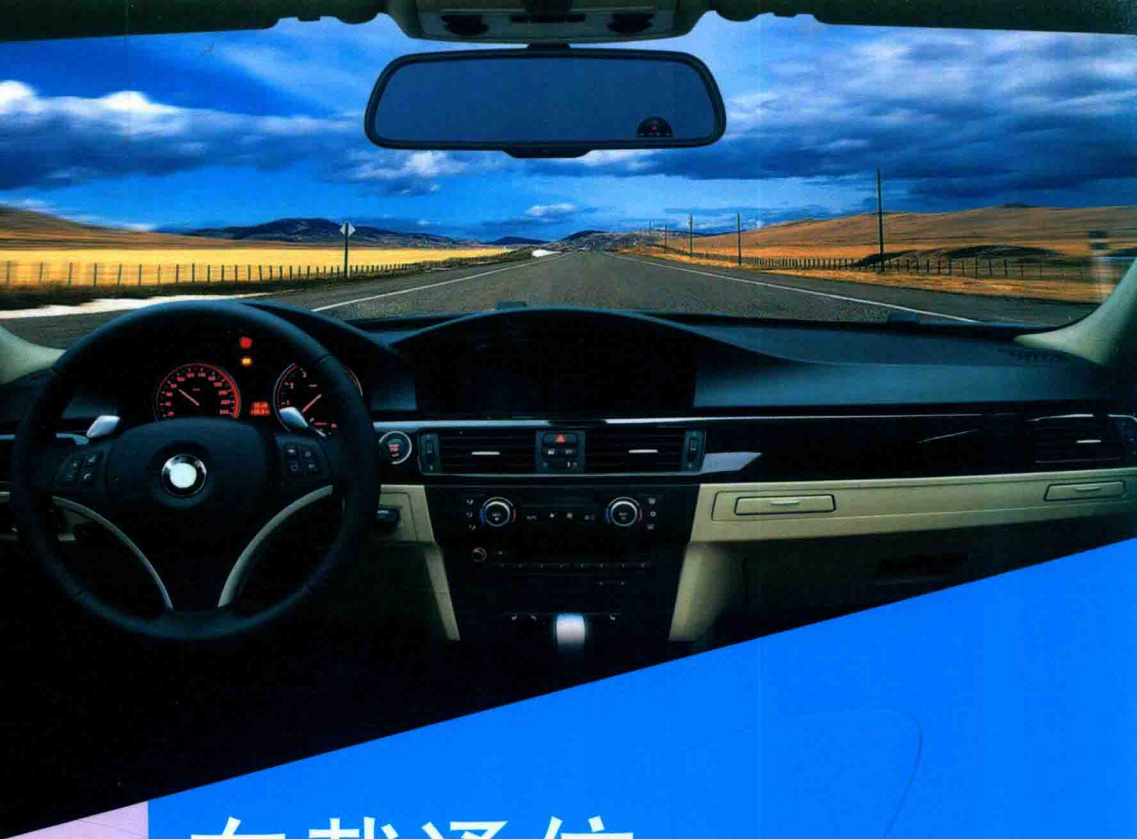




车载通信 与动态导航系统

Vehicular Communication
and Dynamic Navigation System

祁 晖 底晓强 杨华民 蒋振刚 王 佳 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

车载通信与动态导航系统

Vehicular Communication and Dynamic Navigation System

祁 晖 底晓强 杨华民 蒋振刚 王 佳 著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

车载通信与动态导航系统/祁晖等著. —北京:
国防工业出版社, 2017. 12

ISBN 978 - 7 - 118 - 11538 - 3

I. ①车… II. ①祁… III. ①车辆—通信设备
②车辆—导航系统 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 016212 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市众誉天成印务有限公司

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 9¼ 字数 170 千字

2017 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 60.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

移动互联网的发展使得车载导航系统从静态自主式转向动态协作式。原有封闭独立的体系结构被打破,取而代之的是一种更加开放的体系结构。同时,大量便携式智能终端设备的涌现使得导航系统不仅能运行在车载终端上,也能运行在智能手机、平板电脑等支持互联网接入的智能终端上。导航系统正逐渐演变成一种用户可以随时随地使用的服务。这些变化将给导航系统带来更多的技术挑战,从系统架构设计到一些关键技术实现以及应用模式,都需要做出适当调整以解决新的问题。

