

# 面向自动车辆定位与导航系统的 数字地图数据库系统\*

徐爱功 刘经南

(武汉测绘科技大学地学测量工程学院,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘要** 讨论了生成 AVLN 数字地图及相应数据库所必须采集的信息。重点分析了 AVLN 系统中几个依赖数字地图的功能。

**关键词** 自动车辆定位与导航系统;数字地图;数据库;图形表达;线路指南

**分类号** P 228.42

自动车辆定位与导航 (AVLN) 面临的主要问题之一是缺乏适当的数字地图,许多地区的道路还没有数字化,即使有些地区已经数字化,其中许多信息是过时的、低质的,并且其结构不适合 AVLN 系统使用。

因此,地图制图必须逐步由地图产品工业向信息工业转换,以满足 AVLN 系统中道路数据库的要求;同时,地图工作者也应对实时陆地导航系统有所了解。

## 1 AVLN 系统的分类

一个 AVLN 系统可以看成是能够集中并且自动确定、显示和控制汽车在某一区域的位置和运动情况的技术与设备组合。所有过程都不同程度地依赖于数字地图。数字地图所起作用的大小和性质由 AVLN 的用途决定。

AVLN 系统分 4 类:1) 车队管理系统,包括调度系统;2) 自主型系统;3) 咨询系统,接收实时交通信息;4) 特征信息采集系统或编目系统,采集道路状况和与道路有关的交通基础设施信息。

不同系统对地图的需求有差异。自主型系统和咨询系统需要依靠数字化道路图完成车内导航功能。这两种系统的主要区别在于后者使用一个通讯链来接收交通拥挤信息和辅助数据。运用实时信息器更有效地避免交通问题。车辆收到实时数据时,确定最佳线路,并赋予相关路线一个阻抗值,降低它们符合需要的程度。

调度型 AVLN 系统可应用于许多领域。这

类系统的用户可以是商业部门(例如出租或公交车队、投递和收集车队等)、市政部门(如消防车辆及救护车辆等)或者安全部门(如要员保护)。尽管用途各异,但都具有监视并且分配一队车辆的共同任务。这就要求调度中心和车辆操作人员之间具有一个通信链。调度工作主要在调度中心完成,只有少量在车辆内进行。位于每个车队管理中心的数字道路图的调度或控制中心对其车辆进行跟踪监视时,被跟踪的车辆是否需要车内数字道路图要根据系统的用途而定。跟踪被盗车辆的系统显然不需要车内地图,而急救车辆调度系统却从车内具有的线路指南地图得到极大帮助。

在这 4 类系统中,只有编目系统不需要车内数字道路图,因为该类驾驶员一般不需要导航系统。

## 2 依赖地图的功能及对地图的要求

系统中的每项功能均影响到系统的整体性能。选择系统的功能应根据其用途而定,但其中动态定位功能是不可缺少的。

配备数字地图数据的 AVLN 系统功能有:1) 图形表达;2) 对 AVLN 系统初始化;3) 辅助确定坐标和地址;4) 校正推断的位置数据;5) 确定最佳路线;6) 提供线路指南,即向驾驶员提示驾驶指令以指导其沿着最佳路线行进;7) 提供辅助信息。

满足这些功能需要地图坐标、路网拓扑关系及相关的辅助数据。具体说,所存储的数据必须包括下列信息:1) 街道路段的地理位置和方向;2)

街道路段的链接关系;3) 数字网络中与街道相关的交通规则(通行规则、单行道、限制左转弯等等);4) 街道名称和与街道段相关的里程碑(如特征建筑物)。各种功能与3类数据的关系如图1所示。

