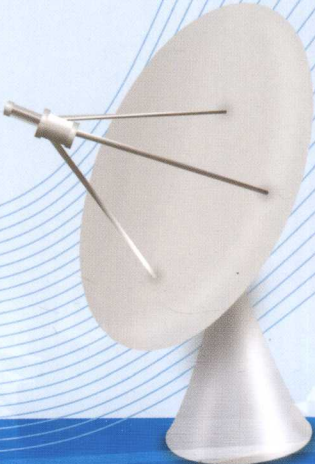




车道级路径引导系统

张林 米雪玉 陈光 王彬 编著



HEUP 哈尔滨工程大学出版社

内容简介

本书以车道级路径引导系统为研究对象，系统阐述了车道级路径引导系统的组成、功能、应用及实现技术。本书可作为高等院校交通工程、道路工程、交通规划等专业及相关工程技术人员参考，也可作为从事道路工程、交通规划等工作的工程技术人员参考。

车道级路径引导系统

Lane - level Routing Guidance System

张 林 米雪玉 陈 光 王 彬 编 著

出版发行：哈尔滨工程大学出版社
地址：哈尔滨市南岗区
邮编：150001
发行电话：0451-8252193
传 真：0451-8252196
邮 政 挂 号：787mm×960mm
本 册 开 本：10
字 数：193千字
版 次：2014年8月第1版
印 次：2014年8月第1次印刷
定 价：22.00元

HEUP 哈尔滨工程大学出版社

http://press.uep.cn
E-mail: heupress@uep.cn

内 容 简 介

车辆导航系统是智能交通系统的重要组成部分,在缓解交通拥堵、节约驾驶成本方面发挥着重要作用。主要内容涉及车道级路径引导系统的基础理论框架、车道级导航电子地图技术、高精度车辆定位技术、车道级地图匹配技术及车道级路径优化方法等,它汇集了近年来我国从事智能交通系统研究人员的最新研究成果及其领域的相关动态。

本书对从事智能交通系统领域研究和开发的科研人员具有指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

车道级路径引导系统/张林等编著. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社,2014. 8
ISBN 978 - 7 - 5661 - 0865 - 4

I. ①车… II. ①张… III. ①车辆线路引导系统
IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 181056 号

出版发行	哈尔滨工程大学出版社
社 址	哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码	150001
发行电话	0451 - 82519328
传 真	0451 - 82519699
经 销	新华书店
印 刷	黑龙江省地质测绘印制中心
开 本	787mm × 960mm 1/16
印 张	10
字 数	193 千字
版 次	2014 年 8 月第 1 版
印 次	2014 年 8 月第 1 次印刷
定 价	25.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

前 言

随着我国经济的快速发展和人们生活水平的不断提高,城市交通拥挤问题越发严重,已经成为制约我国大中城市协调发展的瓶颈问题。车辆导航系统作为智能交通系统的重要组成部分,在解决城市交通拥挤问题中发挥着重要的作用。通过与智能交通系统的其他子系统相互配合,车辆导航系统可以有效引导交通参与者在出行前或出行中根据实时或预测的道路交通信息合理选择出行路线,从而实现路网交通流的区域均衡分布。我国在车辆导航系统领域的研究起步较晚,目前国内销售的车辆导航装置与国外高端产品相比大多功能单一,属于第二代导航产品。这些导航设备一般采用导航电子地图作为导航功能实现的平台,由于导航电子地图将路网抽象为节点和线段两个组成要素,路径引导指令无法细化至车道,驾驶员按照路径引导指令行驶时会将注意力转移到寻找与路径引导指令相符的车道上,存在安全隐患。而在第三代车辆导航设备中导航电子地图多为三维显示,地图中路网与实际路网基本相同,道路中包含车道、标志、标线、限型、限速等信息,为了与驾驶实际相符,这就要求引导指令必须精确到车道。基于上述问题,研究车道级路径引导方法在提高车辆导航系统安全性、实用性和先进性方面均具有重要的理论意义和实际价值。

本书主要总结了笔者多年来在车辆导航系统领域的研究经验和研究成果,重点介绍动态车辆导航系统中车道级路径引导系统的关键技术和实现方法,包括基于二维平面电子地图车道级路径引导方法和基于三维导航电子地图的车道级路径引导方法的研究,具体内容集中体现在以下几个方面:

(1) 车道级导航电子地图技术研究

与一般的导航电子地图不同,车道级导航电子地图的最小交通要素为车道。这就要求电子地图的数据组织和路网拓扑关系的设计需根据车道级路径引导的需求完成。目前在综合考虑国际导航电子地图标准和我国实际国情的前提下,从路网抽象和交通信息的地图表达形式这两个方面入手,介绍道路级导航电子地图和车道级导航电子地图的设计方法,并基于导航电子地图难于更新的问题,提出了路网增量更新和动态拓扑重建方法。同时,笔者根据第三代车辆导航系统发展趋势,特别是为了解决在复杂交通环境中路径引导困难的问题,提出了车载三维导航电子地图的设计方法,并以长春市西解放立交桥为例建立了三维导航电子地图模型。

(2) GPS/DR 组合定位技术研究

GPS 是目前车辆导航领域应用最广的定位技术, GPS 接收机能够获得定位目标的三维坐标、运动速度和运动方向等信息, 但是由于 GPS 接收机精度受环境影响较大, 在隧道、高层建筑以及林荫道等处, 受到信号遮挡和折射效应, 无法正常接收卫星信号, 造成定位精度降低或无法定位。通过将 DR 定位传感器与 GPS 接收机进行数据融合是目前提高车辆定位精度和定位稳定性的较好方法, 通过研究 GPS/DR 组合定位技术, 在 GPS 信号良好时用 GPS 修正 DR 定位误差, 弥补 DR 的误差累计问题, 同时在 GPS 信号衰弱或丢失时, 在短时间内采用 DR 技术进行弥补, 从而提高车辆定位的精度和定位稳定性, 为车道级路径引导功能的实现提供车辆定位精度的保障。

(3) 虚拟差分定位技术研究

GPS/DR 组合定位技术的应用存在一定局限性, 并非所有导航车辆均配备 DR 传感器, 因此提高单 GPS 的定位精度和定位稳定性是在单 GPS 导航终端实现车道级路径引导的前提条件。笔者通过研究高程辅助定位技术, 将 GPS 定位参数与高程插值算法相结合, 提高了单 GPS 定位精度, 同时降低了 GPS 接收机正常定位所需的有效卫星数量。差分定位技术是提高车辆定位精度的有效方法, 但其应用受到建设、维护成本和覆盖范围的限制, 因此本书研究了基于虚拟差分的定位技术, 通过递阶式地图匹配算法, 将高程辅助、虚拟差分和碰撞检测技术相结合, 实现了三维导航电子地图中单 GPS 高精度定位方法。

(4) 车道级最优路径规划技术研究

车道级最优路径规划技术是实现车道级路径引导的前提条件, 与道路级路径规划问题不同, 车道级路径规划问题复杂度更高, 与道路交通信息联系更密切。为了确保最优路径计算的快速性, 笔者在对比分析传统最短路径算法优缺点的前提下, 通过路网分层、分区等优化方法以及创造良好的数据结构提高了车道级路径优化的速度。通过长春市路网对车道级最优路径算法进行了验证, 并对车道级路径引导系统软硬件接口进行了设计与开发。

本书共包括七章内容, 第 1 章和第 2 章主要为综述性内容, 具体包括研究背景、研究意义、研究思路和车道导航系统理论基础介绍; 第 3 章至第 6 章为车道级路径引导系统核心技术研发, 具体包括车道级导航电子地图技术研究、GPS/DR 组合导航定位技术、虚拟差分定位技术、车道级地图匹配技术、车道级路径规划技术、车道级路径引导系统设计与软件开发等; 第 7 章为全书总结。

本书课题内容的研究和出版得到了国家自然科学基金项目“不确定动态信息环境下震后交通应急疏散集成调度和管控策略研究”(项目编号: 51378171) 和河北省自然科学基金项目“基于 GPS 浮动车的动态交通信息采集与处理理论与技术