本书首先分析了动态车载导航系统的核心需求:地图显示、导航和路线规划,然后运用 Event - B 形式化建模方法对系统进行建模分析。在模型精化过程中,论述了相关数据结构及流程的建模方法。模型经过 4 次精化,实现了所有的核心需求。将每个精化模型导入 Rodin 平台,所生成的证明义务全部证明成功,表明该模型在理论上是正确的。之后以模型为参考,设计了导航系统的软件架构,从逻辑视图和过程视图两个角度对系统进行非形式化描述,系统开发人员可在该架构的基础上设计并开发出正确的系统。第 3 章到第 6 章,我们重点研究了动态车载导航系统的访问控制技术、地图缓存技术、地图匹配技术和智能信息处理技术。

在访问控制技术方面,本书介绍了动态车载导航系统可能面临的网络安全风险,可以采取的网络安全措施。重点阐述了目前在网络及分布式系统中广泛应用的访问控制模型:基于角色的访问控制模型(Role - Based Access Control, RBAC)和基于属性的访问控制模型(Attribute - Based Access Control, ABAC)。分析了这两种模型在遇到动态、复杂的访问控制需求时可能产生的问题。提出了适合动态车载网络的基于角色和属性的访问控制模型,并实现了相应的访问控制系统。为了提高系统的访问控制决策性能,我们设计了一种基于级联布隆过滤器的分布式访问控制缓存策略,对其性能做了简要分析。

在地图缓存技术方面,本书为动态车载导航系统设计并实现了一种基于二级地图分块的缓存系统。该系统包含索引文件、数据文件及相关程序。详细设计了缓存系统的索引文件结构、数据文件结构以及专门针对稀疏矩阵的高速缓存结构,并在这些数据结构的基础上形成了管理缓存的有效策略。通过实验验

证了该缓存系统对于加快动态车载导航系统的响应速度,减少网络传输数据量具有良好作用。本书还研究了缓存预取策略,该策略通过分析车辆行驶前方的路网和路口模式来预测车辆的行驶轨迹,将此预测结果与启发式预取策略的预测结果相结合,从而得到更准确的预测结果。实验表明,该缓存预取策略进一步改善了启发式预取策略的性能,有效减少了系统所需的地图分块数量。

在地图匹配技术方面,本书分析了各种地图匹配算法,确定了影响地图匹配性能的关键是路口匹配,并对路口匹配问题做了深入研究,提出了路口决策域模型。该模型主要参考与路口相连的路段宽度、路段夹角、车载 GPS 精度以及路网数据精度等信息。本书利用此模型对基于隐马尔科夫模型(HMM)的地图匹配算法做了改进。实验表明,改进后的匹配算法能够有效降低路口匹配错误率,提高导航系统导航的稳定性。此外,为了解决延迟匹配问题,本书分析了车辆的转向特征,设计了车辆转向识别方法,并利用该方法改进了基于路口决策域模型的地图匹配算法,缩短了匹配点停止于路口的时间。

在智能信息处理技术方面,本书应用机器学习技术对车辆转向识别方法做了改进。探索了两种建立车辆转向识别模型的学习方法:第一种方法首先应用改进的 K-means 算法对训练数据进行快速聚类,然后应用 SVM 算法建立识别模型,最后应用 F-measure 方法评价模型的识别性能并选择最优的模型;第二种方法应用基于多维高斯分布的异常检测算法建立识别模型,之后应用 F-measure 方法确定模型参数。实验结果表明应用这两种方法构建的车辆转向识别模型均具备较好的泛化能力。基于以上研究成果,本书设计并实现了基于动态导航系统的车辆转向识别学习系统,并将此系统应用于基于路口决策域模型的地图匹配算法,在一定程度上解决了延迟匹配问题。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 国内外研究现状与趋势	2
1.2.1 智能交通系统研究现状与趋势	2
1.2.2 车载导航系统研究现状与趋势	4
1.3 本书内容	8
1.4 章节安排	9
1.4.1 研究路线	9
1.4.2 章节安排	10
1.5 本章小结	11
第2章 动态车载导航系统架构	12
2.1 动态车载导航系统基本功能	12
2.2 动态车载导航系统基本架构	14
2.3 动态车载导航系统建模	16
2.3.1 精化策略	16
2.4 初始模型	16
2.4.1 上下文(Context)	16
2.4.2 客户端事件	18
2.4.3 服务端事件	19
2.4.4 验证	20
2.5 第1次精化	21
2.5.1 Context	21
2.5.2 Events	22
2.5.3 流程改进	23
2.5.4 验证	24
2.6 第2次精化	24
2.6.1 路网数据传输模型	24

