

车车协同安全控制技术

鲁光泉 王云鹏 田大新 著



科学出版社

车车协同安全控制技术

鲁光泉 王云鹏 田大新 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以交叉口车车协同避撞及路段车车协同跟驰安全控制为目标,从车载系统的设计与构建、多源车辆状态数据融合处理、车车信息交互、控制策略的设计与实现等方面系统介绍了车车协同安全控制技术。本书的内容包括:绪论、面向车车协同控制的车载系统、车辆状态信息融合处理、车车/车路信息交互技术、车辆辅助制动控制、无信号交叉口车车协同安全通行控制技术、车车协同跟驰危险辨识与避撞控制技术、车车协同技术发展展望。读者可以通过阅读本书,系统了解车车协同系统的硬件布置、软件开发、安全控制策略设计等内容。

本书可作为交通运输领域,特别是从事汽车辅助驾驶、智能汽车、车路系统协同、车车协同控制等相关方向的科研人员的重要参考资料,也可作为高等院校学生的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

车车协同安全控制技术/鲁光泉,王云鹏,田大新著. —北京:科学出版社, 2014. 10

ISBN 978-7-03-042194-4

I. ①车… II. ①鲁…②王…③田… III. ①人-车-路关系—汽车—安全技术—研究 IV. ①U471.1②U461.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 241774 号

责任编辑:余 丁 / 责任校对:胡小洁
责任印制:肖 兴 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 10 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2014 年 10 月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:262 000

定价:70.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着无线通信技术的快速发展,车车协同技术在 21 世纪初已经成为智能交通技术研究的新热点,美国、日本和欧盟先后部署了相关的国家计划并开始关键技术研发。在车车协同技术早期研究中,各国都比较关注车车通信及车车通信基础上的安全预警。2012 年,美国交通运输部、美国公路交通安全管理局会同密歇根大学在密歇根州进行了有 3000 辆车参与的车车通信及其预警技术的应用试验。随后,美国交通运输部在 2014 年 2 月 3 日发表对外声明,决定推动车车通信技术在轻型车上的应用。这标志着车车协同技术即将从实验室走向应用市场,将成为继安全带、ABS 之后汽车的第三个基础安全装备,将为交通领域安全带来新的技术变革。

我国部分高校和研究机构对车路协同技术非常关注,进行了跟踪性和专项技术研究。北京航空航天大学于 2011 年成立了我国首个省部级的重点科研基地——车路协同与安全控制北京市重点实验室。2011 年,科技部经过充分论证,在国家 863 计划现代交通技术领域设立了“智能车路协同关键技术研究”的主题项目,并把车车协同作为该项目的重要组成部分,设立了“车车交互式协同控制系统关键技术”课题。通过该课题的研究,在车车协同理论、车车协同系统关键技术等方面取得了阶段性成果。

课题的主要理论研究成果包括:建立了针对车车协同交叉口车辆通行规则库,并从冲突的判定条件出发,确定了通过破坏时间冲突这一条件来进行冲突点避让的策略;根据风险动态平衡理论,采用安全裕度对跟随过程中驾驶人的危险感知水平进行了量化,并以此为依据,提出了基于驾驶人危险感知量化的跟车模型。课题的关键技术成果包括:研发了车车协同避撞软硬件系统样机,实现了数据采集与融合、车车通信、协同避撞及人机交互界面等功能的集成;针对车车协同的交叉口安全通行预警与辅助控制、跟车过程的安全预警与辅助控制、换道安全预警和盲区预警等应用场景,研发了实现这些应用场景的关键技术。

本书是在作者总结“车车交互式协同控制系统关键技术”课题部分研究成果的基础上撰写完成的,系统阐述了车车交互式协同安全控制的基本原理和关键技术,供从事汽车辅助驾驶、智能汽车、车路系统协同、车车协同控制的相关科研人员和高等院校学生参考。

全书共 8 章。第 1 章介绍智能交通、车路协同、车车协同的发展现状;第 2 章重点介绍车车协同控制车载系统的设计;第 3 章论述通过多源数据融合处理获取

车车协同控制所需要的车辆状态信息;第4章介绍如何实现车与车的信息交互;第5章介绍实现安全辅助的制动控制技术;以第2~5章介绍的技术为基础,第6章论述交叉口车车协同避撞方法及其实现,第7章论述路段上的车车协同跟驰安全控制技术;第8章是对车车协同控制技术发展的展望性总结与预测。

本书的第1、2、3、5、7章由鲁光泉负责撰写,第6、8章由王云鹏负责撰写,第4章由田大新负责撰写。著者的研究生鲍泽文、张然、罗浩、段续庭、李良、贾贝贝也参与了本书的撰写工作,其中鲍泽文参与了第2、3章的撰写,罗浩、段续庭参与了第4章的撰写,贾贝贝参与了第5章的撰写,张然参与了第6章的撰写,李良参与了第7章的撰写。此外,罗毅为本书编辑校对了变量表。在此一并表示感谢。

