

面向零拥堵的车路协同新型架构 及产业生态重构

中国智能网联汽车产业创新联盟

中国智能交通产业联盟

IMT-2020 (5G) 推进组 C-V2X 工作组

《面向零拥堵的车路协同新型架构及产业生态重构》

编写委员会

主 编

杜江凌 通用汽车中国科学研究院

姚丹亚 清华大学

编 委

公维洁 中国智能网联汽车产业创新联盟

焦伟赞 中国智能交通产业联盟

葛雨明 IMT-2020(5G)推进组 C-V2X 工作组

王印海 华盛顿大学

庄一凡 华盛顿大学

曾自强 华盛顿大学

李 乔 国汽(北京)智能网联汽车研究院有限公司

主要执笔人

朱 杰 通用汽车中国

李 娜 国汽(北京)智能网联汽车研究院有限公司

于胜波 国汽(北京)智能网联汽车研究院有限公司

杨 子 清华大学

李 茹 中国智能交通产业联盟

引 言

当前，智能网联汽车已成为全球汽车产业转型升级的战略重点。我国政府高度重视，坚定不移地发展智能网联汽车技术与产业。尤其是近年来结合信息通信产业较强、道路交通基础设施统筹规划部署等优势，我国通过 V2X 技术实现汽车网联化呈现出加速发展趋势。众所周知，交通拥堵、交通安全、环境污染是国际交通领域的三大难题，基于 V2X 技术实现的车路协同可一定程度上提升交通安全、减少环境污染，尤其对于提升交通效率至关重要，是缓解交通拥堵的一项重要技术手段与实现途径。

当前，国家相关部委纷纷结合自身业务领域，通过战略规划、政策发布、示范试点等举措积极推动车路协同发展，以更好地支撑智能网联汽车技术进步及产业落地。工信部牵头推动成立了国家制造强国建设领导小组车联网产业发展专项委员会（工信、交通、公安等 20 多个部门和单位组成），着力解决车联网发展的重大问题。工信部还推进基于宽带移动互联网的智能汽车与智慧交通应用示范，已构建形成了包括京冀、吉林、武汉、重庆、浙江以及上海和无锡在内的“5+2”车联网示范区^[1]，示范内容包括车路协同、先进辅助驾驶、无人驾驶、交通大数据等新技术新产品应用、实验验证与测试评估，有力地推动了车路协同的测试示范工作。交通运输部改造了北京通州试验场，使其向适用于车载智能终端、车路协同设备等智能化运输检测方向转型，并在全国开展智慧公路与国家交通控制网试点^[2]。值得指出的是，交通运输部推动杭绍甬高速开展智慧公路试点^[3]，计划构建车路协同通行系统，并实现货车编队、自由流收费等功能，在车路协同的基础设施升级改造方面迈出了关键的一步。公安部则依托公安部交通管理科学研究所正在建设国家智能交通综合测试基地^[4]，并在无锡开展国内首个大规模城市级的车路协同示范试点，在 2018 年 9 月的物联网大会上实现了涵盖 240 个路口和 5 条高架、众多社会车辆、多个功能应用的车路协同示范展示。科技部自“十五”以来启动“新能源汽车重点专项”等国家科技计划^[5]，支持车辆智能化方向，每年面向智能网联汽车的重点专项经费均超过 1 亿元人民币，重点支撑车载环境感知、信息传感融合、测试验证、示范建设等方面技术进步。

我国汽车、通信、信息、交通等行业企业纷纷开展车路协同布局。上汽、长安、一汽等国内多家整车厂商均积极进行典型 LTE-V2X 应用的开发；大唐、华为全球首批发布 LTE-V2X 通信芯片产品，涌现出一批如华为、大唐、东软、星云互联、金溢、万集、千方科技、华砺智行等 V2X 通信终端设备商^[6]。近日，阿里巴巴、百度等互联网企业纷纷进军车路协同领域，将加快推动车路协同的产业化落地。2018 年 9 月，阿里巴巴达摩院与交通部公路科学研究院签署战略合作，成立车路协同联合实验室^[7]。阿里巴巴还将推出路侧感知基站，实现车与路、车与车之间的信息连接。百度也宣布将于 2018 年底正式开源 Apollo 车路协同方案，向业界开放百度 Apollo 在车路协同领域的技术和服 务，让自动驾驶进入“聪明的车”与“智能的路”相互协同的新阶段，全面构筑“人-车-路”全域数据感知的智能路网^[8]。此外，华为也正在建设 OceanConnect 智能交通平台，实现车-路-网协同，打造更安全、更高效的智能交通。

需要指出的是在国家政府层面以及企业层面一系列政策、行动推动的背后，若要真正使用 V2X 技术来提升交通出行效率，必须将出行的各项服务放到一个大系统中，从整体角度来看整个系统以提升整体效率，各项出行服务功能之间需要共享数据，交换计算结果，各项服务也需要协同作用，必须建立一个交互核心——车路协同平台。

本白皮书认为未来车路协同将依托于 V2X 技术，结合人工智能、云计算以及大数据等新兴技术，提供创新的服务功能域和更灵活丰富的产业应用，使得海量数据、外部资源以及应用服务之间能够更有效的结合，是车路协同的新型平台。

本白皮书在深入分析交通拥堵的成因基础上，划分了六大功能服务域，围绕功能服务域给出了车路协同新型平台的架构，以期融合人工智能、云计算、大数据等技术，实现各个功能域之间的资源共享及交互，从而真正将车路协同服务于人们的交通出行及生产生活中。

此外，鉴于我国管理体制特殊，基于 V2X 技术的车路协同落地实施会涉及到交通部、工信部、公安部、发改委等多个国家管理部门的协同，存在一定的跨部门协同困难；还涉及底层芯片/模组商、设备终端商、整车企业、车联网服务提供商等产业链各方的协同。因此，为更好地协同各方行动，本白皮书还给出了政

府及产业链各方在车路协同新型平台落地实施中的任务角色,并给出推进协同的建议。

鉴于车路协同跨行业跨部门的特殊性,汽车、交通、通信三个领域的相关联盟:中国智能网联汽车产业创新联盟、中国智能交通产业联盟、IMT-2020(5G)推进组 C-V2X 工作组共同编写和发布本白皮书,给出车路协同新型平台的架构及政府、产业链各方在落实过程中的任务角色、协同建议等,以期达成共识,共同推动车路协同落地实施,有效缓解交通拥堵,提升交通效率。希望本白皮书能抛砖引玉,推动汽车、交通、通信领域专家和学者就车路协同乃至汽车网联化发展的深度合作,推进我国车路协同、汽车网联化技术成熟及产业化发展,进而缓解或解决人们的交通出行拥堵难题,提升生活幸福感。

目录

1. 中国城市面临的交通拥堵问题	1
1.1 中国城市交通发展现状	1
1.2 城市交通拥堵主要表现	2
1.2.1 交通供需矛盾趋于常态化	2
1.2.2 通勤时间主干道拥堵严重呈现常态化	3
1.2.3 固定交通节点以及地区的拥堵呈现常态化	3
1.2.4 突发交通拥堵情况日益增多	4
1.3 解决交通拥堵关键思路	4
2. 交通拥堵的主要成因	6
2.1 车辆行驶安全性不足	6
2.2 行人与非机动车存在安全隐患	7
2.3 交通信息获取不及时	8
2.4 交通管理无法实时执行	9
2.5 道路及营运车辆管理优化不够	10
2.6 紧急事件响应不及时	11
3. 解决交通拥堵的必要条件	13
3.1 服务功能域	13
3.1.1 车辆安全与控制服务功能域	13
3.1.2 行人及非机动车安全服务功能域	15
3.1.3 实时交通信息服务功能域	16
3.1.4 实时交通管理服务功能域	17
3.1.5 运营车辆与道路管理服务功能域	18
3.1.6 应急救援服务功能域	19
3.2 技术条件	20
3.2.1 V2X 技术	20
3.2.2 大数据	22
3.2.3 云计算及云控平台	23
3.2.4 人工智能	24

3.3 车路协同新型平台.....	25
3.3.1 车路协同新型平台的必要性.....	26
3.3.2 车路协同新型平台的描述.....	27
4. 系统核心——车路协同新型平台	29
4.1 平台的子系统和功能描述	29
4.1.1 信息子系统.....	29
4.1.2 交互子系统.....	30
4.1.3 协同子系统.....	30
4.1.4 控制子系统.....	30
4.2 平台子系统间的物理结构和服务流程	30
4.2.1 顶层物理结构与数据流	30
4.2.2 各项服务域之内的逻辑及数据流.....	31
4.3 基于车路协同新型平台智能交通系统物理系统图	42
5. 面向零拥堵的车路协同新型实施方案和建议	46
5.1 产业链各方与政府的任务与角色.....	47
5.1.1 硬件设备提供商	48
5.1.2 信息提供者	50
5.1.3 政府部门及相关机构	52
5.2 协同推进建议	54
参考文献.....	58

1. 中国城市面临的交通拥堵问题

随着近几年我国大城市经济的飞速发展，交通供需矛盾日益突出，加剧了城市道路的拥堵程度，严重影响到城市的整体发展水平，解决交通拥堵问题已刻不容缓。大城市交通拥堵治理是一个系统工程，既需要增加道路的供给，还需从交通需求管理等多方面采取措施，才能有效缓解交通拥堵问题。国务院在《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》中明确提出加强交通发展智能化建设的目标^[9]。未来，基于 V2X 技术实现的车路协同作为智能交通系统的重要技术将对推动智能化的交通需求管理发展产生重要的作用。本章将从我国城市交通发展现状入手，简要介绍当前城市交通拥堵所面临的主要问题以及解决交通拥堵的关键思路。

1.1 中国城市交通发展现状

当前，我国城市正处在经济高速发展期，城市中机动车快速增长，人口稠密，出行率高，加上用地布局及路网结构不尽合理，设施不足等，社会出现了复杂的交通问题。近年来，城市规模的不断扩大和城市机动车保有量的大幅提高，汽车行业空前繁荣，特别是近 10 年来汽车数量增速惊人，另外人口的迅速增加远快于城市道路资源投入增加的速度，这就使得交通资源愈发紧张，从而拥挤日趋严重。城市交通问题的关键是交通拥堵问题，尤其在大城市，交通拥挤堵塞以及由此导致的时间浪费、运营成本上升、交通事故增加、空气和噪声污染加剧等，给人民的生活、工作带来诸多不便，增加了巨大的社会成本，严重阻碍了城市的持续健康发展。

交通是城市四大功能之一，对城市的发展、提高劳动生产率、改善环境及生活、实现社会目标具有重要的促进和保证作用。中国城市交通拥堵的成因既有客观因素的制约，也有交通行政管理不完善的因素。针对城市交通拥堵的状况，应厘清当前所面临的主要问题及其成因，提出具体可行的对策。下面将分别从城市交通拥堵的主要问题以及解决方法阐述缓解交通拥堵的一些重要观点和思考，并说明基于 V2X 技术实现的车路协同将发挥怎样的重要作用。

1.2 城市交通拥堵主要表现

交通在城市发展中的战略地位极为重要，一个便捷、高效、畅通、绿色、平安的交通系统是城市可持续发展的重要保障，也是衡量现代城市综合交通运输体系发展水平的重要标志。交通拥堵问题是关系群众切身利益的重大民生问题，也是各国大城市普遍遇到的难题，其不但影响人们的正常工作与生活，也使城市的污染愈加严重，还增加了城市经济社会成本。目前，我国城市交通拥堵主要表现为如下几个方面。

1.2.1 交通供需矛盾趋于常态化

根据国务院发布的《国家人口发展规划(2016-2030年)》^[10]，我国总人口2017年已达13.8亿人，其中城市人口占比57.9%，且将以每年2%左右的增速持续增长。随着我国都市化进程的不断加剧，机动车保有量也迅速增加。根据中国公安部公布的数据，截至2017年底全国机动车保有量达3.10亿辆，其中汽车保有量达2.17亿辆，同比增长11.85%，有53个城市的汽车保有量超过百万辆。一些特大城市的汽车保有量每年平均增速甚至超过15%。

与此同时，我国城市道路里程、面积及人均道路面积的年均增速仅为6%-9%，致使交通需求，特别是小汽车交通需求与市区路网总容量之间的缺口日益扩大。这种交通供需矛盾现象主要集中在千万人口以上的超大城市，其主要特点是拥堵呈常态化，并逐步由中心城区蔓延至市区外围，拥堵的时段、范围不断扩大。

更为严峻的是，我国一些特大城市在经历大规模路网建设之后，已经进入城市道路难以再无限拓展的瓶颈。根据我国城市道路设计规范，道路面积占城市建成区面积的比例建议为8%—15%，规划人口在200万以上的城市为15%—20%。目前，许多大城市中心区域能用于道路建设的土地资源几乎枯竭，小规模改造尚能实现，大规模建设已无空间。与此同时，由于人们收入、生活水平的提高，人们对于出行的需求也急剧上升，居住地周围的配套设施不再能满足人们对于生活品质的追求，扩展自己的生活圈子已经成为人们追求的生活目标，所以人们对于出行的需求就变得原来越多。此外，根据“当斯定律”，交通需求总是趋于超过交通设施的供给能力——新增道路降低了出行时耗，但同时也引发新的交通需求，

一段时间后将恢复甚至超过原来的拥挤水平。一些城市的城区规划与交通规划不协调，造成局部交通负荷过重，且只注重主干道建设，忽视了支线建设，致使城市“毛细血管”不畅，路网结构不合理，致使交通拥堵加剧。在这种趋势下，交通供给侧发展已近瓶颈，难以跟上交通需求侧的不断增长，使得这种交通供需矛盾将在许多大城市成为常态化现象。

1.2.2 通勤时间主干道拥堵严重呈现常态化

目前，许多城市的主干道在通勤时间出现交通拥堵已成为常态，尽管政府采取了包括建设地铁、环路、潮汐可变道、快速公交、错峰行驶以及采取单双号限行等措施，仍然难以缓解拥堵。这种现象在人口超过百万以上的大城市最为突出，其主要特点是潮汐性，即拥堵问题主要出现于早、晚高峰时段通勤需求比较集中的交通走廊，且基本为单方向的交通拥堵。究其深层次的原因，主要是城市的“职住失衡”引起的，即市民工作、居住、生活的地点规划不合理，引起城市居民的出行次数和距离的增加。以北京为例，由于近年来中心城区房价的上涨，五环路外区域和近郊城区成为人口增长的主要区域，常驻人口已近 1100 万人，已超过全市一半人口。与此同时，中心城区却集中了全市 70% 的产值和就业岗位以及 65% 的重点小学。这种城市布局的不合理直接导致了外围通勤距离被迫延长，对交通构成巨大压力。

事实上，人口聚集、城市扩张并不必然会加剧交通拥堵，关键在于城市功能分区要与交通实现有效衔接、融合发展，使城市由“摊大饼”转向“紧凑型”，便可收紧出行需求、大幅度缓解交通拥堵。因此，在未来无论是建设新城、还是改造旧城，都应在规划设计中尽可能贯穿“职住平衡”的理念。然而对于已经形成“职住失衡”的城市，重新规划难以在短期内实现，在供给增加受到空间束缚的情况下，只能在需求管理上探索解决途径。

1.2.3 固定交通节点以及地区的拥堵呈现常态化

经常可以看到有些固定的交通节点呈现常态化拥堵，究其原因是道路结构设计不合理。例如，高架匝道上匝道在下匝道之前使得上下车流汇聚，从而导致拥堵的发生，下匝道过于靠近红绿灯，导致下匝道车辆在路口积压，导致高架道路拥堵；

又如，多个车流汇聚点的拥堵也是常态化的，两条高架交汇处常常出现上匝道的车流，导致了汇入高架车流的急剧增加，加之缓冲距离不够直接导致该节点的常态化拥堵。另外，车道变窄也是影响车速的重要原因，比如收费站的出口多车道汇聚，经常会引起拥堵。市区道路车道较窄，导致通行效率不高，也是经常拥堵的原因，另外医院、学校、热门商圈周围因道路条件限制以及大量的客流需求，也成为了常态化拥堵的重点区域。

1.2.4 突发交通拥堵情况日益增多

除了常态化的拥堵之外，一些随机的、不固定的拥堵情况也会经常发生，比如在一些城市，交通秩序混乱、机非混行造成道路通行能力下降十分普遍。这一现象在中小城市中尤为突出，其主要特征是汽车、自行车、电瓶车、摩托车及行人等多种方式混行相互干扰，影响城市道路畅通。以成都为例，由于电瓶车的普及，许多市民通勤出行选择骑行，成都的一些主干道两侧专门设置了非机动车道，然而由于部分市民对道路的使用权和通行规则等观念不强，在一些重要交叉路口，各类交通混行、相互影响、发生冲突，交通违纪现象比较普遍，时常造成人为的交通拥挤和阻塞，甚至发生交通事故。发生交通事故后，交通事故若不能及时处理往往会引发、加剧拥堵。又比如车辆之间的事故，天气原因等引起的通行效率低下，货运车辆集中出行，影响局部地区的交通流量等等，这些非常态的拥堵在日常生活也时有发生，常态化拥堵人们可以预见，并为出行提早做好准备，增加通行时间，但是非常态拥堵则增加了很多不确定性，此类出行的可预见性差，更容易误事，造成意想不到的损失。

常态化的拥堵和随机的非常态化拥堵，使得城市道路通行效率极其低下而且不可预见，所带来的各种损失也越来越大，解决城市交通拥堵已经成为全球城市都面临解决的重要问题。解决交通拥堵要从拥堵的原因出发，针对不同的原因采取不同的解决方案，这样才能使得拥堵能够逐渐得到改善。

1.3 解决交通拥堵关键思路

交通拥堵问题已经困扰城市出行者很多年，要解决交通拥堵问题，就要更准确客观实际的分析交通拥堵的主要产生原因，针对不同拥堵类型提出不同的解决

方案。对于常态化的交通拥堵，比如城市的规划建设和日益增长的出行需求之间的矛盾属于结构性的原因，比如由道路原先的设计通行能力不足以及城市居住人口的日益增长，导致集中出行时造成规模性拥堵；又比如，道路设计不合理引起的拥堵，例如高架上匝道设计在下匝道之前，并且距离较近造成交汇车流出现冲突，导致习惯性节点拥堵；此外，城市热点过于集中也是常态化拥堵的原因之一，导致通向商务区聚集的道路习惯性拥堵等。解决这些常态化交通拥堵问题需要对城市进行重新规划、扩充、分配资源，需要长期以及相当大的投入，而且在重新规划之前需要有长期的观察和研究才能对未来交通流向做出准确判断，从而做出准确的城市再建设。

