

# 5G V2X 应用场景 第二阶段

WHITE PAPER V7.0 M  
2020.11



# 5G V2X 应用场景 第二阶段

2020年11月

## 摘 要

2020 年 7 月初，国际移动通信标准组织 3GPP 正式宣布 5G 的第一个演进版本 Rel-16（Release 16）冻结。Rel-16 的完成对 V2X 的发展具有重大意义。5G 的新空口设计以及关键技术的增强为面向自动驾驶的 V2X 高级应用提供了可依赖的技术保障。

2019 年 10 月发布的《5G V2X 应用场景白皮书 第一阶段》对 5G V2X 的典型应用场景进行了介绍。该白皮书列举的应用场景包括感知扩展、异常事件处理、协同驾驶、自动驾驶辅助、车辆编队、远程驾驶等。该白皮书对典型应用进行了场景定义和初步的需求分析，并对协同驾驶的消息流程提供了基本分析。

延续去年第一阶段白皮书的研究方向，本白皮书主要涉及具有代表性的高级应用场景，包括车辆编队、感知共享、协同驾驶、场站路径导航等。针对每项典型应用，对其场景进行细化，包括子场景在内，梳理其数据要求和消息交互流程，并给出与场景相对应的时延、数据率、可靠性等关键技术指标的要求。

**参与单位：**高通无线通信技术（中国）有限公司，西安电子科技大学，北汽福田汽车股份有限公司，上海汽车集团股份有限公司，北京星云互联科技有限公司，安徽江淮汽车集团股份有限公司，北京万集科技股份有限公司，奥迪（中国）企业管理有限公司，北京汽车研究总院有限公司，重庆长安汽车软件科技有限公司，深圳市金溢科技股份有限公司

**参与人员：**俞岚、殷悦、程洪、陈书平 李俨、高路、陈晨、王聪、肖婷婷、田俊涛、刘东、邹清全、王易之、朱陈伟、周浩、黄翔宇、苏赓、陈新、曹增良、牛雷、李健、何宁、唐光颖

# 目 录

<b>5G V2X 应用场景 第二阶段</b>	<b>1</b>
摘 要	2
目 录	3
1 范围	4
2 概述	4
2.1 国内外应用层研究进展	4
2.2 性能要求指标说明	5
3 5G V2X 应用场景分析	5
3.1 车辆编队	5
3.1.1 场景描述	5
3.1.2 数据与消息交互	6
3.1.3 性能要求	9
3.2 协同驾驶	10
3.2.1 场景描述	10
3.2.2 数据与消息	10
3.2.3 性能要求	11
3.3 路径引导	12
3.3.1 场景描述	12
3.3.2 数据与消息	12
3.3.3 性能要求	13
3.4 感知共享	13
3.4.1 场景描述	13
3.4.2 数据与消息	17
3.4.3 性能要求	18
4 总结	18
缩略语	19
参考文献	19
致谢	20

## 1 范围

本报告定义 5G V2X 的典型应用场景和需求，报告对典型场景用例进行具体描述、并对数据需求、消息流程和技术指标进行了分析。

## 2 概述

### 2.1 国内外应用层研究进展

国内众多行业组织以及跨产业联盟（CCSA、CSAE、CITS 等）都在积极开展 V2X 标准化工作，输出了涉及总体技术要求、接入层、网络层和应用层标准在内的多个国家、团体和行业标准。

应用层方面，已经发布的《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》定义了涉及交通安全、通行效率和信息服务的三大类基本应用场景。该标准详细描述了 17 个一期应用的主要场景、技术指标、数据交互需求、通信方式等内容，以及支持这些应用场景的第一阶段消息集，包括 BSM（基本安全消息），RSM（路侧安全消息），RSI（路侧信息消息），SPAT（路口信息消息）和 MAP（地图信息消息）。该标准的第二阶段应用场景定义和消息集设计即将完成。相对第一阶段，第二阶段标准定义了 13 个具有代表性意义的增强性应用，包括感知扩展、协作式变道、浮动车数据采集、道路收费和车辆编队等，针对这些典型应用，标准对其数据需求、消息交互过程等进行抽象化和通用性分析，定义了包括感知共享消息（SSM）、车辆编队管理消息（PMM）、车辆意图请求（VIR）等在内的 12 个新增消息。二阶段场景更加面向高等级自动驾驶，从应用类型上看，同样涵盖安全、效率和服务三大类。

