



5G+MEC+V2X 车联网解决方案 白皮书

(2021)

中国联合网络通信集团有限公司

联想

联合编写单位及作者

中国联合网络通信集团有限公司：

冯毅、周光涛、蔡超、邱佳慧、杨海军、程军峰、张香云、林晓伯、周志超、辛亮

联想集团：

李瞳、李学成、李滋、张洪伟、郭友瑞、王俊龙、赵昊昱、姜川、崔先锋、李蕾、褚遵利、李鸿斌

版权声明

本白皮书版权属于中国联合网络通信集团有限公司、联想集团，受法律保护。任何单位和个人转载、摘编、引用或其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明来源于“5G+MEC+V2X 车联网解决方案白皮书”。违反上述声明者，将追究其相关法律责任。

前言

车联网 C-V2X 以 3GPP 微蜂窝技术为基础，源于终端直通技术。V2X 是实现车与车（V2V）、车与路（V2I）、车与人（V2P）、车与网（V2N）相连接的新一代信息通信技术。V2X 可以将人、车、路、云等交通参与要素有机地联系在一起，构建一个智慧的交通体系。

5G 作为新一代的蜂窝通信技术，可以提供更高数据速率体验、更大带宽的终端接入能力以及更低的端到端时延，而车联网是也是 5G 技术下应用空间最广阔、产业配套最齐全的应用场景之一。2020 年国家发展和改革委员会和工业和信息化部发布组织实施的 2020 年新型基础设施建设工程（宽带网络和 5G 领域）中将“基于 5G 的车路协同车联网大规模验证与应用”作为重点支撑项目。因此依托于 5G+V2X 技术的车路协同技术及基础设施将成为 5G 新基建中的重要内容。

本白皮书对 V2X 与 5G 的融合趋势进行了分析，阐述了 5G+MEC+V2X 车联网方案架构、优势及价值，对车联网应用进行了多维度分析，同时，提出了对车联网商业应用路径的构想及行业展望，供行业客户及生态伙伴参考。

目 录

1.	V2X 与 5G 的融合趋势.....	1
1.1.	我国车联网 V2X 发展现状.....	1
1.2.	5G 网络特点和中国发展现状.....	2
1.2.1.	5G 网络特性.....	2
1.2.2.	5G 网络架构.....	5
1.3.	V2X 与 5G 网络融合趋势.....	6
2.	5G+MEC+V2X 车联网人车路网云解决方案.....	6
2.1.	方案架构.....	6
2.2.	方案优势和价值.....	10
2.2.1.	方案优势.....	10
2.2.2.	应用价值.....	11
2.3.	路侧设备典型部署方案.....	11
2.4.	方案支持应用.....	14
2.4.1.	面向终端消费者类应用.....	14
2.4.2.	面向企业类应用.....	16
2.4.3.	面向政府类应用.....	18
3.	车联网商用路径分析.....	20
3.1.	车联网成长性分析.....	20
3.2.	车联网投入收益分析.....	22
3.3.	车联网后续发展预测.....	23
3.4.	车联网商业模式.....	25
4.	车联网行业展望.....	25
	缩略语列表.....	26

1. V2X 与 5G 的融合趋势

1.1. 我国车联网 V2X 发展现状

车用无线通信技术（Vehicle to Everything, V2X），是实现车与车（V2V）、车与路（V2I）、车与人（V2P）、车与网（V2N）相连接的新一代信息通信技术。V2X 通过将人、车、路、云等交通参与要素有机地联系在一起，构建一个智慧的交通体系。

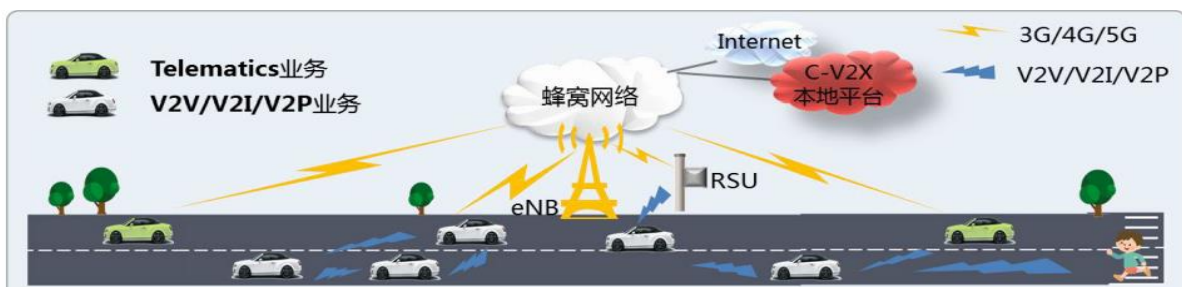


图 1. 车联网架构图

目前，我国已将车联网产业上升到国家战略高度，产业政策持续利好，城市车联网建设呈现由点到面的趋势，逐步覆盖全国 50 余个城市。建设内容主要包括“仿真实验+封闭测试场+半开放道路+开放道路”四级架构。建设路径一般是“小规模试点示范-规模试点示范-局部区域全覆盖-全城覆盖”四个阶段。

我国车联网产业化进程逐步加快，围绕 C-V2X 形成包括通信芯片、通信模组、终端设备、整车制造、运营服务、测试认证、高精度定位及地图服务等较为完整的产业链生态。为推进 C-V2X 产业尽快落地，国务院、工业和信息化部、交通运输部、发改委等国家有关单位积极与地方政府合作，在全国各地先后支持建设 16 个智能网联汽车测试示范区；工信部积极推动国家级车联网先导区建设，已经批复支持无锡、天津、长沙、重庆建立国家级先导区（还有多处积极申报中），为后续大规模产业化及商业化奠定了基础。

C-V2X 应用可以分近期和中远期两大阶段。近期通过车车协同、车路协同实现辅助驾驶，提高驾驶安全，提升交通效率；以及特定场景中低速无人驾驶，提高生产效率，降低成本。中长期将结合人工智能、大数据等新技术，融合雷达、视频感知等技术，通过车联网实现从单车智能到网联智能，最终实现完全自动驾驶。

当前车联网中车路协同主流技术方案为通过有线网络将路侧感知设备数据收集，

利用路侧部署的工控机对路侧感知的数据进行处理。通常情况下，单路口视设备部署点位需要部署 1 至 4 台路侧工控机。再通过 4G 网络将工控机处理后的结构化数据回传至后端融合处理，数据回传频率视数据类型通常为几次至几十次每秒。云控中心则位于核心网后端的互联网中，各设备部署点位数据分别通过公网回传至云控中心。