而由于交通混行、信息缺失、人为事故、管理、出行规划、天气等动态因素引起的拥堵则属于非常态交通拥堵，例如车辆发生碰撞、车辆抛锚等处理和撤离不及时引起的拥堵，大型车辆集中出行导致周边道路拥堵，道路施工和养护等作业时间不合理导致道路通行能力下降造成拥堵等。与此同时，驾驶员不规范的驾驶行为也会造成交通拥堵，在正常的路段行驶时，驾驶员频繁地变道、减速、超车，会对跟车的车辆造成干扰，进而引起车流的紊乱，当道路交通量较大时，产生移动的交通瓶颈。对于这些在日常交通运营中由于管理和优化原因引起的非常态交通拥堵，需要及时有效的信息沟通和管理才能解决，而这个因素是我们可以通过一系列智能交通技术手段来得以解决的。

基于 V2X 技术实现的车路协同将构建人、车、路互联的多元化、多维度的全面感知系统，掌握实时动态的交通出行特性和交通行为特性的变化态势，为交通规划、设计、管理、安全提供科学和技术支持。借助智能交通系统实现对城市交通的综合管理和控制，实时获得零拥堵出行规划，开展智能信号协调控制、智能停车管理、交警精准高效执法等，将会使得缓解非常态拥堵成为可能。

2. 交通拥堵的主要成因

随着经济的快速发展，近几年来交通拥堵问题已经扩散到各级城市，不再仅局限于大城市。根据滴滴出行 2018 年第一季度的报告，西安、哈尔滨、长春成为全国最拥堵城市前三位，出行时间需要多花 60%，交通拥堵所带来的出行成本急剧增长，出现通勤时间增加、能源浪费和环境污染等一系列负面结果，成为市政部门亟待解决的主要问题之一^[11]。根据交通拥堵大数据分析后，对交通拥堵产生的原因进行归纳总结，可以发现导致城市交通拥堵的主要原因除了结构性因素之外，还可以分为车辆行驶安全不足、行人与非机动车道路存在安全隐患、信息获取不及时、交通管理无法实时执行、车辆以及道路运营优化不足、紧急事件响应不及时等若干方面的原因。

2.1 车辆行驶安全性不足

交通事故是导致交通产生拥堵的重要原因之一。发生交通事故的车辆往往因多种原因难以及时撤离现场，也难以移动至路侧而不影响正常车流，导致事故车辆占用一条或者多条行车道，极大地降低道路通行能力。当前我国交通事故发生频率较高，交通事故处理需要时间，往往会导致拥堵。即使快速处理轻微交通事故，也需要 10-30 分钟完成，这就导致发生事故的道路会长时间处于低通行能力的状态，且拥堵会以一定规律向沿线和周边路网传播，特别是在上下班高峰期，正常的道路通行能力已经无法满足车辆通畅行驶，因事故导致的通行能力进一步下降，使得当前道路拥堵加剧，并影响到路网的其他部分。另外驾驶环境感知和驾驶员健康状态不佳会引发交通事故，而交通事故是导致交通拥堵的重要原因。

驾驶过程中驾驶员的视觉感知范围也是有限制的，随着车速的提高、雾霾雨雪等恶劣天气、复杂道路结构、建筑物树木被遮挡、车辆盲区、陌生道路以及驾驶员的注意力等原因出现不同程度的下降，引起事故数量的上升。即使没有外部环境因素，有关研究数据表明，当车辆行驶速度达到每小时 60 公里时，驾驶人最多能看清 240 米以内的交通标志，当时速达到 80 公里时，视线上限为 160 米。目前，驾驶人的驾驶完全依靠视觉系统来获取交通信息，所以当视觉感知范围受到影响时，车辆的行驶安全隐患陡增，容易引发事故，进而导致交通拥堵、效率下降。

疲劳驾驶以及驾驶员的健康状况不良引起的驾驶安全问题已成为我国甚至国际性交通安全管理难题之一。疲劳驾驶在道路运输尤其是高速公路货运中尤为突出。货运驾驶员容易长期处于超负荷驾驶状态，2017 年我国有关部门对货运车辆驾驶人抽样调查显示：84%的货运车辆驾驶人日均驾驶时间超过 8 小时，其中 40%超过 12 小时，64%的货运车辆只配备一名驾驶人。目前，我国对疲劳驾驶的判定也仅仅将驾驶时间作为唯一依据，尚未研发出或安装科学有效的检测手段和专业测量工具。另外驾驶员健康情况不佳，导致无法驾驭车辆，很容易导致事故的发生。没有健康的身体和精神状态的保证，任何路上行驶的车辆都将成为拥堵的隐患。

2.2 行人与非机动车存在安全隐患

行人或非机动车作为弱势交通参与者，一旦发生事故，不但占用道路资源，责任认定和处理过程往往也会较为复杂，所以造成的交通拥堵持续时间较长。一方面，由于机动车占道行驶或停车、道路结构设计不合理等原因导致行人或非机动车路权减少，交通需求不变的情况下，增大了行人及非机动车等弱势群体的安全隐患；另一方面，行人或者非机动车往往安全意识薄弱，疏于获知周围车辆情况，而且由于手机等通信娱乐设备的普及，行人和非机动车驾驶人的注意力更加分散，使得交通安全隐患大增。

部分路口是机动车和非机动车混行的，弱势群体安全隐患大。机动车与非机动车混行的交叉口有一般交叉口的共性，也有自身的特殊性，表现为非机动车的摇摆性大、群体性高、离散性强、路线多变与穿插、违章概率大等特点，最终表现为交通冲突点增多，交叉性不可控等现象，导致交叉口交通安全事故频发，安全隐患大，通行效率低下等结果。我国部分驾驶员还没有养成主动礼让行人或非机动车的习惯，路口不降速、抢行等驾驶行为也增加了安全隐患，降低了通行效率。

此外，我国行人及非机动车的安全意识、遵守交通规则行为还需要进一步加强。全国各地常见有非机动车闯红灯、逆行、不在非机动车道内行驶、越线停车、违反规定载人；行人闯红灯、不走人行横道或过街设施、跨越隔离设施等违法行为，对此，各地交管部门也下大力气整治，但费时费力，效果不明显。

2.3 交通信息获取不及时

路况信息无法及时获知是交通拥堵的一个重要原因。虽然有地磁线圈以及路口监控可以准确检测路口的交通流量信息，但在路段中缺乏监测，尤其是存在岔路口的路段；而且交通流量数据密度较低，精度、准确度和实时性也不能满足需求。导致驾驶员无法及时预知前方道路的拥堵情况而驶入拥堵路段，增加拥堵的严重程度。另外车道级的路况实时性预知不足导致线路规划不理想，使得出行时间和成本的增加也是交通信息获取不及时的重要表现。

交通突发事件信息无法及时获知，获知的信息不够全面也是突出问题。例如事故信息、封路、道路状况、施工等交通信息全面性不足，使得出行前无法做出适当的规划，导致拥堵的发生以及加重。在滴滴 2017 年度城市交通出行报告中就指出，在所有的事件上报中，封路、事故以及施工占据了前三位，这三类信息对于城市中心地区交通密集区域来说有着至关重要的影响^[12]。目前的信息平台收集的数据类型有限，例如感应线圈只能采集到交通流量、占有率、速度等固定地点的截面交通参数；视频监控器只能采集到交通流量、速度、占有率、排队长度等固定地点的交通参数。如果驾驶员能够提前获知这类突发事件并做出适当的路线调整，拥堵就可以得到减轻。另外及时获知天气，路面等状况，可以很好地引起驾驶员的注意，及时切换出行方式或者调整驾驶模式，提高驾驶的安全性，减少事故及拥堵的发生。

公共交通信息对出行规划也有着至关重要的作用。公交信息的实时性可以提供给用户出行的另一种选择，从而缓解道路上车辆的数量，减少拥堵的发生。目前公交到站以及到达目的地时间预告并没有大面积铺开，多数交通路线无法获知下一班车辆何时到达，也不了解何时可以到达目的地等内容，使得人们选择公交出行的意愿大大降低。

目的地拥堵情况、停车位信息、周边信息服务以及大型活动通知等出行服务的缺失，导致人们经常无法避开峰值出行，无法准确及时找到车辆停放位置，从而导致目的地周围道路的严重拥堵，极大的影响到通过拥堵路段的人们。通过出行服务的普及和避免大规模集中出行能够缓解这类事件所造成的拥堵程度。

2.4 交通管理无法实时执行

匝道往往是车流合流、分流等交织流的汇聚点，往往车道数较少，通行能力较差，在车流相对饱和的情况下极易发生严重拥堵。尤其是在高架桥上车辆不按秩序和规则通行，或争道抢行发生交通事故后未及时撤离现场情况下，更会加剧一些节点路段交通拥堵。而且在高架道路拥堵的时候，控制匝道的驶入车流可以有效的缓解高架道路的拥堵情况，目前匝道无法实时控制导致匝道拥堵显著，进而影响到地面道路的通行。

交通信号灯配置不合理是城市交通拥堵的重要原因。滴滴在城市交通出行报告中也对路口信号灯做了分析，分别用饱和指数、失衡指数、溢流指数以及失调指数来衡量路口的通信效率。有些城市采取措施改善了平峰时的交通流，例如增加硬隔离和交通信号灯，但在高峰期依旧严重拥堵，甚至更为糟糕。红绿灯并没有办法根据目前的状态做出准确的动态调整，也没有办法准确的预测以后的调整方案，使得部分路口常年固定时间拥堵。在滴滴出行和济南交警合作过程中，通过移动互联网数据对信号灯配时进行调整和优化，融合滴滴平台的浮动车轨迹，在经十路的山大路到舜耕路的六个路口运用“智慧信号灯”，实现工作日早高峰平均延误时间下降 10.73%，晚高峰平均延误时间下降 10.94%。同时极大地减少了经十路上各个路口红灯溢流情况，在该路段上每 1000 辆车中的红灯溢流车辆从 51 辆减少为 6 辆^[13]。

可变车道设置不合理加重交通拥堵。上班高峰期，车流主要集中在从住宅区到商业办公区的方向，而反向车流较少，经常看到例如左转车道没有车辆而直行车道排队严重等问题，使得道路容量无法有效利用。部分城市采用潮汐车道的方式，在上下班时间增加车流较大方向的车道数，动态改变车道数，缓解交通压力。目前往往存在可变车道设置不合理或标志导向设置不合理，导致交通拥堵加重、排队现象显著情况，非但不能有效缓解交通拥堵，反倒起到了反作用。

实时限速不合理影响交通安全及交通效率。高速公路上行驶的小型载客汽车最高车速不得超过每小时 120 公里，其他机动车不得超过每小时 100 公里，但是实际往往会因为路段属于事故多发地，部分道路施工，强烈横风、沉降、冰雪等恶劣天气影响，交通管理部门会对部分路段进行实时限速，部分路段速度限为 60

公里每小时或更低,当该路段车流量较大时,急刹车很容易造成严重的追尾事故,严重的还会造成车辆侧翻。城市道路中也有部分道路条件良好,而实时限速却偏低,车辆多超速,一定程度上影响了通行效率。

2.5 道路及营运车辆管理优化不够

道路维护、绿化维护作业也经常对交通产生负面影响,高峰时间的此类作业经常会占用最左侧的快速车道,使得有限的道路资源进一步受到压缩,导致通行能力下降,进而造成拥堵情况发生。

收费区往往导致高速公路节假日前后拥堵不堪。我国高速公路实施收费管理,目前高速公路的收费站入口车道有人工收费(发卡)车道、自助取车道、ETC车道等几种形式,ETC收费相对最节省时间,但仍有车辆限速要求,一般要求安装有ETC设备的车辆20-30km/h的车速内不停车匀速通过,即使所有社会车辆均安装有ETC设备,收费区也会极大降低高速公路收费站路段的通行效率,甚至导致交通拥堵。而且目前社会车辆仅有部分车辆安装ETC,仍有车辆要使用人工收费,而还没有进行标准化改造的收费站ETC收费车道设置在收费站左侧或右侧各有不同,往往会导致不同收费方式的车辆临近收费站急于变更车道,选择相应收费车道,进而引发交通秩序混乱,交通效率低下。同时,我国高速公路收费站多采用“收费广场”的形式,即入口车道数增加、出口车道数减少,收费站段的分流与合流引起无序换道,增加拥堵。

停车场容量不足和分布的不均匀将降低车辆流动效率。停车场建设滞后,导致大量车辆无成本、无序停在交通道路上;部分区域停车资源不足而其他区域资源过剩,使得车流在局部区域过于集中,影响了正常的交通秩序。据专家测算,城市拥有的社会公共停车位应不少于城市机动车拥有量的10%,据国际经验,停车泊位应达到机动车保有量的1.1-1.2倍,但许多城市尚远远不能达到此标准。由于部分区域没有足够的停车位,市政部门不得不开辟道路两旁为收费停车场,或者一些车辆被迫违规停靠在公共道路上,使原本不足的道路面积更难以满足车辆流动的需要,降低了道路的通行能力,从而导致局部区域的交通拥堵。

大型货运车辆,集装箱卡车进出堆场影响周边道路正常通行。大规模的堆场

附近道路往往会出现集卡排队起箱、落箱的情况，排队的车辆越来越多，甚至会绵延几公里。大型货运车辆、集卡车身长十多米，一旦堵上很难“盘活”，即使及时疏通管理，也要花费较长时间才能恢复通畅。大型车辆的运行速度也受到限制，如果与大规模通勤车流同时出现，会加剧拥堵的发生和拥堵的程度。

公交调度没有按需按时进行，使得原本可以运送大量客流的公交车并不能满足人们的需求。高峰时期经常发生多人挤不上一班车的情况，后续车辆等待时间过长，这样使得通勤变得更为困难，人们就不愿意乘坐公交车通勤。公交专用道占用难以保障通行优先权，不能有效支撑公交优先战略。我国公交专用道的使用规定要求，在标有时间限制的专用车道上，限制的时间段内不允许其他车辆进入行驶，在规定的时间内，其他车辆可以在专用车道内短时间地并线、转弯、入主路等借道通行，但不应影响规定车辆的行驶。如果公交车辆不能充分利用专用车道资源的话，反而是对道路通行效率起到了副作用，常常看到高峰时间公交车道没有车辆行驶，而其他车道堵满了车。

出租车停靠不合理、集中性太强也是导致交通拥堵的原因之一。在一些城市道路主干道，尤其是各大医院、公交站、轻轨站及部分商场、超市的门前车流量大的路段，往往出租车违章排起长龙、横排到路中央恣意揽客的情况更为突出，一方面是因为医院、轨道交通站点等车流、人流密集区域，在规划建设时考虑出租停靠的设施规划不足，继而管理也不到位，没有设计出科学的圆弧形出租车停靠点，导致出租车停靠不合理，对本已经相对饱和的交通流产生影响，导致交通流效率低下甚至交通拥堵。

2.6 紧急事件响应不及时

事故处理、救援不及时是严重拥堵的重要原因。目前针对轻微、严重等不同类型交通事故，交通管理部门给出了不同的事故处理方式。当城市道路或高速公路上发生轻微事故，不涉及人员伤亡，各方车辆驾驶人证照齐全有效，车辆保险有效，各方不存在酒驾毒驾等行为，财产损失不大（限额参照本地规定）建议通过快处快赔方式处理交通事故，严重或重特大交通事故则需要交警到场协调处理。发生轻微交通事故时，往往事故双方因赔付责任划分不一致而等待交警到场处理，从而占用部分行车道，降低或者阻断了道路通行能力，形成拥堵节点。此外，由

于车辆的自动定位尚不能联网传达给交通管理方，往往存在严重事故时，当事人报警无法明确上报事故地点而导致救援不及时，延误救援时间，造成交通拥堵等。

事故发生后车流疏导不及时也是交通安全隐患。当发生交通事故时，现有的有效交通管理措施即通过警告标志（三角警示牌）的现场设置、危险报警闪光灯小范围的信息传递对后车起到警示、提醒作用，实际没有真正对后续车流起到疏导作用，待后续车辆已经到达事故发生点，掉头或通过已不再可能。目前，车联网技术虽然存在，但尚未普及应用，尚没有把事故信息通过车对车、车对路等信息交互手段来将事故情况、拥堵情况等动态路况路面情报信息及时传递给远车，以切实发挥车流疏导，区域车流躲避拥堵、车流路径动态优化的交通管理作用。

非紧急情况占用应急车道，紧急车辆得不到优先通行。应急车道本应是在车辆发生突发故障无法正常行驶、车内乘客突发疾病、救护车、救援车以及施工车辆通行的通道，而驾驶人往往在遇到高速公路因交通事故、车辆故障或突发事件而拥堵时，违法驶入应急车道以及不文明占用应急车道等行为，导致应急车道被占用，若前方发生交通事故则堵住了后方的施救车、救护车、警车的通行，给救援工作造成很大影响。

3. 解决交通拥堵的必要条件

针对不同类型的拥堵情况，首先要对不同类型的拥堵提供相应的服务，也就是服务功能域，在每个功能域中定义了对实现这项功能所必要的输入、输出以及控制逻辑，从而使得解决这个拥堵从逻辑上成为可能。

获取服务后，支撑服务所需要的技术也尤为重要，正是由于这些技术的崛起，才使得智能交通系统(Intelligent Transportation Systems, ITS)得到飞速的发展，应用这些技术与这些服务功能域进行结合才能发挥最大的功效。

最后，每个功能域之间的数据交换以及相互资源协调所产生的紊乱和效率低下问题，需要一个平台来解决一车路协同平台，也就是解决交通拥堵问题的核心，使得整个解决方案有机的联系起来并得以稳定高效的运行。

3.1 服务功能域

根据第二章的分析，针对六大类型的拥堵原因，应提供六大服务功能域，并且每个服务内部有子服务，来针对每个具体的拥堵类型。所以本章会对六大服务功能域进行描述，六大服务功能域为：车辆安全与控制、行人与非机动车安全、实时交通信息服务、实时交通管理服务、车辆运营与道路管理服务，以及紧急救援服务。