国外标准化组织包括美国的 SAE 和欧洲的 ETSI 在应用层标准方面的研究工作也在同步展开。SAE 方面，其中的 J2735 短距离通信消息字典定义了包括 BSM（basicSafetyMessage）、MAP、SPAT（signalPhaseAandTiming）、PDM（probeDataManagement）、PVD（probeVehicleData）等在内的大量基础消息集。此外，典型的应用层标准还包括正处于研究阶段的 J3224、J3186 和 J2945 等。其中 J3224 和 J3186 分别对感知共享（Sensor Sharing）和驾驶行为共享和协同（Maneuver Sharing and Coordination）的应用层协议和需求进行定义。J2945/6 重点研究 CACC（协作式自适应巡航控制）和 Platooning（车辆编队）的数据交互与需求。ETSI 方面，EN302637-1 和 EN302637-3 分别定义了 CA（协同感知，V2X 终端之间交互自身状态和属性）和 DEN（分布式环境通知，传输道路危险通知及异常交通状况相关信息）两种典型的基础应用的协议及其对应消息 CAM 和 DENM。此外，ETSI 针对感知共享的业务分析、消息定义（CPM）及相关的拥塞控制研究也正在进行中（TR 103 562）。

对国内外各大标准组织对 V2X 应用的研究方向和进展进行对比后，本报告在一阶段列举的应用场景中选取了比较重要的几个场景作为典型用例，对其数据需求、消息流程和技术指标要求等方面进行分析 and 阐述。

## 2.2 性能要求指标说明

表 2-1 性能要求指标

性能指标	说明
通信距离	数据包正确接收的通信范围
最大车速	场景中的车辆速度
数据速率	数据传输速率
时延	端到端的时延
可靠性	数据包接收率
通信方式	广播、组播、单播

## 3 5G V2X 应用场景分析

本章节从第一阶段白皮书中的应用场景集合中选择具有代表性的多个场景，对其消息交互流程、关键信息元素以及技术指标需求等进行详细分析。

### 3.1 车辆编队

#### 3.1.1 场景描述

车辆编队是典型的面向自动驾驶的高级应用，由多个具有相同行车路线的车辆构成一个车辆编队，由领航车进行统一的驾驶策略制定和行车管理。车辆编队应用可以有效提高交通效率，节省燃油消耗。但同时，为了保障较小的跟驰距离内的行车安全，车辆编队行驶对车辆的自动化等级、通信延时以及车辆定位精度等都有较高的要求。在城市交通环境下，编队更多的是在行驶过程中动态形成的，即有领航车的确立，车队成员的汇入和脱离，整个编队过程是动态的。编队的同时出发同时到达更符合高速公路场景下大货车的编队需求。如图所示，在一个车辆编队中，领航车通常由处在车队最前方的车辆担任，车队中的其他车辆则为跟随车，车队中的所有车辆都可称为成员车。根据目前国内标准对货车编队场景的定义，典型的货车编队中车辆数目不超过 5 辆（包括领航车在内），正常状态下，车队中的所有车辆行驶在同一个车道内。

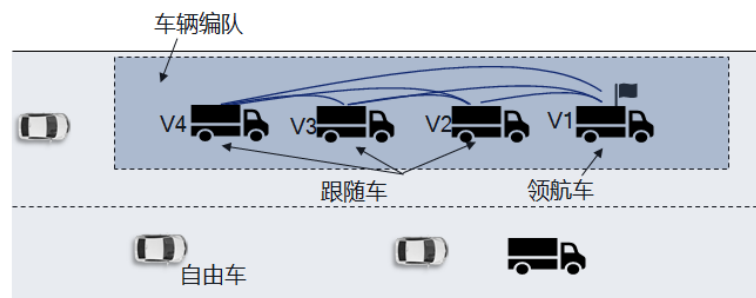


图 3-1 车辆编队

一般来说，涉及车辆编队的场景可分为两大类。行为类场景和行驶类场景。车队行为类场景包括车队创建、车辆加入、车辆离开、车队解散等。车队行驶类的典型场景包括匀速行驶、加/减速行驶、紧急制动、弯道行驶、车队变道等。