研究(项目编号:F2010000976)”的资助。

本书由张林博士组织撰写并统稿,米雪玉、王彬和陈光老师参与本书部分章节内容的撰写工作。本书的撰稿分工如下:张林、王彬撰写第1章、第3章;张林、米雪玉、王彬撰写第2章、第4章;张林、陈光撰写第5章、第6章、第7章。

本出在撰写过程中,参考或引用了国内外一些专家学者的论著,在此表示感谢!限于作者水平,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评、指正。

笔 者

2014年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 本书内容与思路	6
1.3 小结	9
第 2 章 动态车辆导航系统概述	10
2.1 车辆导航系统的发展历史与现状	10
2.2 动态车辆导航系统理论基础	15
2.3 动态车辆导航系统核心技术综述	18
2.4 小结	23
第 3 章 车辆导航电子地图技术	24
3.1 导航电子地图概述	24
3.2 道路级导航电子地图研究	30
3.3 车道级导航电子地图研究	37
3.4 三维导航电子地图研究	42
3.5 小结	48
第 4 章 高精度车辆定位技术	49
4.1 GPS 和 DR 定位误差分析	49
4.2 GPS/DR 组合定位技术研究	51
4.3 虚拟差分定位技术研究	66
4.4 算法验证	70
4.5 小结	73
第 5 章 车道级地图匹配技术	74
5.1 地图匹配技术概述	74
5.2 车道级地图匹配方法研究	78
5.3 算法验证	100
5.4 小结	103
第 6 章 车道级路径规划技术与导航系统开发	104
6.1 车道级动态路径规划方法研究	104
6.2 车辆导航终端软件设计与实现	123

第 1 章 绪 论

近二十年来随着道路运输的发展,越来越多的新技术应用到道路运输领域。“导航”一词也从海洋运输扩展到道路运输中,出现了以路网数字地图为基础,集成了车辆定位技术、网络优化技术、路径引导技术等于一身的车辆导航系统。车辆导航系统是智能交通系统中需求较为迫切、应用比较广泛的一个重要的应用系统。相对于智能交通系统的其他研究领域而言,车辆导航系统的研究开展较早,国外已经形成了比较成熟的车辆导航产品,而我国在这方面的研究尚处于初级阶段,产品大多引进国外成型技术,在功能、方便性和安全性等方面属于低、中档产品面对国内同样巨大的应用前景和市场竞争压力,在我国开展高端车辆导航技术的研究,进而提高导航产品安全性、方便性和市场竞争能力,无疑是具有必要性和迫切性的现实问题。

本章主要对车辆导航系统国内外的研究发展现状进行综述,总结和分析了车道级路径引导技术在提高车辆导航系统的实用性和驾驶安全性方面的意义。

1.1 研究背景

随着我国经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,城市机动车保有量逐年增加,机动车保有量已经接近或超过城市道路的总体容量,特别是在早晚高峰期、节假日、特殊天气等情况下,交通拥堵现象十分严重。交通拥堵给社会带来了巨大经济损失,诱发交通事故,同时加剧环境污染,交通拥堵问题已经成为我国大中城市普遍面临的重大问题。

据中国科学院研究表明,中国百万人以上的 50 座主要城市的居民平均单行上班时间要花 39 分钟。中国 15 座主要城市的居民每天上班单行比欧洲多消耗 288 亿分钟,折合 4.8 亿小时。以北京市为例,交通拥堵使北京市年损失 1056 亿元,相当于北京 GDP 的 7.5%,受交通拥堵影响的人数高达 1381.8 万人次/天,平均每日每人延误 66 分钟。交通拥堵带来了一系列的生态环境影响,包括温室效应、大气污染和交通噪声等,由于交通拥堵,北京市每天会向大气中额外排放二氧化碳 1.67 万吨,氮氧化物、颗粒物和二氧化硫 9.5 吨。交通拥堵增加车辆行驶时间,造成燃料额外消耗,每年仅燃料一项,北京市就浪费了 722.9 万升,高达 201.1 亿元。我国每年交通事故死亡人数超过 10 万,平均每 5 分钟就有 1 人死亡,按照万车死亡人数来看,我国是美国的 20 倍。

交通拥堵的防治技术是目前国内外交通运输领域的一项热点难题。

1.1.1 城市交通拥挤成因分析

造成我国城市交通拥挤的因素很多,笔者认为其主要诱因可从下面两个方面进行分析:

1. 道路容量严重不足

首先,我国目前大城市的人均道路面积尚不及发达国家的 1/3。其次,我国大城市市区正处在从中心区向郊区化扩散过程中,近几年城市道路建设的增加,主要分布在新开发的市区和郊区,相对来讲,中心区的道路面积率反而略有下降。再次,城市房地产开发集中于市中心地区,产生了过量的交通,造成道路超负荷运载。此外,我国城市中占用道路和人行道问题一直得不到有效解决,城市新增的道路面积,往往很快就被各种商摊、集贸市场和停车场相继侵占,使本来就严重短缺的道路面积更加紧张^[1]。

2. 汽车增长速度过快

最近几年是大城市机动车增长速度最快的年份,轿车、客车、面包车以至于摩托车增幅年平均在 15% 以上。以北京市为例,根据交通管理部门数据统计,2012 年底北京市机动车总保有量已达到 495.7 万辆,增加 22.5 万辆;其中私人汽车 407.5 万辆,私人汽车中轿车 298.2 万辆,分别增加 17.8 万辆和 12 万辆^[2]。如图 1-1 所示为 2012 年全国主要城市机动车保有量。



图 1-1 2012 年全国主要城市机动车保有量示意图

1.1.2 城市交通拥挤疏导手段

缓解城市交通拥挤问题的方法有多种,但归纳起来主要有两种方式:第一是增加供给,第二是减少需求。缓解城市交通拥堵问题的主要实现手段包括:

1. 加强交通基础设施建设

通过增加城市交通道路的建设投入,新建、改建和维护城市道路交通网络,使城市道路基础设施在结构和功能上满足城市发展的需求。但是新增道路资源很快会吸引大量交通量,容易造成交通拥挤现象的转移。因此仅仅靠增加道路建设无法从根本上缓解我国大中城市交通拥挤问题。

2. 采用行政管理策略

采用行政管理的手段也可以缓解城市交通压力,比如在经常发生拥挤的城市中心区,禁止私家车进入等。我国杭州市率先实行了拥挤收费政策,上海市也将实行拥挤收费。但是由于目前如拥挤收费这种行政管理政策在技术上还不太成熟,而且也不够人性化,行政管理手段也不是治本之策。

3. 大力发展公共交通

公共交通系统承担着城市客运的主要任务。通过增加公共交通建设投入,不断提高公交系统的服务水平,刺激公交系统的交通分担比例,从而实现城市居民出行结构的优化,逐渐减少私家车出行数量。公共交通系统的发展是解决城市交通拥挤问题必不可少的因素。

4. 应用智能交通系统

智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)就是通过关键基础理论模型的研究,从而将信息技术、通信技术、电子控制技术和系统综合技术等有效地应用于交通运输系统,从而建立起大范围内发挥作用的实时、准确、高效的交通运输管理系统。智能交通系统利用现代科学技术在道路、车辆和驾驶员(乘客)之间建立起智能的联系。借助系统的智能,车辆可以在道路上安全、自由地行驶,靠智能手段将车辆运行状态调整到最佳,保障人、车、路的和谐统一,在极大地提高运输效率的同时,充分保障交通安全、改善环境质量、提高能源利用率^[3]。

智能交通系统是目前国际公认的解决城市以及公路交通拥挤、改善行车安全、提高运行效率、减少空气污染等的最佳途径,也是全世界交通运输领域研究的前沿问题。

本书研究内容属于智能交通系统子系统车辆导航系统领域。车辆导航系统是ITS的重要组成部分,是为道路上的车辆指引行驶路线的系统,在国内外使用的概念不是唯一的,例如,国外所使用的概念包括“Vehicle Guidance System”“Vehicle Navigation System”“Route Guidance System”“Route Decision Support System”以及

“Traffic or Travel Route Guidance System”等;国内使用的概念包括“车辆导航系统”“车辆诱导系统”“交通流诱导系统”“交通导航系统”以及“行车路径优化系统”等。尽管上述概念的形式不同,但本质是一样的,它是基于电子、计算机、网络和通信等现代技术,根据出行的起讫点向驾驶员提供最优路径引导指令和丰富的实时交通信息,或通过获得实时交通信息帮助驾驶员找到一条从出发点到目的地的最优路径的系统。