现有的有线部署方案不够灵活，而 4G 无线方案时延偏大也影响使用的实时性，因此亟需新的无线通信技术来进行升级支撑。

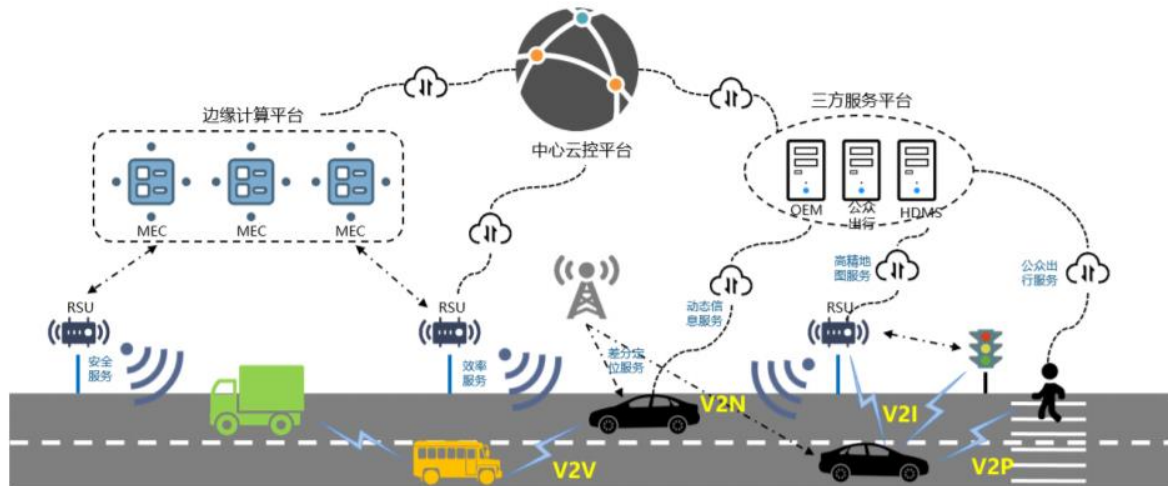


图 2. 车联网系统图

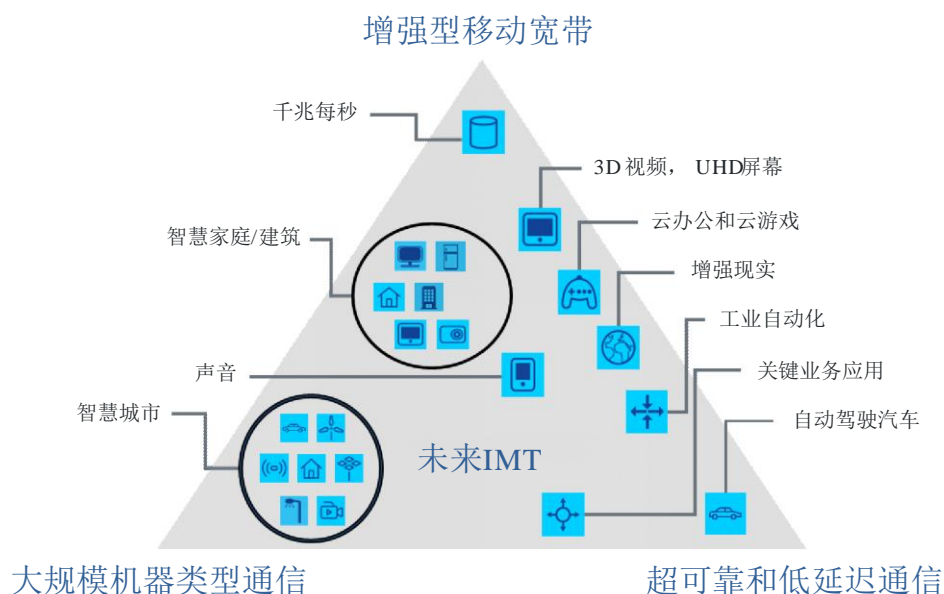
1. 2. 5G 网络特点和中国发展现状

1. 2. 1. 5G 网络特性

根据 IMT-2020 中的规划，新一代的通信技术需要满足以下三大使用场景，包括：

- eMBB 即为“增强移动宽带”，指对移动网络速度有更高要求，并且有广覆盖移动性保证的场景，包括高速下载、AR、VR、高清视频等业务类型。通过直接推动移动网络的吞吐量能力，满足上述以及未来出现业务类型对移动网络速度需求，提升客户的直观体验。
- uRLLC 即为“高可靠低时延连接”，针对连接时延要达到 1ms 级别，并且支持高速移动（500KM/H）情况下的高可靠性（99.999%）的应用场景。主要的应用场景包括自动驾驶、工业控制、远程医疗等，可以大幅提供相关行业的自动化、智能化水平，推动企业的跨越式发展。
- mMTC 即为“海量物联”，针对数据速率较低且时延不敏感，但存在海量连接的应

用场景。在该场景下，终端可以做到更低的功耗、更小的体积、高长的工作寿命，因此可以在智慧城市、智慧家居、环境监测等各种垂直行业中广泛应用，从而最终做到万物互联。



M.2083-02

图 3. 5G 三大应用场景

eMBB、uRLLC 以及 mMTC 这三类使用场景中各关键特性的重要程度不同。下图通过使用“高”、“中”、“低”三步指示刻度进行说明。

在 eMBB 场景中，用户体验数据速率、区域通信能力、峰值数据速率、移动性、能效和频谱效率都具有较高的重要性，但是移动性和用户体验数据速率并非同时所有场景中重要。

在 uRLLC 场景中，为满足安全应用要求，低延迟系最为重要的特性。在一些高移动性场景（如车联网）中需要这一特性，但这种场景中高数据速率等特性的重要性则相对较低。

