为实现上述功能要求,笔者提出如下的车辆导航专用数据库数据组织方案。

①基本地图数据来源于国家测绘数据库标准数据。从国家测绘数据库中提取所需的数据要素形成基本图,然后根据不同用途补充国家测绘数据库中不有的其他数据要素。

②数据文件的划分与国家测绘数据库数字图的图幅划分一致,使每幅图都对应一定地理区域而且符合规范。数据文件名由其所对应的地理区域和地图比例尺所确定且具有惟一性,同一地区不同属性和层次的数据由文件名后缀确定。

③建立索引表,以便快速确定数据库中有无所需区域的数据。

④将不同比例尺的数字地图存放在不同的

目录下,以减少调用时的查询时间。

⑤对地图数据要素按某种约束进行分级,以便在显示时可按显示比例尺的大小进行取舍,改善显示效果。

经过试验,上述方案可以满足一般车辆导航系统的需要。应该指出,在这种数据库组织方式下,地图显示控制程序应该根据车辆定位的坐标值,并按照当前所用的比例尺和数据文件命名规则计算出相应的地图数据文件名,然后调出显示。另外,当数据库中没有相应地区的地图数据时,地图显示控制程序可在显示屏上画出经纬网格或高斯投影平面直角坐标网格,同时在网格线旁标上经纬度值或平面直角坐标值,使用户仍然能够较为直观地看到自己的位置,使系统在无图情况下也可正常工作。

2.2 车辆导航系统中数字地图的显示

为实现各种比例尺数字地图无缝拼接显示,应对数字地图进行统一分幅和编号命名,数字地图的分幅和数据库数据可按 §2.1 所述的方案进行组织。在显示时首先根据车辆位置坐标和显示比例尺以及屏幕的显示分辨率(或显示窗口点阵大小)计算出屏幕 4 个顶点的地理坐标,再根据 4 组坐标计算出在显示屏上所要显示的所有地图数据文件名(可能是一幅图,也可能是多幅图),然后进行调用显示。对多幅图来说,应先拼接,再显示,这样便可在一屏上显示拼接后的多幅地图的内容,同时也可实现显示比例的无级缩放。显示原理如图 1 所示。

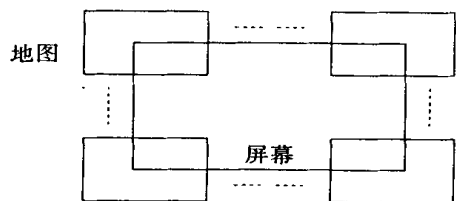


图 1 地图调用原理

Fig. 1 The Principle of Map Access

由于要求在导航系统中的数据量尽可能地小,而普通地图要素的存储坐标数据类型为 DOUBLE 型。在不牺牲精度的条件下,为减少电子地图的数据量,需建立电子地图数据由绝对坐标到相对坐标的映射转换。每幅地图的左下角绝对坐标可知(由图号便可计算出),地图的经宽和纬宽固定,通过计算出地图数据到左下角的相对经差和纬差,便可将地图数据的经纬度坐标转换为相对坐标,将 DOUBLE 存储类型转换为 LONG 型,数据的存储空间减小了 1/2 ~ 1/4 倍。例如,

一幅 1:2.5 万的地图, 经宽为 $7.5'$, 纬宽为 $5'$, 令坐标单位为 $0.1''$, 则地图宽度为 4 500, 高度为 3 000, 相应的坐标转换公式为:

$$B_{\text{绝对}} = (B_{\text{相对}} \times 5/60) / 3\,000 + B_{\text{左下角}}$$

$$L_{\text{绝对}} = (L_{\text{相对}} \times 7.5/60) / 4\,500 + L_{\text{左下角}}$$

为在地图显示时实现无级缩放, 需将地图数据要素分层分级进行组织。分层原则依据要素属性, 如“交通”、“居民地”、“独立地物”、“水系”、“植被”等, 根据需要可分别显示也可叠加显示; 要素根据等级分级, 同时也兼顾到显示效果, 做到“显示区域范围越小, 显示要素越详细”。一屏内显示要素个数适中, 需要根据显示区域分别设置显示等级, 要素稠密区显示等级低, 要素稀疏区显示等级高, 既要使要素显示尽量详细, 又避免相互叠加重合, 影响显示效果。