感谢国家863计划课题“车车交互式协同控制系统关键技术”(2011AA110403)对相关研究的支持,感谢课题合作团队成员清华大学和重庆长安汽车股份有限公司为相关研究提供了实验车辆,感谢北京航空航天大学基本科研业务费项目对本书出版的支持。

由于作者水平有限,不妥之处在所难免,敬请广大同行、读者批评指正。

作者

2014年5月

目 录

前言

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 美国国家智能交通系统体系 | 1 |
| 1.2 日本智能交通系统体系 | 3 |
| 1.3 欧洲的智能交通系统体系 | 3 |
| 1.4 中国的智能交通系统体系 | 4 |
| 1.5 协同式智能交通系统——智能交通的新阶段 | 6 |
| 1.5.1 美国——从自动公路到车路协同 | 6 |
| 1.5.2 日本——从交通信息服务到智能公路 | 7 |
| 1.5.3 欧洲——eSafety 推动车路协同的发展 | 8 |
| 1.5.4 中国——协同的路还很长 | 10 |
| 1.6 车车协同——协同式智能交通系统的重要组成部分 | 11 |
| 1.7 本书内容 | 15 |
| 参考文献 | 15 |
| 第 2 章 面向车车协同控制的车载系统 | 18 |
| 2.1 车载系统需求分析 | 19 |
| 2.1.1 自车信息采集系统 | 20 |
| 2.1.2 车车信息交互系统 | 23 |
| 2.1.3 车载控制器 | 23 |
| 2.1.4 车载执行器 | 23 |
| 2.1.5 人机交互系统 | 24 |
| 2.2 车车协同控制系统硬件 | 24 |
| 2.2.1 车辆状态信息采集 | 24 |
| 2.2.2 车车通信系统 | 25 |
| 2.2.3 车速控制机构 | 30 |
| 2.2.4 系统集成及布置 | 31 |
| 2.3 车车交互式协同控制软件系统 | 33 |
| 2.3.1 系统软件设计概述 | 33 |
| 2.3.2 软件需求 | 34 |
| 2.3.3 软件模型 | 35 |

| | | |
|------------|--------------------------|-----------|
| 2.3.4 | 人机交互界面设计 | 36 |
| 2.4 | 小结 | 38 |
| | 参考文献 | 38 |
| 第3章 | 车辆状态信息融合处理 | 41 |
| 3.1 | GPS/INS 组合导航原理 | 42 |
| 3.1.1 | 导航坐标系 | 42 |
| 3.1.2 | SINS 力学编排 | 43 |
| 3.2 | SINS 的误差方程 | 45 |
| 3.3 | 联合卡尔曼滤波器基本原理 | 47 |
| 3.3.1 | 经典卡尔曼滤波器基本原理 | 47 |
| 3.3.2 | 联合卡尔曼滤波基本原理 | 48 |
| 3.4 | 联合卡尔曼滤波器设计 | 50 |
| 3.4.1 | 组合导航系统的状态方程 | 51 |
| 3.4.2 | INS/GPS 位置速度子系统 | 53 |
| 3.4.3 | INS/GPS 双天线航向子系统 | 54 |
| 3.4.4 | 一些参数取值和计算 | 55 |
| 3.5 | 车辆定位坐标信息转换 | 57 |
| 3.5.1 | 经纬度坐标向高斯坐标的转换 | 57 |
| 3.5.2 | 高斯坐标的转换车辆坐标系的转换 | 59 |
| 3.6 | 车辆状态信息融合算法测试 | 60 |
| 3.6.1 | 滤波效果测试 | 60 |
| 3.6.2 | 车辆定位精度测试 | 61 |
| 3.6.3 | 车车相对定位测试 | 63 |
| 3.7 | 小结 | 68 |
| | 参考文献 | 68 |
| 第4章 | 车车/车路信息交互技术 | 70 |
| 4.1 | 无线通信技术 | 70 |
| 4.1.1 | 蜂窝 3G 通信 | 71 |
| 4.1.2 | WiFi 通信 | 73 |
| 4.1.3 | DSRC 通信 | 76 |
| 4.2 | DSRC 自适应数据广播 | 80 |
| 4.3 | 异构网络 3G/WiFi 自适应切换 | 84 |
| 4.4 | 小结 | 90 |
| | 参考文献 | 91 |
| 第5章 | 车辆辅助制动控制 | 92 |