在 mMTC 场景中，高连接密度网络中设备偶尔传输、传输比特率低、移动性低或没有移动性，具有较长运行寿命的低价设备在该场景中则非常重要。

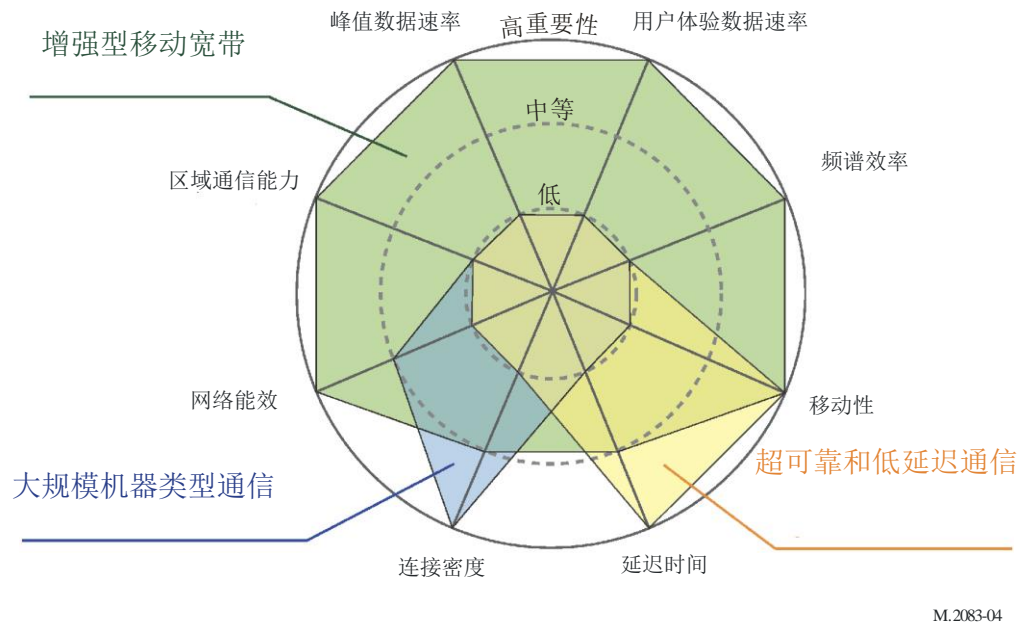


图 4. 三大应用场景网络需求

5G 技术以 IMT-2020 确定的八项指标要求为设计依据，充分挖掘各项通信技术和网络技术，可以完全适配三种应用场景的需求。

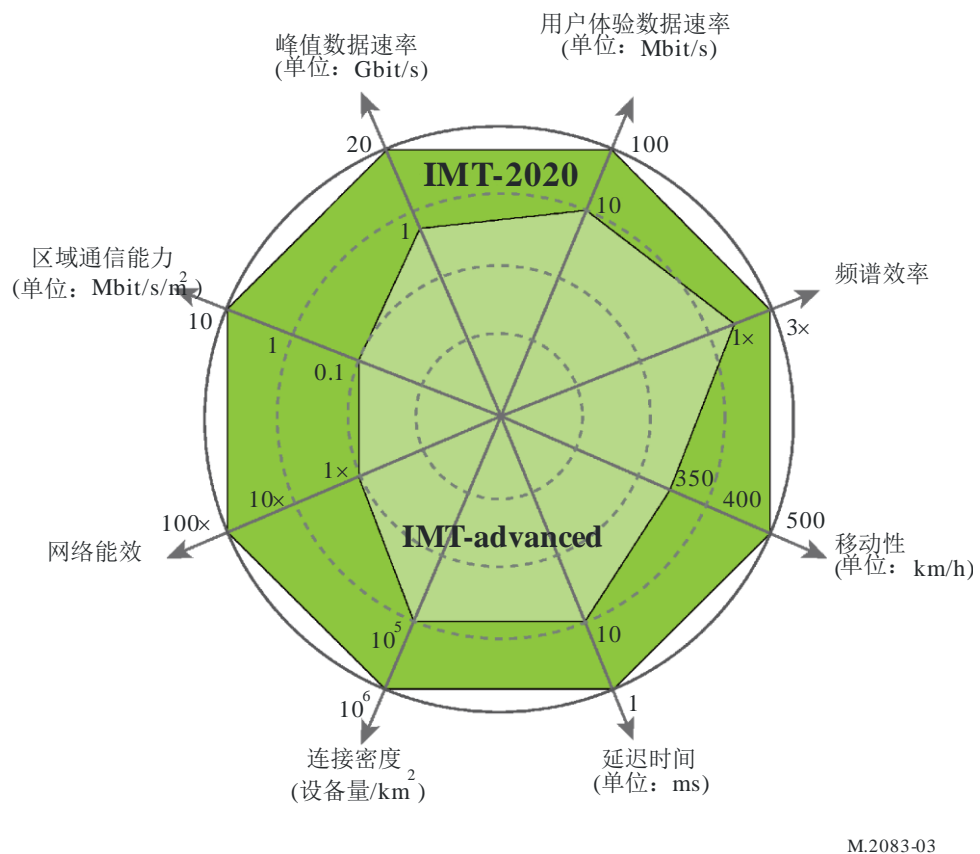


图 5. IMT-2020 无线网络指标

1.2.2. 5G 网络架构

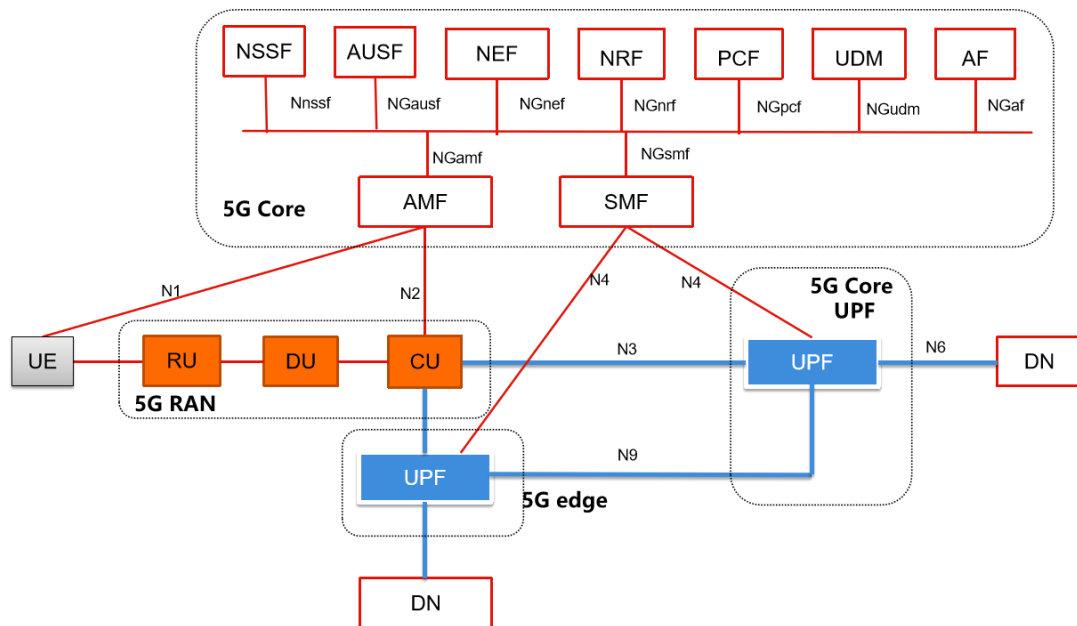


图 6. 5G 网络总体架构图

5G 方案仍然采用核心网和接入网相结合的方案，其中 5G 核心网通过技术革新，实现核心网控制功能与转发功能的进一步分离，由此，给 5G 网络带来更大的灵活性和更高的效率。接口作为 5G 核心网控制面与转发面的 N4 接口完全开放，成为实现控制面与转发面分离的关键一步。

N4 接口开放对 5G 赋能行业应用会带来诸多好处：一方面，用户可以向运营商定制自己需要的网络能力，这对垂直行业应用非常重要；另一方面，可以支撑 5G 走向分布式网络，与云计算、边缘计算的架构进一步契合，使 5G+云+AI 的设计得到网络底层技术的支持。

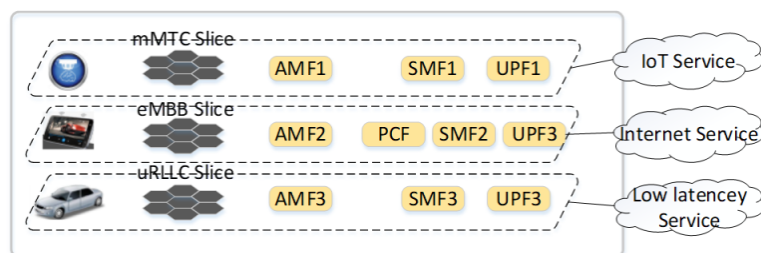


图 7. 5G 网络切片架构

5G 网络的另一个技术革新，是基于 SDN 和 VNF 实现了网络切片技术，通过网络切片在一个独立的物理网络上切分出多个逻辑网络，从而避免了为每一个服务建设一个专用的物理网络，大大节省了部署成本，同时也可以满足各个行业用户的定制化需求。

在 2020 年，中国的 5G 建设直接走进了独立组网的阶段，到年底，中国新增 5G 基站 58 万座，累计达到了 71.8 万个，5G 的连接数超过了 2 亿，居全球首位。工信部已宣布在 2021 年中国将再新建 60 万个 5G 基站。5G 网络的大规模部署，为推进基于 5G 网络的多种业务类型提供了有利的技术支撑。

1.3. V2X 与 5G 网络融合趋势

C-V2X 是当前主流的车用无线通信 V2X 技术，其中 C 是指蜂窝（Cellular），它是基于 3G/4G/5G 等蜂窝网通信技术演进形成的车用无线通信技术，包含了两种通信接口：一种是车、人、路之间的短距离直接通信接口（PC5），另一种是终端和基站之间的通信接口（Uu），可实现长距离和更大范围的可靠通信。

当前在 V2V、V2I 等场景下 PC5 接口应用的场景比较广泛，而在 V2N、I2N 等场景下 Uu 接口的应用则更加广泛。当前业内生态下 LTE-V 是非常成熟的 PC5 接口方案，而随着 5G 网络的大量部署，5G Uu 接口在时延、带宽、网络架构等多个方面显示了非常大的技术优势，因此将 V2X 和 5G 进行深度融合将会成为车联网的主流技术架构。

2. 5G+MEC+V2X 车联网人车路网云解决方案

2.1. 方案架构

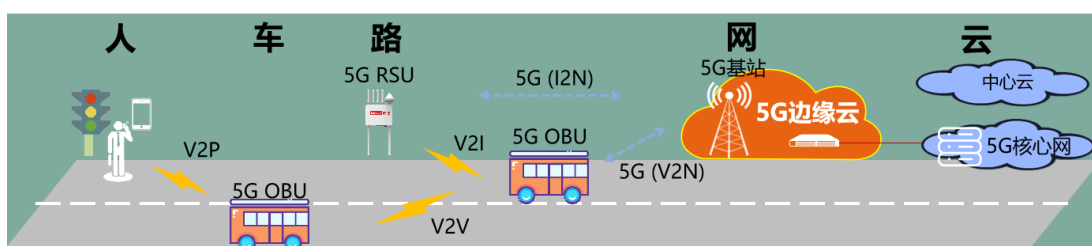


图 8. 人车路网云方案

人-车-路-网-云方案基于 5G SA 全新的网络架构，采用支持 SA 的 5G Uu+PC5 的双连接路侧设备（5G RSU）和车载设备（5G OBU），在 5G 基站侧的 5G 边缘云平台部署 V2X Server，充分发挥 5G 的 Uu 接口的大带宽和低时延网络特点，将路侧数据和车端数据通过 UPF 分流回传到 MEC 的 V2X Server 进行高性能的融合运算、决策，并将结果反馈给 5G RSU 和 5G OBU，随后利用 PC5 接口将消息广播给周围的车联网终端，实现 V2X 通

信，满足 ITS 要求的场景用例。一个 MEC 节点批量处理多个路口的 5G RSU 和 5G OBU 侧摄像头、雷达、信号灯等数据，通过融合感知 AI 算法提高了数据运算效率与数据融合度，形成以 5G 网络为基础的人-车-路-网-云的整体解决方案。



图 9. 人-车-路-网-云方案详细架构

如上图，**人-车-路-网-云**的系统架构，其主要有如下几个部分组成：

- 1) **人/车**：驾驶员或智能网联车辆结合车机/OBU 通过 PC5 及 5G 网络与车、路、边缘云实现通信，来获取路侧和其他车辆的信息，并使用边缘云的计算能力实现车辆数据与路端数据融合处理。
- 2) **路侧**：RSU 通过 PC5 接口与车辆实现车路通信，并通过 5G 接口将路侧的摄像头、激光雷达、毫米波雷达、信号灯、传感器的数据回传至边缘云进行融合感知决策处理，并将结果反馈至路侧设备实现设备控制。

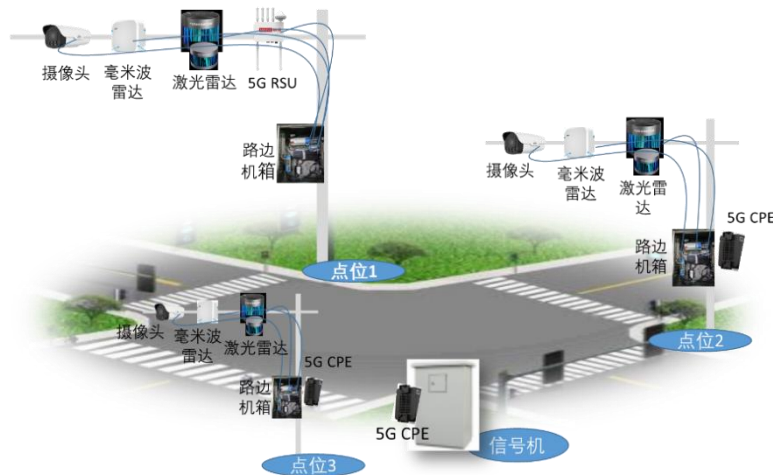


图 10. 路侧网络组成图

- 3) **5G 边缘云**：包括 5G SA 的网络，通过 UPF 分流至车联网的 MEC 平台，该平台主

要提供对路侧和车侧设备的接入和管理能力，提供远程的实时计算、信息获取等能力，是一种网络的池化计算服务。其通常部署于接入机房，实现网络数据不出网络的近实时计算。车联网 MEC 节点包括硬件、平台和应用 3 个层级，以此构建了车联网场景深度定制的 MEC 边缘云。