为保证地图漫游的快速和平滑, 需建立虚拟显示缓冲区和前后台双进程机制。虚拟显缓包括 4 块, 为当前屏幕显示区域的周边区域地图 (4 个方向), 如图 2 所示。

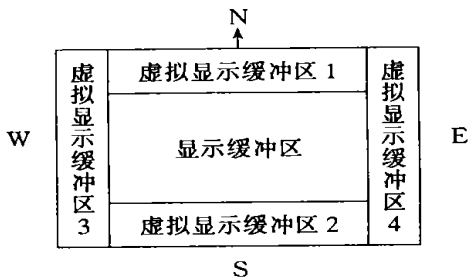


图 2 地图显示漫游的实现

Fig. 2 The Realization of Map Scrolling Display

前台进程处理显缓显示。当调用显示时, 前台进程直接从存储设备将地图数据读入显示缓冲区, 并将周边区域地图数据读入虚拟显示缓冲区; 在对周边区域进行漫游时, 前台进程将屏幕更新内容从相应方向的虚拟显示缓冲区移入显示缓冲区, 并将移出内容从显示缓冲区移入虚拟显示缓冲区, 后台进程从存储设备中将周边区域的更新数据读入相应虚拟显示缓冲区。

3 地图匹配

地图匹配 (map matching, MM) 在车辆导航系统中得到了广泛的应用。许多采用卫星定位的车辆导航系统中, 为了解决卫星信号受遮挡后无法定位的问题, 常采用航位推算法 (dead-reckoning, DR) 作为补充定位手段。利用航位推算方式对车辆导航定位时, 由于行驶距离传感器和方向传感器存在误差, 导致定位误差并且此误差随车

辆行进距离增大而累计增大, 所以在具备数字地图的车辆导航系统中, 常采用地图匹配, 用精度较高的地图数据对定位结果进行校正。此外, 在采用卫星定位的情况下, 也常常采用地图匹配法改善显示效果。由于定位存在误差 (尤其是随机误差), 当显示的地图比例尺较大时, 若定位精度没有地图数据位置精度高, 车辆标示在地图上后经常看起来好像没有行驶在道路上, 影响了显示效果。在这种情况下, 采用地图匹配, 利用高精度地图数据, 将车辆位置标示在车辆最可能行驶的道路上, 可达到较好的显示效果。

地图匹配的基本原理如下。车辆行驶过程中, 如果导航系统处于推算定位方式, 导航系统不断地将定位数据与数据库中的道路数据进行比较, 判断车辆在哪个道路上行驶。当定位数据偏离道路的距离值超过某一设定值时, 利用道路数据进行修正, 这样可消除定向误差。当车辆在某一路口转弯时, 定位数据与地图数据相比还没有到达路口或已超过路口时, 利用道路数据进行改正, 可以消除测距误差。

常用的地图匹配法有半确定算法、概率统计算法、基于模糊逻辑的算法和相关算法。地图匹配算法的具体实现可参见文献 [1, 2]。

地图匹配的实现建立在如下条件的基础上:

- ① 车辆一直行驶在道路上;
 - ② 地图数据库中有相应道路的数据;
 - ③ 地图数据库数据的位置精度比定位精度高。
- 但在实际中, 由于数字地图资料的更新往往跟不上道路建设的速度, 数字地图资料的现势性较差, 没有新建道路的数据, 或由于其他原因车辆驶离道路 (如进入居民区、企事业单位、停车场等), 上述①②条件经常无法满足, 从而导致车辆导航系统出现错误或工作不正常。有时车辆行驶在相互平行而且距离很近的道路上时, 地图匹配也可能发生匹配错误, 误将车辆匹配到相邻的道路上。