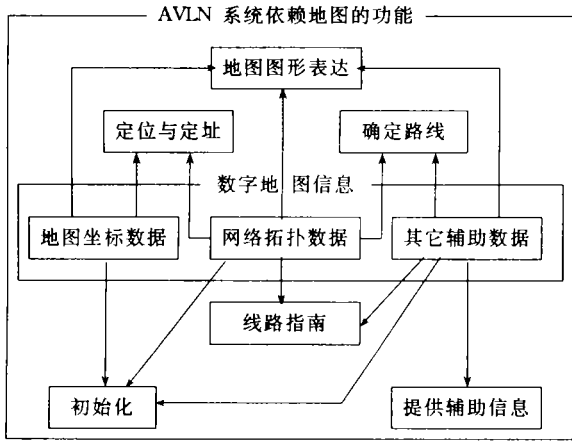


图1 AVLN系统中依赖数字地图数据库功能的数据流程

Fig. 1 Scheme of Functions Dependent on Digital Map Database in the AVLN System

2.1 图形表达

一般而言,道路网的图形显示是 AVLN 系统最必须的数字地图功能。调度中心拥有所有车辆地点的画面;自主型导航系统中,驾驶员可以随时看到车辆位置以及道路和其它路标的关系。

由于图形的表达蕴含着信息的重新布置,因此必须较多地考虑人的因素。

按比例放大和缩小是图形功能之一。对调度来说,这个功能可以使调度人员从整体上察看整个路网所有应引起注意的车辆。同样,自主型系统的用户能够察看全部线路,并有选择地放大所感兴趣的部分。

编码也是图形显示的一个重要方面。为简化起见,一般应使用 6 种以下颜色,颜色组合应尽可能与已有的颜色联想一致。下面是根据一般视觉原理推荐的 AVLN 颜色组合。黄色或者橘黄色:禁止进入道路(单行道);绿色:已确定的旅行线路;红色:危险情况;蓝色:水系(例如河流和湖泊);棕色或者黑色:人工地物(例如铁路、桥梁和路标等);浅色(如淡绿色):除设计线路外的街道网络。

图表显示还应包括形状和尺寸编码。形状应该很容易区别,并且具有与其所代表的物体相对应的值。大小则应以能够辨别它所代表的地物的相对重要性为根据。

以上考虑的只是与实时图形表达相关的部分制图问题。显然,数字地图数据库的结构对提高数

字地图实时表达能力发挥着重要作用。

矢量形式的街道网比栅格形式街道网对导航系统更有用。

2.2 AVLN 系统位置的初始化

这里的初始化是指不考虑系统的种类(即调度型或自主型)而识别车辆相对数字化地图的起始点和方位。更具体地说,车辆的位置必须与在道路网络和拓扑数据中定义的一个节点(交叉点)或者链点(地址)建立关系。这两类数据是 AVLN 数字地图数据库建立的结构基础。数字地图对地物表达的局限性会引起数字地图坐标和导航观测值不匹配,从而给初始化带来一定的困难。例如,已知具有最小宽度 20 m 的道路用单线来表示。采用的定位技术和数字地图坐标出现的误差会使初始化操作受到更大影响。

最普通的初始化方法是由用户通过一个面板或键盘人工输入车辆的当前地点(即将要到达的交叉路口)。车辆通过搜索数据库获得车辆和地图的关系,然后从数据库中提取坐标、街道的方位,确定车辆的行驶方向。

手工输入较可靠,但很繁琐。可以通过冒泡存储将系统关闭时的数据加以保存以减少手工操作,在重新启动系统时车辆的位置数据便可以迅速得到恢复。但当出现系统断电时的运动(例如对车辆的拖拽)或者显著的、不能探测的车辆移动(例如轮渡)等,仍需要经常进行人工重新设置。