| | | |
|--------------|---------------------------------|------------|
| 5.1 | EVB 参数标定 | 93 |
| 5.1.1 | 惯性测量单元安装角度偏差的测定 | 94 |
| 5.1.2 | EVB 性能参数测定 | 103 |
| 5.2 | 车辆开环辅助制动控制算法 | 107 |
| 5.3 | 车辆辅助制动控制的 PID 控制 | 107 |
| 5.3.1 | PID 控制流程 | 108 |
| 5.3.2 | 传递函数的辨识 | 109 |
| 5.3.3 | PID 控制器的控制算法 | 113 |
| 5.4 | 小结 | 117 |
| | 参考文献 | 117 |
| 第 6 章 | 无信号交叉口车车协同安全通行控制技术 | 119 |
| 6.1 | 车车/车路协同的无信号交叉口通行控制原理 | 119 |
| 6.1.1 | 集中式控制方法 | 119 |
| 6.1.2 | 分布式控制方法 | 121 |
| 6.2 | 无信号交叉口车辆冲突分类及特征分析 | 126 |
| 6.3 | 无信号交叉口车辆通行规则库 | 127 |
| 6.3.1 | 无信号交叉口车辆通行规则 | 127 |
| 6.3.2 | 无信号交叉口车辆通行规则库 | 129 |
| 6.3.3 | 无信号交叉口的多车通行规则 | 131 |
| 6.4 | 基于信息交互的无信号交叉口车辆冲突检测 | 132 |
| 6.4.1 | 车车冲突分析 | 133 |
| 6.4.2 | 车车冲突检测算法 | 135 |
| 6.5 | 车车冲突严重程度量化 | 139 |
| 6.6 | 无信号交叉口冲突点避让策略 | 143 |
| 6.6.1 | 路口信息已知情况下两车冲突避让策略 | 143 |
| 6.6.2 | 路口信息未知情况下两车冲突避让策略 | 145 |
| 6.6.3 | 无信号交叉口的多车冲突避让策略 | 147 |
| 6.7 | 车车协同交叉口避撞测试 | 147 |
| 6.7.1 | 路口信息未知 | 148 |
| 6.7.2 | 路口信息已知 | 152 |
| 6.8 | 小结 | 156 |
| | 参考文献 | 156 |
| 第 7 章 | 车车协同跟驰危险辨识与避撞控制技术 | 158 |
| 7.1 | 跟驰过程的危险与危险感知 | 158 |
| 7.2 | 跟驰过程的危险感知量化 | 159 |

| | | |
|------------|---------------------|------------|
| 7.2.1 | 距离碰撞的时间(TTC) | 159 |
| 7.2.2 | 车头时距(time headway) | 160 |
| 7.2.3 | 用TTC和TH构建的危险感知指标 | 161 |
| 7.2.4 | 驾驶人的危险感知水平量化指标:安全裕度 | 161 |
| 7.3 | 跟驰模型 | 166 |
| 7.3.1 | 跟驰模型准则 | 166 |
| 7.3.2 | 刺激反应跟驰模型 | 167 |
| 7.3.3 | 安全距离(或者称为安全行为)跟驰模型 | 169 |
| 7.3.4 | 心理生理(反应点)跟驰模型 | 170 |
| 7.3.5 | 基于模糊逻辑的跟驰模型 | 170 |
| 7.3.6 | 期望安全裕度跟驰模型(DSM) | 171 |
| 7.4 | 车车协同的跟驰安全控制技术 | 181 |
| 7.4.1 | 跟随目标识别 | 181 |
| 7.4.2 | 跟驰危险量化与安全控制 | 184 |
| 7.5 | 车车协同安全控制的实验测试 | 185 |
| 7.5.1 | 车辆跟驰危险预警与辅助控制 | 185 |
| 7.5.2 | 前车紧急制动时后车的预警与辅助控制 | 186 |
| 7.6 | 小结 | 188 |
| | 参考文献 | 188 |
| 第8章 | 车车协同技术发展展望 | 192 |
| 8.1 | 车车协同技术带来交通系统的革命性变化 | 192 |
| 8.2 | 车车协同技术发展中的问题 | 194 |
| 8.3 | 车车协同技术关键技术发展展望 | 196 |
| 8.4 | 结语 | 198 |
| 附录 | | 199 |

第 1 章 绪 论

交通拥堵、交通污染和交通安全是交通领域亟待解决的三大难题。不断提升交通系统的智能化水平,是提高交通安全水平,缓解交通拥堵和交通污染的有效途径。随着通信技术的快速发展,作为新一代智能交通系统技术的车路协同受到越来越多的关注。协同式的智能交通系统成为智能交通系统的新阶段。车车协同技术是车路协同技术的重要组成部分,也是未来交通系统技术的核心。2014年2月3日,美国交通运输部发表对外声明,决定推动车车通信技术在轻型车上的应用,这标志着车车通信技术即将从实验室走向应用市场,并将推动车车通信与车辆智能控制相结合的车车协同技术的发展。美国交通运输部部长 Anthony Foxx 认为:车车协同技术是继安全带、安全气囊之后的新一代安全技术。这对交通领域来说将是一个革命性的变化,车车协同技术的发展,将对道路交通协同的控制、管理、运用等各方面产生革命性的影响。

