



■ 智能车路协同关键技术研究系列丛书 ■

基于车路协同的 智能交通系统体系框架

- ARCHITECTURE FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS
- BASED ON INTELLIGENT VEHICLE-INFRASTRUCTURE COOPERATION SYSTEMS

张 毅 姚丹亚 编著

 中国工信出版集团

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>



基于车路协同的 智能交通系统体系框架

——面向自动驾驶的智能交通系统体系框架

——面向自动驾驶的智能交通系统体系框架

王 强 王 强 王 强



中国通信出版社

ISBN 7-115-11111-1

智能车路协同关键技术研究系列丛书

基于车路协同的 智能交通系统体系框架

张 毅 姚丹亚 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书结合世界范围内智能交通系统的发展趋势,在深入分析国内外车路协同技术的基础上,重点针对智能车路协同环境下的新一代智能交通系统体系框架的产生,系统、详细地分析和阐述了体系框架的设计,从用户服务、逻辑结构、物理结构和标准与协议四个方面,介绍了基于车路协同的智能交通系统体系框架的主要内容。本书所列的相关内容反映了我国智能交通系统的最新发展,尤其包含了我国智能车路协同关键技术的最新研究成果和应用体验,突出相关技术和标准协议的系统性,注重基于车路协同的新一代智能交通系统体系框架形成过程。

本书可供从事交通规划、管理和控制的高等学校师生、科研院所研究人员、企事业技术人员以及政府管理人员等使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

基于车路协同的智能交通系统体系框架 / 张毅, 姚丹亚编著. —北京: 电子工业出版社, 2015.5

(智能车路协同关键技术研究系列丛书)

ISBN 978-7-121-25906-7

I. ①基… II. ①张… ②姚… III. ①交通运输管理—智能系统—研究 IV. ①U495

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 081097 号

责任编辑: 徐蔷薇 特约编辑: 劳嫦娟

印 刷: 北京天宇星印刷厂

装 订: 北京天宇星印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 11.75 字数: 266 千字

版 次: 2015 年 5 月第 1 版

印 次: 2015 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

◇ 总 序 ◇

在智能交通为促进全球社会和经济发挥重要作用的同时，交通安全、高效出行和节能环保已成为世界范围内面临的重大挑战。智能车路协同系统（Intelligent Vehicle-Infrastructure Cooperation Systems, i-VICS）代表了当今世界范围内智能交通系统的最新发展方向。它采用无线通信和新一代互联网技术，将出行者（人）、运载工具（车）和道路基础设施（路）有机结合起来，形成人、车、路一体化的交通协同系统，在全方位实现人、车、路之间动态交通信息采集与融合的基础上，开展行车协同安全、交通主动控制和行人安全辅助，将有效保障在复杂交通环境下实现道路交通安全的主动控制，提高基于道路智能管理的通行效率，降低能耗并有效减少对生活环境的影响。智能车路协同技术的发展使交通参与者、运载车辆和道路基础设施的信息获取与交互手段、内容和范围产生了重大变化，将进而引发交通安全保障、道路智能管理和高效出行服务的深层次变革，使交通更安全，出行更畅通。这一改变将使智能交通系统发生一场前所未有的革命性变革。

2011年9月，科学技术部在863计划现代交通技术领域立项“智能车路协同关键技术研究”主题项目。该项目紧随世界范围内现代交通控制技术的发展需求，重点突破车路协同共性基础技术和系统集成关键技术，研制支持典型应用的系统装备，建立智能车路协同技术体系框架，形成我国基于车路协同的保障行车协同安全和交通主动控制的核心支撑技术，最终加快提升我国智能交通产业的核心竞争力。该项目由清华大学牵头，联合北京航空航天大学、同济大学、北京交通大学、东南大学、武汉理工大学、武汉大学、交通部公路科学研究院、中国汽车技术研究中心和长安集团共十家单位，在智能车载系统、智能路侧系统、车车/车路协同信息交互与控制、车路协同系统集成和仿真测试等关键技术方面开展了相关研究工作，并取得了突出成果。