### 3.1.2 数据与消息交互

以高速场景下的货车编队为例，对子场景的数据需求和过程进行分析。

#### 3.1.2.1 车队行为场景

##### 1) 车队创建

- 具有领航车认证资质的车辆可创建一个车队并成为该车队的领航车。
- 领航车周期性广播车队信息，车队信息包括领航车状态、车队状态、路线信息、车队准入条件等。

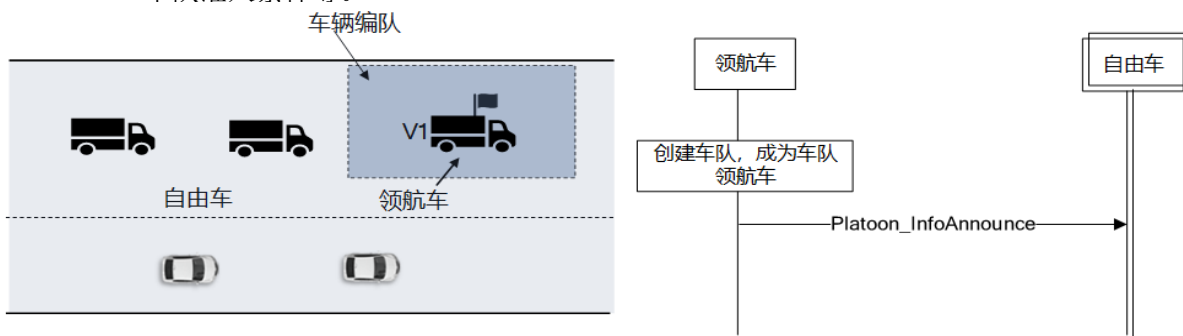


图 3-2 编队创建

##### 2) 车辆加入

自由车向领航车申请加入车队，收到领航车的同意加入反馈后，自由车可调整自车速度以及与前车车距，从车队队尾加入。

- 自由车接收到领航车周期广播的车队信息；
- 自由车向领航车发送加入请求，可携带车辆资质信息、能力级信息及实时状态等；
- 领航车同意自由车加入，则向自由车发送同意入队反馈，否则不响应自由车请求；
- 接收到同意信息后，自由车从队尾加入；领航车确认车辆加入后更新车队信息。