1.1 美国国家智能交通系统体系

智能交通系统(intelligent transportation systems, ITS)起源于美国。智能交通系统的概念可以追溯到 1939 年通用汽车公司在纽约举行的世界博览会上提出的无人驾驶构想^[1]。1991 年,美国成立了智能交通协会(Intelligent Transportation Society of America)。美国交通部于 1994 年投资 2000 万美元,开始研究国家智能交通系统体系框架(national ITS architecture),并随着技术进步,不断修改完善该体系框架。2013 年,美国发布了第七版国家智能交通系统体系框架^[2],并与加拿大的国家智能交通系统体系框架合并,使其成为北美智能交通系统体系框架。

美国的国家智能交通系统体系由制度层、交通运输层和通信层三个层次组成(图 1.1)。制度层包括有效建设和维护国家智能交通系统的制度、政策、投资机制和流程,是保障国家智能交通系统建设的先决条件。交通运输层定义了交通运输服务的子系统和接口,是国家智能交通系统体系结构的“心脏”。通信层定义了国家智能交通系统所需的通信服务及相关技术^[3]。

美国国家智能交通系统体系的交通运输层包括了逻辑结构、物理结构、服务包、用户服务、体系框架的应用、安全和标准七个部分。

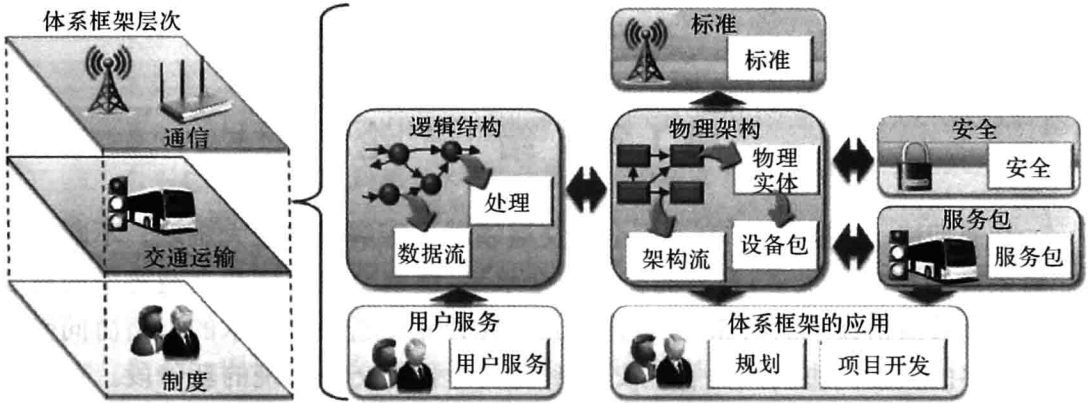


图 1.1 美国国家智能交通系统体系结构总图(the architecture view)^[3]

图 1.2 是美国国家智能交通系统物理结构,包括了出行者、中心、车辆和领域四部分,每部分之间通过有线或无线通信的方式进行连接。

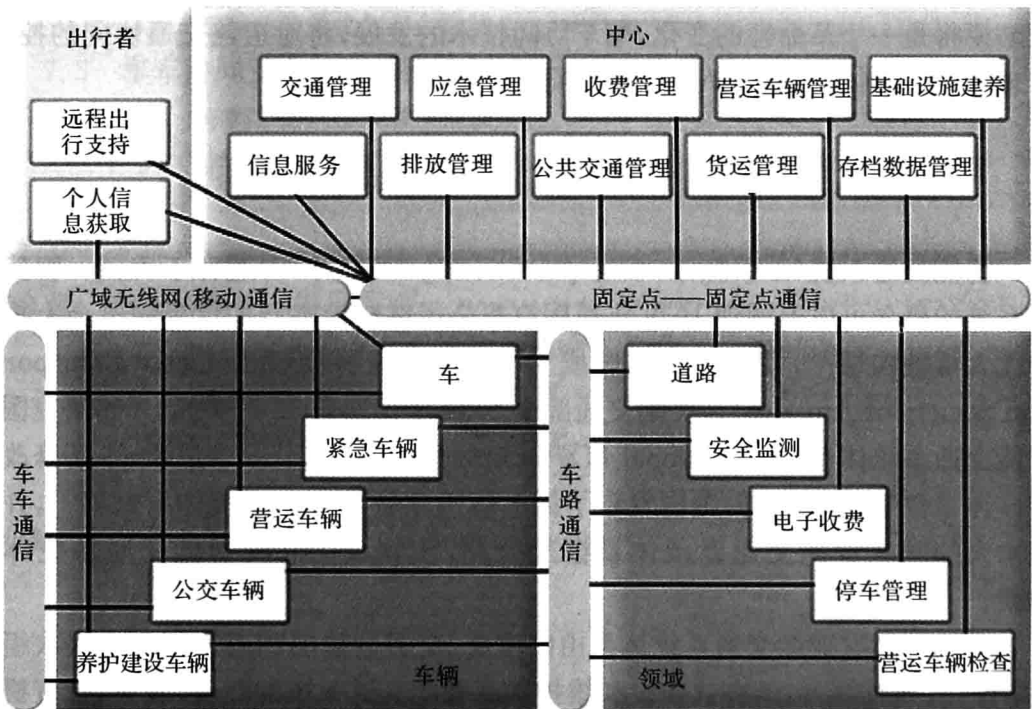


图 1.2 美国国家智能交通系统物理结构^[4]