2.6.2	地图匹配模型	25
2.6.3	验证	26
2.7	第3次精化	26
2.7.1	事件	27
2.7.2	验证	28
2.8	第4次精化	28
2.8.1	上下文	28
2.8.2	客户端事件	29
2.8.3	服务端事件	30
2.8.4	验证	30
2.9	基于模型的架构设计	31
2.9.1	逻辑视图	31
2.9.2	过程视图	33
2.10	本章小结	34
第3章	访问控制	36
3.1	访问控制模型	37
3.1.1	相关研究	38
3.1.2	模型框架	39
3.1.3	形式化定义	42
3.1.4	模型验证	45
3.2	访问控制系统	48
3.2.1	数据结构	49
3.2.2	关键算法	49
3.2.3	系统实现	51
3.3	分布式访问控制缓存策略	52
3.3.1	相关研究	53
3.3.2	系统方案	54
3.3.3	实验与分析	57
3.4	本章小节	60
第4章	地图缓存	61
4.1	引言	61
4.2	缓存系统总体结构	62
4.3	地图分块	63

4.3.1	地图分块设计	63
4.3.2	服务器端地图数据的存储策略	64
4.3.3	二级地图分块设计	64
4.4	客户端缓存	65
4.4.1	缓存数据结构	65
4.4.2	稀疏矩阵的高速缓存策略	67
4.4.3	缓存淘汰策略	68
4.4.4	实验结果分析	69
4.5	缓存预取策略	71
4.5.1	相关研究	73
4.5.2	启发式预取策略	74
4.5.3	基于路网分析的启发式预取策略	75
4.5.4	实验结果分析	78
4.6	本章小结	82
第5章	地图匹配	83
5.1	引言	83
5.2	相关研究	83
5.3	基于HMM的匹配算法	85
5.3.1	相关定义	85
5.3.2	算法简述	87
5.4	基于路口决策域模型的匹配算法	89
5.4.1	路口问题	89
5.4.2	路口决策域模型	91
5.4.3	基于路口决策域模型的匹配算法	93
5.5	实验结果分析	96
5.5.1	实验方法	96
5.5.2	实验数据	96
5.5.3	参数确定	97
5.5.4	结果分析	97
5.6	算法改进	99
5.7	本章小结	102
第6章	车辆转向识别	103
6.1	引言	103

6.2	特征提取	104
6.2.1	转向特征分析	104
6.2.2	特征提取与降维	105
6.3	基于改进的 K-means 聚类算法的转向识别模型	107
6.3.1	K-means 聚类	107
6.3.2	模型建立	110
6.3.3	模型评价及选择	110
6.3.4	改进的 K-means 聚类算法	112
6.3.5	学习系统	118
6.4	基于异常检测的转向识别模型	121
6.4.1	数据分析	121
6.4.2	模型建立	122
6.4.3	模型评价及选择	124
6.4.4	学习系统	126
6.5	本章小结	127
第 7 章	总结与展望	128
7.1	总结	128
7.2	研究展望	129
参考文献		130

第1章 绪 论

1.1 研究背景

目前,车载导航系统已经集成了各种功能,并允许连接各种不同设备。最早进入市场的车载导航系统是带有 CD-ROM 设备的,它只具备导航功能,于 1990 年推出。在那之后,存储介质(主要用于存储地图信息)从 CD-ROM 进化到了 DVD-ROM 以及 HDD。当前,大容量存储介质、内存以及先进的 CPU 使得导航系统具备了更多功能,能更快计算出驾驶路线,提供更明确的驾驶指引。随着 CPU 计算能力和图形显示能力的提升,导航系统能够提供更好的地图显示及菜单操作,能在显示器的最佳位置显示车辆的相关信息。因此车载导航系统正逐渐成为车辆信息显示和操作的重要平台。