针对这种情况, 笔者采取了以下措施对地图匹配法进行改进。

1) 在车辆导航系统软件中设立地图匹配开关, 由驾驶员或系统操作人员根据实际情况决定什么时候启用地图匹配, 什么时候关闭地图匹配。这样当车辆驶离道路或驶入数字地图库中没有的道路时, 关闭地图匹配, 车辆导航系统仍然能够正常工作, 以原始定位数据为准在数字地图上标示车辆位置。

2) 在车辆导航系统软件中增加人工校正功能。当地图匹配出现明显的可观察到的错误时,

由人工进行校正。当由于地理环境所限无法利用卫星定位时,利用人工校正功能还可提供推算导航的起始点。

3) 在车辆导航系统软件中增加告警功能。当车辆驶离道路或驶入数字地图库中没有的道路时,如果系统的使用者没有察觉,仍然开启地图匹配功能,按车辆仍在数字地图库中具有的道路数据进行匹配,这样将会给出错误的结果。出现上述情况时,定位数据与匹配结果之间的差距会持续增大,增加告警功能后,地图匹配软件在进行地图匹配时,不断地将定位数据与匹配结果进行比较,当定位数据与匹配结果之间的差距增大到一定程度,超过设定的临界值时,发出告警信号,通知系统使用者匹配结果超限,由使用者根据实际情况确定是否关闭地图匹配功能。临界值由系统采用的数字地图的比例尺和车辆导航系统的定位精度两个参数确定。

4 路径规划问题

路径规划是车辆导航系统的一个基本应用,其目的是帮助车辆驾驶人员或调度人员在车辆出发地和目的地确定的情况下按照某种策略选定一条最优路径。路径规划可分为单车路径规划和多车路径规划。单车路径规划的有关算法是多车路径规划的基础,可推广到多车路径规划。另外,按照车辆导航系统是否与交通管理系统相连接,能否根据当前交通状况随时更改最优路径,路径规划又可分为静态路径规划和动态路径规划。

路径规划算法很多,常用的有最短路径算法、启发式算法、双向搜索算法和分层搜索算法等^[1]。本文仅讨论路径规划算法实现中的若干实际问题。

路径规划算法的实现基于数字道路网的建立,也就是对道路网按照逻辑关系建立拓扑结构,然后在这个拓扑结构上按选定的策略进行计算,选出最优路径。对使用区域比较小(如某个城市)的车辆导航系统,由于道路网中的结点数相对较少,实现路径规划算法所需的存储空间和计算时间较少,易于实现。当使用区域扩大时,道路网中的结点数和实现路径规划算法所需的存储空间和计算时间急速增加,导致路径规划的实现许多情况下变得不可能或无法满足实际需求。我国幅员广大,地域辽阔,道路网覆盖全国,所以如何实现大范围内的路径规划是必须要解决的实际问题。

在参考国内外有关车辆导航系统的资料和研究成果的基础上,提出如下解决方案,这个方案还没有具体实现,不足之处难免。

4.1 方案设计的基本思想

在路径规划的许多实际应用中,不一定需要最优路径解,近似最优解往往可以满足大部分需求^[9]。所以在对道路网数据建立拓扑结构时,在对最终结果影响不大的情况下,删除不重要的道路。简化道路网,减少结点数,从而使最终实现路径规划算法所需的存储空间和计算时间不增加或增加很少。

4.2 方案的主要内容

1) 对道路按车辆通行能力进行分级,如分为4级:

4级——高等级公路(高速路、汽车专用线、国道);

3级——省级道路;

2级——县乡间干道和城市干道;

1级——其他车辆能够通行的道路。

2) 相应地对数字道路数据库进行分层,不同层次安排不同内容。在第4层(最高层)中安排4级数据,第3层安排4级和3级数据,第2层安排4级、3级和2级数据,第1层(最低层)安排全部数据。即层次越低,数据越详细。