美国国家智能交通系统定义了 8 个领域的服务:出行与交通管理、公共交通管理、电子收费、商用车运营、应急管理、先进的车辆安全系统、信息管理、基础设施建养^[5]。

1.2 日本的智能交通系统体系

ITS 在日本的发展始于 20 世纪 70 年代。从 1973 年到 1978 年,日本成功地开展动态路径诱导系统实验。在这个实验中,车上的驾驶员可以根据装在车上的显示器上所显示的道路交通堵塞状况及诱导方向,选择自己到达目的地的最佳路线^[6]。从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期的 10 年间,日本相继进行了道路与车辆之间通信系统、交通信息通信系统、宽区域旅行信息系统、超智能车辆系统、安全车辆系统以及新交通管理系统等方面的研究。在此基础上,1994 年 1 月,由日本警视厅、通产省、运输省、邮电省和建设省 5 个部门联合成立了日本道路车辆智能化促进协会(Vehicle Road and Traffic Intelligent Society, VERTIS),用以推动 ITS 在日本的发展^[6]。2001 年,VERTIS 改名为日本 ITS 协会(ITS Japan)。

日本的 ITS 定义了 9 个发展领域、21 项应用、56 项特定服务和 176 项特定子任务。9 个发展领域包括:导航系统、电子收费系统、安全驾驶辅助、交通管理优化、道路管理效能提升、公共交通、商用车运行效能提升、行人出行支持、应急车辆支持。日本的 ITS 物理结构如图 1.3^[7]所示。

1.3 欧洲的智能交通系统体系

欧洲的智能交通组织是 ERTICO。该组织代表约 100 家欧洲合作伙伴,参与提供智能交通系统的研究与服务,致力于通过 ITS 的发展,促进全欧洲道路交通向更安全、更可靠、更清洁、更高效舒适发展^[8]。

欧洲在 2000 年第一次发布了欧洲 ITS 框架结构,经过多年的修订,逐步形成了具有自己特色的体系框架(图 1.4)^[9]。

欧洲 ITS 体系框架定义了 10 个应用组,包括:一般性应用(general),基础设施规划与维护(infrastructure planning and maintenance),执法(law enforcement),收费(financial transactions),应急服务(emergency services),出行信息及出行诱导(travel information and guidance),交通、事件及需求管理(traffic, incidents and demand management),智能汽车(intelligent vehicle systems),货运与车队管理(freight and fleet management),公共交通管理(public transport management)。