3.1.1 车辆安全与控制服务功能域

正如第二章所分析的，车辆的交通事故是造成拥堵的重要原因之一，道路的设计、视野的遮挡、天气状况不佳等原因引起的环境可视性下降，驾驶员的分神都是车辆相撞的重要因素，所以这一服务功能域提供的服务主要是来解决上述这些因素，使得车辆在路上的行驶变得更为安全、顺畅。

驾驶员视野扩展

视野扩展这项服务的目的是扩展驾驶员的虚拟视野，通过先进的技术，使得原本被遮挡、视野较差的情况下，驾驶员依然可以获得安全范围内的车辆、行人以及环境信息等。通过这项服务，驾驶员可以在交叉路口、大雾天气、树木遮挡甚至于分神的情况下获取可能发生安全事故的目标信息，从而得到及时提醒，提

前避免交通事故发生，例如弯曲道路速度预警（CSW），车辆盲区（BSW），危险道路提示（HLW），道路施工信息提示（WZA）等传统 V2X 应用都很好的起到了扩展驾驶员视野的作用。

车辆防撞预警

在视野得到扩展之后，驾驶员对环境的预估以及车辆之间相对速度和距离的评估也会不同，反应时间也有长短之分，所以，碰撞的可能依然存在，车辆防撞服务就是通过先进的通信技术，通过车载计算机对车辆位置、相对速度等数据进行分析，得出两车碰撞所需的时间，并发出提醒或警告驾驶员采取制动或者减速等操作，提前预知碰撞的可能性，也可以提升紧急情况下的驾驶舒适性等。比如现有 V2X 应用中的：前撞预警服务（FCW），交叉路口防撞服务（IMA），变道防撞预警（LCW），逆向超车预警（DNPW），前车紧急刹车预警服务（EEBL），左转辅助（LTA）等等都能够提供预防车辆碰撞的服务。

这些场景在《合作式智能运输系统车用通信系统应用层及应用数据交互标准》中有所定义，所使用的 V2X 技术会在 3.2 章节中进行描述。有了这些场景服务，可以最大程度上消除碰撞的可能，或者提前提醒驾驶员，使得紧急措施可以提前采取，提高驾驶舒适度。

车内状况监控

利用车内的模块、传感器以及车内网络对车辆的整体健康状态进行监控，并将监控结果传递给临近车辆和后台，使临近车辆能够预先做出避让或者后台做出救援服务等，比如，失控车辆预警（CLW），异常车辆预警（AVW）等。

车内人员健康监控，也是对于车辆行驶安全的一种保障，通过上传云端或者广播至周围车辆本车内驾驶员的心率、血压、疲劳度等信息，可以对驾驶员做出提醒和预警，主动采取措施，避免碰撞发生。

辅助车辆驾驶

高级辅助驾驶技术（ADAS）现阶段使用雷达、摄像头等传感器来探测周围车辆的距离，并保持适当的距离和行驶路径，但是车辆传感器有感知的局限性，通过 V2X 通信技术可以提供额外的传感器无法获知的信息，从而使得辅助驾驶更为可靠和智能，并且提升传感器所无法达到的感知距离，给与处理器更多处理时间，

以及系统更多的反映时间，在满足安全的同时，提高舒适度。

3.1.2 行人及非机动车安全服务功能域

行人和非机动车之间、行人和机动车辆、非机动车辆和机动车辆之间的事故也是道路交通事故中经常发生的事故类型。由于行人，非机动车受保护程度不同，规则遵守情况较差等原因，事故率也相对高很多，所以对这些交通参与者的保护也尤为重要，一旦出现事故，处理相对复杂，时间较长，对交通影响较大。

碰撞危险预警

在弯道、路口、狭窄街道等视野受限的区域，通过路侧设备、便携设备等自动检测正在相互靠近的行人、非机动车、机动车，通过计算各自之间的碰撞时间，将可能碰撞的信息发给相关的行人、车辆、非机动车，通过终端设备进行警告，提醒有碰撞的风险，考虑相互避让等紧急措施，减少碰撞的发生。

另外通过路侧设备探测路况异常情况，比如路面湿滑、断裂、施工等信息，通过路侧设备传达给行人、非机动车以及终端设备，提醒小心通行，减少事故发生概率。

路口协作式通行

在交叉路口会碰到车辆与行人的通行干扰，特别是右转，通过路侧设备或者手持终端为行人、非机动车、机动车之间提供路口周边车辆通行的速度和位置，使得各自能够根据这些信息决定是否通行，提高路口通行的安全性。

另外残疾人无障碍通行也需要在路口得到应用，在路口、人行横道等地方为伤残人员提供无障碍通道，并为视力低下人员提供自动路线引导，在行人提出无障碍通行的请求时，通过车辆得到信息，并进行提前减速让行或者改变交通信号灯，强制车辆让行。

行人、非机动车出现健康问题或者遇到紧急状况，通过固定或者便携装置发出紧急救援信号，使得周围的车辆可以获得，紧急救助后台也可以获得，并及时做出救援响应，开展及时救援工作。

实时的交通法规提醒

当行人或者非机动车违反交通法规的时候，通过设备向云端发送位置、车速、轨迹等信息，结合云端交通法规信息等，综合判断当前违法行为的发生，并提出警告，告知行人和非机动车，避免违法行为发生，从而减少事故的发生。

3.1.3 实时交通信息服务功能域

拥堵除了事故本身以外，事故之后车辆的堆积也是引起拥堵的重要原因，车辆堆积原因在于后续车辆对事故情况的掌握不及时，不能做出及时的重新规划等操作，所以一旦有事故或者一旦有车辆堆积等情况，就无法避免的越来越堵。所以及时获取交通路况对缓解交通拥堵尤为重要。

实时交通拥堵状态信息

通过动态实时的车车、车路互联通信技术和视频监控等智能交通技术，对交通运行状态进行监控，当出现交通运行缓慢或者交通拥堵时，及时向交通管理部门发出预警信息，并通过路侧单元将信息发布出去，车辆以及手持终端设备就可以随时接收到附近路段的拥堵情况，方便出行者根据情况更改出行线路和时间，避免拥堵的进一步扩大。

交通设施实时信息广播

利用先进的信息交互技术，使出行者和交通管理者可以通过媒体、终端或者路边的交通设施，如停车场、收费站、服务区、道路工程施工场地、旅游景区等位置及拥堵状态、人流状态等相关信息，从而使得出行者可以选择合适的交通工具，错时错峰出行，使得这些经常拥堵的点可以得到缓解，从而缓解这些目的地附近的交通拥堵情况。

交通环境信息

利用车辆和路侧的传感器，比如摄像头、轮速传感器等等，监测路面情况、各个路段限速情况、天气情况等，同时结合气象部门和交通部门的信息以及限速管制等信息对各终端和车辆进行广播，提醒各个用户和其出行相关的交通环境，做好充足的出行准备。

车辆出行信息服务

对用户所要去的目的地附近的信息进行收集并反馈给用户，比如目的地附近的交通拥堵情况、停车情况，并根据两点之间的实时路况，提供最优的路径，并在行驶过程中动态更新规划路径，使得用户到达目的地时间最短，效率最高。

公共交通信息服务

在私家车越来越多的情况下，公共交通能够成为解决拥堵的一个重要环节，增加路上的通行效率，但是公共交通的非实时性以及便利性比较弱等缺点阻碍了人们去选择公共交通。通过公交系统以及公交车上的传感器和通信系统，实时反馈公共交通车辆的运行状态，并通过后台广播给行人的移动设备，或者显示在公交站台，人们就可以实时了解到公共交通的情况，视情况选择公共交通出行。同时，共享出行、出租车等新型出行方式也可以通过这个服务来广播自己的位置信息和运营情况，让用户根据自身情况选择共享出行，充分发挥单位车辆的运输能力，减少拥堵的发生。

3.1.4 实时交通管理服务功能域

在获取上述交通信息后，加之交通控制可以实时进行，有限的交通资源可以得到极大程度的重新合理分配，集中资源解决局部拥堵问题，使得拥堵和缓行可以得到缓解。

交通控制

通过车辆以及路侧设备传到后台的实时交通数据，根据历史数据以及实时数据，动态的控制路口的红绿灯绿信比，来调整路口不同方向车辆的通行时间，从而动态调整交通流。同样路口也可以动态协调行人和非机动车的通行，减少事故发生。可变车道也可以通过类似方法进行调整，来减少同一时间不平衡的交通流量问题。同时，高架桥的入口和出口匝道也可以做动态调整，根据前序高架道路的拥堵情况，实时的关闭或开启之前的上匝道，根据桥下的拥堵情况实时的关闭下匝道，来调整高架上下的交通流情况。

根据实时路况动态调整限速设置。如果交通并不拥堵，车流比较密集，可以通过增加限速来提高车辆通行速度，避免拥堵发生。也可以根据天气情况、视线

阻碍情况等动态实时调整限速，提高道路车辆通行效率。

及时监督执法

监督执法有时候也会引起交通拥堵，例如高峰时间对非本地车牌车辆限行的执法，现在的执法需要将多条车道合并成一条，对通过的每一辆车进行审核，在高峰时间会造成长段拥堵，一旦车辆违章被拦下，靠边停车也会影响多车道的通行情况，所以通过使用电子号牌技术可以第一时间无需交警对车辆违法行为进行捕捉，自动进行违法处理，减少道路执法，增加通行效率。

通过定位技术也可以对限行区域进行实时执法，无需交警路口截停车辆进行处罚。

3.1.5 运营车辆与道路管理服务功能域

道路的拥堵也往往来自运营车辆，比如集装箱卡车、货车、快递运输车等，这些车辆一般体积较大，一旦发生事故，或者紧急情况容易造成大规模拥堵，并且不容易进行紧急处理。

运营车辆路线时间管理

经常会碰到集装箱、卡车集中时间进出堆场，导致附近沿线道路严重拥堵，通过先进的通信技术将堆场的实时运营情况发送给集卡公司，通过集卡公司来动态调整进出堆场的集装箱卡车，错时错峰，避免出现造成的严重拥堵情况。

道路设施运维计划

道路养护、道路维护、整修等操作经常会在大型城市中出现，一旦碰到高峰时间段，沿线交通的拥堵情况会急剧加重，所以这些信息通过通信手段及时发送给车辆，车辆就可以根据自身情况调整，同样，道路运营部门也可以通过实时交通情况来制定道路养护计划，比如，某条道路在一周中某一天的交通路况会比较好，就把维护时间放在那一天。

公共交通运营调度

公共交通的运营向来是机械式的，固定的时间和运力，导致公共交通并不能实时满足人们的出行需求。通过先进的通信手段，公交公司获取人们出行地域和时间的信息，对公交调度和运营进行动态控制，等候人员多的时候后续车辆间隔

缩短，提高运能。出租车也可以根据实时需求动态调度车辆到不同区域，减少预约车辆到达用户的时间。

电子收费服务

高速公路的付费区在高峰或者节假日经常成为拥堵的主要瓶颈所在地，虽然可以开通多个收费口，但是由于收费口的瓶颈效应会造成收费口的拥堵，所以ETC或者基于终端的交通收费系统可以极大程度上提高收费口的通行效率。设想一下，通过电子号牌和定位以及电子支付等，完全可以实现不停车、不减速进行收费服务。这样高速公路将不再因为收费口而减慢车辆通行速度，效率可以得到大规模提升。

3.1.6 应急救援服务功能域

应急救援的不及时也是造成拥堵严重化的一个重要原因，例如，车辆发生相撞后，驾驶员并没有进行事故处理而是进行责任的推卸，造成事故得不到处理，人员得不到救助，交通陷入严重拥堵。除了驾驶员应有一定的事故处理经验外，如果可以通过车辆的内部诊断以及通信技术，结合路口的监控设备，对事故现场进行分析，快速进行责任认定以及报警处理，并通知救援部门是否需要拖车或者救护部门是否需要紧急救助。

及时救援请求

当车辆发生紧急情况，驾驶员可以通过车内通信设备或者手机终端等设备进行车辆紧急救助请求，救援部门可以根据车内的诊断信息判断实施何种救援活动和出动何种救援车辆，并发出信号给周围车辆，显示救援进度。

发生事故后，驾驶员通过车辆、终端或者路侧设备进行报警以及责任认定，路侧设备可以用作初步的责任划分依据，作为警方和保险公司认责的依据，提高处理效率，在车辆可以移动的情况下，快速处理完毕，避免后续大规模拥堵的发生。

紧急车辆线路诱导及提醒

当救援车辆赶赴事故现场的时候，对外广播紧急车辆靠近的信息，可以让附近的驾驶员及时做出避让和让行。救援中心还可以通过实时路况为紧急车辆规划

一条相对通畅的路线，同时通过交管部门来调整高架，道路通行的方向来最快的让紧急车辆到达现场，进行救援，提高救援效率，减少拥堵的严重程度。

道路变更计划

在紧急救援发生过程中，例如道路发生损毁、救援时间较长等情况下，救援车辆向后台和路边设施发送道路变更计划申请，对周边的道路进行重新规划，临时封闭对向车道、匝道等，便于紧急车辆能够尽快到达现场，同时通过道路动态变化，可以加快拥堵车流的缓解，通过交管部门发送绕行建议以及道路封闭和变更计划，使得驾驶员可以提前获知情况，避免拥堵情况发生。

上述六个服务功能域对于现在的交通拥堵原因进行了一一对应，给出了缓解各类交通拥堵的解决方案，但是仅有服务也不行，需要一定的技术来做必要的支撑。21 世纪前，世界智能交通系统之所以发展缓慢也是由于必要的技术还未成熟。不过进入 21 世纪以来，特别是近几年，由于技术的巨大飞跃使得实现这些服务成为了可能。

3.2 技术条件

从上个世纪独立的子系统到本世纪的车路协同系统，智能交通系统近几年在全球各个国家和地区都有着飞速发展，研究、商业模式、产品、科技都有着突飞猛进的发展，这一切都得益于本世纪多项新技术的出现。如果说上世纪八九十年代是 ITS 的概念崛起的话，本世纪初的这些技术就是使得 ITS 概念落地的必要条件和催化剂，是人类迈向无拥堵、高效率、安全舒适交通愿景的重要一步。

3.2.1 V2X 技术

21 世纪初，搭载远程信息处理(Telematics)功能的车辆开始出现在市场上。该技术基于移动通信网络，将车辆位置信息根据服务请求的时间进行上传，后台发送从现有位置到目的地位置的路径规划等数据，车辆接收到之后开始导航，可以提供给用户免提电话、紧急救援电话、导航等服务。但是由于无线通信技术的局限性，实时性要求较高的服务无法达成，即使现在的 4G-LTE 所提供的接入延时和稳定性也达不到实时性的要求，对于车辆安全服务的延时设计是 20ms 以下，而且大规模车辆接入的时候保证各自的通信稳定性也是很大的挑战，所以 V2X 技

术就孕育而生，V2X 在无线通信技术的基础上针对汽车高速、低延时、高可靠的要求，开发了一套全新的通信协议和空中接口技术，如美国的 DSRC 技术以及 3GPP 推行的 LTE-V2X，以及未来的 5G-V2X 技术等等，来保证车与车、车与基础设施以及车与网络的可靠连接和数据交互。V2X 有着不同的频谱、不同的空中接口、不同的通信协议、低延时、高可靠等特点，使得 V2X 技术成为推动解决交通拥堵服务的必要基础技术。

与传统的无线通信技术不同，V2X 技术也提供车辆与路侧设备的接口，这样路侧设备可以作为信息的处理方和中转站，将车辆上传的信息反馈给云端，也可以将云端的数据广播给车端。这样的链路可以省去数据上传到云端和从云端服务器下发的时间，减少云服务器的负担和网络延时引起的数据实时性问题。

路侧设备也可以将自己拍摄和处理的路口信息以及行人信息传递给车辆，作为车辆传感器的延伸。这样就使得行人、非机动车这些没有 V2X 设备的交通参与者也可以参与到互相的通信中来，提高整个交通环境的安全覆盖面。

当然，LTE-V2X 和未来的 5G-V2X 也提供了车辆或终端连入运营商核心网以及应用云端的接口，为 V2X 的应用能够扩展做出预留。同样可以通过运营商进行资源调度和分配，来实现接入拥挤地区的网络服务质量的提高。

依托 V2X 技术后，前一节所描述的服务功能域就拥有了数据采集和交换的通道。例如，车辆安全与控制功能域，以往的通信手段无法满足快速移动车辆之间，以及车辆与路侧设备之间的直接、高速、可靠、低延时的通信交互，通过云端服务器后的延时和抖动使得这个功能域的功能不能很好的实现。在 V2X 的帮助下，这个功能域所需的数据可以高速、低延时、高可靠的进行交互，行人和非机动车也可以通过路侧设备进行识别，并通过 V2X 将行人和非机动车的位置广播给周围车辆，车辆可以根据各自情况做出安全响应。

实时交通信息也可以通过 V2X 技术来实现。通过路口的摄像头实时采集，或者实时移动的车辆通过上传的位置和速度信息等获取实时的道路交通流量信息，并通过云端或者路侧端进行广播和下发，环境部门也可以通过他们的云端向车辆终端、行人终端以及路侧端发送局部天气信息，车辆以及行人可以及时的收到天气气候影响，做出及时反应，公共车辆可以通过 V2X 技术上传自己的位置、目的

地等信息,云端对公共车辆进行调度,下发可用车辆信息,来满足公共出行需求。

道路运营服务、应急救援服务等也可以通过 V2X 技术进行自己的位置广播、路线广播和紧急需求广播,从而使得自己的道路优先级可以得到提高,救援和运营效率得到提升。

总之, V2X 技术为六大服务功能域提供了及时、准确的信息交互通道,使得原本闭塞、滞后的信息传递有了根本的改观,所以说 V2X 技术是解决交通拥堵的重要技术基础之一。

3.2.2 大数据

近年来,伴随互联网和宽带移动互联网的大规模普及,以及未来 V2X 技术的进一步推进,每个终端设备随时随地都会上传巨大的数据量。特别地,相比以前的互联网接入技术, V2X 技术提供的数据量成倍增加。这些看似无用的海量数据其实潜在蕴藏着无限的价值,而这些价值在上世纪末由于网络和数据存储等原因并没有得到重视,基本都被浪费了。然而,近期对于大数据有了重新的定义:大数据是指无法在一定的时间范围内使用常规软件工具进行捕捉、管理和处理的数据集合,是需要使用新的处理模式才能具有更强的决策力、洞察发现力和流程优化的海量、高增长率和多样化的信息资产。该定义已经将大数据上升到了资产级别。