3) 对不同层次的数据按不同比例尺划分图幅(数据文件),组织数据。如第1层按1:2.5万划分,第2层按1:5万划分,第3层按1:10万(或1:25万)划分,第4层按1:25万(或1:50万)划分。

4) 路径规划采用双向搜索算法。按出发地和目的地之间的距离对不同层次的数据进行计算。如50km以内(一般在一个城市范围内),则第1层上计算,50km~100km(一般相当于一个市的行政区域)则第2层上计算,100km~500km(一般相当于一个省的行政区域)则第3层上计算,500km以上(省际间)在第4层上计算。

5) 当出发地和/或目的地结点不在所计算的数据层中时,则将计算层次降低,在低一层中查询相应结点,如果还没有,则再降低层次,直至找到相应结点。以此结点为起始点计算距离最近的级别高一级的(或高更多级)的结点,然后再在更高层次中进行计算,直至计算完成。

6) 采用动态建立拓扑结构方法,即进行路径规划时才建立所需的道路网拓扑结构。当然,若经常对某个固定区域的道路网进行路径规划计算,也可在建立相应的拓扑结构后保存起来。为

了减少计算量, 在形成拓扑结构时, 应考虑出发地和目的地之间连线的取向, 按某种约束条件对进入拓扑结构的道路和结点进行取舍。

预计采用上述方案, 能够解决大范围内的路径规划问题, 且大部分情况下可以得到最优结果。

参 考 文 献

- 1 赵亦林. 车辆定位与导航系统. 谭国真译. 北京: 电子工业出版社, 1999
- 2 高 博. 汽车导航系统中的数据处理·地图匹配和路径规划的研究:[硕士论文]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2001
- 3 Hinrick C. Status and Directions of Digital Map Databases in Europe. Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 1993

- 4 Masao S, Yasuomi F. Current Status and Future Plans for Digital Map Databases in Japan. Vehicle Navigation and Information Systems Conference, 1993
- 5 徐爱功, 刘经南. 面向自动车辆定位与导航系统的数字地图数据库系统. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(2): 159~162
- 6 刘光运, 韩丽斌. 电子地图技术与应用. 北京: 测绘出版社, 1996

作者简介: 陈南, 博士生. 现从事卫星导航及应用技术的研究。
代表成果: 电子地图导航定位系统; 陆地车辆组合导航技术。

E-mail: gpssc@263.net

Several Technical Problems on Applications of Digital Map to Vehicle Navigation Systems

CHEN Nan¹ GAO Yang¹

(1 Xi'an Institute of Surveying and Mapping, 1 Middle Section of Yanta Road, Xi'an, China, 710054)

Abstract: In this paper, the application requirements of vehicle navigation systems (VNS) for digital maps are analyzed first. Then the use of digital maps in VNS and some of its technologies are described in detail.

The realization of many functions of VNS depends on digital maps and also puts forward some special requirements for the digital maps. It is necessary to set up the digital road map database of vehicle navigation oriented digital road map database. Some attributes of this kind of digital map database are discussed in this paper.

In various kinds of VNS, the basic application of digital map is displayed. It can offer information to the user directly on the screen. In order to display the digital map onto the screen and change the displayed map quickly with the movement of the vehicle, the organization of the database is very important. A scheme on the organization of the database is presented in this paper. Some technologies of digital map display are also described.

Because of the poor positioning precision of GPS and other positioning methods, the displayed position of the vehicle is often inaccurately out of the road. So the technology of map matching (MM) is widely used in VNS to improve the accuracy of positioning and the display result. A practical improvement of MM algorithms is presented in this paper.

Lastly, a suggested multi-level organization scheme of digital road map database is proposed and discussed.

Key words: digital map database; vehicle navigation system; route planning; map matching

About the author: CHEN Nan, Ph. D candidate. He is interested in the research on satellite navigation technology and its applications. His typical achievements are electrical map navigation system; vehicle navigation system.

E-mail: gpssc@263.net