1.1.3 本书研究背景

按照车辆导航系统路径引导精细程度的不同可将车辆导航系统分为道路级路径引导和车道级路径引导,前者以道路作为路径引导的最小单元,后者以车道作为路径引导的最小单元,关于这两种的区别分述如下。

1. 道路级路径引导

顾名思义,道路级路径引导就是在对驾驶员进行路径引导时以道路为基本单元,其路径引导效果如图 1-2 所示。

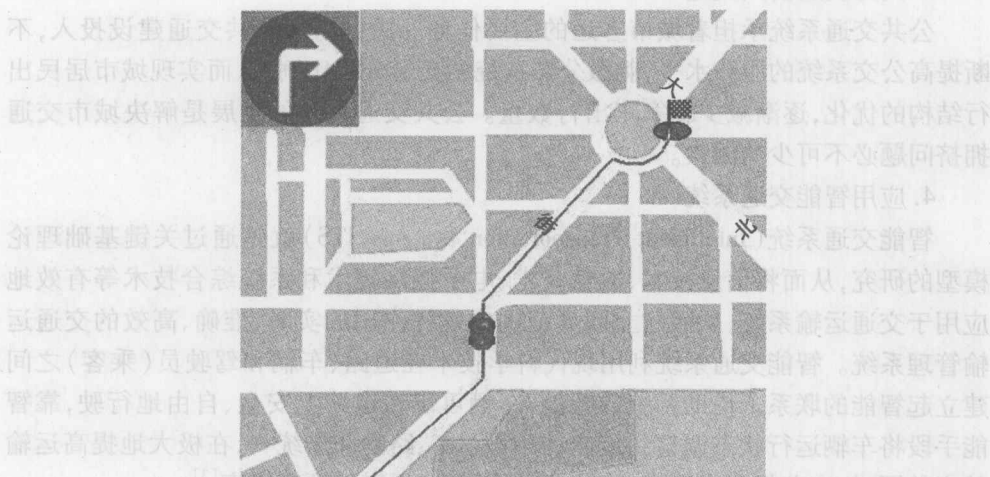


图 1-2 道路级路径引导效果

从图 1-2 中不难看出,道路级的路径引导功能可以向驾驶员提供最佳行驶路线和交叉口转弯等路径引导指令信息。驾驶员根据路径引导指令驾车时,需根据实际交通标志和标线判断路径引导指令和待行驶车道间的对应关系,然后选择合适的车道行驶。也就是说道路级路径引导功能不是彻底的路径引导,其引导指令与实际出行需求存在一定差异,这种差异容易造成驾驶员注意力转移,存在诱发交

通事故的可能性。

目前我国市场上销售的车辆导航终端产品绝大多数都属于道路级路径引导类型,在世界车辆导航终端市场上属于中低端产品。

2. 车道级路径引导

造成上述问题的主要原因在于道路级的最优路径显示和引导指令与实际交通环境存在一定差异,致使驾驶员在驾驶过程中无法对路径引导指令进行准确判断。笔者认为解决该问题的最有效方法就是采用车道级路径引导,通过将城市道路网络细化,在车辆位置显示、动态路径显示和引导指令显示等方面均以车道为最小单元,满足驾驶需求,提高行车安全。

据笔者了解,关于车道级路径引导功能目前尚未在二维平面电子地图上实现,而在安装三维导航电子地图的第三代导航产品中已经将车道级的路径引导问题作为重点研究课题。

虽然我国在车辆导航系统研究和开发方面起步较晚,但在国家相关部门的大力支持下,一些高等院校、科研院所和公司先后开展了这方面的研发工作,取得了一定的技术成果。在已有成果基础上继续研发高端车辆导航产品对于提高我国产品的市场竞争力、缓解城市交通压力和提高驾驶安全性等方面均有重要的现实意义。