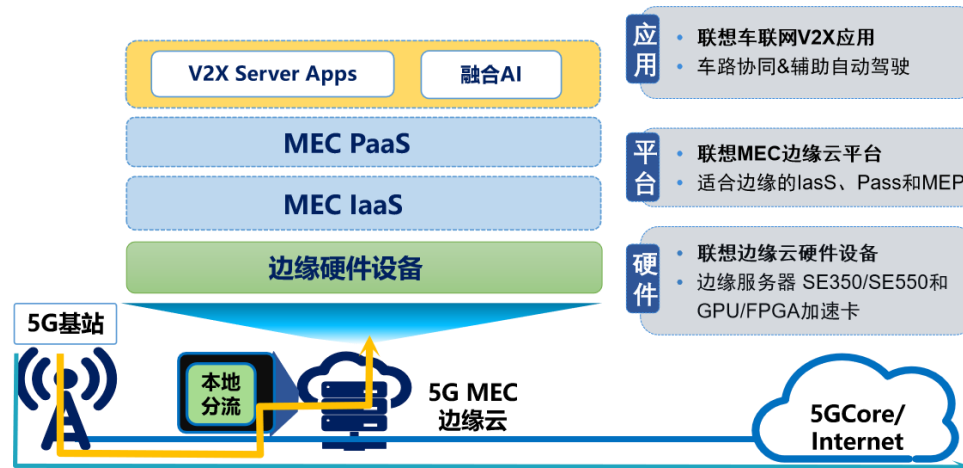


图 11. 车联网 5G 边缘云组成图

其中 MEC 平台底层硬件可以使用联想各种边缘侧服务器和 FPGA/GPU 加速卡设备，提供算力支撑，在 IaaS 层则使用电信级的 Kubernetes Cloud Native 平台，此外在 IaaS 层之上是 PaaS 和 MEP 平台以及 MEPM 平台。这些模块构成了兼具灵活性、实时性、扩展型的车联网应用平台底座。

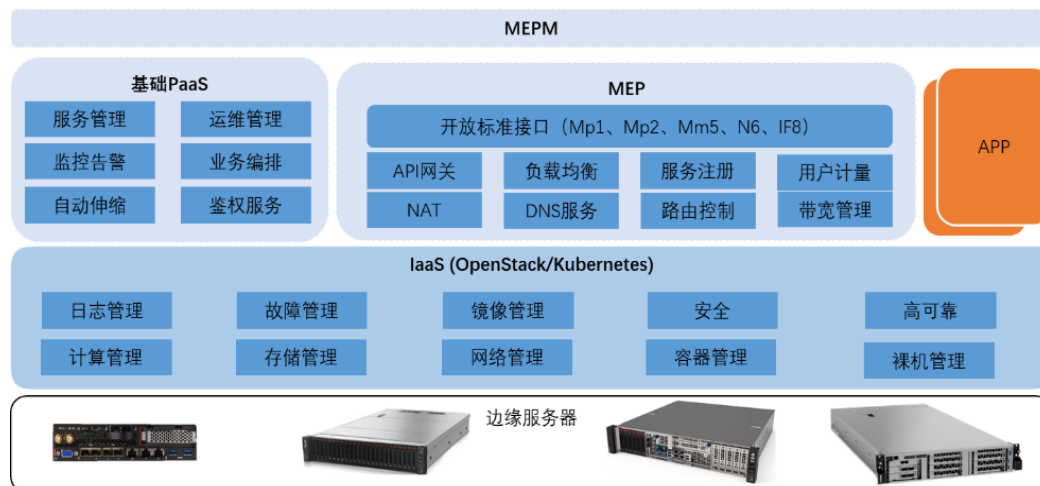


图 12. 车联网 5G 边缘云平台层构成

在 MEC 平台中的车联网的应用则如下，共包含了 5 个大的部分，包括 3 个层级和 2 个基础服务，包括高性能的安全防护以及实时性极高的服务调度，通过链路管理模块与车端和路侧设备链接，并支持与第三方 V2X 系统进行互联互通。

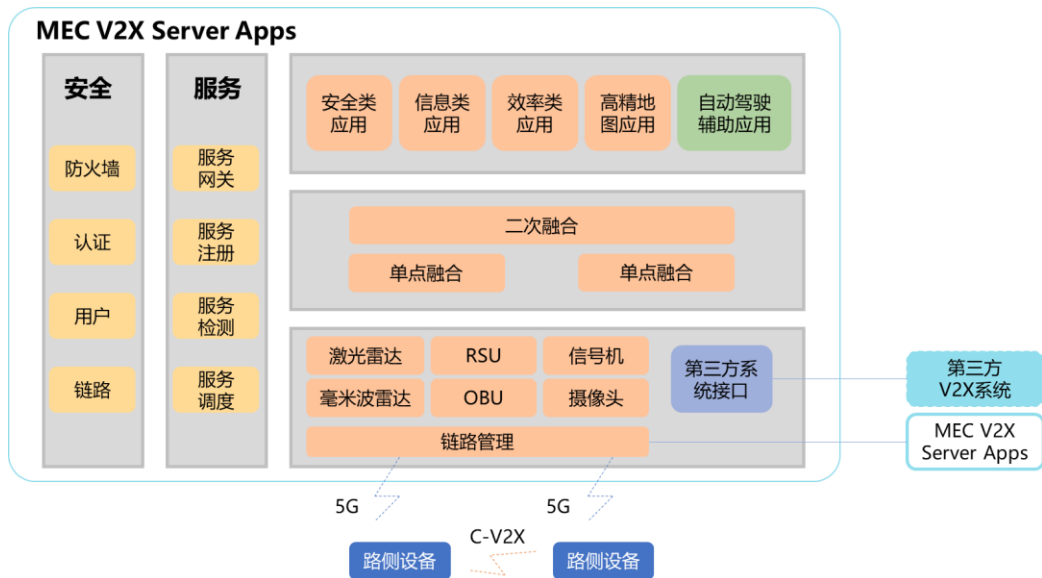


图 13. 车联网 5G 边缘云应用 V2X Server Apps 组成

4) **中心云：**主要是路网运营中心，用于与多个边缘云以及外部系统对接的大型应用和数据管理系统，提供非实时类的管理、分析和决策功能，一般包括以下几个部分：

- **接口：**MEC GW、云控 API、API GW 分别与边缘云、云控中心等第三方系统等接口。
- **通用逻辑：**主要是通用数据的处理逻辑，包括数据的存储、分析、安全、冲突检测以及决策系统，包括上层服务的管理，确保服务可以被授权的使用。
- **业务服务：**根据用户场景可以持续扩展的业务服务，其可以充分调用和处理来自通用逻辑和接口，以实现相关业务逻辑。

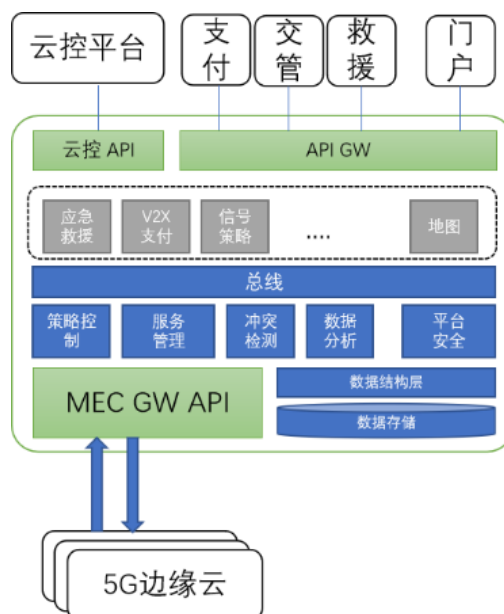


图 14. 车联网中心云及业务组成

通过中心云与边缘云边协同，可以基于不同的区域不同的边缘云，来为不同的用户下发不同的配置和控制策略，也可以使得边缘云上报不同的结构化数据，通过云边配合将数据的复杂处理、分析和策略控制交给性能更强的中心云，而将实时性要求高的计算和服务交给边缘云去执行，实现云边协同来为整个车路提供算力和数据服务。