项目团队经过三年多的联合攻关和集中开发，完成了车路协同系统总体设计与体系框架研究、智能车载系统关键技术研究、智能路侧系统关键技术研究、车车/车路信息交互与协同控制技术研究、车路协同系统集成和仿真技术研究以及车路协同的12个典型应用系统的集成验证等。项目提出的“智能车路协同系统体系框架”对我国智能交通系统技术发展具有重要的参考价值。通过项目的实施，搭建了我国首个智能车路协同集成测试验证实验系统，所开发的智能车载系统与智能路侧系统对提升我国交通系统智能化水

平具有积极的促进作用。项目研究成果对推动行车协同安全和交通主动控制的技术发展、提升道路通行能力、引导产业发展具有重要意义。

本丛书以 863 计划主题项目“智能车路协同关键技术研究”五个研究课题的研究成果为主要内容，共包括基于车路协同的智能交通系统体系框架，智能车路协同系统信息交互技术，基于车路协同的协同安全技术，基于车路协同的主动控制技术，车路协同系统仿真、测试与验证技术以及智能车路协同系统集成与典型应用 6 个分册。丛书全面、系统地总结了我国智能车路协同系统及其关键技术的主要研究进展和成果，期望能对我国智能车路协同系统的持续研究、发展和推广应用提供基础和参考，也希望能对我国未来智能交通的发展和提升起到指导作用。

丛书各分册由项目各课题承担团队联合完成，感谢参与撰写的相关研究人员。同时感谢 863 计划现代交通技术领域主题专家马林教授、王云鹏教授、王长君研究员、王勇研究员及国内外交通领域相关专家对项目研究和丛书编写给予的指导和宝贵意见。

本丛书是基于 863 项目“智能车路协同关键技术研究”的阶段性的总结，偏颇之处在所难免，内容不妥甚或错误之处，敬请业内专家学者和广大读者批评指正。

国家高技术研究发展计划（863）主题项目

《智能车路协同关键技术研究》

首席专家 姚丹亚

2015 年 5 月于北京

◇ 前 言 ◇

智能车路协同系统采用先进的无线通信和新一代互联网等技术，全方位实现车车、车路动态实时信息交互，并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上开展车辆协同安全和道路主动控制，充分实现人、车、路的有效协同，保证交通安全，提高通行效率，从而形成安全、高效和环保的道路交通系统。该系统是智能交通系统发展进入第三阶段的标志性产物。它通过建立包括交通参与者、运载工具和交通基础设施在内的人、车、路一体化的交通协同管控系统，基于数据实时、管控协同和服务集成，借助无线通信、云计算和大数据分析，可以完成实时交通信息的提取、融合和交互，实现全景交通信息环境下的智能交通管理和服务的集成与协同。

基于智能车路协同系统可以构建现代智能交通系统的新模式、新平台、新应用。现代信息技术尤其是通信技术的快速发展，改变了传统智能交通系统的信息采集和共享机制，作为道路交通系统要素的机动车、路侧设备、行人等都能实时共享周边其他道路参与者的信息，新的行车安全、交通控制等应用均可以建立在智能车路协同的基础上。

本书在原有国家智能交通系统体系框架的基础上，在深入分析国内外车路协同技术发展的同时，从智能交通系统体系框架的主要内容，即从基于智能车路协同环境下的用户服务、逻辑结构、物理结构和标准与协议四个方面，详细阐述了基于车路协同的智能交通系统体系框架，为我国智能车路协同系统的研究和发展奠定了基础；同时也为基于智能车路协同环境下的现代智能交通系统的研究和发展，提供了重要的参考依据。希望相关研究工作能够对发展基于车路协同的智能交通系统体系框架、系统与相关关键技术，发挥积极的指导作用。

本书结合世界范围内智能交通系统的发展趋势，重点针对智能车路协同系统环境下的新一代智能交通系统体系框架设计与主要内容，系统、详细地分析和阐述了体系结构的主要内容。衷心感谢 863 计划主题项目“智能车路协同关键技术研究”各承担单位在本研究工作中所给予的支持和帮助。

本书相关内容反映了我国智能交通系统领域的最新发展，涉及的关键技术均属前沿科技，突出相关技术和标准协议的系统性，对科技部、交通部、工信部等部委在“十三五”期间制定智能交通系统研究、建设和部署具有参考意义，对国家和行业相关管理部门具有借鉴作用，对高等院校和科研单位进行研究和教学具有理论和应用价值。