早期以及现在大量使用的车载导航系统是一种独立工作的系统,可归类为静态自主式导航系统,其特点是将矢量地图、路网结构等数据存储在车载终端的 ROM 中,这些数据的更新周期较长。而且,该系统通常不需要无线网络,不与外界交互信息。因此,这种系统不能及时反映当前路网的拓扑结构以及交通状况,最终导致其无法很好规划行驶线路,不能有效地控制交通流^[1,2]。

随着移动互联网的兴起,各种终端设备都有迫切地接入互联网的需求。车载导航系统作为一个车载终端,接入互联网也是必然的趋势。通过接入互联网,车载终端就可以和交通信息中心通信,从而实现一个动态的车载导航系统。在这种系统中,交通信息中心(服务器)负责存储及维护矢量地图与路网结构,所有车载终端(客户端)借助无线通信网络按需下载数据,数据的时效性得到了保证。在进行线路规划时,客户端通过无线网络向服务器发送规划请求,服务器计算线路并将结果送还给客户端。服务器能够将路网结构与实时交通信息相结合,从而使计算的最佳路径更加准确,并能起到控制交通流的作用^[3]。

移动互联网的发展推动车载导航系统从静态自主式向动态协作式的方向发展,为动态导航系统的发展带来了机遇,同时也带来了更多的技术挑战。考虑到目前的移动互联网接入技术主要是以 3G/4G 为主,尤其是国内,WiFi 接入点较少,3G/4G 将是未来一段时间内主流接入技术^[4]。而这种接入方式一般是按照

流量收费,如何节省流量成了导航系统设计时必须考虑的一个问题。另一方面,无线网络受环境以及切换等因素影响,其时延抖动相对有线网络更大,如何保证导航系统的响应速度也成为一个设计难题。这些问题的出现必将影响地图数据、路网数据(导航系统的核心数据)的结构、存储方式以及传输方式。

无论是静态自主式还是动态协作式导航系统,地图匹配都是一个核心问题。对于动态导航系统,地图匹配问题将变得更加关键,因为除了车辆本身之外,信息中心也需要获取车辆的位置信息,因此高性能地图匹配算法依旧是动态导航系统研究的重点。在动态协作式的环境下,由于存在更多参与者,地图匹配的实现方式也可能与以往有所不同。

动态导航系统相比静态导航系统,系统架构发生了很大变化,在新的架构下必然存在新的功能、新的应用模式。正如物联网使得各种设备变得更加智能一样^[5],动态导航系统也必将使得车载终端乃至整个驾驶过程都更加智能,因此挖掘新的智能应用也成为了一个研究热点^[6-8]。

1.2 国内外研究现状与趋势

车载导航系统是智能交通系统(Intelligent Transport System, ITS)的重要组成部分,智能交通系统的发展直接影响车载导航系统的发展历程。因此,有必要追踪智能交通系统的现状和趋势。

1.2.1 智能交通系统研究现状与趋势

简单来说,智能交通系统是指利用信息、通信、控制、计算机以及其他先进技术共同构建的实时、精确、高效的交通管理系统。由于各个国家情况不同、发展重点不同,因此在智能交通领域的研究历程也不尽相同^[9]。

一、美国

20世纪70年代开发的电子路线指引系统(Electronic Route Guidance System, EGRS)是智能交通系统发展的初级阶段。1991年,美国国会颁布了综合地面运输效率法案(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act, ISTEA)。1997年,在ISTEA之后又开展了新项目,并制定了21世纪运输权益法案(Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21)。与ISTEA相比,TEA-21的项目规模和经济投资都有显著增长,为后来智能交通技术的发展提供了有力保障。

为了改善全国道路运输系统的安全性和效率,联邦和各州交通部门与汽车制造商合作提出了汽车基础设施整合(Vehicle Infrastructure Integration, VII)计