当采用绝对定位方法时,可以选择“链符合”初始化过程。它要求绝对定位精度在中距离范围(即小于 30 m),而且具有高质量的数字地图,地图的坐标与导航坐标具有相同坐标系或能够迅速转换为相同坐标系的坐标。该方法能够自动识别车辆在数字化定义的交通网络内的道路以及行驶的方向。链符合方法要求在相对较短的时间段(例如几 s)内确定至少 2 个定位点,并且要求车辆是在运动中。利用这 2 个观测坐标可以将坐标和方向都确定出来。利用第一个点的坐标在地图坐标文件中进行搜索来识别与观测坐标最近的交叉路口。一旦找到最近的交叉节点,就在观测方位和所有直接与该交叉路口相连的数字地图链的方位之间进行比较。车辆所在道路的最近匹配信号和观测方位标明其前进的方向。由于实地交通网络固有的街区结构,匹配可以允许观测方位和地图方位之间有些许的差别(如  $\pm 15^\circ$ )。

这种初始化方法的最大局限性是在 GPS 信号受阻时网络的特定区域会出现阴影。在阴影区

域布设局部无线电信标可以解决该问题。

不管采用什么定位方法,必须快速调出由数字地图数据库定义的街道方位才能够使车辆在网络上行进时绘出其受道路约束的实时位置。为了快速提取初始位置和方向,在较大的网络中常采用多边形化方法。

### 2.3 坐标位置和地址位置

完成初始化后,必须建立随时观测位置与数字地图之间的联系,以对车辆在网络上的路径进行连续跟踪。在确定车辆坐标值的坐标定位之后再行地址定位,即确定车辆与背景地物的相对位置关系。在调度型 AVLN 系统中,坐标位置(有时包括地点位置)将通过数字通信从车辆发送到控制调度中心,利用这种方式自动“监视”车辆在道路上的运行情况。

目前最常见的依赖数字地图信息进行 AVLN 定位的方式是推断和扩充。它将推断系统与地图匹配技术结合起来提供位置更新。通过识别在交叉路口进行的转弯与数字地图进行一次匹配,从而从地图坐标数据库中提取坐标位置。以这种方式,相对推断系统的开放端的误差漂移可以在一个可识别的交叉路口进行闭合。这种方法的关键是识别这个交叉路口。这就是拓扑数据在坐标定位和地点定位中所发挥的重要作用。系统必须事先进行辨认有希望的交叉路口,以保证完成快速提取交叉点的坐标来满足系统的实时要求。地图匹配的成功与否依赖于网络拓扑数据的结构。对所接近交叉路口的预测是通过车辆行驶的当前链(即路段)上位置和方向的连续监测并从拓扑数据中提取链终端节点完成的。借助在途中下一个交叉路口的信息,就可以快速地从地图坐标数据中提取相应的地图坐标。随着车辆接近交叉路口,候选交叉路口坐标不断逼近,为完成车辆位置更新做好了准备。

另外一个与坐标点和地址位置相关的特征是将车辆图标显示在道路上。这主要是为了用户的视觉需要及绝对或相对定位方法。计算当前道路链的坐标方位与初始化时的定位方法一样,可从网络拓扑数据和地图坐标数据计算得到。如果能够知道车辆行进的位置和方向,就可在链上确定与计算位置的最接近点,将车辆直接绘到道路上。这样就可避免因独立定位和数字地图信息之间的不符而引起图标在道路两边的漂移。

### 2.4 线路确定

线路确定是导航问题的一个子功能。该功能的主要任务是,在一个有边界限制的交通网络中,

从任意给定的 2 个节点对之间选取内节点到节点的线路。这存在下列 3 类问题:1) 单节点到单节点(即 1 到 1);2) 一个节点到多个节点(即 1 到  $m$ );3) 多节点到多节点(即  $n$  到  $m$ )。

已经建立起来的所有线路算法都要求网络具有拓扑关系。该问题是通过一个链权(例如行车时间、行驶距离、最安全、环境最好、最廉价、阻抗最小)的邻接加权  $n \times n$  阶矩阵( $n$  为网络中的节点数)作算术运算。由于在图论中的道路网络是稀疏的(即  $L \ll n^2$ ,  $L$  为网络中链的数目),通过将邻接矩阵( $n \times n$ )叠加成为一个每列分别包括识别各链的起始节点、终端节点和权的邻接表中加入更多的链权列来调节。