1.1.4 研究意义

近年来随着我国经济的快速发展,交通事业也正以前所未有的速度迅猛发展。新建道路与其他各种交通设施越来越多,单行线、交叉口转向限制等交通管理措施也被广泛地采用。这对于交通参与者来说,一方面为他们提供了更大的出行路线选择余地,有助于维持道路网的畅通,另一方面也增大了其出行的复杂度,一些不熟悉交通环境的出行者易发生违章现象。另外,尽管道路设施的增加速度较快,道路容量仍满足不了高速增长的汽车保有量所带来的需求,我国城市交通拥挤问题依然严重。交通拥挤导致交通安全状况不断恶化,实际交通出行中低效出行大量存在,针对这些现实情况,出行者在出行时迫切需要一个能够使其避免拥挤,避免违规驾驶,安全、便利、快捷地到达目的地的具有车道级路径引导功能的动态车辆导航系统。

车道级路径引导功能的重要作用及其研究意义主要表现在以下几个方面:

- (1) 车道级路径引导功能可将路径引导指令细化至车道,减少误导现象的发生,使驾驶员避免迷路和违规驾驶,而将精力集中在驾驶操作上,从而稳定驾驶员心理,大大降低交通事故率,提高交通安全水平。
- (2) 优化交通流在整个路网上的合理分配。通过发布实时路况信息、道路长

度信息、交叉口延误信息、出行者偏好等为出行者规划最佳出行路线合理诱导交通流,优化交通流在路网中可行路线上的分配比重。

(3) 车道级路径引导技术可以为车队管理系统提供技术支持。方便管理者了解车辆在路边还是在其他车道上行驶。

(4) 车道级路径引导技术可以为公交管理系统提供技术支持。方便公交管理者了解公交车进入公交站点与否,以便实行对公交车的动态调度。

(5) 基于车道级路径引导技术可以实现浮动车交通信息采集系统对不同车道不同交通状态的测量,提高浮动车交通信息采集系统的稳定性和可靠性。

综上所述,在我国尽快开展车道级路径引导技术的研究有着非常重要的意义,无论从追赶世界先进技术水平,完善我国 ITS 领域技术框架,缓解我国大中城市日益严重的交通拥堵问题,还是从提高我国车辆导航产品的市场竞争力,创造巨大的经济效益,研究具有自主知识产权的车道级路径引导关键技术都有着极大的必要性和迫切性。

1.2 本书内容与思路

车辆导航系统的核心技术主要包括:导航电子地图技术、车辆定位技术、地图匹配技术、路径规划技术、路径引导技术、无线通信技术、人机接口技术等^[4]。目前无线通信技术主要采用 GPRS、CDMA 和广播等方式,其核心技术已成熟,本书不作过多研究。本书首先研究适用于车道级路径引导的车道级导航电子地图和三维导航电子地图,并针对单 GPS 接收机定位误差来源,研究 GPS/DR 组合定位技术以及虚拟差分定位技术,然后在车辆定位精度提高的前提下,研究递阶式车道级地图匹配技术,在三维导航电子地图中,通过研究数字高程模型的插值方法,将高程信息引入伪距方程求解,对 GPS 定位参数进行修正,提高了车辆定位的精度和定位稳定性。为了实现车道级的引导路径显示,必须讨论车道级的路径规划技术,通过分层、分区优化技术以及基于时间框的优化方法,分别研究适用于距离最优和时间最优的路径规划算法。最后,基于上述关键技术的研究成果,对车道级路径引导软件和人机接口进行了设计与功能开发。

1.2.1 研究内容

本书的主要研究内容包括以下几个方面。

1. 车道级导航电子地图技术

目前,我国导航电子地图的设计和制作尚未形成统一的行业标准,导航电子地图的数据组织和路网拓扑关系设计原则根据不同地图数据公司的设计思想和用户

需求而不相同。目前比较常见的城市路网电子地图表达方式为节点-路段组合表达,路段的两个端点与节点位置重合。节点-路段组合表达将城市路网抽象为又向图,即稀疏网络,有利于地图数据的组织和使用。但是节点-路段这种路网表达方式将原本存在车道与交叉口渠划的平面交通结构抽象为点与线段等一维图元,忽略了不同车道在交通管理策略上的不同。本书将以车道为道路的最小组成单元,研究城市路网的地图数据组织形式和路网拓扑关系,交通管制信息(单行线、限制转弯、限速信息、限制车型信息)的地图表达与存储,以及动态交通信息的表达与存储。同时针对二维平面电子地图无法表达道路起伏状况和立交桥等复杂交通实体建筑的层次结构,研究导航专用的三维电子地图的空间数据获取和地图模型构建方法。