划,该计划对部署一个通信系统进行了技术、经济以及政策可行性等方面的评估。VII 计划为车辆之间(通过车载设备)以及车辆和道路之间(通过路边设备)设计了通信链路。该链路由美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission, FCC)分配专用于短距通信(Dedicated Short Range Communications, DSRC),FCC 为其在 5.9 GHz 带宽里分配了 75 MHz 频段。VII 计划实际是在车辆与道路之间建立通信基础设施,它有两个前提:所有车辆必须配备支持 DSRC 的设备以及 GPS;必须建立覆盖全国公路的通信网络^[10-12]。

2009 年 12 月 8 日,美国交通运输部(United States Department of Transportation, USDOT)发布了 ITS 战略研究计划,该计划预计从 2010 年到 2014 年。ITS 战略研究计划是要将车辆、路面基础设施和乘客的便携设备进行互联互通,从而实现一个覆盖整个国家的多模式地面交通系统。

二、日本

为了能够采集并传输实时交通信息,日本于 1996 年开始了他们的研究计划,并建造了世界上第一个车辆信息通信系统(Vehicle Information and Communication System, VICS),该系统于 2003 年开始在全国范围内推广。VICS 的技术架构于 20 世纪 90 年代设计,当时叫做车载导航系统 1.0 版。后来,日本开始着手开发智能公路系统,它被称作国家先进 ITS 服务 2.0 版,于 2004 年完成概念设计,并于 3 年后开始试点部署阶段。由于该项目进展迅速,日本政府于 2010 年开始全国范围内的部署。智能公路系统能够为驾驶员提供道路条件的可视化信息、结合音频的交通流量信息、位置信息以及其他一些重要信息。智能公路系统能够提醒驾驶员将要穿过一个事故多发区,而且,通过路边 DSRC 单元,它还能警示在主道上行驶的驾驶员可能出现的并道车辆^[13-15]。

由于日本政府大量投入于智能交通系统,使得日本在一些研究方面获得了领先优势,在世界智能交通系统中发挥主导作用。

三、欧盟

为了控制并解决交通问题,20 世纪 80 年代,英国、法国和德国作为欧盟代表开始着手 ITS 研究。1985 年,欧洲研究协调局(EUREKA)成立,该机构致力于促进政府和私人机构合作开展 ITS 方面的研究。接下来,1987 年正式启动了为期 7 年的欧洲高效率和安全交通计划(Programme for a European Traffic of Highest Efficiency and Unprecedented Safety, PROMETHEUS)。1988 年,保障车辆安全的欧洲道路基础设施计划(Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe, DRIVE)被欧洲研发框架二期所采纳。1991 年,由于 DRIVE 计划的成功实现,欧盟决定成立欧洲道路运输通讯实用化合作组织(European Road Transport

Telemetric Implementation Coordination Organization, ERTICO), 该组织专注于政府与私人企业间的合作研究。1994 年, 当 PROMETHEUS 计划进入最后阶段, 所有参与成员在协商后一致同意实施一个新的研究计划 PROMOTE。此项计划涉及整个综合运输体系, 不只专注于车载系统, 同时也适用于公共部门, 而不再局限于企业范围。近年来, ERTICO 通过应用车路协同系统 (Cooperative Vehicle - Infrastructure Systems, CVIS)、智能道路安全协同系统 (Cooperative Systems for Intelligent Road Safety, COOPERS) 以及其他无线通信系统来实现车路、车车间的信息交换, 借助最新的 ITS 服务来改进交通安全和效率^[16-21]。

四、中国

自 20 世纪 90 年代以来, 智能交通技术开始受到国内学者的关注和重视, 并逐步开展 ITS 方面的理论、技术与工程试验。我国政府十分重视和支持智能交通技术的发展和运用, 为加快高新技术在传统行业的应用, 科技部在“十五”“十一五”“十二五”期间均实施了相关国家科技攻关计划项目。“十二五”期间, 交通领域 863 计划瞄准国家智能交通技术发展的热点问题, 对智能车路协同、区域交通协同联动控制等技术进行了部署。国家科技项目的实施推动和提升了我国智能交通行业的总体水平, 使得一大批研究成果得以推广实施, 取得了令人瞩目的成绩。然而也应该清醒认识到我国 ITS 发展过程中还存在着一些问题, 如: 智能化交通控制技术基本上依赖进口; 智能车载信息综合服务还处于发展初期; 应用系统主要以引进国外技术为主; 智能车路协同技术刚刚起步等^[22]。