本书可供从事交通规划、管理和控制的高等学校师生、科研院所研究人员、企事业单位技术人员以及政府管理人员等使用。

在本书的撰写过程中，得到了清华大学自动化系博士后徐旭的大力支持和帮助，博士生郑一辰、王易之、郭伟和李卫霞等参与了相关研究工作，在此一并表示感谢。

限于作者的水平和能力有限，本书难免存在不足或不妥之处，衷心希望得到广大读者的批评和指正。

作 者

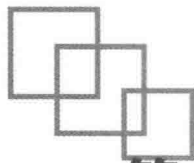
2015 年 1 月于清华园

◇ 目 录 ◇

第 1 章 绪论	1
1.1 智能车路协同概述	1
1.1.1 智能车路协同系统的产生与发展过程	1
1.1.2 智能车路协同系统的主要特点	1
1.2 智能交通系统发展	3
1.3 智能车路协同系统在我国交通发展中的作用	4
1.4 基于车路协同的智能交通系统体系框架主要内容	5
1.5 智能车路协同关键技术	6
1.5.1 多模通信技术	6
1.5.2 状态感知技术	9
1.5.3 数据融合与协同处理技术	11
1.5.4 信息安全技术	12
第 2 章 国内外车路协同技术发展	13
2.1 美国车路协同技术发展现状与趋势	13
2.1.1 美国车路协同技术发展简述	13
2.1.2 车路集成系统与智能驾驶项目	14
2.1.3 互联车辆项目	14
2.1.4 最新进展	15
2.2 日本车路协同技术发展现状与趋势	16
2.2.1 日本车路协同技术发展简述	16
2.2.2 驾驶安全支持系统	17
2.2.3 智慧公路计划	17
2.2.4 车载信息和通信系统	18
2.2.5 最新进展	19
2.3 欧洲车路协同技术发展现状与趋势	19
2.3.1 欧洲车路协同技术发展简述	19
2.3.2 协作式车路系统	21
2.3.3 安全点计划	22

2.3.4	最新进展	24
2.4	中国车路协同技术发展现状与趋势	25
2.4.1	中国车路协同技术发展简述	25
2.4.2	国家道路交通安全科技行动计划	26
2.4.3	智能车路协同系统	27
2.4.4	最新进展	28
第3章	体系框架设计	30
3.1	智能车路协同系统结构	30
3.2	体系框架设计原则	32
3.3	体系框架设计实现	33
第4章	用户服务	36
4.1	国家智能交通系统体系框架用户服务	36
4.1.1	用户主体	36
4.1.2	服务主体	37
4.1.3	终端	39
4.1.4	用户服务	41
4.2	基于车路协同的智能交通系统用户服务需求	45
4.3	基于车路协同的智能交通系统用户服务	47
4.3.1	名词术语定义	47
4.3.2	用户主体定义	47
4.3.3	服务主体定义	48
4.3.4	终端定义	50
4.3.5	用户服务	53
4.3.6	服务与子服务定义	55
第5章	逻辑结构	72
5.1	国家智能交通系统体系框架逻辑结构	72
5.2	基于车路协同的智能交通系统体系框架逻辑结构	73
5.2.1	系统逻辑功能定义	73
5.2.2	系统逻辑功能层次表	74
5.2.3	子系统逻辑功能描述	77
5.2.4	各顶层域数据流图	86
第6章	物理结构	124
6.1	国家智能交通系统体系框架物理结构	124
6.2	基于车路协同的智能交通系统体系框架物理结构	125
6.2.1	系统功能描述	126

6.2.2	子系统功能描述	126
6.2.3	物理结构流程图	131
6.2.4	物理结构流程描述	138
第 7 章	标准与协议	163
7.1	国家智能交通系统体系框架标准与协议	163
7.2	国外智能交通系统标准化工作现状及发展趋势	165
7.2.1	国际电信联盟—远程通信标准化组织 (ITU-T)	165
7.2.2	国际标准化组织 (ISO)	166
7.2.3	欧洲电信标准化协会 (ETSI)	167
7.3	基于车路协同的智能交通系统体系框架标准与协议	168
7.3.1	基于车路协同的智能交通系统标准体系框架	168
7.3.2	信息平台标准与协议	170
7.3.3	交互平台标准与协议	172
7.3.4	协同平台标准与协议	173
7.3.5	保障平台标准与协议	174
7.3.6	服务平台标准与协议	175
参考文献		176