2.2. 方案优势和价值

2.2.1. 方案优势

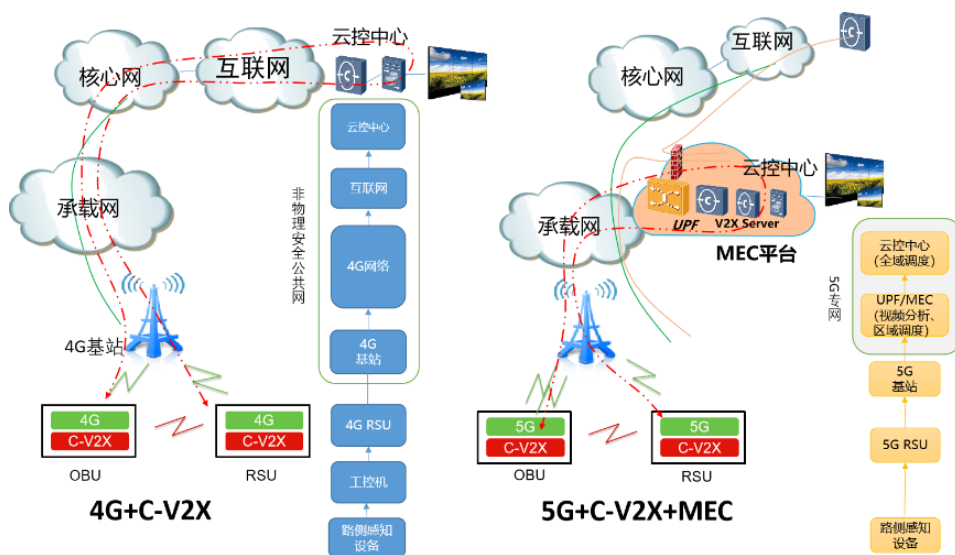


图 15. 4G+C-V2X 与 5G +C-V2X+MEC 方案比较

4G+V2X 方案中，采用工控机和云控中心作为核心算力，V2X 和 4G 则做为网络的传输方案。而在 5G+MEC+V2X 方案中，则采用 MEC 作为核心算力，V2X 和 5G 作为网络传输方案。5G 方案相比于 4G 方案在时延、安全性、扩展性、可靠性、经济性等各个方面均占据优势。

(一)时延

时延包括网络延时和系统处理时延的总和，其中 5G 的端到端的网络时延在 10ms 左右，MEC 在大部分应用的计算时延在 40ms 左右，复杂应用会在 70ms 左右，系统的整体时延则在 100ms 以内。

(二)安全性

5G 空口不以明文传输任何用户永久标识，且对用户进行二次鉴权，使用安全锚点

技术识别“伪基站”并拒绝接入，核心网 UPF 本地分流实现网络隔离提升 5G 专网车联网应用安全防护等级。

(三)扩展性

5G 边缘云内含感知融合分析平台对计算资源动态管理，且可在线性扩容，支持单路口、多路口以及区域协同类应用，并能对全域下的目标全程跟踪、记录及分析，以此构建全域、全程、全息的数字孪生智能交通管理。

(四)可靠性

MEC 方案在硬件、平台、软件等多个层级实现 1+N 级的冷热备份，实现数据和计算的高可靠。

(五)经济性

5G 方案采用全空口方案实现路口改造施工方便快捷，路侧减少工控机，降低设备费用，此外 5G 网络采用专网模式而非流量计费模式，可以极大降低系统整体建设和运维费用。

2.2.2. 应用价值

5G+MEC+V2X 车联网方案在技术先进性和经济效益等多个方面都体现了较大的优势，为车联网基础设施的建设提供示范模板，也为当前各地先导区、示范区、示范路的建设提供了参考。

5G+MEC+V2X 车联网方案可以加快车联网的商用落地的进度，不仅充分利用了电信运营商覆盖全国的 5G 网络，为 5G 垂直行业应用提供良好的示范，也为后期的全国一张网打好了基础，社会效益和经济效益俱佳。

2.3. 路侧设备典型部署方案

车联网车路协同系统路侧感知设备包括摄像头、毫米波雷达、激光雷达等设备，其利用 5G RSU/CPE 进行数据收集并通过 5G 网络回传。为避免发生信号干扰，通常单个点位部署 1 台 5G RSU，实现路口区域的 PC5 通信，其余杆件设备及信号机则通过 5G CPE 代替实现 5G 回传功能。

(一)十字路口典型部署方案

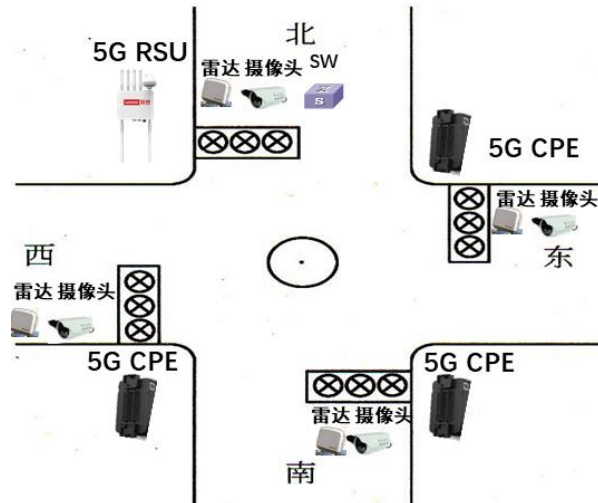


图 16. 十字路口典型部署

在十字路口，为了实现对于四个方向的目标对象的全要素感知，通常部署 4 套车路协同感知设备。根据实际情况，选取雷达和摄像头，面对来车方向安装。

典型场景设备清单如下：

设备名称	设备数量	描述
5G RSU	1	5G+LTE-V 双模
摄像头	4	1080P 及以上
毫米波雷达	4	全天候
激光雷达	4	全天候
POE 交换机	4	工业级
5G CPE	3	工业级

(二) 丁字路口典型部署方案

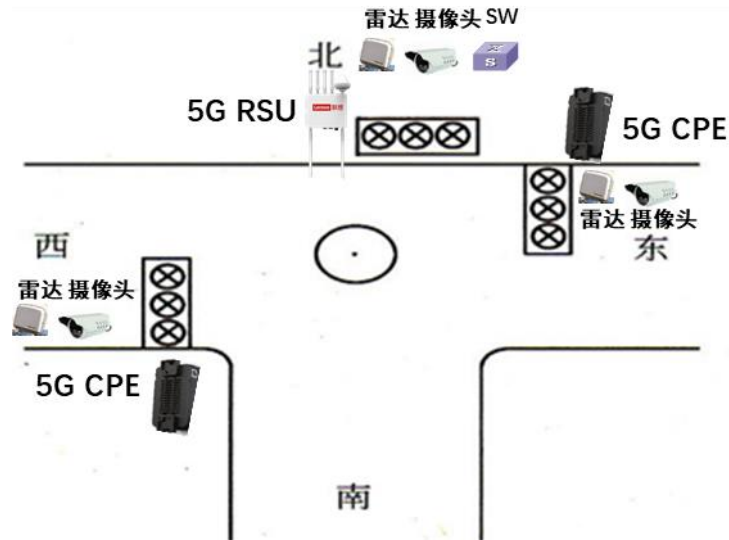


图 17. 丁字路口典型部署

在大型丁字路口，为了实现对于三个方向的目标对象的全要素感知，需要部署至少 3 套车路协同感知设备。根据实际情况，选取 3 组雷达和摄像头等设备，面对来车方向安装。在如上图所示的丁字路口场景，对于南北两个方向的目标，在道路北侧部署一套感知设备即可。

典型设备清单如下：

设备名称	设备数量	描述
RSU	1	5G+LTE-V 双模
摄像头	3	1080P 及以上
毫米波雷达	3	全天候
POE 交换机	3	工业级
CPE	2	工业级

(三) 直行路段典型部署方案

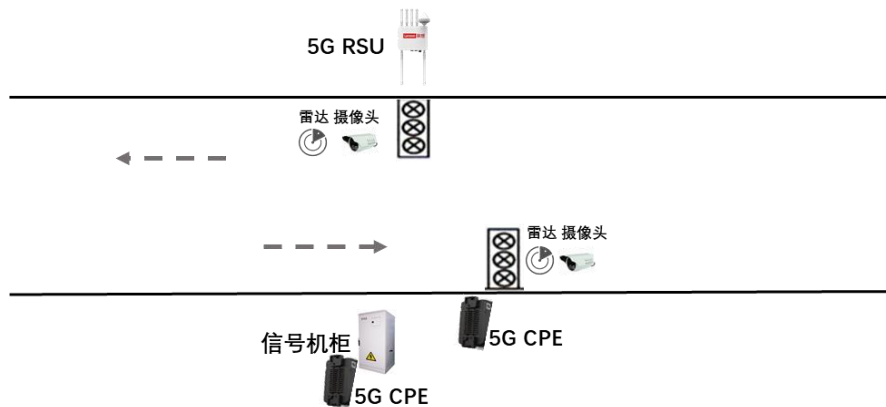


图 18. 直行路段部署

在直行路段，实现对于两个方向的目标对象的全要素感知，需要部署至少 2 套车路协同感知设备。根据实际情况，选取 2 组雷达和摄像头等设备，面对来车方向安装。在如上图所示的直行场景，对于南北两个方向的目标，在道路北侧部署一套感知设备即可。