综上, 智能交通系统已经与无线网络深度融合, 无线网络作为智能交通系统的一个重要的基础设施, 为智能交通系统实现信息传输、信息共享提供支撑条件。而信息共享的目的是为了提高交通安全和效率。未来, 智能交通系统将继续朝着安全、高效、环保的方向前进, 当然, 随着平台功能的弱化, 智能交通系统将不仅仅以车载应用的形式展现, 它将逐渐成为一项服务, 人们通过任何一个平台、设备都可以使用这种服务^[23]。

1.2.2 车载导航系统研究现状与趋势

1.2.2.1 产业发展

最早的车载导航系统是一种惯性导航系统, 于 1981 年诞生, 当时的导航系统通过一个气体速率陀螺仪和测量轮胎转动的传感器来获取车辆行驶的方向和距离, 并在一个 5 英寸的 CRT 显示器上显示车辆位置。1987 年, 新的导航系统被开发出来, 它可以说是现代导航系统的原型。新的导航系统使用一个地磁传感器来进行航位推算, 并能够显示存储在 CD-ROM 里的电子地图。1988 年, 车

载导航系统具备了地图匹配功能,它能利用地图中的道路几何信息和车辆行驶路径来修正车辆位置。

1990年,使用GPS信号的车载导航系统诞生了。从此,导航系统逐渐成为车辆出厂时的标准配置,并开始在零售市场上出现。地图匹配功能成为了导航系统的三大要素之一。那时的地图匹配主要是基于地磁传感器和轮胎转速传感器的航位推算技术。1991年,导航系统出现了路线规划功能,这一功能成为了导航系统的又一大要素。1992年,导航系统具备了带语音提示的路线引导功能,它通过音频为驾驶员提供路口转向信息,并且能将路口地图放大显示。至此,导航系统的三大要素正式确立,即地图匹配、路线规划和路线指引。在之后几年,除了基本功能增强之外,也逐渐出现一些用于支持安全驾驶的功能。如日本于20世纪90年代开始的“车辆信息通信系统(VICS)”项目,该项目于1996年开始在导航系统中提供信息服务,通过无线接收单元,导航系统能够获取道路交通流量信息,标志着导航系统从一个独立封闭系统转向开放系统。

1997年,车载导航系统开始使用DVD-ROM作为存储介质。2001年,出现了使用硬盘作为存储介质的导航系统。存储容量的升级,使得导航系统能够存储更多、更详细的地图信息,乃至三维地图信息。

2002年,车载导航系统开始使用手机通信模块,从而使得导航系统通过移动电话网络(主要是2G)来获取交通信息成为可能。2003年,一款使用移动电话网络作为通信媒介的导航系统问世,它不但能够接收交通信息,还能自动发送其所处区域的交通信息,从而使得每辆车都变成了“探测车”。

2004年,配备闪存的便携式导航系统问世,存储介质全面转向轻便的闪存。2005年,通过连接便携式音乐播放器,导航系统具备了娱乐功能。此外,它还能和智能手机进行连接。2009年,开始出现配备蓝光驱动器的车载导航系统,其娱乐功能得到进一步增强。

纵观导航系统的发展历程,其主要是在20世纪90年代后期逐渐开始引入无线网络,这和ITS的发展过程基本吻合。而且,导航系统对网络的利用主要是接收和发送交通信息,电子地图等信息依然还是存储在导航系统的外存设备上。当然,如果路网结构不经常发生变化(国内情况可能与国外有所不同,由于我们还是发展中国家,路网结构容易因为施工或基础设施建设而发生变化),则将地图存储在导航系统上也未尝不可。另一方面,与ITS一样,平台功能也在逐渐弱化,即导航系统也正向服务方向转变,用户可以在车载终端、手机或者平板上使用导航系统服务,而不仅仅局限于车载终端。这种转变可能使得原来的地图存储方式不再适用。很难想象用户必须在各个终端设备上都拷贝一份几百兆甚至几个GB的电子地图。因此,动态导航系统必然需要一种新的地