第 1 章 绪 论

1.1 智能车路协同概述

1.1.1 智能车路协同系统的产生与发展过程

交通是人类社会、经济和生活不可或缺的重要环节，是国民经济和社会发展的命脉。产生于 20 世纪的智能交通系统（Intelligent Transportation Systems, ITS）在各国交通出行和货物运输方面发挥了重要作用。随着交通需求的迅猛发展，给现代交通技术发展带来了巨大的挑战和机遇，尤其是电子、材料、通信、信息和智能控制等高新技术以及现代商务技术的不断革命，有效推动和促进了现代交通技术的进步，从而促进和保障了作为国民经济大动脉的综合交通系统的持续和快速发展。

智能交通系统是在较完善的交通基础设施（包括道路、港口、机场和轨道等）之上，将先进的检测技术、数据通信技术、自动控制技术以及智能信息处理与决策技术等有效地集成并运用于交通运输和管理，从而建立起来的一种在大范围内全方位发挥作用的实时、准确、高效的综合交通运输系统。进入 21 世纪后，新技术如下一代互联网、无线传感器网络和移动通信技术等出现，更为 ITS 的快速发展与广泛应用带来了新的活力，使得原本难以在大范围内采集、传输和处理的交通信息得以实现，为更深入地研究和推广 ITS 及其技术创造了有利条件。

近 20 年来，随着社会和经济的快速发展，交通运输所涉及的范围和规模也得到进一步的扩大^[1,4,8]。交通安全、出行效率和节能环保已成为世界范围内交通系统发展面临的重大挑战，传统意义上的智能交通系统已远远不能满足交通运输发展的需要，取而代之的是将出行者（人）、运载工具（车）和道路基础设施（路）有机结合起来，从而形成的人、车、路一体化的交通协同系统，以保障在复杂交通环境下车辆的行驶安全，实现道路交通安全的主动控制，提高基于道路智能管理的通行效率。车路协同技术的发展将使交通参与者、运载工具和道路基础设施的信息获取与交互手段、内容和范围产生革命性变化，必将引发交通安全保障、道路智能管理和高效出行服务的深层次变革，使交通更安全，出行更畅通^[5]。

1.1.2 智能车路协同系统的主要特点^[1,26]

智能车路协同系统（Intelligent Vehicle-Infrastructure Cooperation Systems, i-VICS）

采用先进的无线通信和新一代互联网等技术,全方位实施车车、车路动态实时信息交互,并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上开展车辆主动安全控制和道路协同管理,充分实现人车路的有效协同,保证交通安全,提高通行效率,从而形成的安全、高效和环保的道路交通系统。智能车路协同系统具有如下特点。

1. 交通要素的实时化和信息化

智能车路协同系统中的运输工具、交通基础设施和交通环境不再只被看成一个简单的对象,人、车、路和环境所对应的交通要素通过传感器的采集和融合过程,成为具有自主身份且可具备信息交互功能的智能物体,在交通系统实时数据的基础上,借助信息融合、无线通信和云计算等技术,实现复杂交通系统的实时信息再现,进而能够掌握交通参与者(行人、驾驶员、乘客)、交通工具(汽车、火车、飞机等)、交通对象(旅客、货物)、交通基础设施(道路、铁路、港口、机场、航线等)和交通环境(天气、温度、湿度等)的实际运行状态。

2. 海量信息的简明化和精确化

智能车路协同系统中交通参与者与车辆之间、车辆与车辆之间、车辆与基础设施之间、车辆与交通服务中心之间等可通过多种通信模式实现各类信息双向传输,系统可获得时间和空间上的高分辨度数据,同时将会产生表征复杂交通系统各类特性的海量信息,构成实现智能车路协同系统各种功能的基础信息,即目前所谓的交通大数据。在分布式云计算技术的支持下,通过基础设施或交通服务中心对信息的处理、过滤和优化,海量信息变得更加简明和精确,并具有智能和自适应性,从而保证系统用户能够接收到更精确和更简明的相关信息。