典型设备清单如下：

设备名称	设备数量	描述
RSU	1	5G+LTE-V 双模
摄像头	2	1080P 及以上
毫米波雷达	2	全天候
POE 交换机	2	工业级
CPE	1	工业级

2.4. 方案支持应用

2.4.1. 面向终端消费者类应用

序号	应用名称	分类	场景描述	应用效果
1	绿波通行	效率类 (非标准场景)	公交绿波通行 紧急车辆绿波通行 特殊时段物流车辆绿波通行	当紧急车辆或满足绿波通行条件的其他车辆通过红绿灯时，车路协同自动识别车辆，并动态调整信号机配时，实现车辆一路畅行

2	服务信息公告	信息类 (非标准场景)	通过与周边服务结合,如高速服务区,向附近车辆下发服务区信息公告,包括停车位信息、卫生间信息、充电桩信息等	通过情报板、车载终端或 APP 动态显示用户路线上会经过的停车场、充电桩、加油站等信息
3	动态线路规划	信息类 (非标准场景)	地图通过实时动态获取路侧信息,对驾驶员提供动态实时最优线路规划服务	通过车载终端或 APP 的动态实时导航,为终端用户提供准确实时的导航服务
4	道路危险提醒	安全类 (ITS 标准场景)	前方事故提醒 前方抛洒物提醒 积水识别预警	道路危险提醒通常有两种提醒方式: 方式一:通过可变情报板发布危险信息,如前方事故、前方施工; 方式二:通过车辆安装 OBU 和车载终端或 APP,接收 RSU 消息,对驾驶员进行视听提示
5	盲区检测	安全类 (ITS 标准场景)	公交车盲区检测 大卡车盲区检测 十字路口盲区检测	大型车辆存在一定的视觉盲区,通过车载终端或 APP,针对大型车辆周边环境对驾驶员进行实时提醒,提升驾驶安全
6	碰撞预警	安全类 (ITS 标准场景)	车辆汇入预警 前车紧急刹车预警	通过车与车的直接通信,实现碰撞类预警,本提醒为针对单车的动态提醒,车内安装 OBU 及车载终端或 APP,通过 OBU 与 OBU 的通信获取自身及周边车辆位置、速度及方向等信息,通过语音动态提示驾驶员
7	危险驾驶	安全类	闯红灯提醒	危险驾驶提醒的提示方式有如

	提醒	（ITS 标准场景）	超速提醒 蛇形驾驶提醒	下两种： 方式一：情报板公布有危险驾驶行为的车牌号，同时可将有危险驾驶行为的车辆信息上报交管中心； 方式二：车辆安装 OBU 及车载终端或 APP，通过语音进行提示
8	车速建议	节能类 （ITS 标准场景）	跟据红绿灯信息，给即将经过红绿灯路口的车辆合理的车速建议，使车辆在合理的速度范围内无停留通过红绿灯路口，减少刹车带来的能源浪费	车辆安装 OBU 及车载终端或 APP，接收 RSU 下发的信号灯信息，OBU 针对自身情况算出合理的速度范围，并对驾驶员进行语音提示
9	突发事件上报	应急类 （非标准场景）	车端紧急情况上报：如驾驶员突发心脏病、车辆失控； 路端紧急情况上报，如前方有落石	车辆安装 OBU 及车载终端或 APP，或通过智慧灯杆一键呼救按钮，向车联网云控中心呼救，云控中心运营人员通过远程查看现场监控了解现场情况，并进行救助调度

2.4.2. 面向企业类应用

（一）应急管理平台对接，应急管理平台与车联网云控平台对接系统框图如下图所示：

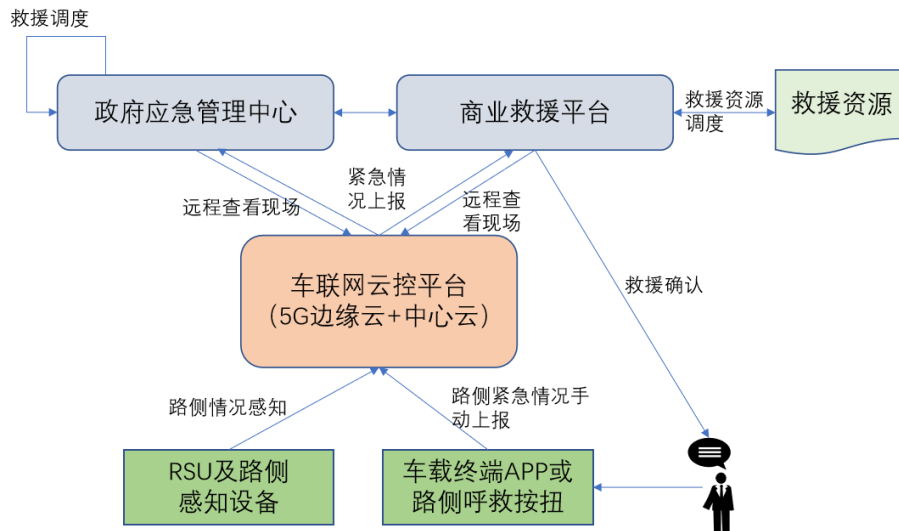


图 19. 车联网应急管理应用

通过车联网云控平台与政府应急管理中心及商业救援平台对接，在车联网云控平台中对紧急事件进行分类，部分事件对接政府应急管理中心，如山体滑坡，部分事件则上报至商业救援平台，如交通事故。实现应急管理部门或商业救援平台即时发现路侧重大交通事故或其它紧急情况，并了解现场详细情况，及时且有针对性的执行应急响应，减小因事故带来的人生财产损失。

(二) 高精地图采集，高精度地图平台与车联网云控平台对接系统如下图所示：

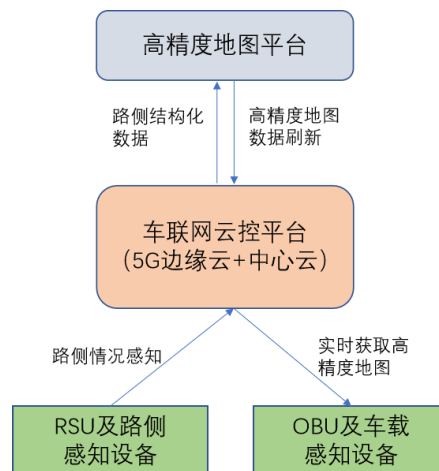


图 20. 车联网高精度地图应用

车路协同感知设备部署于路侧，对路况进行不间断感知，并通过车联网云控平台对路况进行分析。高精度地图平台通过与车联网云控平台对接，实时获取分析结果，如道路拥挤度、道路事故、动态的但实时性要求相对不高的危险信息，及时推送更丰富的路况信息，为车主提供更准确的信息服务及出行建议。可实现高精度地图的实时动态

更新，使驾驶员可获取实时准确的高精度地图信息。

(三)商业保险平台对接，商业保障平台与车联网云控平台对接系统如下图所示：

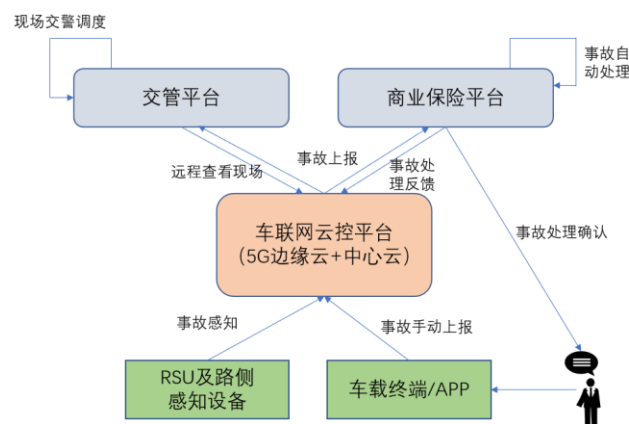


图 21. 车联网商业保险平台应用

通过车联网云控平台与商业保险平台的对接，向商业保险平台传递交通统计信息，如事故发生率、平均车流密度、某类型车辆数量统计，有助于商业保险行业调整业务模型、精准销售，同时提升保险处理响应效率。

2.4.3. 面向政府类应用

序号	应用名称	分类	场景描述	应用效果
1	绿波通行	效率类 (非标准场景)	公务紧急车辆或政府接待车辆通行，申请开启绿波通行	通过绿波通行服务提升公务紧急车辆及接待车辆通行效率
2	紧急车辆避让	效率类 (ITS 标准场景)	通过区域级数据分析，适度提前提醒紧急车辆行驶路径中的普通车辆提前避让，提升紧急车辆通行效率	紧急车辆通行避让有两种呈现方式： 方式一：通过情报板提醒避让，显示紧急车辆所在车道； 方式二：车辆安装 OBU 及车载终端或 APP，接收 RSU 消息，单车针对自身情况进行测算，并对驾驶员进行语音提示。
3	道路危险提醒	安全类 (ITS 标准)	前方事故提醒 路面抛洒物提醒	车联网云控平台及时获取路侧事故信息、抛洒物信息、积水深