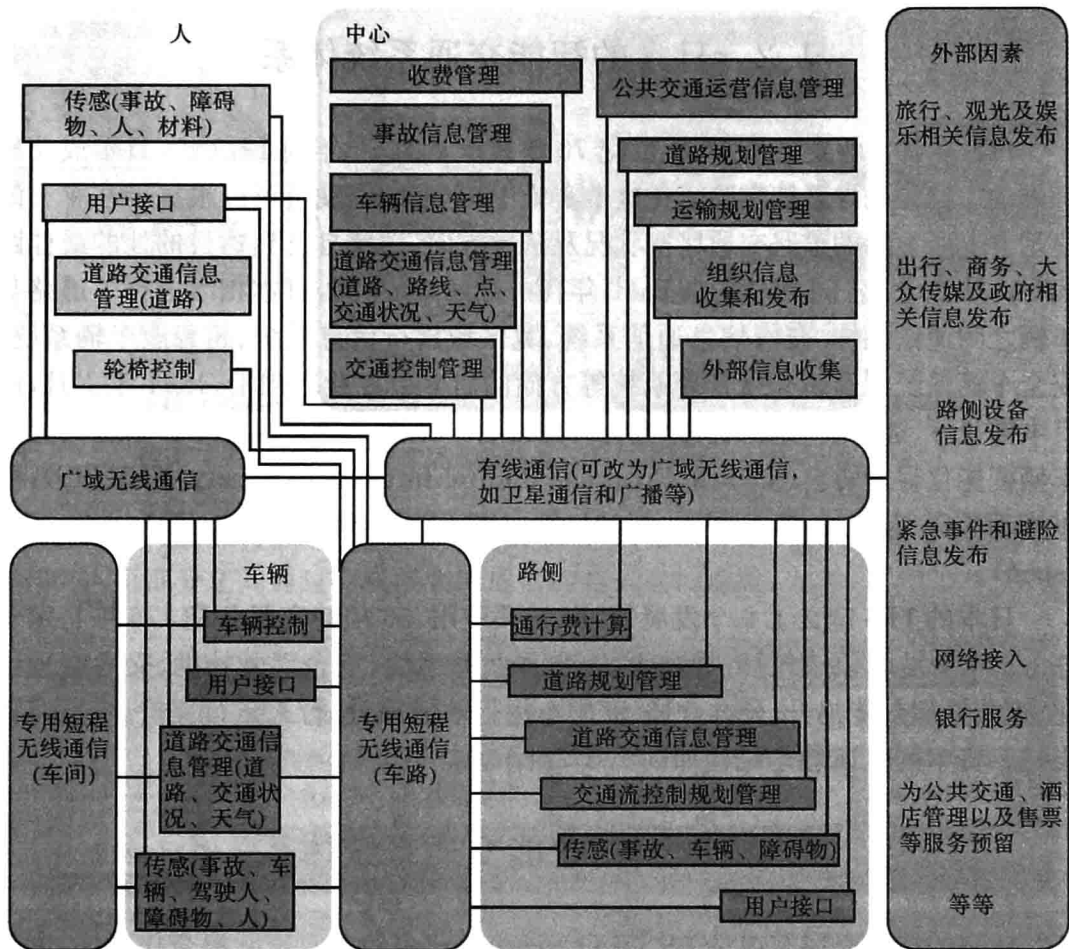


图 1.3 日本的 ITS 物理结构^[7]

1.4 中国的智能交通系统体系

我国对智能交通系统的研究起步较晚。20 世纪 80 年代初,我国才开始重视运用高科技来发展交通运输系统,随着信息技术、通信技术和计算机控制技术的快速发展,加快了对智能交通关键技术的研究步伐^[6]。“九五”、“十五”启动阶段,我国成立了国家智能交通系统工程技术研究中心,搭建了中国 ITS 体系框架,国家科技攻关计划“智能交通系统关键技术开发和示范工程”重大专项启动了 12 个研究项目,促进了我国智能交通系统从技术研究到工程示范应用在全国的开展^[6]。

图 1.5 为中国智能交通系统的逻辑框架图^[10]。为了实现系统功能,智能交通系统的主要技术包括交通信息采集、交通信息处理、通信、无线接入、城市交通管理和控制、车辆主动安全与智能汽车、空间信息等技术^[6]。

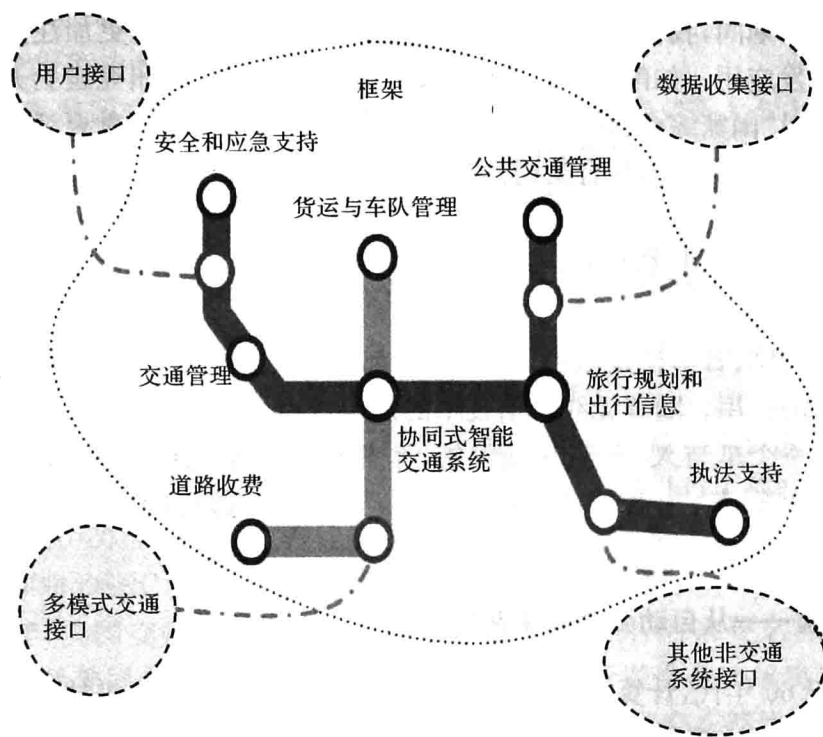


图 1.4 欧洲的 ITS 体系框架^[9]