图存储方式。

1.2.2.2 关键技术研究

车载导航系统的核心关键技术是定位技术,其他关键技术要么是为定位技术服务(如车辆运动状态感知、地图显示/存储/传输、地图匹配等),要么是从定位技术衍生(如路线规划、辅助驾驶等)。定位技术的目标是获取高精度的位置信息(包括经纬度坐标、速度等)。目前,GPS 及其他 GNSS 接收设备已被广泛应用于导航系统以获取车辆的位置信息。但这些设备给出的位置信息是有误差的,有时甚至是不可用的(在城市中,高大的建筑物可能部分阻断卫星信号^[24-26])。此外,GPS 信号因周围物体的反射而产生的多路径效应也会降低定位精度^[26]。为了提高定位性能,先进的车载导航系统一般都会使用多个信息源来获取车辆位置信息^[27]。如文献[28]和[29]提出了一种定位方法,该方法首先使用陀螺仪、里程表等传感器提供的信息进行航位推算,然后利用 GPS 信息修正航位推算估计的行驶轨迹,最后通过比较行驶轨迹与路网中候选路线的相似性来确定车辆位置。文献[30]提出了基于粒子滤波器的定位导航应用框架,此框架包括车辆运动状态动力学模型、通用的非线性定位测量方程和基于粒子滤波器的通用定位算法。将该框架应用于车辆定位时,初始位置可由 GPS 给出,后续的测量数据则从轮速传感器获取,由于轮速传感器能持续输出速度信息,使得导航系统即使在无法接收到高质量 GPS 信号时(如在高楼林立的市区或隧道中)也能获得较准确的位置信息。文献[31]为低成本的车载导航系统设计了一个自适应神经模糊推理系统,该系统将模糊逻辑系统的专家知识建模和神经网络的学习能力结合实现了一个优化模型,高效融合了 GPS 和惯性测量单元的数据,提高了导航系统的定位性能。文献[32]对文献[31]的方法做了改进,利用 GPS 信号对系统的输出又做了一次修正,从而获得了更高的定位精度。文献[33]分析比较了 6 个基于人工智能技术的多传感器融合定位算法,实验结果表明,基于自适应神经模糊推理系统的定位算法能比基于神经网络的算法^[34]获得更好的定位性能。

多传感器信息融合已成为提高定位精度的常用手段。目前关于融合方法的研究已逐渐从传统的基于卡尔曼滤波的方法转向基于人工智能的方法^[35]。之所以发生这种转变,主要是因为传统方法的一些固有不足和无法克服的困难^[36]。如卡尔曼滤波方法要求精确定义每个传感器的随机误差模型。此外,GPS 和惯性导航子系统的一些统计属性(相关时间、方差和协方差等)也需要事先确定。

传感器信息仅是定位技术中用到的一类信息,除了传感器信息外,还有地图

信息、车辆运动状态信息等也可用于提高定位性能。以地图信息为例,该类信息可将纯坐标的位置信息转化为驾驶员可以理解的形式,即在地图中显示车辆位置。而且,通常情况下,车辆是行驶在道路上的,数字地图中的路网可用于限制车辆的位置和行驶轨迹,此过程被称为地图匹配(关于地图匹配技术的研究现状及趋势可参阅5.2节)。

车载导航系统及其他智能交通应用所使用的数字地图一般包括拓扑信息、测量(坐标)信息及其他属性信息(如道路类型、街道名、道路限速及转向限制等)。文献[37]~[39]等对车载导航系统的数字地图结构做了深入研究。文献[40]研究了先进驾驶辅助系统所使用的数字地图结构,并指出地图属性对提高系统性能的重要作用,而且数字地图应能及时更新以反映路网拓扑及其他地图属性的最新状态。目前,静态自主式导航系统还无法满足文献[40]提出的“地图应能及时更新”这一要求。要实现这个目标,必须使用动态协作式的导航模式,即将导航系统分为客户端(车载终端)和服务端(交通信息中心),数字地图存储在服务端,客户端按需实时从服务端获取地图数据。其实,动态导航系统的地图存储、传输方式在地理信息系统(Geographic Information Systems, GIS)中早已有了广泛应用。产业界和学术界也对此开展了大量研究,一些研究成果可以移植到动态车载导航系统中。