借助于 V2X 以及移动互联网技术,道路上的车辆无时无刻会通过网络发送各类数据,包含位置、速度、转向以及车内各个传感器的状态信息。红绿灯也不停地进行着相位和时间的发送,交警部门也不停更新着地面上的传感器上传的交通流量数据,摄像头也上传了路口以及道路的监控信息,行人、共享单车、出租车也上传着自己位置和目的地、兴趣点等等数不胜数的数据量。从这些数据中可以获得和当时交通相关的信息、路况、事故、天气以及动态的交通流情况,通过 V2X 车路协同系统加以广播,就可以让人们及时得到所需要的路况信息、目的地停车信息、周围的商场、餐饮信息、拥堵信息、事故信息、道路维护信息等等,从而在车辆端可以做相应的重新规划,使得交通效率得到进一步提升。如果对这些数据做进一步的挖掘,根据 V2X 车路协同系统定义的数据规则和相互关联,可以得

出每个地点、不同时间的交通流情况，基于大数据使得预测交通流规律成为可能，并实现实时动态的交通灯控制，疏导大规模车流，避免常规拥堵。

总之，充分挖掘这些数据的潜力对于未来解决交通拥堵问题有着至关重要的作用。前文提到的六大服务功能域实时地上传与广播海量数据，有些数据只是相互告知位置，有些数据需要进一步挖掘才能得出所需要的结论。比如，车辆道路运营服务，除了需要大量的道路车辆提供的位置信息，来计算出道路流量状况之外，还需要结合车辆目的地情况，营运公司的计划以及货物到达情况等进行综合的数据分析，才能得出合适的运营部署。

3.2.3 云计算及云控平台

充分利用大数据就不得不提及云计算，光有数据没有处理，无法对应大数据 5 个属性的计算能力，数据就还是数据，没有任何价值。所以必须得有相应的计算和分析能力才能发挥大数据真正的作用。

借助采集来的大数据，其数量之大以及高速和多样性决定了普通的数据处理方法是没有办法来处理这样的大数据的，智能交通有几大特点：海量数据、数据使用负载不确定、数据需要实时处理，数据共享需要高可用性以及高稳定性。6 万辆出租车一天就会上传数亿条 GPS 数据，加上车牌、监控等数据，交通有关的数据量级已经从 TB 等级跃升到了 PB 等级。由于交通流随机性强、区域关联性强、需要全局统筹等特点，以及人们出行需求有不定时不定点的特性，这就要求智能交通需要做到高实效性、高可靠性，确保所有统筹的数据按照需要共享给每一个交通参与者，实现无缝共享。所以处置这样特点的大数据就需要更为强大的移动宽带和运算能力来实现，换句话说，我们平时使用的电脑，移动设备，车辆的核心电子模块都无法胜任这样的工作。而且，大数据需要集中或者分布式来处理，而不是一个一个分散的来处理，所以需要一个或多个网络服务器计算机来实现。我们把网络、互联网比作云，所以就有了云计算这样一个概念。

云计算就是基于互联网的相关服务的增加、使用和交付模式，通常涉及通过互联网来提供动态的、易扩展且经常是虚拟化的资源，是网络和互联网的一种比喻说法。过去往往用云来表示电信网，后来也用来表示互联网和底层基础设施的

抽象。云端可以拥有每秒 10 万亿次的运算能力，通过这样强大的计算能力可以结合 V2X 车路协同系统获得大数据以及数据科学理论以及相关算法对大数据进行进一步挖掘，获得更为准确及时可靠的深层信息，为缓解交通拥堵提供客观上的数据支撑，并动态的满足各个实体的使用需求，就拿实时道路交通信息服务中的出租车上传的 GPS 数据为例，通过对这些 GPS 进行每天、每周、每月甚至每年的轨迹分析计算，得到区域性周期性交通流的趋势预测，得到该区域的交通热点图，对热点图可以进一步分析改进，来缓解分散热点，从而达到交通流均衡发展和疏导，降低用户预约车辆以及车辆到位的时间，提升公共出行的体验以及提高交通效率等。

云端也可以分为中心云和边缘云，边缘云的作用是在数据最初级、最密集的边缘端提供具有云端计算能力的服务器，是在最接近源头的地方将数据初步处理，同时也可以减轻中心云端的接入和运算压力，中心云与边缘云计算的结合可以将云计算的效率和成本发挥到最佳水平。

除了计算能力强，云端还可以对交通流做集中控制，构建起云控平台。同样在分析完所需要的数据后，根据云计算的结果，云平台也可以通过车路协同系统网络自动下发实施控制信号，实现全自动、全工况的动态交通系统控制。例如实时交通管理服务功能域中的交通控制子功能，当各个车辆上传的位置、速度以及方向等大数据通过云控平台的云计算系统，计算出一周中不同时段不同路段不同方向的车速及流量情况后，动态的计算出各个路口各个方向红绿灯的相位和时间，达到最优的通行速度，并将这些结果数据通过云控平台发送到各个路口的信号灯控制器，实施动态控制信号灯的绿信比，达到交通效率最优控制。

3.2.4 人工智能

对于大数据的多元性，单纯的云计算可能无法胜任，需要一定的智能算法配合超强的计算能力来处理原来只有人的智慧才能处理复杂多样的问题，人工智能就孕育而生。

人工智能的概念在上世纪中期已经被提及，只不过碍于硬件的计算能力得不到发展。随着计算机技术的提高，云计算能力的增强，人工智能这一概念又被大

众所关注，人工智能被人们赋予了“研究如何使计算机去做过去只有人才能做的智能工作”定义，而且也被认为二十一世纪三大尖端技术之一。通过神经网络进行深度学习，对交通大数据进行智能处理，可以实现在数十秒内完成数十亿规模的交通大数据可视化分析，实现对交通流的实时预测，自动切换调配信号灯的配时，从而实现最优的通行效率。

以行人和非机动车安全这个功能域为例，通过人工智能的深度学习，对路边摄像头所拍摄到的视频在边缘计算服务器端进行物体识别，判断出行人以及非机动车和车辆在路口的位置以及相对移动方向和速度，实现路口事故预防提醒等应用，使得原本无法进行通信的行人和非机动车也可以通过这项技术参与到车路协同系统中来，从而降低路口的事故发生率，提高通行效率。

实时交通管理服务功能域中的实时监督执法这个子功能也会用到人工智能这项技术，道路中设置的电子警察采用了人工智能算法对车辆的行为进行识别，并结合交通法规自动对违规车辆进行初步识别和处理，大大减少了交通管理部门执法的成本和执法的范围，减少因为违规驾驶引起的交通事故或者通行效率降低等常见交通问题。

同样人工智能和云控平台的结合可以实现多车协同、车队控制、共享控制信息等，通过云控平台的超强计算能力对 V2X 车路协同系统所获得的车队位置、目的地、检测障碍物、道路信息等大量数据进行机器学习，使得云控平台具有智能控制多车协同，实现车队控制行驶，提升车辆通行效率。

3.3 车路协同新型平台

当大数据、云计算和人工智能的核心技术和 V2X 车路协同系统进行无缝整合后，从信息采集、信息交互、信息处理、预测、保障以及应用服务等层面对智能交通系统做出了重新定义，可以说有了结合 V2X 车路协同系统和三大高科技技术才有了现在的智能交通系统的迅速发展，所以尽快落实 V2X 车路协同技术的产业化，对提升我们智能交通系统的水平有着巨大的帮助，对解决交通拥堵，提升交通效率起着至关重要的作用。

大数据、云计算和人工智能的核心技术匹配上 V2X 技术的基础可以解决独立

的六大服务功能域里的大部分服务功能，但是各个功能域之间需要共享数据，交换计算结果，各项服务也需要协同作用，从整体角度来看整个系统，还缺少一个必要的核心—车路协同新型平台。

3.3.1 车路协同新型平台的必要性

在第一节中描述的解决六大类交通拥堵问题的服务功能域，似乎各自独立运行，完成各自的服务功能，但是各个功能域所需要的数据来源有重复性，例如车辆安全与控制功能域所需要的车辆位置和速度以及方向、传感器数据等等数据在行人和非机动车安全域中也会涉及到，在实时交通信息服务功能域中也需要这些数据做进一步挖掘，提取出实时交通路况信息，作为服务发布出去。所以各项数据的来源有重复性，服务的输出之间也会有重复，例如及时交通信息服务域会将交通信息输出给车辆、终端设备等，车辆也会接收到来自于车辆安全与控制功能域所传来的信息，不同功能域与各种终端、车辆、职能部门之间都有数据往来，分立的数据传输会导致效率的低下、重复以及资源的浪费，还会出现信息的延迟、阻塞，使得重要信息丢失等等弊端。

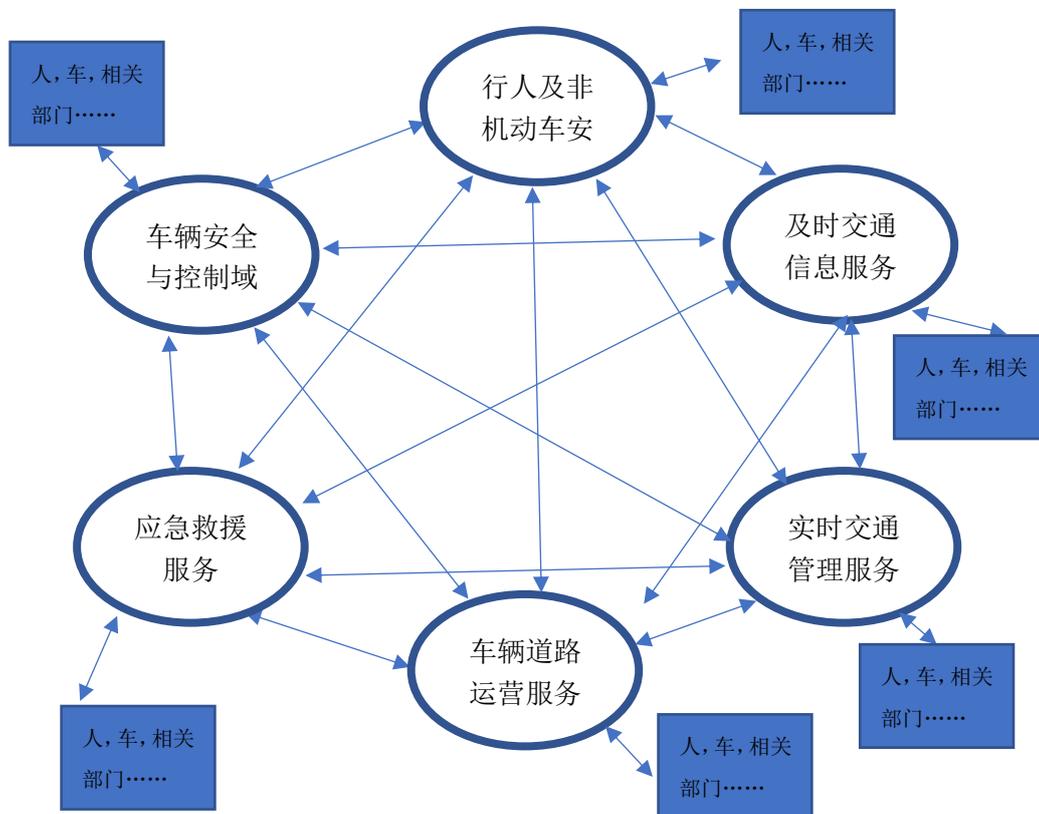


图 1 交通系统六大功能域关系示意图

如上图所示，各个功能域之间的数据交互杂乱无序，使得六大功能域不能高效的运作，所以一个车路协同新型平台是十分必要的

有了车路协同平台，上述杂乱无章的逻辑图可以变为如下结构：数据流向变得更加清晰，资源调配变得更加合理，与外部实体的通信更为直接。

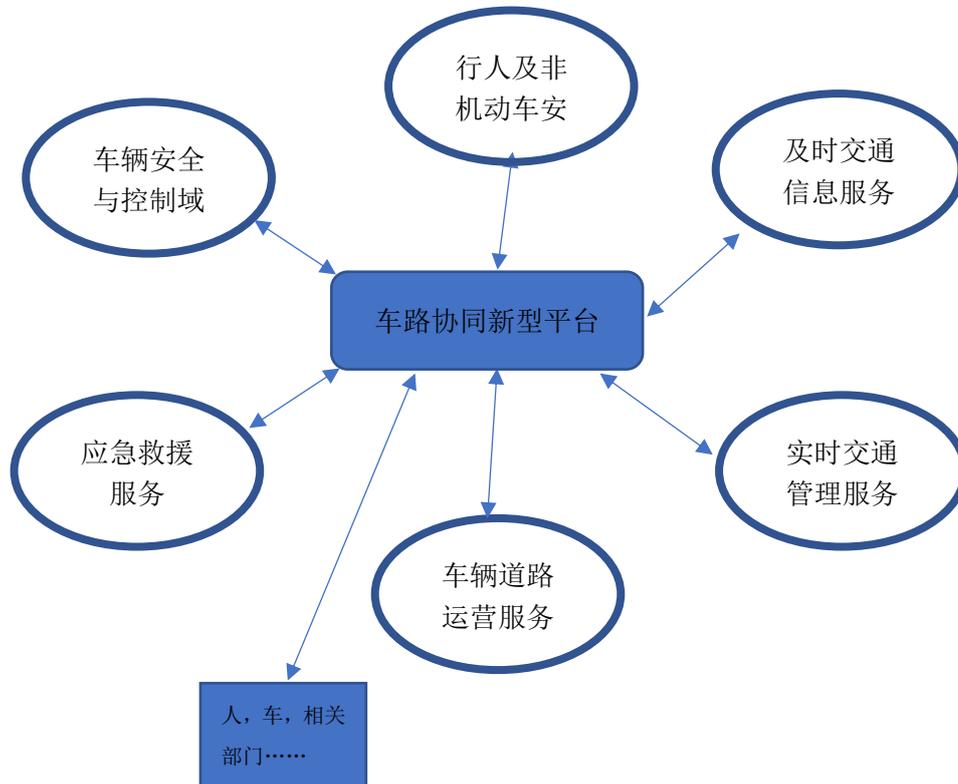


图 2 加入车路协同新型平台的交通系统功能域关系示意图

3.3.2 车路协同新型平台的描述

车路协同新型平台是现代智能交通系统的基础性内容，也是实现六大解决交通拥堵的服务功能域的必要条件之一，是以信息处理为中心，连接各项服务的基础平台，具体来说，平台包含了数据收集、协同处理、数据交互、外部接口、数据流优先级等功能。

整个平台包括交互子系统，负责和各个服务功能域进行数据交互，协同子系统，对各个服务功能域所要访问的信息和控制进行初步筛选、优先级评定等操作。信息子系统和控制子系统接口外部车辆、终端、职能部门以及服务提供商等等，收集信息以及发布控制信息。

在这样一个框架之下，各大服务功能域能够更高效的协同运作，使得由 V2X 技术收集来的数据能够被更好的利用、传递、处理，资源可以更好的调配，最终实现服务的最优化，从而使得交通拥堵问题得到解决。

通过 V2X 技术将各个服务功能域，细化并对应多个 V2X 应用场景，定义所要收发的消息和使用的信号，并定义信号间的逻辑将对具体落实整个方案起到实际的指导意义，通过车路协同新型平台将数据交互、协同、接口、分析多种功能集成为一体，通过大数据、云计算和人工智能对整个交通拥堵情况做出正确的分析和预估，动态实时地对交通流进行管控，最终实现零拥堵的愿景。

4. 系统核心——车路协同新型平台

4.1 平台的子系统和功能描述

车路协同新型平台可由四个子系统组成^[14]，依次为信息子系统、交互子系统、协同子系统、控制子系统，分别完成信息采集融合、信息交互共享、信息协同处理、信息传递控制等功能，如下图所示。以下分别介绍各子系统的功能。

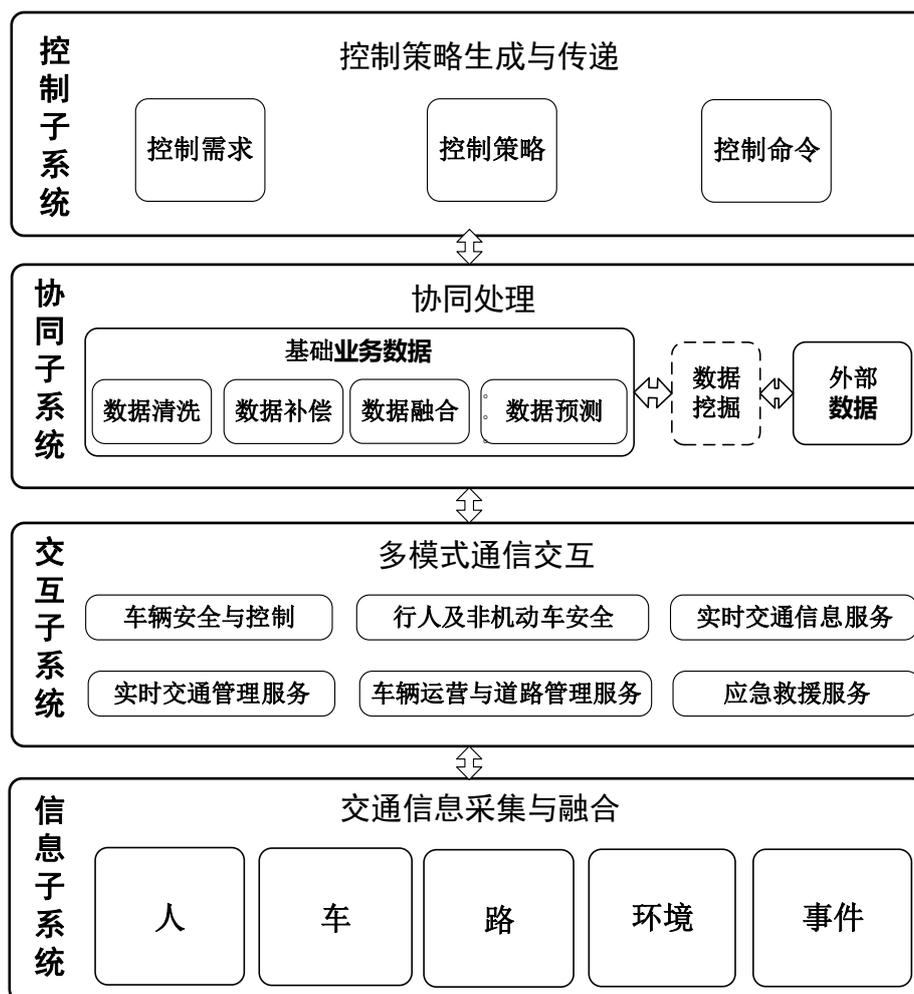


图 3 车路协同新型平台子系统示意图

4.1.1 信息子系统

该子系统主要通过车载和路侧设备采集车辆运行状态信息和道路状况信息，同时从交管部门、气象部门、公安部门获取相应的气象信息、交管信息和公共安全信息等，将采集的多源异构数据进行初步处理和融合，为车路协同综合支撑系