计算最优线路时,实际网络的源点和目标点会出现特殊情况。例如,对应于一个街道地址的源点或目标点往往不能由唯一的节点识别。由于大多数 AVLN 数据库只存储对应于街道交叉路口的节点。在一个城市中将每个地址都赋予其节点标识上是不现实的,这样会使邻接表迅速膨胀从而大大增加计算机内存的负担,并很难找到获得实时解的线路最优算法。可以通过确定到达定义其所在链的两个节点的最佳线路来完成。同样,当车辆位于一个链上的两个节点之间时,通过识别候选交叉路口可以确定源节点,这个过程与初始化相同。

以 AVLN 最优线路确定为背景的交通网络中存在许多特性。这些特性可以分成 2 个具有符号关系的领域:空间领域和时间领域。

在空间领域,必须了解特殊的道路网络特征,例如单行道、有限制的区域、天桥和地下通道等。这些特征可以作为链属性嵌入网络的拓扑数据中。线路确定不仅取决于位置,而且取决于方向。例如,如果下一个接近的交叉路口在驾驶员要到达目标的相反方向上,所确定的最佳线路可能要求车辆完成一个  $180^\circ$  的转弯。实际算法必须能够处理这些情况。

时间领域指的是动态网络(即随时间变化的网络)。这些变化可能是慢速的(即季节性的),也可能是快速的(即每小时性的)。实际中存在随时改变行驶线路的依赖时间的变量,这些变量包括物理变化(即外形的改变)和关于链属性或权的改变(即转换)。不管哪种变化类型,一般都在车辆网络中转换,这些因素应该在系统模型中加以考虑以使其更有效。不管是变化的还是固定的更新,都可以通过适当更新数字地图数据库的数据通信链来完成。这对于那些希望占用最少的行驶

时间的用户来说很有价值,因为他们可以在途中实时地改变其线路。

应该注意的是,不管采取什么方法,AVLN 线路确定不仅要求具体的数字地图内容(例如网络拓扑数据和辅助信息数据),而且还要求包括节点(如交叉路口)、链(如道路段)和多边形(如子网、停车场)在内的良好结构的数据库。其中的多边形对大型交通网络中有效地处理数据和减少线路确定的运行时间起着重要作用。

### 2.5 线路指南

线路指南是指以数字形式访问线路的显示结果(一部分地图坐标和拓扑数据),将其与必要的辅助数据相结合,转换成能够帮助驾驶员导航的指示信息。在所有自主型系统和机动车辆调度系统中都要求具有线路指南。

决定有效表达方式的两个方面是输出方式和输出内容。在各种输出方式中最常见的是视频、音频和二者的结合。AVLN 系统中最普遍使用的视频输出是地图的图形显示。查询的最佳线路用特定的颜色标出,并有选择地以文字形式显示线路指令,但是,试验表明驾驶员对音频指令更为敏感,声像信息的结合容易分散驾驶员的精力,从而影响驾驶。

导航指令的内容不应受其表达方法的影响。人们在驾车行驶时非常依赖里程碑,所使用的里程碑应是显著地物。中间位置不应加入里程碑,因为如果驾驶员错过了它,会继续去寻找错过的里程碑而忘记去寻找下一个转弯。另外两个线路指南的辅助物是途中要穿过的主要交错道路的名称和以里程给出的中转距离。

研究表明,要达到导航目的必须有准确的街道图显示。目前普遍采用的北向地图有利于车辆北向行驶时根据地物作出很快的判断,但随着行进方向与纵向的角度增大,这种判断速度会很快