随着互联网的发展,网络连接速度有了很大提高,但相应地,地图数据容量也在不断增大,因此,相比于纯文本数据,传输地图数据依然需要花费较长时间。如何提高地图数据的传输速度依旧是GIS必须解决的一个重要问题。GIS主要的标准研究机构——开放地理空间联盟(Open Geospatial Consortium, OGC)提出了一些标准服务用于提升分布式GIS数据的互操作性。Web地图服务(Web Map Service, WMS)就是其中之一。该服务提供了一种灵活的数据请求方式,用户可以请求任一图层任一区域的地图数据。但该服务也有弊端,即服务端每次处理请求时都需要花费较长时间生成地图数据。为此,OGC提出了WMS扩展服务(分块WMS)。借助地图分块技术,服务端不再为每个请求额外生成数据,从而有效减少了服务延迟^[41]。文献[42]提出了一些设计策略用于改进Web GIS服务的性能。这些设计策略涉及服务方式(如异步服务能够增加服务端的吞吐量)、服务粒度(如粗粒度的服务能够缩短服务延迟)以及数据格式(如使用二进制格式能够有效压缩数据,从而提高数据传输性能)。文献[43]也提出了一些优化技术用于改进Web GIS应用的总体性能。这些技术包括数据简化、相对坐标、静态地图、多尺度、压缩和按需加载等。文献[44]设计了一个能自动获取地理信息数据的系统。该系统使用贝叶斯网络维护分析任务和数据集(包括空间、非空间和关系信息数据)之间的概率关系。当用户执行分析任务时,系统

能自动抓取相关的地理信息数据。此外,该系统通过反馈机制使贝叶斯网络不断学习,实现了概率关系的动态更新。文献[45]提出了一种位置感知的地图数据预取机制,该机制是为欧洲水路联网信息系统设计的。由于此系统的用户通常都是沿着主要河流航行,因此,利用河道信息、船的速度和方向即可预测出用户的航行路线,从而提前加载地图数据。文献[46]研究了集群缓存系统环境下的地理信息数据预取机制。关于地图缓存预取机制的研究现状及趋势可参阅4.5.1节。从上述研究可以看出,对地图传输性能的改进分为两个方向:其一主要涉及数据格式设计、传输模式设计等方面;其二则集中于智能数据获取、预取等方面。

综上,无论是静态自主式车载导航系统,还是动态协作式导航系统,定位问题一直是一个核心问题,该问题内涵丰富,涉及关键技术较多,本书的研究内容也是围绕该问题展开的。此外,人工智能、机器学习等技术也逐渐渗透到定位技术及其他相关技术的研究中,由此可见,智能化将会是动态车载导航系统的一个趋势。

1.3 本书内容

本书首先设计了未来动态车载导航系统的软件架构。采用了先建模、后设计的架构设计路线,对无线网络在系统中的应用方式、核心功能模块划分、重要数据结构以及流程均进行了建模分析。在保证模型正确的前提下再从模型导出软件架构,从而确保了架构设计的正确性。在软件架构设定的框架之下,本书针对动态车载导航系统的特点,着重研究了一些基础且核心的支撑技术。主要包括:访问控制技术、地图缓存技术、地图匹配技术以及其他适用于动态导航系统的智能信息处理技术。

一、访问控制技术

动态车载导航系统借助无线网络传输定位数据、地图数据和导航数据,同时可以通过无线网络接入互联网来访问互联网上的服务。随着导航系统与互联网的深度融合,它也将面临互联网上常见的安全威胁,如截获攻击、篡改攻击、拒绝服务攻击等。因此,在设计导航系统时,需要考虑采用相关的网络安全防护措施。访问控制就是一种重要且常用的安全防护手段,它的目标是使正确的用户在正确的时间、地点访问正确的数据,执行正确的操作。本书讨论了目前常用的访问控制模型,分析了它们存在的问题,并根据动态车载导航系统特点,设计了新的访问控制模型,从而实现细粒度、动态且灵活的访问控制。