统提供必备的信息需求。

4.1.2 交互子系统

该子系统负责新型车路协同系统中协同子系统与各大服务功能域（车辆安全与控制、行人与非机动车安全、实时交通信息服务、实时交通管理服务、车辆运营与道路管理服务、紧急救援服务等）之间的数据交互，同时也提供各大功能域之间的数据共享和交互，提高了信息的利用效率减少了数据的冗余和重复。

4.1.3 协同子系统

该子系统负责车路协同综合支撑系统各子系统的协同运作。对于来自不同平台和系统以及终端的数据进行清洗、补偿、融合、挖掘，使之可以协同工作。从外部来讲，协同平台包含对信息子系统的信息获取请求、交互子系统的响应以及对控制子系统提供服务域策略等功能。

4.1.4 控制子系统

该子系统主要负责根据协同系统传来的需求生成相应的控制策略和命令，传递给终端设备、交管部门等可以直接对交通状况进行调整和控制的实体，完成信息的闭环。

4.2 车路协同新型平台子系统间的物理结构和服务流程

4.2.1 顶层物理结构与数据流

车路协同新型平台系统的物理结构和数据流如下图所示。数据由现实实体流出，经过车路协同新型平台系统下的信息子系统流入基于车路协同的智能交通系统里。信息子系统接收协同子系统发来的信息获取请求，并根据从现实实体采集到的信息进行响应。协同子系统是车路协同新型平台系统数据流的核心节点，一方面要将信息子系统获得的数据传递给交互子系统，进而传递给智能交通系统里的其他服务域，另一方面要将各服务域子系统生成的策略传递给控制子系统，以便控制子系统将生成的相应控制策略传递给现实实体。

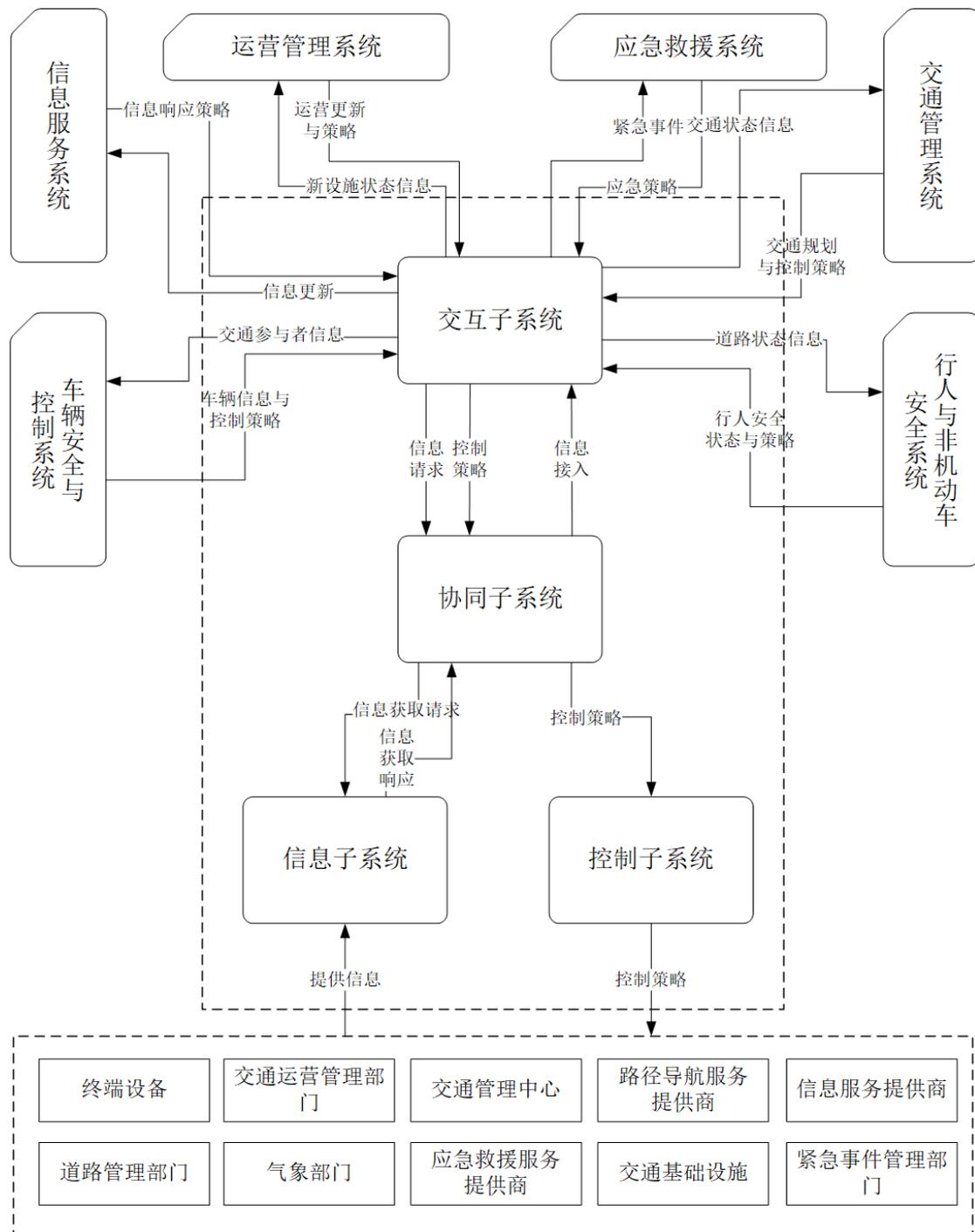


图 4 车路协同新型平台系统的物理结构和数据流示意图

4.2.2 各项服务域之内的逻辑及数据流

以车路协同新型平台系统为基础的智能交通系统将包括车辆安全与控制、行人与非机动车安全、信息服务、交通管理、运营管理和应急救援六个服务域。

车辆安全与控制

车辆安全与控制服务域里包含视野扩展子系统、车辆防撞子系统、车内状况监控子系统和辅助驾驶子系统，分别针对 2.1 章节提到的车辆行驶方面的可能造成交通拥堵的原因提出解决的方案。

车路协同新型平台系统可以把采集到的周边行人信息、附近车辆状态、道路状况等发送给视野扩展子系统，经过系统的分析和判断，返回需要在视觉盲区内需要注意的数据，再通过车路协同平台系统传给道路使用者。

同理，车路协同平台系统也可以把采集到的周边车辆运行状态信息、路面状况信息、交叉口信号控制信息传递给车辆防撞子系统，结合视野扩展子系统传递来的视野扩展数据，和车内状况监控子系统传递来的车辆安全状况信息，由车辆防撞子系统经车路协同新型平台系统发出车辆防撞预警信息和车辆防撞信号控制信息。

车内状况监控子系统可以综合车辆运行状态、周围车辆状态、车辆和驾驶员历史安全数据，生成车辆安全状况报告和预警，反馈给驾驶员。

辅助驾驶子系统可以接收车路协同新型平台传递来的所有车辆、道路和交通控制信息，结合车内状况监控子系统传递来的车辆安全状况信息，经过智能判断，向驾驶员反馈辅助驾驶信息。

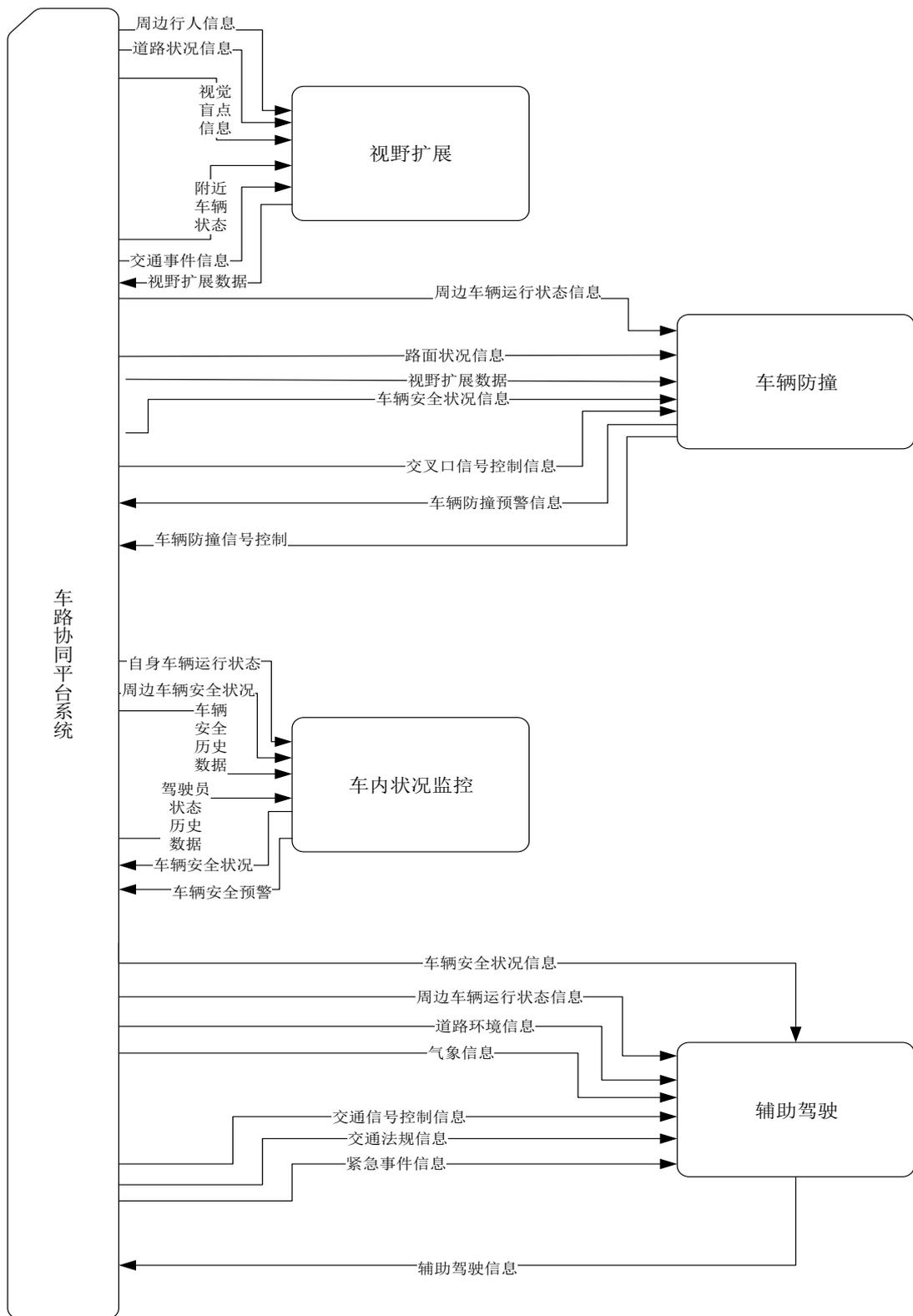


图 5 车辆安全与控制服务域逻辑示意图

行人与非机动车安全

行人与非机动车安全服务域内包含行人与非机动车危险预警子系统、行人与非机动车违法预警子系统，以及行人与非机动车协作式通行子系统，分别对应

2.2 章节的行人与非机动车方面可能造成交通拥堵的原因。

行人与非机动车危险预警子系统可以接收车路协同新型平台系统传递来的车辆运行状态信息、行人状态信息、驾驶员状态信息、车辆故障信息和道路状态信息等，经判断产生车辆逼近报警和道路异常报警，经车路协同新型平台系统传递给行人终端或者路侧显示终端。

行人与非机动车违法预警子系统可以接收车路协同新型平台系统传递来的交叉路口车辆运行状态信息、信号灯状态信息、交通法规和管制信息，经车路协同平台系统对行人终端和路侧显示终端推送违法预警。

行人与非机动车协作式通行子系统接收车路协同新型平台系统传递来的车辆运行状态信息、行人状态信息、信号灯信息、道路状态和法规管制信息等，经过判断产生交叉路口行人安全状况和信号控制策略，经车路协同新型平台系统传递给终端设备。

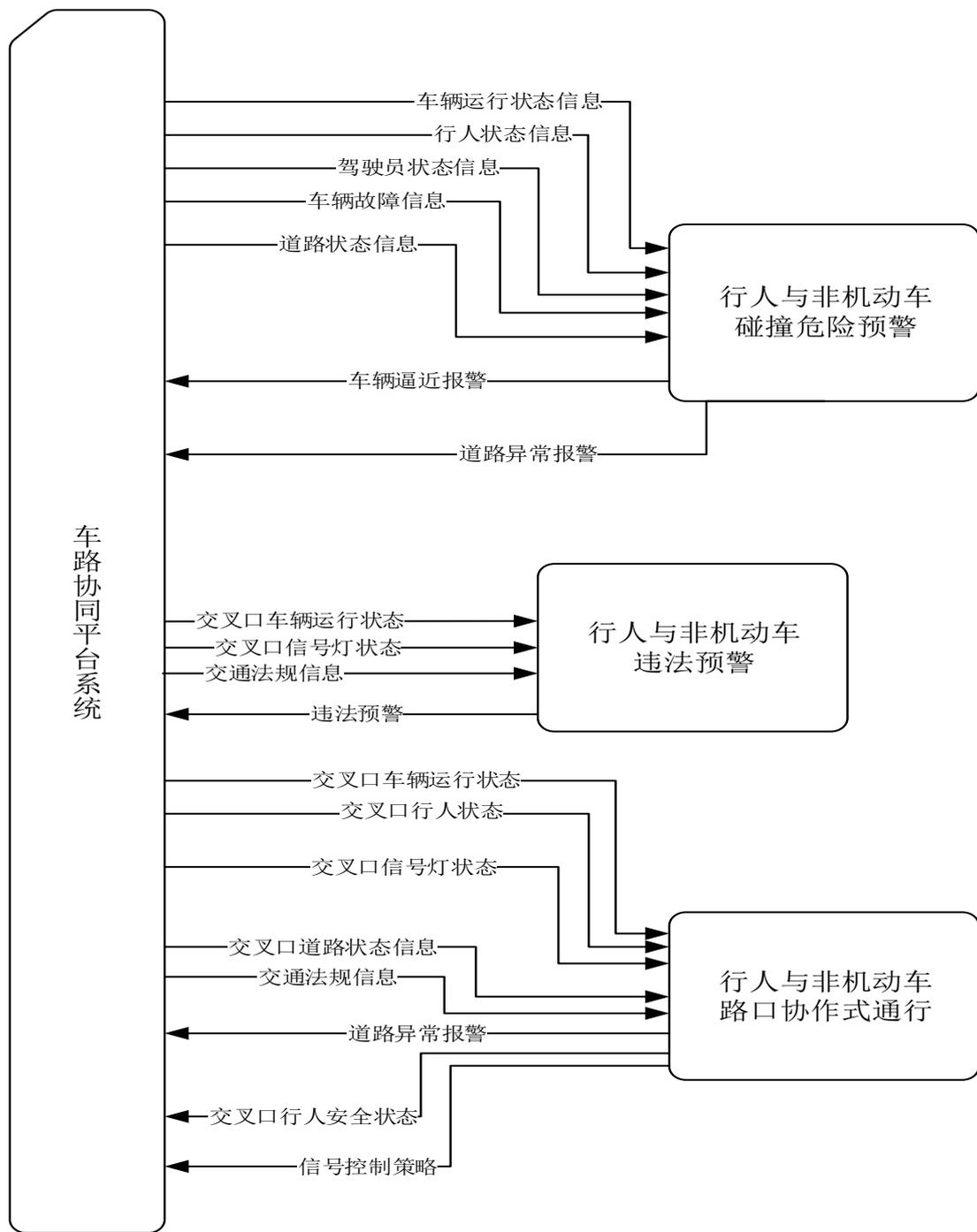


图 6 行人与非机动车安全逻辑示意图

信息服务

信息服务功能域包含交通设施信息服务子系统、交通拥堵状态信息服务子系统、交通环境信息服务子系统、公共交通信息服务子系统和路径诱导信息服务子系统，分别对应 2.3 章节中由于信息获取不及时可能造成交通拥堵的主要原因。

交通设施信息服务子系统接收车路协同新型平台系统采集到的各种交通服

务设施与施工的情况，生成停车场、服务区、收费站等交通设施的使用和空置信息返回给车路协同新型平台系统，并提供给请求者。

交通拥堵状态信息服务子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的车辆运行信息、交通流信息、交通事件信息等，生成当前道路拥堵状态信息和路网评估信息，返回给车路协同新型平台系统，并提供给请求者。

交通环境信息服务子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的交通法规信息、旅游服务信息、路面状况信息、交通管制信息、气象信息等，生成当前交通环境综合评估信息，返回给车路协同新型平台系统，并提供给潜在使用者。

公共交通信息服务子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的公交车辆运行信息、车辆调度信息、换乘点信息等，根据请求分析生成车辆到达时间、公交换乘规划等信息，返回给车路协同新型平台系统，并提供给请求者。

路径诱导信息服务子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的起止点请求，结合交通拥堵状态信息服务子系统传递的交通拥堵状况信息，生成行程路径规划，返回给车路协同新型平台系统，并提供给请求者。