		场景)	积水识别预警	度信息，并通过高效的调度使路侧情况得到快速处理
4	道路红绿灯时长自动调配	效率类 (非标准场景)	通过实时各路段车流量、拥堵情况，后台智能分析出最优红绿灯时长配比	根据实时路况信息，动态调配红绿灯配时，使车流通行效率最大化
5	线网优化	规划类 (非标准场景)	动态监测各路段车流量、拥堵情况，并进行统计分析，为城市道路规划给出数据参考	边缘云控平台对道路实行监测，并向中心云定时上报统计信息，中心云定时自动出报表
6	分级调度	(非标准场景)	对于公交车、应急车等公务车，根据现网情况，实行分级调度	公交车：通过实时监测站台乘客数量，实现区域/全域公交调度优化 应急车：根据紧急事件发生位置，对紧急车辆实现分区分级调度，提升应急效率
7	城市道路路灯控制	节能类 (非标准场景)	通过车路协同识别路侧车流量、非机动车、行人等信息，合理调节路灯明亮程度或路灯的开启/关闭，达到城市节能的目的	与智慧灯杆对接，车联网云控平台制定路灯控制策略，根据路侧情况，控制路灯照明
8	应急调度	应急类 (非标准场景)	实时监测分析路侧情况，同时接收终端用户一键求救信息，执行辅助或自动调度决策	车联网云控平台收到路端紧急情况信息，发出警报，通知调度员，同时，执行调度，并将紧急情况上报中心云

3. 车联网商用路径分析

3.1. 车联网成长性分析

(一) 行业成长类比

工信部发布的《2019 年通信业统计公报》中，对中国通信行业的整体表现进行总结。可以看出 4G 终端用户的成长或者业务收益周期，是滞后于大规模网络建设的周期。2015 年是 4G 基站建设的高峰期，2019 年迎来客户和流量使用的高峰期，总滞后时间是 4 年。

目前，我国物联网已初步形成了完整的产业体系，具备了一定的技术、产业和应用基础，但全球物联网应用仍处于发展初期，物联网在行业领域的应用正逐步广泛深入，在公共市场的应用开始显现，M2M(机器与机器通信)、车联网、智能电网是近两年全球发展较快的重点应用领域。

(二) 汽车行业发展趋势

汽车行业发展至今已有百年时间，经历一次次变革，每次变革都是为了满足消费者不断变化、升级的需求。汽车逐步从“配备电子功能的机械产品”向“配备机械功能的电子产品”转变，成为大型的移动智能互联终端，而这些都依托于汽车的智能化和网联化的能力。

随着全球汽车保有量的提升，交通安全、环境污染、能源供给等重大问题日益明显，全球都在发展更加安全、高效、绿色出行的智能网联汽车，其作为新型城市智能交通的组成部分，在配合道路将会构建一种新的综合运输系统。汽车的智能化和网联化趋势明显。

(三) 路的智能化发展趋势

随着城市化的进展和汽车的普及，交通拥挤加剧通行效率低下，交通事故频发，安全措施差，交通通行环境恶化功能单一，交通问题已成为困扰国家的社会问题。

无论是城市道路还是高速公路，目前信息基础设施简单单一，只有测速、红绿灯、摄像头等简单功能，而且各个子系统之间相互隔离，且整个系统的建设更多是基于管理的角度，而不是服务于交通通行的角度去设计。

新型的智能交通系统是解决交通问题的有效途径，其基本特征为信息化，其核心技

术为智能化和网联化，其首先就要解决道路的智能化和信息化。通过路的网联化实现整个交通系统的信息化，而交通信息化是智能化的基础。而新型智能交通系统需要综合解决道路管理、交通安全、交通效率、交通信息化和智能化的问题，并为日益智能网联车提供基础的运行环境。因此整个道路系统的智能化要先行。

(四) 车联网产业链分析

目前，车联网产业链主要涉及到车端、路侧、以及车路协同等多个横向方面，也涉及到从底层芯片到上层应用的多个层次。整个产业涉及到了 ICT 行业的方方面面，深度和广度远超出当今的智能手机行业。

整体涉及芯片及模组厂商、通信运营商、通信设备商、整车厂商等多个参与方，各产业链环节基于 C-V2X 的产品研发持续推进，部分环节已经基本成熟（如核心芯片/模组和终端产品的研发）。

测试验证方面，从 2018 年“三跨”、到 2019 年“四跨”、到 2020 年“新四跨”暨大规模，从 20 余家参与单位到 100 余家参与单位，汇集了产业链上下游企业，共同搭建技术验证平台，面向 C-V2X 的产业化开展创新技术和标准的验证，“四跨”已为单车智能+网联化跨产业协同创新提供了绝好的测试验证平台，形成了很强的行业影响力。

“新四跨”通过跨产业、大规模的测试示范，进一步促进 C-V2X 产业相关整车、模组、终端、安全、地图、定位等企业的协同和跨界融合产业生态体系的构建；开展了高精度地图和定位应用、规模化运行、CA 平台、云控平台、信息安全等技术的探索与验证，加快推动 C-V2X 技术完善，加速规模化商用步伐；采用包含接入层、网络层、消息层、安全层全系中国 C-V2X 标准协议，进一步推动标准的完善；促进了车联网产业的国际合作，展现中国 C-V2X 发展理念与中国方案智能网联汽车技术路径，推动全球形成产业共识；通过向普通消费者开放体验，提高汽车网联化的用户接受度和认可度，促进商业化推广。

(五) 车联网发展态势分析

2018 年至 2020 年，中国政府主导发布了多项政策，推动车联网产业的发展。仅 2020 年政府便发布了《智能汽车创新发展战略》、《关于推动 5G 加快发展的通知》、《新能源汽车产业发展规划（2021-2035 年）》等 7 个指导性文件。截止目前，全国规划的网联的高速公路预计有 24 条，全国规划的网联的示范区预计有 50 个左右。

根据国金证券研究报告分析：

(1) 车联网是 5G 下技术最成熟、空间最广阔、产业配套最齐全的应用场景之一，政策层面，车联网产业发展由国家意志推动，战略、技术路径和体系建设三个层面的政策频出；技术层面，车联网关键通信技术 C-V2X 日渐成熟，从标准化到研发产业化再到应用示范各环节均取得积极进展；产业层面，科技巨头、整车厂以及云厂商三大主导力量深度布局，汽车网联化及车路协同成当前焦点，产业加速走向规模落地。

(2) 中长期看，车路协同投资占车联网总规模的 40%以上，核心价值凸显。据测算，车联网建设前期(2020-2025)主要车路协同硬件设备年市场空间达 500 亿元以上，其中：1) 通信芯片模组有望最先放量，ABI Research 预测到 2023 年全球车联网蜂窝通信模组出货量将达 1.5 亿片；2) 车载单元领域，判断前装集成是大趋势，测算 2025 年前装 C-V2X 车载终端市场规模达 196 亿元；3) 路侧单元领域，预计前期以覆盖高速公路和城市交叉路口为主，测算年投放规模约 118 亿元；4) 网络及计算设备领域，测算基站投放总量约 58 亿元，边缘计算服务器年投放规模约 220 亿元。

3.2. 车联网投入收益分析

车、路、网、云的相关成本划分为硬件设施、云基础设施、施工和运营等 4 个大类。

- 1) 硬件设施：包括路侧传感器设备、RSU/Obu 终端设备等通信单元、路侧感知设备等；
- 2) 云基础设施：运算服务器、存储服务器、V2X 融合运算平台、车联网云控平台、车联网应用服务；
- 3) 施工：车联网设备安装施工，包括路侧设备安装施工、车端设备改造；
- 4) 运营：设备日常运营维护。

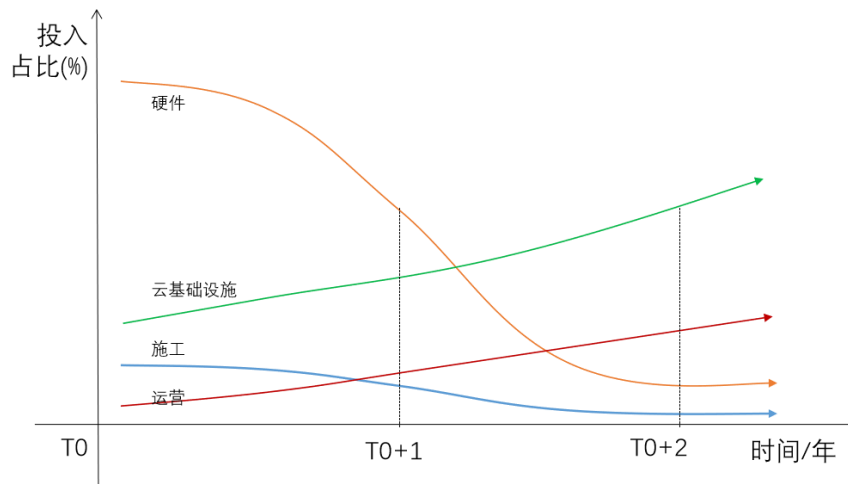


图 22. 车联网投入及收益分析

经过初步测算，在建设前期相关硬件成本会高居不下，其次是云基础设施成本，而施工和土建费用会随着项目推进逐步降低，而运营的费用会随着网络的建成成为第二大的投入支出。相关投入预计会在 2 年后会有较大的改变。