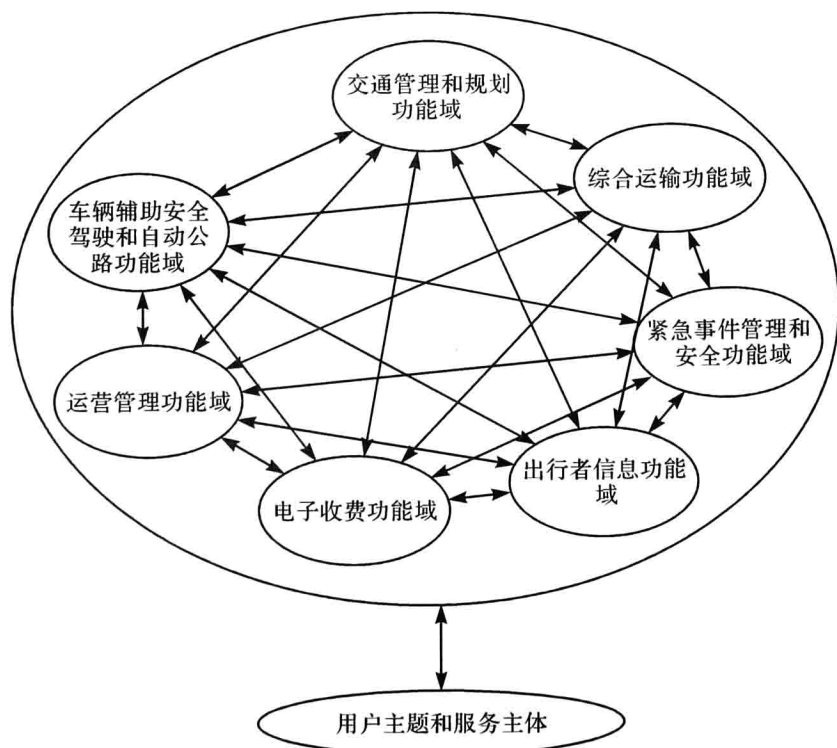


图 1.5 中国智能交通系统的逻辑框架^[10]

“十一五”期间,我国成立了中国智能交通协会,项目实施更加注重结合实际需求展开研发应用。如配合北京奥运会、上海世博会以及广州亚运会开展的科技支撑计划项目“国家综合智能交通技术集成应用示范”,在完成重要活动交通保障的同时,加快了特大城市综合交通信息系统的规模应用^[6]。

1.5 协同式智能交通系统——智能交通的新阶段

无论是美国、日本还是欧洲,通信技术都对智能交通系统的体系框架实现起到了支撑性的作用。随着无线通信技术的发展,ITS不再是简单的车路信息共享,而是进入了一个车与人、车与基础设施、车与车更安全、更高效地协同运行的时代。建设一个车-车、车-路、车-人高度协同,安全高效通行的系统是ITS努力的方向。

1.5.1 美国——从自动公路到车路协同

20世纪60年代,计算机出现后,人们就开始考虑利用计算机技术来实现汽车的自动驾驶和交通管理。1970年,通用汽车公司在美国交通部的支持下开始了自动公路(automated highway)的研究与实验。这标志着智能交通系统从构想阶段进入了研发阶段。1980年,加州大学(伯克利)的PATH项目(Partner for Advanced Transit and Highways)在自动公路研究方面的成果令人瞩目^[1]。

1991年,美国通过了ISTEA法案(Intermodal Surface Transportation Efficiency Act)以推动智能汽车和自动公路的原型系统开发和测试。在该法案的推动下,美国交通部设立了国家自动公路系统研究项目(National Automated Highway System Research Program, NAHSRP)。1994年,美国交通部建立了国家自动公路系统联盟(National Automated Highway System Consortium, NAHSC)以开展全自动公路系统技术的预研。尽管1997年美国交通部终止了NAHSRP项目,但其研究成果有力地支持了紧随其后美国组织实施的智能车计划(Intelligent Vehicle Initiative, IVI)项目^[1,11]。根据1998年签署的“面向二十一世纪的交通运输平衡法案(Transportation Equity Act for the 21st Century, TEA-21)”,美国交通运输部启动了IVI项目。该项目是美国交通部智能交通运输系统项目的重要组成部分,以车辆辅助安全系统研究为重点^[12]。

从AHS到IVI,美国的智能交通运输系统项目以提升交通安全水平为目标,以车辆智能化为主要技术手段开展研究。在一阶段的研究中,车辆安全的信息收集手段以车载传感器为主,包括摄像头、雷达、激光扫描测距等技术。随着通信技术的发展,通过车路通信,提高交通安全和通行能力水平受到关注。2000年,美国加州交通局提出并开展协同式自动车路系统(Cooperative Vehicle-Highway

Automation Systems, CVHAS)的研究,作为 IVI 项目的补充^[13],研究车路通信条件下的安全保障技术。

2003年,美国交通部在西班牙举行的第十届世界智能交通大会上宣布启动车路一体化(Vehicle Infrastructure Integration, VII)项目^[14]。在此基础上建立的 VII 联盟包括参加过 IVI 项目的一些汽车厂商、美国国家公路和运输协会(AASHTO)、十个州的交通运输局和美国交通运输部。通过该项目研究,2005年发布了 VII 体系框架与功能需求 1.1 版。该体系框架以专用短程通信(Dedicated Short-Range Communication, DSRC)为基础,对 VII 系统功能需求进行了描述,并进一步把系统分为车辆、路侧设施和网络等基本元素^[15]。