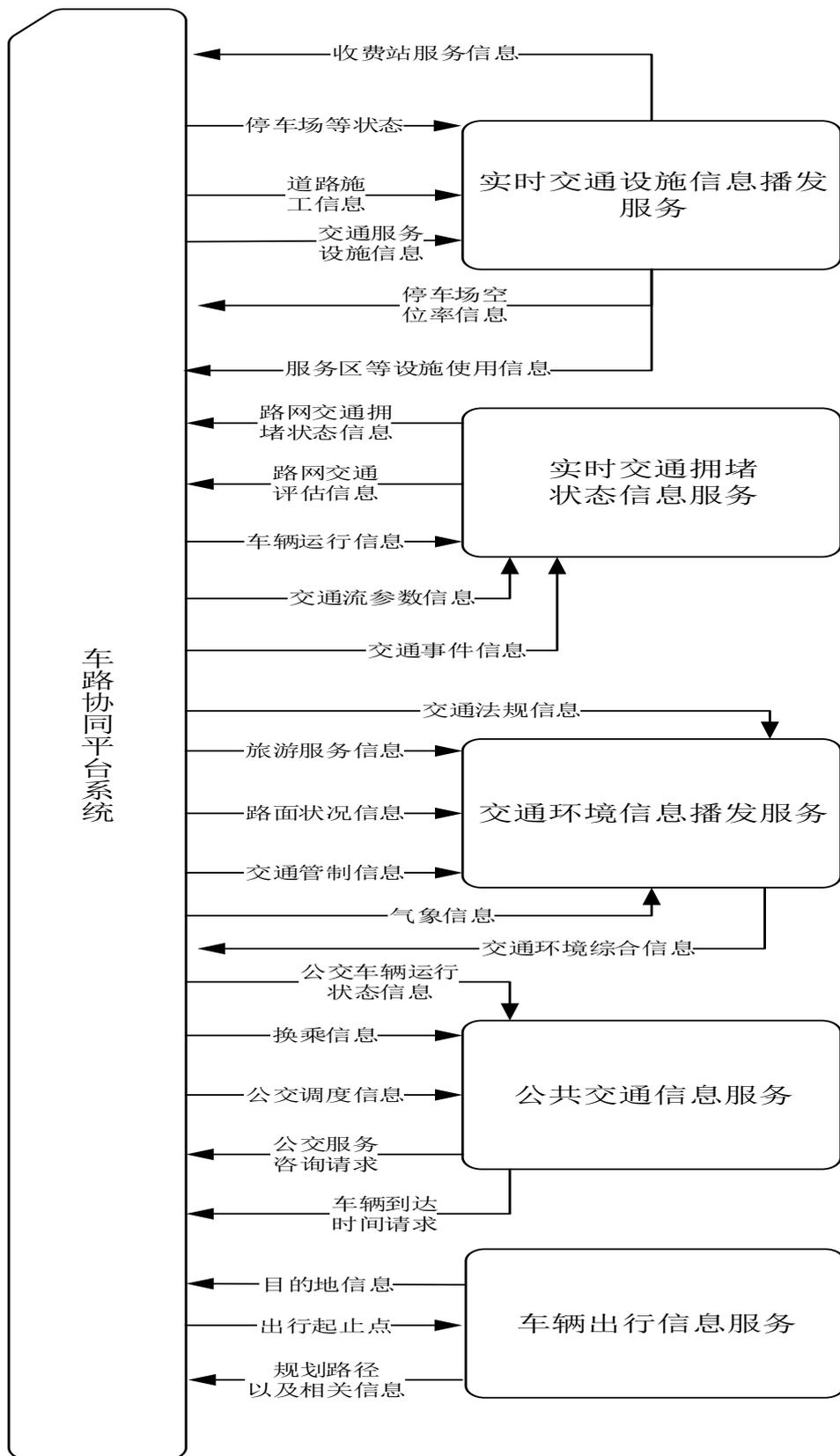


图 7 信息服务功能域逻辑示意图

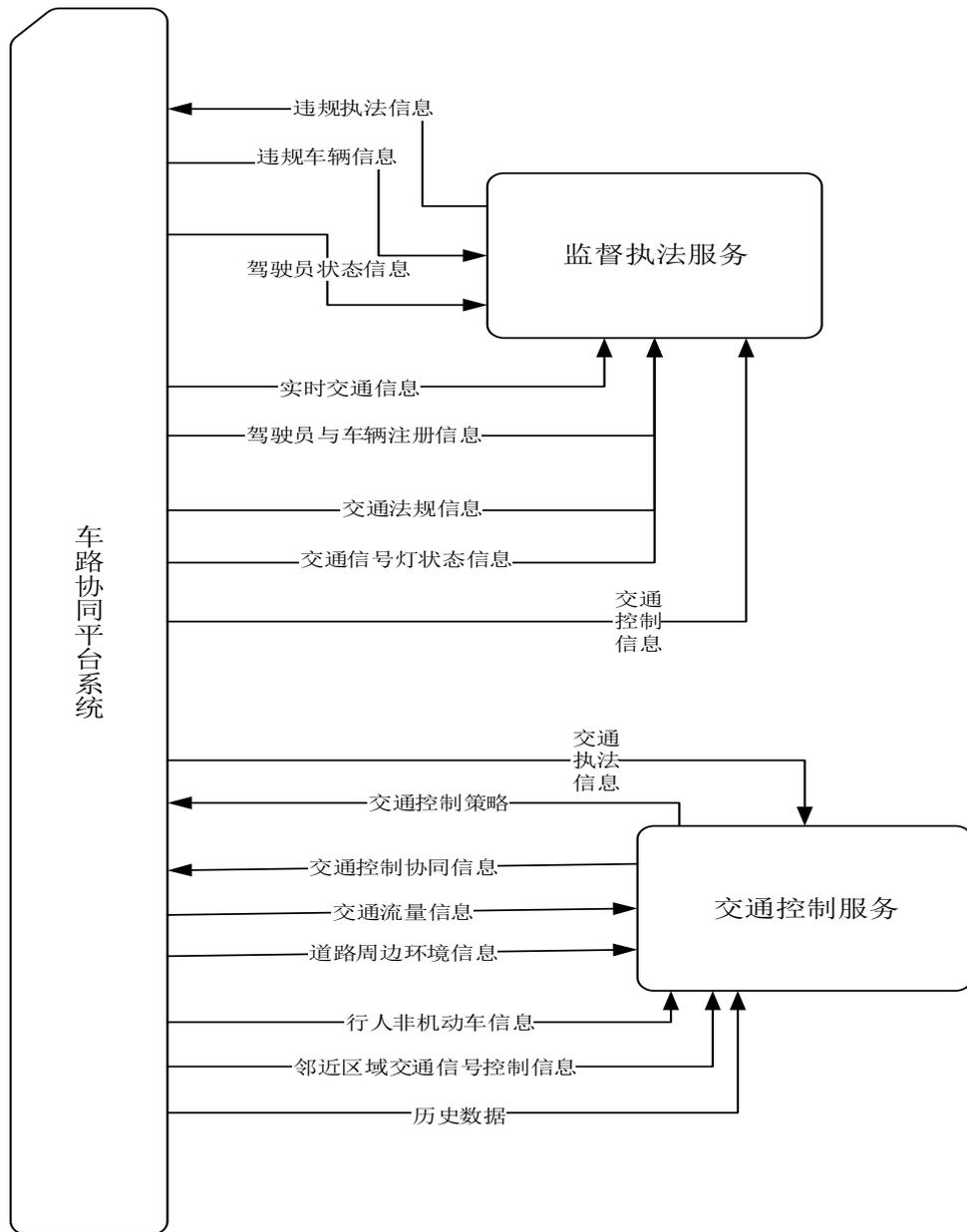


图 8 交通管理服务域逻辑示意图

交通管理

交通管理服务域包含交通执法与监督支持子系统和交通控制子系统，分别对应 2.4 章节中由于交通管理无法实时执行可能造成交通拥堵的主要原因。

交通执法与监督支持子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的违规车辆信息、驾驶员状态信息、驾驶员与车辆注册信息、交通法规信息和信号灯状态信息，结合交通控制子系统传递来的交通控制信息，生成违规执法信息与执行策略，返回给车路协同新型平台系统，并提供给执法人员或者系统。

交通控制子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的交通流量信息、周边环境信息、行人与非机动车信息、邻近区域交通信号信息和历史数据，结合交通执法与监督支持子系统传递来的交通执法信息，生成交通控制策略和交通控制协同信息，返回给车路协同新型平台系统，并提供给交通控制人员或者系统。（示意图如上）

运营管理

运营管理服务域包含交通设施运维子系统、电子收费服务子系统、货物运输管理子系统和公共交通管理子系统，分别对应 2.5 章节中由于车辆道路运营优化不够可能造成交通拥堵的主要原因。

交通设施运维子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的设备维护状态信息，生成设备运行状态信息、设备维护请求、设备维护进度、设备运行状态评估，储存设备维护记录信息，并提供给车路协同新型平台系统，进而提供给道路运维机构和人员。

电子收费服务子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的收费标准信息、收费网点信息和车辆运行轨迹，储存并提供收费/欠费记录给车路协同新型平台系统，进而提供给道路运维机构和人员。

货物运输管理子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的交通状态信息、路面状况信息、气象信息、交通事件信息、交通法规信息，分析并生成货运车辆运行计划，并提供给车路协同新型平台系统，进而提供给道路运维机构和人员。

公共交通管理子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的交通状态信息，路面状况信息、地理更新信息、道路运维计划和综合服务信息，生成并调整公交运营状态信息，并提供给车路协同新型平台系统，进而提供给道路运维机构和人员。

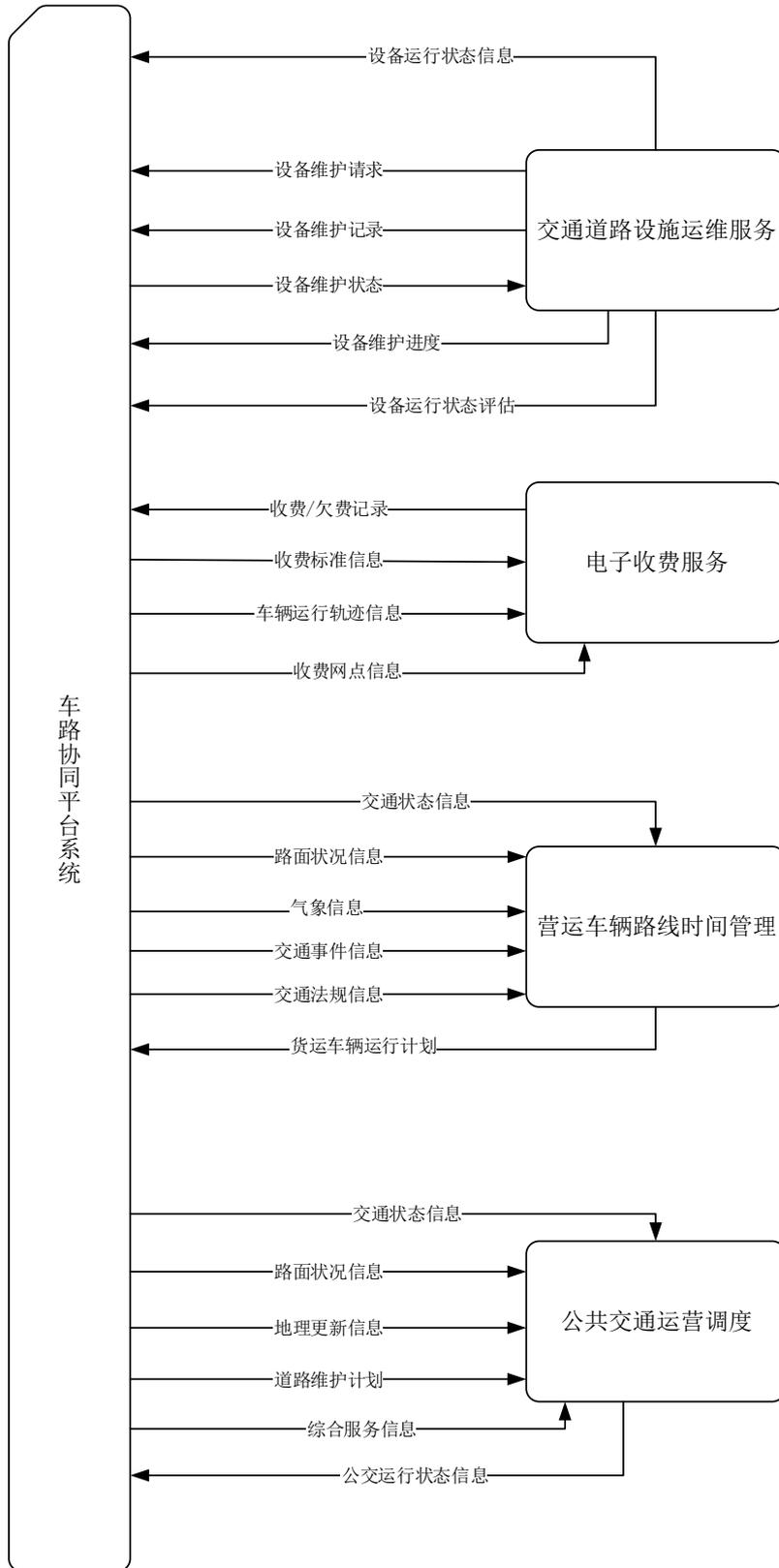


图 9 运营管理服务域逻辑示意图

应急救援

应急救援服务域包含紧急事件管理子系统、道路变更管理子系统和紧急车辆管理子系统,分别对应 2.6 章节中由于紧急事件响应不及时可能造成交通拥堵的主要原因。

紧急事件管理子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的车辆紧急救援请求和紧急事件中车辆、行人状态信息,分析生成简单责任认定、车辆紧急事件回应、危险品发布信息和紧急事件通告信息,并提供给车路协同新型平台系统,进而提供给信息请求者。

道路变更管理子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的紧急车辆运行状态信息和实时交通状态,生成紧急交通规划与控制策略并提供给车路协同新型平台系统,进而提供给信号控制设备和紧急车辆。

紧急车辆管理子系统通过接收车路协同新型平台系统采集到的紧急交通信号控制信息和紧急车辆运行状态,生成紧急车辆行驶路线请求、紧急车辆优先信息和交通控制紧急请求并提供给车路协同新型平台系统,进而提供给信号控制设备、紧急车辆和交通管理部门。

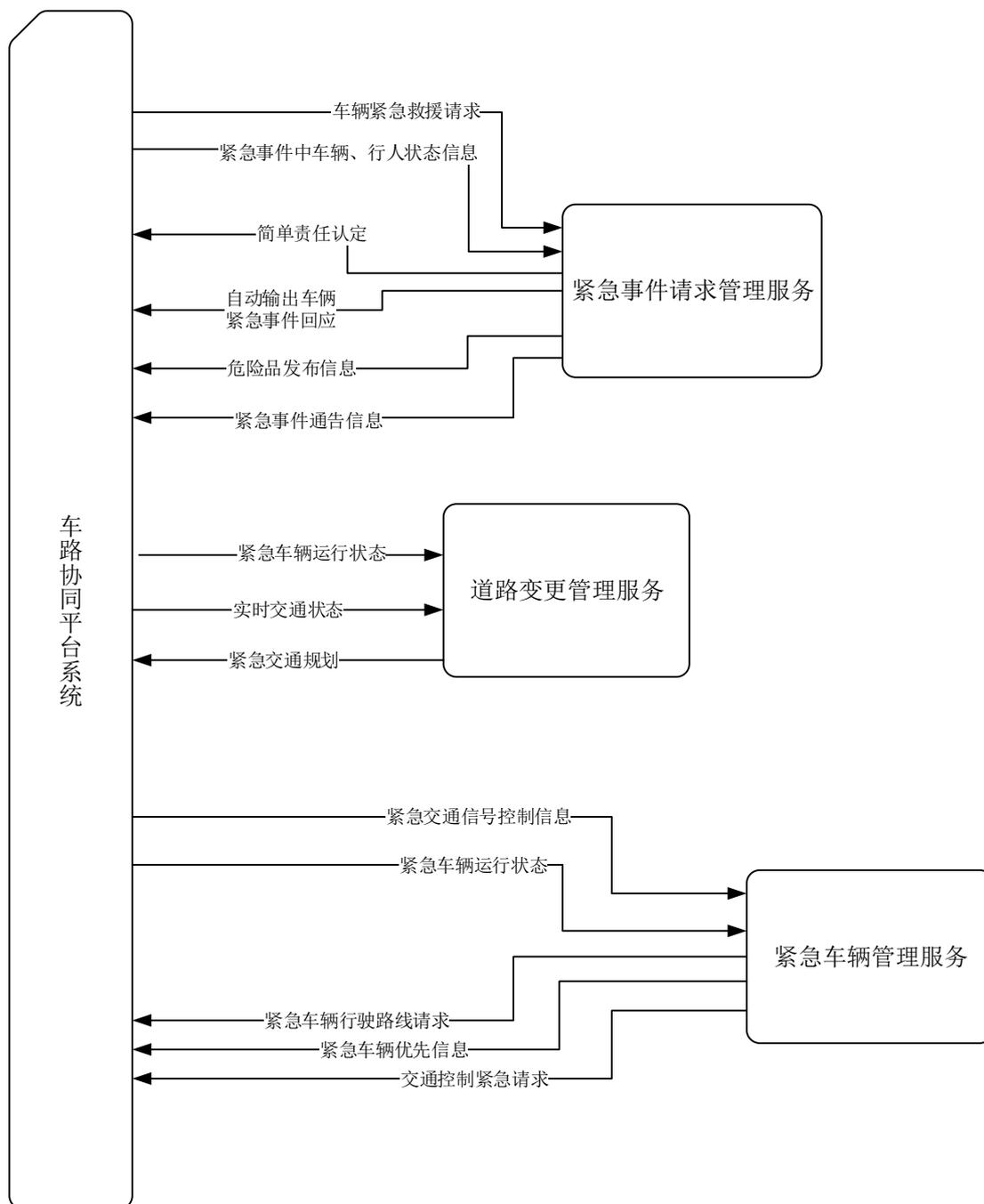


图 10 应急救援服务域逻辑示意图

4.3 基于车路协同新型平台的智能交通系统物理系统图

基于车路协同新型平台的智能交通系统物理落地方案见下图，用户终端可以应用接收到的信号来实现辅助驾驶应用，例如交叉路口碰撞预警、红绿灯速度优化预警、交通拥堵预警等，行人可以运行弱势交通参与者碰撞预警，设施相关部门和管理部门可以提供交通相关信息，例如交通灯、可变车道、天气等信息，也