3. 用户参与的主动化和协同化

智能车路协同系统不再简单地以基于功能的信息采集模式构建整个交通体系,而是通过协作方式将整个交通系统看成由交通参与者、交通工具、交通基础设施和交通环境构成的有机整体,用户不仅能够在原先单一功能性的服务基础上获得更具综合性的服务功能,从而实现不同程度的协同服务;而且更能主动地参与对交通对象的感知、优化和调整的所有过程,如车辆行驶过程中的主动安全控制等,同时还可以根据自己的具体需求或偏好设置适合自身特殊需求的个性化服务,如出行模式和诱导的偏好设置等。

4. 服务组织的柔性化和绿色化

智能车路协同系统改变了传统智能交通系统从信息到功能服务的简单应用模式,有效地建立了以系统海量信息的采集、交互和应用为主线,全面实现交通参与者、交通工具、交通基础设施和交通环境的协同功能,从而构成了更加突出不同层次的内容,为交通参与者创建了更为丰富多样的服务平台,提供了针对不同交通出行需求的系统级和自定义的解决方案;同时,也通过引入智能化的信息技术手段,改变了传统的交通管理和

运行模式,实现了整个交通系统的智能化管理服务和最优化运行,并使其变得更加安全、高效和环保。

1.2 智能交通系统发展

智能交通系统(ITS)产生于 20 世纪 50 年代后期,从起步发展至今已有近 60 多年的历史。纵观 ITS 发展过程的特点、功能和应用情况,ITS 的发展可大致划分为三个阶段。

第一阶段:概念孕育和功能集成阶段,即 20 世纪 50—80 年代。此间 ITS 的早期研究开始出现,如日本的汽车综合控制系统(Comprehensive Automobile Control System, CACS)、美国的电子路径导向系统(Electronic Route Guidance System, ERGS)以及德国的类似系统,为日后 ITS 的发展奠定了良好的基础。进入 60 年代后,在美国出现的 ERGS 以及初步具有系统性效果的交通控制技术,是 ITS 在功能集成上的最早尝试;80 年代末,ITS 才逐渐得到世界各国的重视,有了较为快速的发展。该阶段的核心特征是建立了智能交通系统的基本概念和框架,所建设的系统结构简单、数据静态和功能集成,具体表现为相关基础理论体系简单并可展现一定的物理属性,系统松散或独立,可实现相关基本功能的集成,以达到分散控制的效果,所涉及的通信数据量少,实时性欠佳。

第二阶段:规模应用和系统集成阶段,即 20 世纪 80 年代至 21 世纪初期。在这个时期,以互联网和智能技术为代表的信息技术,对传统交通系统的发展产生了重要影响。1994 年在日本召开的第二届 ITS 世界大会上,ITS 被正式提出,并很快在世界范围内形成可统一使用并具有特定含义的术语。随后,美、欧、日等发达国家先后加大了智能交通的研发力度,并根据自身特点确立了一系列重点项目和计划,形成具备规模应用的技术研发体系;尤其是进入 21 世纪后,ITS 更以惊人的速度发展,许多国家争先恐后地投入巨资进行 ITS 系统集成的规划、研究、建设和应用。该阶段的核心特征是建立了各国的 ITS 体系框架,所建成的系统结构复杂、数据动态和系统集成,具体表现为在基础理论体系方面引入系统集成技术,可通过复杂性分析理论与方法研究交通系统的随机和复杂特性,系统集成成为可能并得到规模应用,所涉及的通信数据量大大增加,但交通信息所反映的时空特性不明显,数据质量不高,系统全局优化能力有限。

第三阶段:协同管控和服务集成阶段,即 2006 年之后。此间随着交通管理与服务需求的更高层次需求,基于协同管控和服务的交通系统建设引起了各国政府和企业界的重视,在进一步提升已有系统和功能的同时,全力推进交通系统的协同管控,并形成面向服务的系统建设已成为竞相努力的方向,如美国的车路集成(Vehicle Information Infrastructure, VII)、日本的智慧道路(Smartway)及智慧车辆(Smartcar)和欧盟的车辆—基础设施协作系统(Cooperative Vehicle-Infrastructure Systems, CVIS)等。这些都是近年来各国全力推进智能车路协同系统和计划的前身,从而产生了如美国的智能驾驶(IntelliDrive)、日本的 ITS 安全(ITS-Safety)示范和欧盟的 ITS 行动计划(ITS Action Plan),