相关的收益分析见下表：

面向行业	直接收益	间接收益
消费者	短期：拉动投资，带动区域内车联网相关企业的发展 长期：发展 OTT 应用，带动更多网联汽车和应用发展，带动本地经济发展	短期：改变公交、环卫、物流等行业的运行模式 长期：推动智慧城市的发展，促使更多行业变化
企业	短期：变化不大 长期：新的出行习惯和新的消费模式	短期：变化不大 长期：培养新的出行习惯和商业思维
政府	短期：拉动带动投资，带动域内部分公司的直接税收 长期：培育了一个新的车联网的数据运营商	短期：交通的运维方式得到极大改善更智能 长期：衍生了智慧城市的新管理模式

3.3. 车联网后续发展预测

回顾过去，每个新兴产业均经历一段漫长的发展过程。我们认为车联网产业预计会经历三个阶段：基础奠定期，协同发展期，产业培育期。

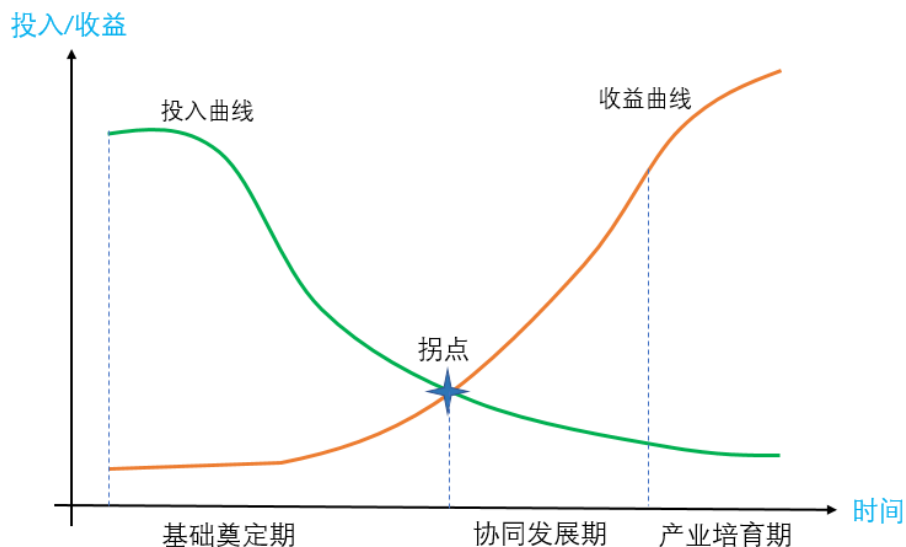


图 23. 车联网后续发展预测图

(一)基础奠定期

基础奠定期建议由政府牵引车联网先导规划、建设与投入，扶持产业发展，尤其是在初期政府具有先天优势，主要体现在：

- 1) 协调优势，在建设过程中，需要交管、工信、交通、城管等多个部门配合，单一的企业难以协调众多部门，且容易造成重复建设，因此需要政府统一牵头；
- 2) 规范优势，在建设运营过程中，可以逐步形成各种技术规范，来指引产业链健康有序发展，形成开放的产业生态链；
- 3) 资本优势，政府可以通过基础设施投资确保前期稳定的资金投入，实现车联网规模建设和持续完善；
- 4) 运营优势，在推动前期的商业应用时，有政府信用担保，行业客户和个人用户更有意愿使用。

(二)协同发展期

在协同发展期，应用逐渐丰富，数据逐步积累，将会孕育出新的商业模式。协同发展期的到来意味着车联网技术方案与产业生态渐趋成熟，商业模式也渐趋明晰，其与基础奠定期的分界点是投入产出的交叉拐点，对车联网产业至关重要。

(三)产业培育期

进入产业培育期，数据和应用得到极大丰富，个人消费者为主体的参与权重极大增加，面向 toC 的企业及应用将会大量涌现，商业模式逐渐成熟，车联网产业将进入良性发展阶段。

3.4. 车联网商业模式

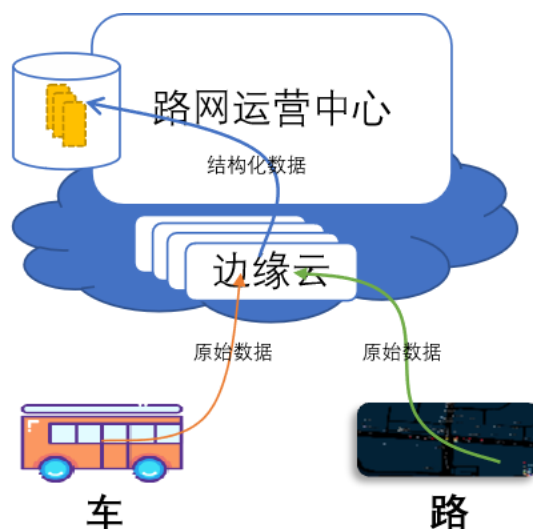


图 24. 车联网数据价值在人-车-路-网-云的整体解决方案中，路侧和车端大量的实时信息经过边缘云的融合感知形成结构化数据，边缘云通过北向接口存储到路网运营中心。

这些结构化的数据便于存放和提取分析，对交通态势进行画像。同时数据经过转存、分析、清洗等处理后，可开放给公众、政府和商业公司，来挖掘出更大的商业价值。因此未来车联网运营方的核心竞争力是运营的核心数据，通过数据的二次或者多次利用，实现价值升级。

4. 车联网行业展望

城市道路与高速公路连接城市内部与城市之间，其智慧化的车联网建设可促进智慧城市的发展，不仅为交通运输提供更为高效的物理通道，也同时形成道路交通的数据通道。

在建设初期，以提供信息服务、安全保障、效率提升以及自动驾驶等应用服务的车联网技术，将极大地提升交通行业的智慧程度，促进城市智慧化建设，进而推动全社会经济发展。随着 5G+MEC+V2X 方案在城市道路的覆盖逐步扩大，边缘云计算平台利用其平台的开放、数据汇聚、覆盖等优势，可以随着道路部署到城市的各个角落，为智慧城市的相关应用提供连接和算力，为城市数字经济发展提供出更大的帮助。

缩略语列表

缩略语	英文全名	中文解释
V2X	Vehicle to Everything	车联网
RSU	Road Side Unit	路侧单元
OBU	On Board Unit	车载单元
MEC	Mobile Edge Computing	边缘计算
5G	5rd Generation Wireless System	第五代移动通信技术
MEP	Mobile Edge Computing Platform	边缘计算平台
IaaS	Infrastructure as a Service	基础设施即服务
PaaS	Platform as a Service	平台即服务
CPE	Customer Premise Equipment,	客户前置设备
ITS	Intelligent Traffic System	智能交通系统
eMBB	enhanced Mobile Broadband	增强型移动宽带
uRLLC	Ultra Reliable Low Latency Communications	超可靠低延时通信
mMTC	massive Machine Type Communications	超大规模机器通信

参考文献

- [1] 《2019 年通信业统计公报》，工信部
- [2] 《车联网行业深度研究：万亿级产业扬帆起航，车联网布局正当时》，国金证券
- [3] 《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》，中国汽车工程学会
- [4] 《中国物联网产业生态报告》，知达
- [5] IMT 愿景 - 2020 年及之后 IMT 未来发展的框架和总体目标，ITU-R M. 2083-0 建议书
- [6] TS 23.501 System Architecture for the 5G System, 3GPP
- [7] 《新基建 新动能 5G 车路协同白皮书（2020）》，中国联通
- [8] 《C-V2X 白皮书（IMT2020 推进组）》，IMT-2020(5G)推进组
- [9] 《蜂窝车联网（C-V2X）技术与产业发展态势前沿报告（2020[XXL1]）》，CAICT 中国信通院
- [10] 《2020 车联网产业年终盘点：市场方兴未艾，六大领域取得进展》吴东升
- [11] 国务院新闻办公室 12.24 日举行的新闻发布会，工业和信息化部信息通信发展司
- [12] 2020 智能网联汽车 C-V2X“新四跨”暨大规模先导应用示范活动成功举办，CAICT 中国信通院