可以根据系统提供的控制请求来进行这些资源的动态调整。

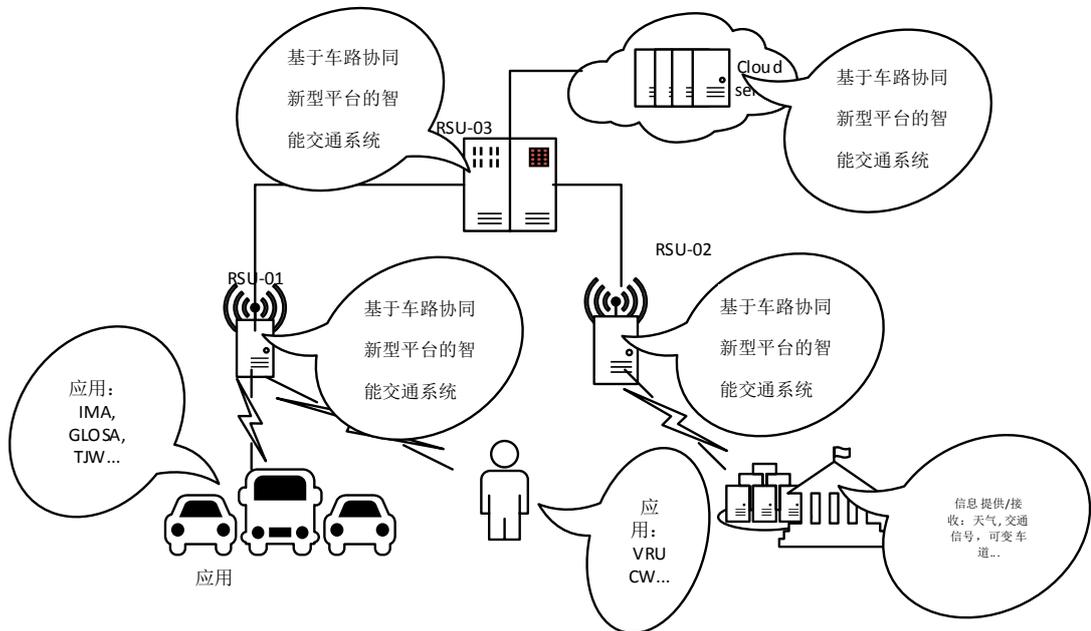


图 11 基于车路协同新型平台智能交通系统物理系统图

基于车路协同新型平台的智能交通系统可以分布式落实在 RSU，或者 RSU 内的 MEC 边缘计算服务器端，运行一部分或者全部的服务功能域，也可以落实在上一级的服务器上，覆盖范围更广的服务功能域，例如实时交通信息功能域。云端服务器也可以运行实时性比较弱的应用，例如天气等实时交通信息服务以及道路运营服务功能域等。各个分布式智能交通系统互相交换数据来支撑各自覆盖范围内的终端用户的需求。

下图为一个简单的例子来说明上图中的各个智能交通系统的内部逻辑图以及简单的数据流向解释：

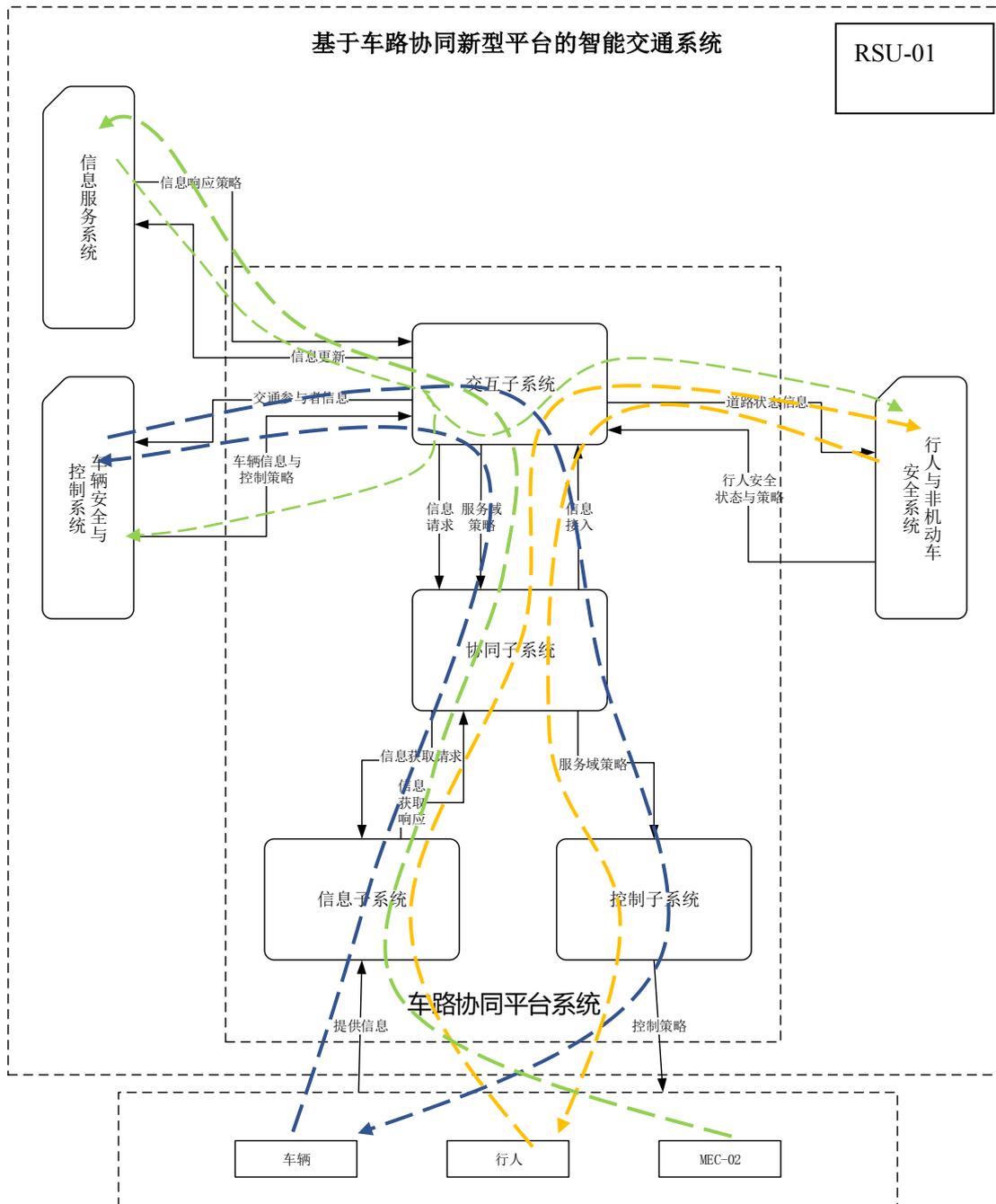


图 12 行人与机动车冲突预警数据流程图

整个基于车路协同新型平台的智能交通系统是一个可以扩展，包括功能域以及覆盖范围，灵活布置和落地的分布式智能交通系统，可以根据交通实际情况来进行配置，从而实现系统功能最优化。

下面再举一个紧急救援的数据流例子：

事故车辆车内传感器等发出紧急处理请求，以及车内传感器数据和人员健康

数据等信息，应急救援服务域中的救援请求处理子功能根据信息，决定响应策略并通过系统通知应急响应部门进行应急车辆调配。

整个应急救援过程的数据流程请参考下图。

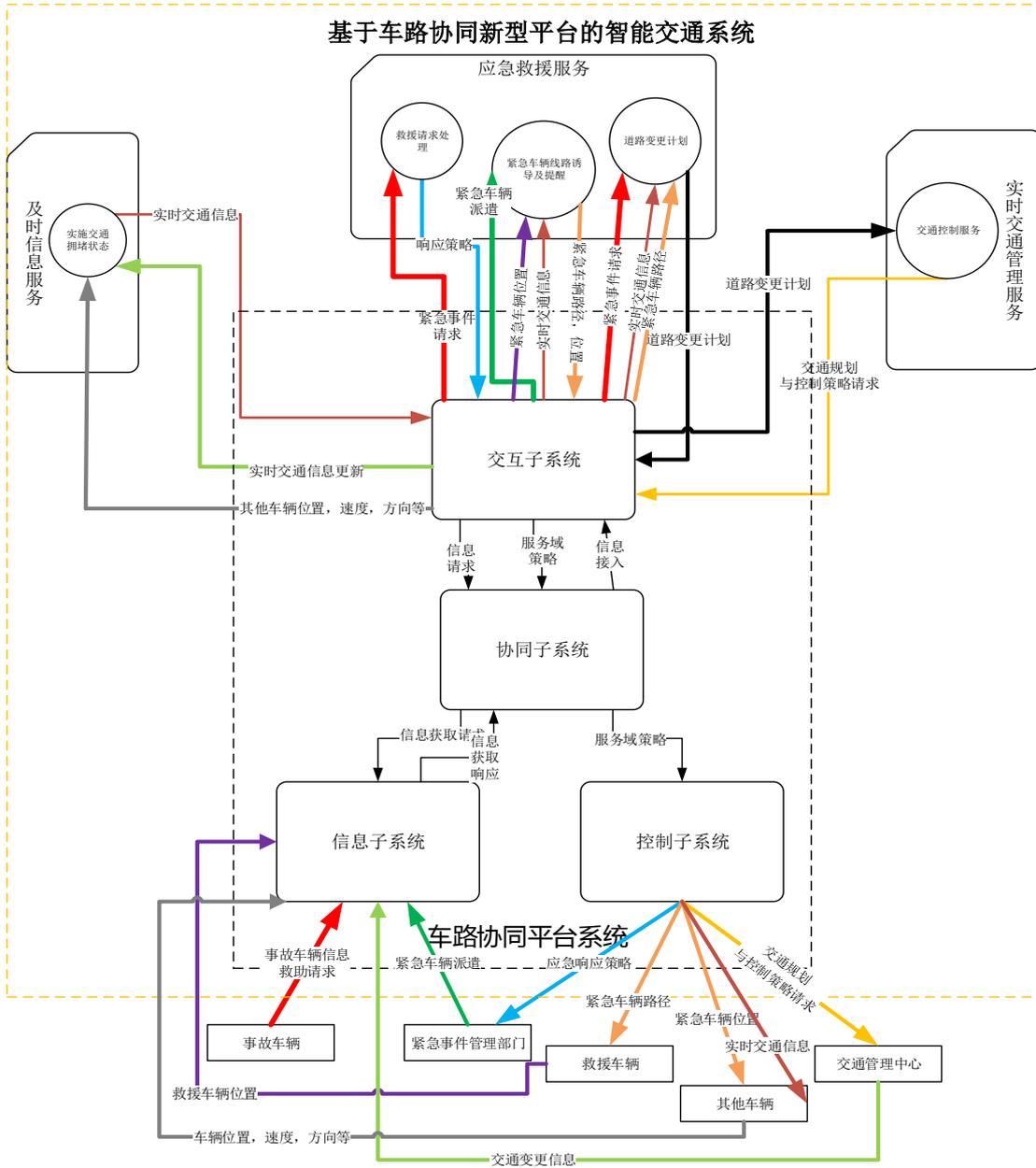


图 13 应急救援过程数据流程

应急响应部门接受响应后，将派遣的应急救援车辆信息发送给紧急车辆路线诱导及提醒子功能，该功能根据紧急车辆的位置以及实时交通信息，输出最优的路径给到系统并发送给应急救援车辆。

道路变更计划子功能将紧急事件，实时路况以及紧急车辆路径进行道路变更计划制定，并对系统提出变更申请，实时交通管理服务功能域中的交通控制服务将对该申请做出响应，并计算出具体的交通控制策略通过系统给到交通管理中心进行实际的控制切换。交通管理中心把变更后的信息反馈给系统并由系统输入给实时信息服务功能域中的实时交通拥堵状态子功能进行实时交通信息计算，并广播给整个系统，再有系统广播给各个其他车辆。

5. 面向零拥堵的车路协同新型平台实施方案和建议

鉴于我国管理体制的特殊性，基于 V2X 技术的车路协同落地实施不但涉及到交通运输部、工信部、公安部、发改委等多个国家管理部门的协同，还涉及到产业链各方：底层芯片/模组商、设备终端商、整车企业、车路协同新型平台运营服务提供商、硬件及软件系统提供商、车联网服务提供商等行业各方的协同。在有了上述章节定义的功能服务域、车路协同新型平台以及必要关键技术支撑的基础上，要实现零拥堵愿景，还需要整个社会、政府、产业链的相互支持和协作，才能使得这一愿景得到最终的落实。这一章节的目的是通过此白皮书，分析出产业链上下游企业、政府部门、管理部门等相关方在推动车路协同新型平台落地实施中的任务角色，并给出推进协同的建议，为推进整个愿景的实现做出明确的解释以及梳理。

下图为产业链各方在基于车路协同新型平台的智能交通系统中所扮演的角色示意图。

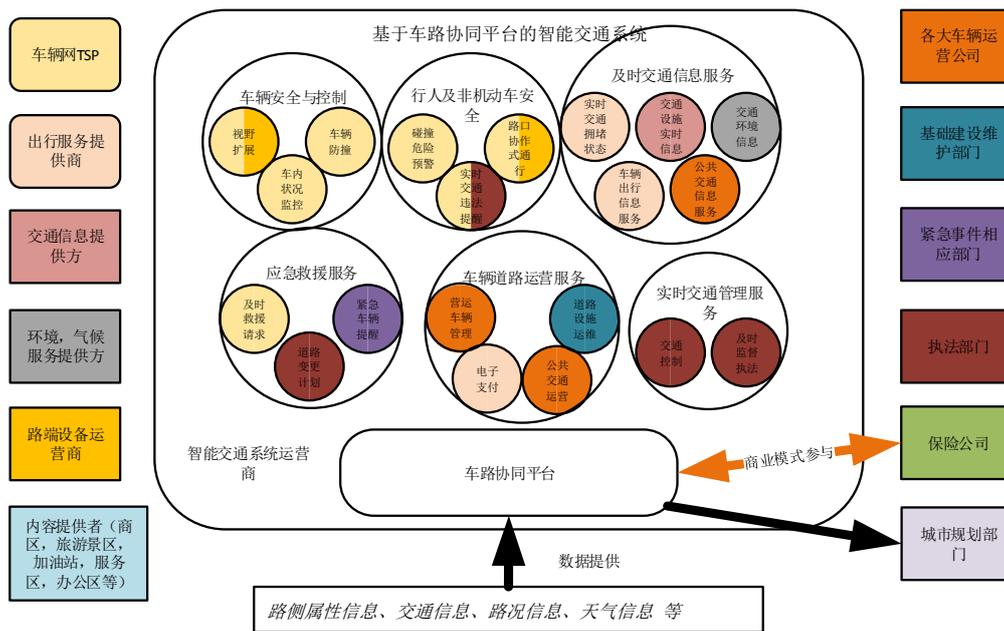


图 14 产业链各方在基于车路协同新型平台的智能交通系统中角色规划图

5.1 产业链各方与政府的任务与角色

我国对车路协同的深入研究起源于 863 项目“车路协同关键技术研究”，其后形成了车路协同定义的共识，车路协同是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，并在全时空中进行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，从而形成安全、高效和环保的道路交通系统。

深入分析车路协同的定义可以发现，车路协同产业链由一软一硬两大产业链构成。一方面，车路协同的无线通信技术及新一代互联网技术需要加载在硬件设备上来实现车车、车路动态实时信息交互，需要硬件设备的支撑，设备或者硬件产业链是车路协同产业链中的基础；另一方面，车路协同实现的重点是信息融合、道路协同管控，信息提供者、信息加工以及服务提供商等软件产业链是车路协同产业链中的核心与关键。此外，政府部门是信息管理、协同的主体，其角色分析必不可少。

5.1.1 硬件设备提供商

硬件设备是整个车路协同产业链的基础，只有在充足、可靠的硬件设备供应条件下，车路协同新型平台架构才能落地实施，提高交通效率、减缓交通拥堵，最终走向零拥堵愿景。硬件设备产业链分工相对简单和清晰：

芯片厂商

V2X 的通信芯片是车路协同新型平台乃至智能交通系统最基础的部件。目前，国内市场的重点 V2X 芯片厂家包括：华为、大唐、高通等企业。华为、大唐均发布了自主的 V2X 通信芯片，大唐发布了基于 PC5 Mode 4 模式的 LTE-V2X 芯片模组，华为发布的是支持包括 LTE-V2X 在内的多模 4.5G LTE 调制解调芯片 Balong 765。高通已经在我国市场上推出了 9150 C-V2X 芯片组。

芯片厂商应积极地推进符合中国标准的芯片研发和生产，尽快实现商业化生产，具备支撑 V2X 终端规模化开发的能力。并协助各终端设备厂和车厂进行系统设计和测试验证，确保芯片的供应能够满足国家对于零拥堵愿景实现的时间计划，以及车厂对于终端的需求量。

车载终端设备厂商

车载终端设备作为整个系统的车辆接收端，是整个交通系统的重要组成部分之一，是数据源头也是信息传递的终点。当前，国内的 V2X 终端设备厂商包括大唐、华为、东软、星云互联、金溢、千方科技、万集、华砺智行等，均可提供支持 LTE-V2X 的 OBU 通信终端产品。

终端设备厂商需要紧跟整个产业的发展，为车路协同所涉及服务功能域进行设计开发并进行试验，提供符合汽车标准，又能真正服务于交通出行的终端设备。终端厂商还应关注前装产品，同时也要有后装产品的解决方案，来满足巨大的存量车市场。

整车厂

整车厂是 V2X 终端设备载体的生产者与开发者，也是车路协同中的重要组成部分。目前，国际上将 V2X 部分应用集成到整车上实现商业化量产的代表主要有：日本丰田的三个品牌车辆、美国通用凯迪拉克 CTS 已经前装了 V2X 终端设备，实

现部分功能应用，奥迪、沃尔沃等等也实现了 V2X 功能应用的开发集成。国内，一汽、上汽、长城等车企持续跟进积极开发 V2X 各种应用，此外，国内各大车企还探索通过与 V2X 终端设备厂商合作，以后装形式实现 V2X 功能应用。

车厂应和终端设备厂商进行合作，将终端的服务应用进行优化和测试，使得终端和车辆能够结合的更好，并进行新车型的产品规划，来满足国家对于零拥堵愿景的时间计划，研究并调动整车厂的资源来配合并参与推进整个基于车路协同新型平台的智能交通系统的落地和实施。