而中国智能车路协同关键技术与系统的发展正是顺应未来交通系统发展的产物。现阶段的核心特征是建立包括交通参与者、运载工具和交通基础设施在内的人、车、路一体化的交通协同管控系统,所建设的系统数据实时、管控协同和服务集成,具体表现为借助无线通信、云计算和大数据平台,完成实时交通信息的提取、融合和交互,从而在未来的交通发展过程中,实现全景交通信息环境下的智能交通管理和服务的集成与协同。

1.3 智能车路协同系统在我国交通发展中的作用

智能车路协同技术已经成为当今国际智能交通领域的前沿技术,是解决道路交通安全、提高通行效率和减少交通污染的有效途径^[7]。为保持与国际先进技术的同步发展,必须开展车辆协同关键技术研究,建立适合交通管理需求的智能车路协同系统,引领世界范围内智能车路协同系统的未来^[4]。因此,形成适合中国国情的智能车路协同技术体系,制定满足车路协同系统需要的多模式车车/车路自组织网络数据交互标准和通信协议,最终可以指导我国车路协同关键技术与系统的发展。

智能车路协同系统将综合应用相关前沿技术,全方位实施车车、车路之间的动态实时信息交互,并在全时空动态交通信息采集与融合的基础上开展车辆主动安全控制和道路协同管理,以充分实现人、车、路的有效协同管控,保证交通安全,提高通行效率,建立起适合中国交通管理需求的智能车路协同系统,加快促进交通安全从被动到主动模式的转变,推动交通战略性新兴产业的跨越式发展,具有重要的理论意义和长远的应用价值。

1. 建立服务型交通运输行业

交通运输是我国的基础产业和服务性行业,智能车路协同作为智能交通发展的新阶段,将实现交通要素相关信息的动态采集、准确分析、统一管理、快速发布和共享交换,适应经济社会和人民群众对交通运输安全性、快捷性、多样新和个性化的发展需求,从而构筑现代化的综合运输体系,提高交通运输决策的科学化和民主化水平,提升交通行业的管理与服务水平,有效地加快交通运输向服务型行业的转化。

2. 加快交通装备信息化过程

随着我国现代科技和信息技术的快速发展,改造和提升基础设施和运输装备已成为亟待解决的问题,也是交通文明进步和现代化的重要标志。智能车路协同系统可有效地对现有设施装备进行更新改造和优化升级,将全面构建包括交通参与者(行人、驾驶员、乘客)、交通工具(汽车、火车、飞机等)、交通对象(旅客、货物)、交通基础设施(道路、铁路、港口、机场、航线等)和交通环境(天气、温度、湿度等)在内的全景信息化系统,使他们成为具有特定身份、互联互通的智能体,从而保证在互通互联、相互协同环境下的高效运输和管理水平。

3. 促进交通行业发展模式的转变

智能车路协同系统通过协同方式将整个交通系统看成交通参与者、交通工具、交通对象、交通基础设施和交通环境所构成的有机整体,形成以协同管控为基础、服务集成为目的的新型交通行业发展模式,实现整个综合交通系统的智能化管理、最优化运行和集成化服务,从而可以提高我国交通行业的整体效率,并构建面向服务、绿色柔性的应用架构,促进交通运输更加智能化、更加环境友好、更加节能减排。

4. 维护社会和谐稳定和长治久安

近年来,我国重特大自然灾害、重大疫情和恐怖袭击等突发性事件的日益增多,对交通系统的安全运营构成了严重的影响和威胁。加强交通安全监管,防范重特大事故发生,提高应急保障能力,有效应对和处置突发事件,既是交通科学发展的重要前提,也是转变发展模式,加快发展现代交通运输业的根本保障。智能车路协同系统在统一平台上完成对交通系统相关信息的获取,实现真实交通系统的“镜像化”虚拟再现,并从交通运输重大风险源的实时监测、运输过程全方位管理监控等方面,不断健全安全监管和应急保障体系,可切实维护社会和谐稳定和长治久安。