2. 高精度车辆定位技术研究

高精度的车辆定位技术是实现车道级路径引导的必要条件,通过多传感器数据融合技术,可以将不同来源的车辆定位信息进行融合处理,取长补短,达到单个传感器无法满足的高精度定位要求。目前采用较广泛的车辆组合定位方式为卫星定位技术和航位推算定位技术两种方式的融合,即 GPS/DR 组合定位。本书在综合已有定位数据融合方法的前提下,讨论基于卡尔曼滤波的非线性定位数据融合匹配算法。差分定位技术是提高车辆定位精度的另一种有效方法。2000 年前,由于存在美国 SA(Selective Availability, SA)政策,原始 GPS 的定位误差在 100 m 左右,差分 GPS(Differential Global Positioning Systems, DGPS)技术可以大大改进 GPS 的性能,使得车载 GPS 的定位精度能够满足车辆导航需求。由于移动 GPS 接收机精度受其与固定差分参考站距离影响很大,一般不超过 50 km。换言之, DGPS 的主要缺点是参考站到用户之间的距离和得到的定位精度之间具有高度的相关性。为覆盖广泛的区域,需要增加大量参考站。2000 年后,SA 政策被取消,单 GPS 的定位误差缩小到 10 至 20 m 之间,在这种前提下采用 DGPS 技术可以将车辆定位的精度进一步提高,达到满足车道级定位的要求。由于建设和维护差分参考站需要投入大量的资金,这样导致差分定位技术的应用范围和领域受到很大影响。借鉴虚拟差分定位技术原理,考虑单 GPS 定位精度提高的方法,本书通过单 GPS 虚拟自差分、高程辅助定位、碰撞检测技术等实现三维地图中的车道级路径引导。

3. 车道级地图匹配技术研究

如果用定位设备输出的车辆定位坐标直接进行车辆位置显示,那么必然会造成车辆导航终端显示的车辆位置与实际行驶位置不相符的现象。造成这种现象的原因在于导航电子地图和定位设备都存在误差。地图匹配技术是解决上述问题的有效方法,为了实现车道级路径引导功能,必须研究车道级的地图匹配技术。通过研究影响地图匹配效果的因素,本书提出了一种递阶式车道级地图匹配方法。即

首先完成道路级的地图匹配,并根据虚拟差分将该匹配位置进行修正,然后通过结合碰撞检测技术修正车辆行驶方向横向误差,再进行车道级地图匹配。

4. 快速动态车道级路径规划技术

动态路径规划技术是车辆导航系统的核心技术之一,车道级路径规划为车道级路径引导提供决策支持。从路径规划的复杂度来说,车道级的路径规划比一般的路径规划所需基础信息更多,算法求解时间也更长。本书将重点放在通过运用分层技术、分区技术和基于时间框优化方法,研究适用于距离最优和时间最优的车道级路径规划方法,满足车道级路径引导的需求。

1.2.2 研究思路

在进行车道级路径引导系统研究的过程中,本书的主要研究思路是:从车道级路径引导的实际需求出发,分析目前国内车辆引导系统存在的问题,针对车道级路径引导的关键技术展开研究。根据不同研究内容的内在联系,按照研究内容的依托关系,首先研究车道级导航电子地图的相关内容,然后研究车辆定位精度提高的方法和车道级路径规划方法,通过整合研究成果,最后对车道级路径引导系统设计并开发相应的导航软件。具体研究思路如图 1-3 所示。