2009年12月,美国交通运输部发布了智能交通系统(ITS)战略研究计划(2010-2014)。该计划对美国智能交通在未来五年的研究进行了战略部署^[16]。该计划确定 2010-2014 年美国在智能交通系统方面的研究重点是车车交互,并致力于 DSRC 和非 DSRC 无线通信技术在交通领域的创新应用。

2009年,美国交通运输部启动了 IntelliDrive 计划,后来更名为 Connected Vehicle。这是美国交通部组织开展的为交通系统运行提供全新解决方案的大型 ITS 研发计划,是在车路一体化(VII)项目的基础上深化研究车路协同控制。该项目主要包括车路协同基础技术、车路协同应用和车路协同政策三个方面的内容,旨在建立车与车、车与基础设施之间的无线通信网络,并在此基础上实现提高交通安全水平、提升交通运行效率以及改善交通环境等方面的应用^[17]。在车路协同基础技术方面,包括国际标准及车辆平台构架、人因研究、车路协同系统工程、车路/车车交互认证和车路协同试验。车路协同应用分为行车安全、交通管理与服务、交通环境保护三个方向。其中,行车安全方向包括车车协同安全和车路协同安全;交通管理与服务包括实时数据获取与管理、动态交通应用;交通环境保护包括面向环境的实时信息融合和面向车路协同的道路气象等。该研究计划第一阶段确定为 2009~2014 年的 5 年时间,项目远期规划中将与互联网连为一体,扩展进一步的应用功能^[6,17]。2012年,美国运输部和美国公路交通安全管理局会同密歇根大学在密歇根州进行了有 3000 辆车参与的车路协同应用试验。2014年2月3日,美国交通运输部发表对外声明,决定推动车车通信技术在轻型车上的应用。

1.5.2 日本——从交通信息服务到智能公路

ITS 在日本的发展始于 20 世纪 70 年代。从 1973 年到 1978 年,日本成功地开展动态路径诱导系统实验。在这个实验中,车上的驾驶员可以根据装在车上的显示器上所显示的道路交通堵塞状况及诱导方向,选择自己到达目的地的最佳路线^[6]。从 20 世纪 80 年代中期到 90 年代中期的 10 年间,日本相继进行了道路与

车辆之间通信系统、交通信息通信系统、宽区域旅行信息系统、超智能车辆系统、安全车辆系统以及新交通管理系统等方面的研究。在此基础上,1994年1月,由日本警视厅、通产省、运输省、邮电省和建设省5个部门联合成立了日本道路交通车辆智能化促进协会(Vehicle Road and Traffic Intelligent Society, VERTIS),用以推动ITS在日本的发展^[6]。2001年VERTIS改名为日本ITS协会(ITS Japan)。

在日本获得广泛应用的ITS项目是车载信息及通信系统(Vehicle Information and Communication System, VICS)、电子收费系统(Electronic Toll Collection, ETC)和智能公路系统(Smartway, ITS Spot system)。

1990年,日本警视厅、邮电省、建设省共同建立了“道路交通信息联络会(VICS联络会议)”。1991年,召开“道路交通信息联络会”发起人会议。1993年,召开了VICS研讨会,并进行了VICS公开演示实验。来自美国ITS协会和欧洲智能交通组织ERTICO的代表参加了这次研讨会。1994年,20个公司和机构共同发起成立了道路交通信息中心筹备处。1995年,道路交通信息中心(VICS中心)正式成立,并在当年在日本横滨举行的第二次ITS世界大会上展示了装有VICS的车辆,其研究成果已经接近实用水平。1996年,VICS先后在东京和大阪开始应用^[18]。2012年,大约有3000万汽车装备了VICS系统,减少二氧化碳排放250万吨^[19]。VICS包括交通信息中心和车载交通信息接收显示器。交通信息中心负责收集实时的道路交通信息,经分析处理后将实时路况信息和交通诱导信息通过广播、无线电信标、红外信标三种方式及时发送到车载交通信息接收器显示^[6]。

2001年,日本开始装备使用ETC。目前,日本收费公路的ETC使用率约为87%,约3900万辆汽车装备了ETC系统。基本解决了高速公路收费站的拥堵问题,每年减少二氧化碳排放21万吨^[20]。

2004年,日本提出了Smartway项目,并从2005年开始研究新一代的道路交通服务系统,2007年形成了ITS车载和路侧单元标准,并进行了Smartway的成果示范,2009年开展了基于ITS的安全行车技术示范;以Smartway的研究做基础,2011年,ITS Spot System在全日本高速公路上开始安装使用^[21]。日本已经在全国安装了1600个ITS Spot System路侧设备,城际高速安装间隔为10至15公里,城市高速路安装间隔约为4公里^[22]。

VERTIS、VICS和ETC都具有车路信息交互的特征,是车路协同的初级阶段。从Smartway项目开始,日本进入了系统研究车路协同的新阶段。

1.5.3 欧洲——eSafety推动车路协同的发展

2001年欧盟发表题为“欧盟交通政策2010年:由时间来决定”的白皮书。白