降低。

当以声音形式给出驾驶指令时,就应通知驾驶员所接近的转弯,标明转弯之间的距离,所要转入街道的名称,位于那里的显著里程碑,并通知误差情况。

## 3 结 论

AVLN 系统是一个具有一定智能的数字地图以及相关数据库的系统。线路的图形显示仅仅是其中的一小部分。

数字路线信息对陆上导航关系重要,因此必须使这类信息的结构和功能与 AVLN 系统中的其它组成部分(定位、通信、计算存储等)相匹配。

### 参 考 文 献

- 1 徐爱功,刘经南. 车辆自动定位导航系统的基本模式与技术问题. 测绘通报,1996(4): 15~18
- 2 贾化民,袁建平,窦晓牧. AVLN 系统及其应用. 见: GPS 技术应用论文集. 北京: 测绘出版社,1995. 9: 87~95
- 3 Edward J, Krakiwsky J. Blake Bullock. Digital Road Data: Putting GPS on the Map. GPS World, 1994(5): 43~46
- 4 Ernst P N, Wolf Z. Digital Map Data Bases for Autonomous Vehicle Navigation Systems. IEEE Transaction on Vehicular Technology, 1986: 320~324
- 5 Harris B C, Klesh A L, et al. Digital Map Dependent Functions of Automatic Vehicle Location Systems. IEEE Transaction on Vehicular Technology, 1988: 79~87
- 6 Krakiwsky J E. Innovations in Vehicle Tracking and Navigation. GPS World, 1994(2): 42~46

## Development of Digital Map Database for Automatic Vehicle Location and Navigation Systems

*Xu Aigong Liu Jingnan*

(School of Geo-science Surveying Engineering, WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

**Abstract** Essential information for generating the digital map and associated database is discussed in this paper. Several digital map dependent functions, including map representation, initialization of the AVLN system, position and location, route

(下转第 174 页)

个模板库之间的相互关系,设计流程导向时要顾及可能会出现各种情况,这些情况以选项的方式向使用者提供。设计的总的原则是要从专题制图自身的特点出发。模板化的专题制图系统应具有一般专题制图系统的功能,也就是说抛开模板和流程导向也能达到专题制图的目的。

现在的一些商用软件(Office系列,Corel-Draw等等)都引入了模板技术,并且使用专家导向(Wizard)方式对设计流程进行模板化。在设计系统时可以参考它们的设计方法。

## 4 结 论

本文在自行地图专家(MapWizard)系统中已基本完成了专题图表和分类分级设色模板库的建立。系统可以设计专题制图中大部分的专题图表,并且可以任意组合,分类分级设色模板提供专家常用的分类分级设色方案。从笔者做的实验性

工作来看,基于模板的专题制图系统许多地方优于常规系统。从认识世界和改造世界的角度出发,模板的概念符合人类认识事物的特点。基于模板的专题制图系统可以解决当前专题制图系统中的很多不足,但要设计一整套基于专题制图的模板库和设计流程导向仍有较大的难度,这需要制图专家和机助制图人员的共同努力。

## 参 考 文 献

- 1 张克权,黄仁涛. 专题地图编制. 北京:测绘出版社, 1991.
- 2 祝国瑞,苗先荣,陈丽珍. 地图设计. 广州:广东省地图出版社,1993.
- 3 徐庆荣,黄伟,杜道生,等. 计算机地图制图原理. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1993.
- 4 梁启章. GIS和计算机制图. 北京:科学出版社, 1995.
- 5 尹贡白,王家耀,田德森,等. 地图概论. 北京:测绘出版社,1991.

## A Pattern-Plate-Based Technique for Thematic Mapping

Sun Yafu Du Daosheng Zhou Yongqian

(National Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,  
WTUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

**Abstract** Taking the thematic charts in thematic mapping for example, a new method based on pattern-plate for thematic mapping is given in this paper. Also the conception of pattern-plate, the design principles of pattern-plate tool and the method for establishing pattern-plate library are discussed.

**Key words** thematic mapping; pattern-plate; pattern-plate design tool

(上接第 162 页) determination, and route guidance are mainly described.

**Key words** automatic vehicle location and navigation (AVLN) system; digital map; database; map representation; route guidance