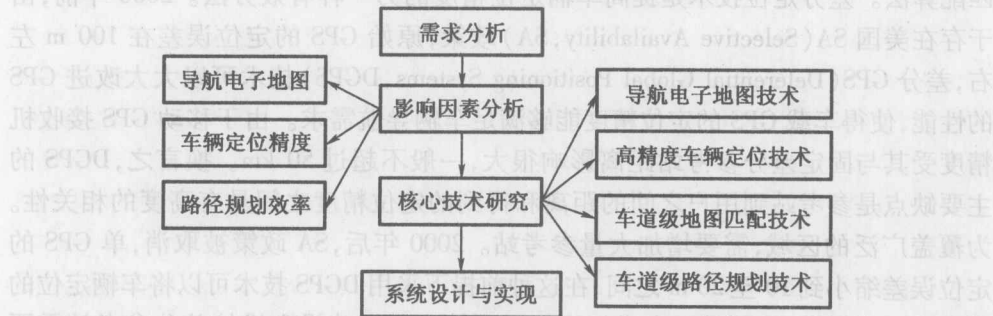


图 1-3 研究思路示意图

1.2.3 章节安排

本书共分 7 章:第 1 章为本书的绪论;第 2 章为动态车辆导航系统综述,主要介绍动态车辆导航系统框架、基础理论和核心技术,并对其中的导航电子地图技术、车辆定位技术、地图匹配技术、路径规划技术进行文献综述;第 3 章为车辆导航专用电子地图技术,主要研究道路级和车道级导航电子地图中路网的表达和存储方法,并研究交通管制信息的表达方式,同时研究三维电子地图数据建模技术;第

4 章重点研究车辆定位技术,目的在于通过多传感器数据融合和虚拟差分技术,提高车辆定位的精度;第5 章研究车道级地图匹配技术,通过递阶式地图匹配方法将车辆位置合理匹配至行驶车道;第6 章研究快速动态路径规划方法,通过对比分析已有最短路径计算方法的优缺点,结合分层、分区等路网优化手段,提高车道级路径规划的速度,同时对前面章节的研究成果进行总结,设计了软件模块和人机接口;第7 章为总结与展望。

1.3 小 结

本章主要针对我国城市交通拥挤现象的发展趋势,提出了本书的研究背景和研究意义,同时提出了本书的主要研究内容和研究思路。

第2章 动态车辆导航系统概述

车辆导航系统是智能交通系统的重要子系统。与静态导航系统不同,动态车辆导航系统可以接收时变的交通信息,并根据交通信息的变化制定交通出行决策。本章主要讨论车辆导航系统的发展历史和现状,重点介绍动态车辆导航系统的基本理论框架。

2.1 车辆导航系统的发展历史与现状

人类历史上最早的车辆导航系统可追溯到大约公元前 2600 年古代中国发明的指南车。这一史实最早记载于三国时期(公元 220—280 年)。指南车的基本原理类似于现代的差分里程表。距今 2000 年前,出现了里程表、差分里程表、磁罗盘仪等基本的定位和导航技术^[4]。

随着时代的发展,上述技术不断应用在车辆导航领域。大约在 1910 年间出现了机械路径引导装置,这些引导装置结合了地图信息,通用一系列打印在转动表格上的、穿孔在转动盘上的、或者打印在活动带上的行驶指令引导驾驶员出行。然而随着公路标志的改进和更加准确地图的出现,人们对路径引导装置的兴趣逐渐减弱,没有出现实质意义的车辆导航技术改进。直到第二次世界大战期间,美国为吉普车研制了一种电子车辆导航系统,该系统可以根据里程计求解车辆行驶路程并将其转换为 x 和 y 坐标。同样也可以自动地在适当比例的地图上绘制出车辆的轨迹。20 世纪 60 年代末期,美国公路局提出了一种电子路径引导系统 ERGS(Electronic Route Guidance System),它是一种具有无线路径引导能力的导航系统,用于控制和疏导交通。该系统利用专用短程通信网络作为双向通信媒介,能够根据动态交通信息为出行者分配最佳出行路线。由于资金原因该项研究没有完全实施,但是此项目首先提出了中心动态路径引导的概念。20 世纪 70 年代类似的项目先后在日本和德国得以研究和试验。20 世纪 70 年代初期,美国开发了一种自主导航系统,该系统利用航位推算模块,借助于地图匹配算法进行车辆定位,该系统是后来研发的导航系统的雏形。进入 20 世纪 80 年代,车辆导航系统以及与 ITS 相关的系统在全世界范围内取得了迅猛的发展。

在日本,智能交通系统始于 1971 年的 CACS 计划。20 世纪 80 年代,日本市场上出现一种采用彩色显示器及由 CD-ROM 来存储数字地图的自主导航系统。从