路侧设备厂商

路侧设备作为整个系统的路侧接收端，是整个交通系统的重要组成部分之一，是数据源头也是信息传递的终点。目前，国内的车载终端厂商有大唐、华为、东软、星云互联、千方科技、万集科技等，同时均可提供支持 LTE-V2X 的路侧通信终端产品。阿里巴巴也宣布将推出路侧感知基站，用于实现车与路、车与车之间的信息连接。

总之，路侧设备提供商需要跟进移动通信网络的发展节奏，积极部署传感器、路边热点以及边缘计算服务器等设备，使得终端设备所采集的信息能够准确及时的传输给云端或者其他终端设备。

网络建设运营商

除了终端设备外，V2X 需要安全可靠的网络接入、运营和维护，确保在网络上运行。国内中国移动、中国联通、中国电信等三大电信运营商均在探索 V2X 商业模式及组网架构。中国移动、中国联通推出了智能后视镜产品，能将包括紧急刹车、超车告警、路口防碰撞、红绿灯车速引导、路口信息等推送到车载智能后视镜，实现车路协同的应用。中国电信则重点开发了公交优先应用及停车导引应用。

网络建设运营商需要进一步积极探索车路协同落地应用的组网方式及商业模式，使得服务可以得到保障，包括 LTE 基站以及 PC5 的路侧设备接入。根据不同的应用和接入量来进行网络规划的部署，确保在计划时间内可以有足够的资源来支持 V2X 技术商业化落地。

5.1.2 信息提供者

车路协同产业链中的信息提供者包括信息提供、信息加工以及服务提供商等。诸如车联网服务提供商（TSP）、车路协同新型平台提供及运营商、各大商业区、旅游景区、服务区、加油站、学校、酒店、办公区、各大运营车辆公司、出行信息服务提供商、路侧设备运营商等多方信息提供者。

TSP

作为为车辆提供车联网服务，对车主用户数据进行管理的运营商，在整个产业中处于价值链的核心地位。目前，国内出现了诸如启迪云控、华为等企业开展车路协同乃至车联网数据服务探索。启迪云控提出构建智能网联汽车基础数据平台，其中基础数据包括车辆运行、基础设施、交通环境、交通管理等动态数据，车路协同数据是其中不可或缺的部分。华为正在建设 OceanConnect 智能交通平台，并提出搭建车路协同数据平台，实现车-路-网协同。

移动通信网络为车联网大量数据吞吐提供传输保障，是整个车联网产业的中枢神经，移动、联通、电信作为通信网络运营者的三大通信运营商，无疑在车联网生态系统中扮演着举足轻重的角色。通信运营商也都在车联网领域中寻找新的定位，谋求转型发展。

整个交通出行过程中或者出行前，用户需要获知各式各样的信息，包括最基本的天气信息、路况、公共交通、目的地停车，甚至于目的地餐饮、娱乐以及去目的地路线规划等。另外，包括地图更新信息、POI 更新、基础地理信息更新等等。这类和出行密切相关的信息需要有服务提供商来为用户提供，现在一般由地图软件如高德、百度等来承担部分信息，出行服务软件提供目的地信息，点评类软件提供餐饮娱乐类信息，天气软件提供天气信息等等。信息服务提供商应该提供 6 个服务功能域中的及时交通信息服务，特别是里面的车辆出行信息服务子功能域，通过用户的喜好和目的，动态的提供相应的信息服务，给用户更好、更顺畅的出行体验。

如何通过 V2X 技术跳出传统车联网服务的限制，在整个智能交通平台系统框架下为用户提供更多服务，是 TSP 所面对的最主要的问题。TSP 企业在这个车路

协同新型架构框架参考的基础上,可以参与到更多的为用户提供安全的驾驶体验中。

车路协同新型平台提供及运营商

车路协同新型平台提供及运营商是整个系统平台落地实施的主体,是最关键的实施操作者。未来, TSP 或政府管理部门均有可能成为平台提供及运营商。

平台提供商需根据白皮书的内容对各个服务功能域在平台上的实行进行开发,并对核心车路协同平台进行开发和实现,并且和各个终端厂商、服务接入商和基础服务提供部门共同调试相互之间的接口,使得相互的数据通信能够顺利进行,并将数据筛选、整合、传递给对应的服务功能域进行处理,并将请求和结果返回,协调各个子平台之间的数据交互。平台提供商也应和路侧设备提供商进行合作,将平台正常工作在路侧设备中,并协调不同路侧设备间的数据交互。

整个车路协同新型平台提供及运营商作为整个产业链的核心,应提供给各个服务提供商准确、可扩展、高可靠的应用接口,使得各大服务能够有序可靠执行。

各大商业区、旅游景区、服务区、加油站、学校、酒店、办公区等

各大商业区、旅游景区、服务区、加油站、学校、酒店、办公区不同程度上会有交通、停车等资源情况统计,这些区域的各方应积极的将区域内公共停车资源以及区域周边的交通情况进行统计和实时更新,并通过平台的接口将信息实时的传给车路协同新型平台,由平台将数据进行整合,并发送给相应的服务功能域进行处理,接收来自平台接口的请求信息,做出响应处理。

作为实际的内容提供者和服务执行者,准确、实时、高可靠的数据源头是必要条件,为了达到这一点,各个服务提供者必须有一套高效可靠的系统接入平台系统内,并实时更新各自的信息。

各大运营车辆公司

货运车辆、出租车、公交车、共享出行公司等尤其是商用车都搭建了运营平台,内含位置、出行等各种信息。货运车辆、出租车、公交车、共享出行公司等运营车辆服务公司应对自己运营车辆进行改装,加装终端设备,实时跟踪自己的车辆,并将自己的车辆位置等信息共享给车路协同新型平台,根据平台所反馈的

信息来规划自己车辆的出行计划。

路侧设备运营商

路侧设备所装备的传感器，例如雷达、摄像头等可以为车路协同平台乃至智能交通系统提供一定的目标识别输入以及视野扩展等功能，在路口对没有 V2X 功能的行人以及非机动车做出识别，提供给机动车作为视野扩展应用。

路侧设备运营商应积极与车路协同新型平台提供及运营商对接，将路侧设备数据信息接入平台中，同时路侧设备运营商还要与各大商业区、旅游景区、服务区、加油站、学校、酒店、办公区等积极协商，提供相应的事业扩展功能应用。

5.1.3 政府部门及相关机构

车路协同的落地实施涉及诸如工信部、发改委、公安部、交通运输部等信息提供部门、应急管理部门、环境及气象信息部门、住建等城市规划部门等。

部门	工业和信息化部	交通运输部	公安部	发改委	其他
研究机构	中国信息通信研究院 赛迪 中汽中心标准所 中国电子技术标准化研究院	公路院、交科院、规划院 中国交通通信信息中心	公安部交通管理科学研究所 公安部道路交通安全研究中心	国家发改委 综合运输研究所	应急管理部
标委会	汽标委 通信标委会 信安全标委会	交通运输标委会	道路交通管理标委会		气象局 环保部
行业组织	中国汽车工业协会 中国汽车工程学会 中国通信标准化协会 中国智能网联汽车产业创新联盟 IMT-2020 推进组C-V2X工作组	中国智能交通产业联盟			住建部 保监
	汽车 通信 网络安全等	公路基础设施 营运车辆等	道路交通管理等	汽车投资管理等	

图 15 车路协同平台政府及相关部门角色汇总

公安交通执法部门

公安交通执法部门在接入到车路协同平台乃至整个智能交通系统之后，可以通过路边摄像头以及车辆内部数据和传感器数据，进行远程事故责任认定，以及违规责任认定，从而减少因为事故责任不明确造成的救援以及现场撤离的不及时，进而减少拥堵的发生。

交通信息提供部门

必要的交通信息是整个车路协同新型平台的关键信息源之一，公安部、交通运输部等部门都是交通信息提供者，例如红绿灯相位和时间信息、可变车道信息、匝道关闭信息等等，目前都是在政府部门的内网中，以私有协议来互相传递。但是这些信息对于智能交通系统来说至关重要。所以建议公安部、交通运输部等相关部门应考虑公开这些数据的方案，既能够保证信息安全，又能够使得智能交通系统能够高效有序的工作。

再例如交通拥堵状态，现在道路上埋设了很多线圈来检测通过车辆的速度和频次，来计算道路的拥堵程度，但是线圈或摄像头的布置位置大都固定而且数量有限，所以所取得的拥堵数据只是固定地点，覆盖面不够广，而且密度也不够大，通过这些数据所计算得来的实时交通路况的准确性和实时性还是不能够满足要求。

应急响应部门

智能交通系统根据事故的严重程度自动给紧急事件响应部门发送不同类型的紧急救援申请，这部分类似于现有的车联网功能中的紧急救援，服务本身可以由传统 TSP 来承担，也可以由实际承担救援工作的相关部门来承担，所不同的是从平台传过来的救援请求及时性以及准确性需要进一步提升。

接入平台的另一个好处是，在紧急车辆出动过程中，可以通过紧急车辆提醒和道路变更等服务子功能来进行动态交通疏导，减少救援和拥堵时间。

环境气象信息部门

路面状况、驾驶环境、天气状况对于安全驾驶来说至关重要，对于减少由于事故发生率和降低拥堵发生率也是相当有用的信息输入，特别是高速公路、路面积水、结冰等恶劣情况引起的恶性交通事故不占少数，往往造成的是长距离高速拥堵。所以能够提前预知此类情况，驾驶员就可以提前改变行程和路径，从而避免事故和拥堵发生。

此类信息提供商可以采集利用高速公路气象设施的信息，气象局发布的天气信息和局部气象传感器的信息，以及车辆传感器所采集的路面信息进行汇总，分析、预测并归纳出准确而精细的路面驾驶状况图，及时提供给车辆。

保险部门

事故责任认定之后就是保险理赔的范畴，保险机构可以根据车内传感器以及远程执法部门的责任认定来进行快速理赔，减少理赔时间。

另外根据 V2X 所产生的数据，对驾驶员驾驶行为的判别，以及和信息服务商的合作等商业模式，通过保费等经济手段参与到整个商业模式的协调中来。

城市规划部门

白皮书开篇提到交通拥堵的先天原因需要城市的重新规划和配置才能解决，智能交通平台系统可以动态、长时间的对城市不同地区的拥堵情况进行大数据分析，通过分析的结果结合拥堵点的实际情况，可以为将来城市重新规划提供指导性意见。

基础设施维护部门

通过接入智能交通系统，将自己的道路维护以及养护计划和周期性路况以及其他部门的需求进行协调，规划合理的养护、维护工作时间，减少因为维护和养护工作造成的交通通行能力下降。

5.2 协同推进建议

车路协同新型平台的落实推动须政府及产业链各方协同合作，定位自身职责或业务范畴，结合产业发展实际，协同推进各项工作，最终推动车路协同新型平台的落地实施，使 V2X 技术真正服务于人们的生产生活中。

(1) 协同制定车路协同乃至汽车网联化的产业发展路径及时间表

车路协同需要政府及产业链各方对发展途径、技术进展、时间节点达成共识，各方要对涵盖技术、标准、法规等各方面的发展路线及时间表达成一致，才能更好地协同推进，加以落实及行动。

建议汽车、通信、交通等相关行业联合产业链各方共同研究推进汽车网联化产业化关键要素的重要节点和相应时间。共同梳理应用场景、标准、信息安全、频谱、终端设备、基础设施、数据平台、测试、商业化等汽车网联化发展的各个要素，研究各要素的发展目标和实现路径，并给出各要素的发展路径及相应时间

表，为相关政府部门制定相关政策提供借鉴，为产业协同发展达成时间、路径共识。

（2）推动实现不同芯片底层及终端设备之间互联互通

车路协同新型平台的落地实施要求车与车、车路之间实现信息互通，必然要求不同的 V2X 通信芯片底层互通，以及不同终端设备实现网络层、应用层的互联互通。

在国内，高通也与大唐电信完成了全球首个多芯片组厂商的 C-V2X 直接通信互操作性测试。大唐与华为也实现了芯片之间 C-V2X 直接通信互操作性测试。万集、金溢、华为、大唐、星云互联、华砺智行、千方科技等终端设备已经实现了实验室网络层、应用层的仪器互联互通测试。下一步，需要在更大范围内开展芯片、终端设备、路侧设备等之间的互通测试，结合不同应用功能开展规模化外场试验测试。

（3）推动频谱授权与标准完善

工信部已经正式发布《车联网（智能网联汽车）直连通信使用 5905-5925MHz 频段的管理规定》^[15]，为基于 LTE-V2X 技术的智能网联汽车的直连通信划分了 20MHz 的工作频段。LTE-V2X 的正式频谱发布，从频谱发布到芯片量产以及终端设备的生产和验证，大概需要两年时间。下一步，继续鼓励地方先行先试，在明确运营主体的前提下，由各省（区、市）实施无线电频率许可。

频谱划分后，需要相关的标准来使得整个系统能够有序高效的工作。V2X 应用层、网络层标准在 2017 年第三季度已经完成团体标准制定与发布，目前，团标已经上升为国标，正在报批中，需要国标委尽快推出国家标准，指导 V2X 应用功能的开发及部署。

此外，还需通信、汽车、交通从联盟组织工作层面进一步梳理 V2X 标准体系，面向 5G 技术发展及 V2X 不断向自动驾驶演进制定新的标准制定计划；加强团体标准的应用推广。最后，建议科学借鉴已有国际标准，加强国际合作。

（4）协同推动车路协同基础设施部署

建议工信部、交通运输部、公安部等多方共同推动道路基础设施信息化改造，统一通信接口和协议，推进道路基础设施、智能汽车、运营服务提供商、交通安全管理系统、交通管理指挥系统等信息互联互通。一方面，开展现有道路基础设施智能化改造，使道路标志、标线、显示屏等交通工程设施满足车路协同的需求；另一方面，推动道路基础设施网联化改造，在重点地区、重点路段共同试点建立新一代车用无线通信网络（LTE-V2X、5G-V2X）等，提供超低时延、超高可靠、超大带宽的无线通信服务；推动 V2X 路侧单元部署等。同时将道路铺设的标准进行更新，例如加入天气传感器、路侧传感器等要求，对道路标识等接入到网络做出定义。

（5）共同推动车路协同新型平台信息共享

现阶段，国内智能交通系统还处于数据密度低、实时性差阶段，各信息之间相对闭塞互不共享，采集手段多样但是标准不统一，存在差异等。关键交通基础设施信息等无法共享，导致现在的交通系统无法达到智能程度。所以亟需政府部门研究推动关键信息与行业、产业共享。

例如，公安部门需将红绿灯的信息接入到车路协同新型平台，让平台系统根据路况以及红绿灯的信息来动态提出红绿灯切换请求。并根据交通流情况接收来自于系统的可变车道、匝道等的动态切换请求，将实时的交通灯信息反馈给车辆以及交通使用者。

交通管理部门需要将路边监控信息开放出来，交由车路协同新型平台系统进行交通流分析。停车场和路边停车位信息也应该接入到系统中进行动态的停车位引导。

应急部门可将应急车辆的安排和行动位置和路线接入车路协同新型平台，并接收来自平台的引导建议。

交通执法部门可将车辆违章信息接入到车路协同新型平台，让车辆实时了解违章情况，并接收来自平台的违章记录申请等等，做到事故，违法线上实时处理，减少因为执法所造成的拥堵时间。

气象部门将局部实时的天气信息接入到车路协同新型平台，并接收车路协同

新型平台传来的实时路面和天气的更新，以此来更新局部天气地面情况信息，并反馈给各个车辆和交通使用者。

道路养护部门应将自己的作业计划和系统提供的实时交通情况规律相结合，减少拥堵时间道路的维护养护工作。

在明确了各自需要完成的工作以及为零拥堵愿景而达成的共识，真正的零拥堵交通愿景才能够真正得以实现。

（6）各方联合开展大规模、城市级测试示范

建议由工信、交通、公安等相关部门共同推动政府主导、大规模、城市级的车路协同测试示范，分析车路协同对交通安全、交通效率的实际影响。目前，无锡开展国内首个大规模城市级的车路协同示范试点，在 2018 年 9 月的物联网大会上实现了涵盖 240 个路口和 5 条高架、众多社会车辆、多个功能应用的车路协同示范展示。在此基础上，还需要组织大规模的、城市级的“三跨”（不同芯片厂商、不同终端设备、不同车企之间）的大规模车路协同测试，一方面，推动实现三跨之间的互联互通，另一方面通过测试示范试点建立车路协同新型平台，分析车路协同的应用效果，对交通效率提升的作用等。

推动“三跨”之间的互联互通以及车路协同城市级平台的构建需要工信、交通、公安等部门会同产业链各方一致行动起来，共同推动车路协同及汽车网联化的发展。

参考文献

- [1] 工业和信息化部:电子信息司组织召开基于宽带移动互联网的智能汽车与智慧交通应用示范区经验交流会,2018年7月4日.
- [2] 交通部:交通运输部办公厅关于加快推进新一代国家交通控制网和智慧公路试点的通知,2018年2月27日.
- [3] 中国公路网:浙江:杭绍甬高速将变身“超级高速公路”,2018年1月22日.
- [4] 公安部交通管理科学研究所:国家智能交通综合测试基地正式揭牌,2017年9月13日.
- [5] 科技部:国家重点研发计划新能源汽车重点专项实施方案(征求意见稿),2015年2月16日.
- [6] IMT-2020(5G)推进组:《C-V2X白皮书》,2018年6月22日.
- [7] 阿里巴巴达摩院:达摩院携手交通部公路科学研究院探索国内首个道路智能化解决方案,2018年9月6日.
- [8] 百度:百度Apollo媒体沟通会,2018年9月14日.
- [9] 国务院:《“十三五”现代综合交通运输体系发展规划》,2017年2月3日.
- [10] 国务院:《国家人口发展规划(2016—2030年)》,2017年1月25日.
- [11] 滴滴出行:《2018第一季度城市交通出行报告》,2018年4月17日.
- [12] 滴滴出行:《2017年度城市交通出行报告》,2018年1月28日.
- [13] 中国新闻网:滴滴首个“智慧信号灯”助力济南交通“治堵”,2017年7月14日.
- [14] 张毅和姚丹亚,基于车路协同的智能交通系统体系框架.电子工业出版社,2015.
- [15] 工业和信息化部:世界智能网联汽车大会圆满闭幕,2018年10月22日.