1.4 基于车路协同的智能交通系统体系框架主要内容

智能车路协同系统作为智能交通发展的新阶段,各交通要素间存在的功能交互构成了整个交通系统的功能域,其信息获取的广度、交互协同的深度和应用开发的丰富度均获得极大扩展,这种层次化和循序渐进的发展过程,使智能车路协同系统在很大程度上仍保留了传统智能交通系统的实质内容,并在智能交通系统的内涵和外延上得到进一步丰富和拓展。也就是说,智能车路协同已成为现代智能交通系统的基础性内容,智能交通原有和新增的所有功能和服务均可在车路协同环境下展开。为此,为更好地展示这种发展的延续关系,我们在原有智能交通系统体系框架的基础上,就车路协同环境下的智能交通系统体系框架及其内容开展了深入、全面的分析和研究^[31]。

相关研究工作表明,与近年来发布的各种智能交通系统体系框架相同,基于车路协同的智能交通系统体系框架也应该主要由以下四个方面组成,即用户服务,逻辑框架,物理框架和标准协议。

用户服务:明确在智能车路协同环境下的智能交通系统能够满足交通系统用户的所有需求,在这些需求的基础上,分门别类地提出能够提供的各类用户服务。用户服务的构成采用层次结构方式,先定义大的分类,然后对每一大类进一步细分小类,由高层到低层逐级细化,最后形成用户服务的全部内容。

逻辑框架:针对智能车路协同环境下的智能交通系统的各级各类用户服务,定义出提供这些用户服务所需要的功能模块,以及在这些功能模块之间传递的信息流。逻辑功能模块与信息流基本上与各个用户服务相对应。

物理框架：从功能实施和系统集成的角度出发，将逻辑体系框架中所定义的各级各类功能模块及信息流进行整合，定义出能实现智能车路协同应用需求的各级各类功能实体，以及这些实体之间进行交互的信息流及其接口。

标准协议：为保证智能车路协同环境下的智能交通系统各子系统之间的协同工作，定义各子系统之间实现信息交互和功能协作的标准接口，以及支持各接口之间传递信息所需的各层次通信协议。接口、信息和通信协议的标准化，可有效推动现代智能交通系统产品和服务的研究、开发、建设和发展。

1.5 智能车路协同关键技术

智能车路协同系统研究和应用涉及的关键技术较多，这里重点讨论目前应用较为广泛的多模通信技术、状态感知技术、异构数据融合与协同处理技术以及信息安全技术。

1.5.1 多模通信技术^[29~30]

高速、可靠、双向和由多种通信平台集成的综合通信网络是智能车路协同系统的基础平台，通过该平台可以将先进的传感技术、信息融合技术、智能控制方法以及决策支持系统整合成一个有机的整体，以实现高效、安全和环境友好的智能交通协同管理。用于智能车路协同系统的网络平台应该能够支持全景状态感知、信息交互与融合、协同控制与管理以及定制化的服务等功能，并根据不同层次的需求提供相应的通信保障。该通信平台的终端网络是传感器网络（Sensor Network，SN），以无线组网为主，支持各类交通状态的感知；支持交通系统底层信息互通互联的是车联网（Internet of Vehicles，IoV）和物联网（Internet of Things，IoT）等功能性通信网络，属有线无线混合组网，但多为无线组网；互联网（Internet 或 Intranet）实现海量交通数据的传输和信息融合，属有线无线混合组网，但以有线组网为主；支持系统功能和服务集成的是高速互联网如下一代互联网（Internet II 或 IPv6），以有线组网为主。

由此可见，在智能车路协同系统中采用多模通信技术是实现以上各种通信网络互联互通的技术基础。目前可以支持智能车路协同系统工作的各种通信模式主要可分为移动通信模式、无线通信模式、专用通信模式和其他通信模式。根据目前的应用情况，这些通信模式的支撑系统及使用范围如表 1-1 所示。

表 1-1 无线通信模式的支撑系统及使用范围比较

名 称	通信模式	支撑系统	建议使用范围
移动通信模式	基于移动设备通信	GSM/CDMA/3G/4G...	车/车通信
无线通信模式	基于无线网络通信	WIFI(AD hoc/...)	车/车/路通信
专用通信模式	基于专用网络通信	RFID/DSRC/...	专用通信
其他通信模式	基于其他方式通信	蓝牙/红外/...	出行者/路通信