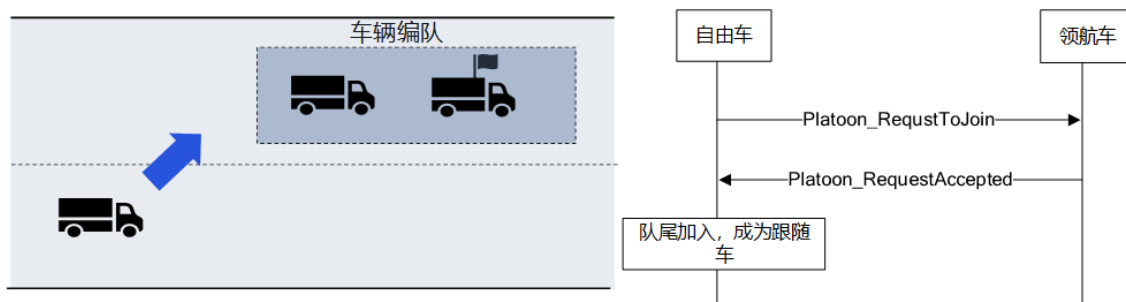


图 3-3 车辆加入



### 3) 车辆离开

跟随车向领航车请求离开车队，收到领航车的同意离开指示后（非必须），自由车可调整自车速度以及与前车车距，从车队队尾离开。

#### ○ 队尾跟随车离开

队尾车辆离开对车队中其他车辆行驶无影响，向领航车申请后无需确定信息，可自行离开车队。领航车收到申请并确认车辆已离队后，更新车队状态。

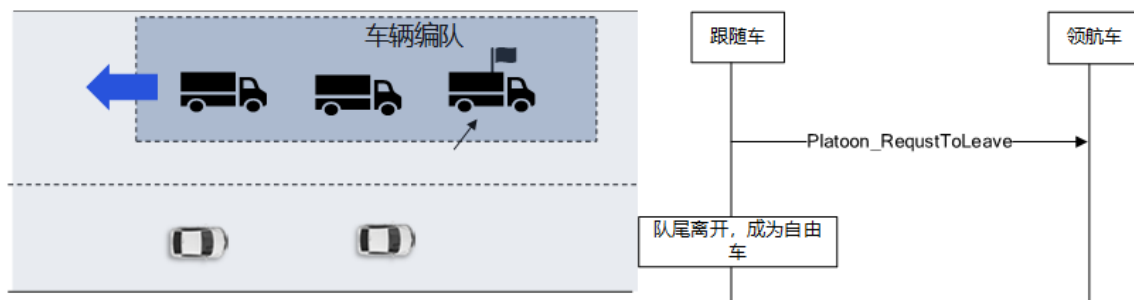


图 3-4 队尾车辆离开

#### ○ 中间跟随车离开

非队尾车辆的离开会对其后方车辆产生影响，因此需要领航车调整并确认车队各车辆安全距离后方可驶离车队。

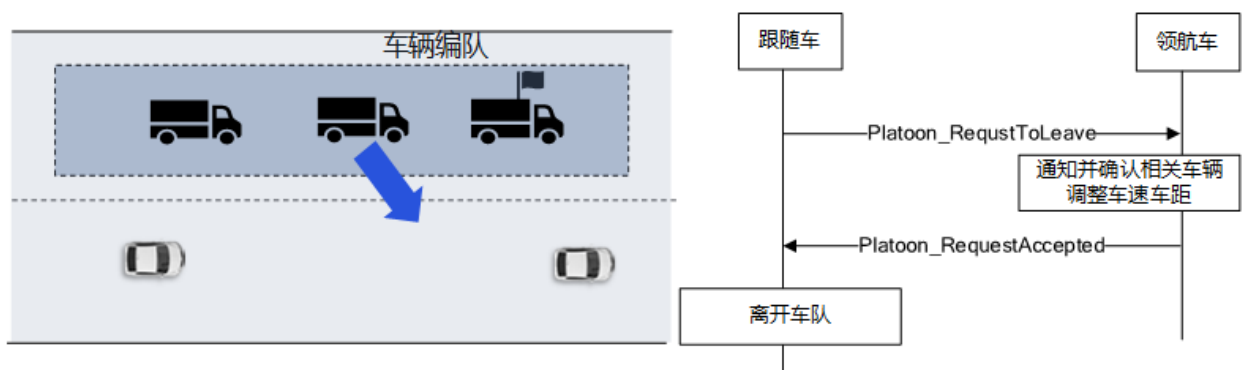


图 3-5 非队尾车辆离开

### 4) 车队解散

车队解散由领航车发起。解散原因可能是车队到达目的地，或者行驶中出现异常。领航车

发送解散信息后，跟随车对解散消息进行响应，车队中车辆调整状态成为自由车。

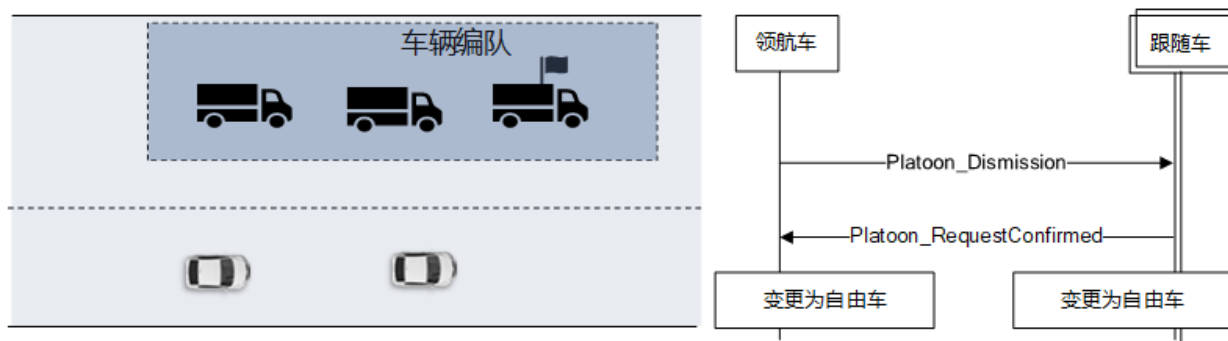


图 3-6 车队解散

### 3.1.2.2 车队行驶场景

除了涉及成员变化的行为类场景外，车辆编队应用中更普遍的场景是在行驶过程中匀速前进、加减速、弯道行驶、车队换道、以及匝道汇入或离开。相对于交通环境中非编队的自由车，车辆编队中各成员车都保持了与前车更小的跟车间隔以达到节能及交通减负的目的，因此，从安全性角度考虑，相对于 10Hz 频率的 BSM 消息，编队中成员之间需要更频繁地进行车辆动态信息的交互。除了交互常规的动态信息（位置、速度、加速度、朝向等），周期性上报当前跟随车与前车之间的实时间隔也有利于领航车判断行驶期间车队整体的稳定性。

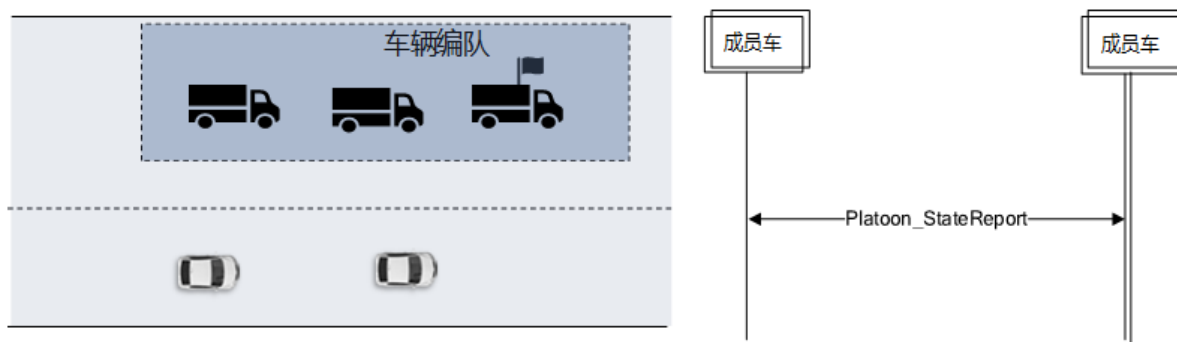


图 3-7 成员车辆状态交互

另一个需要高频交互的信息是由领航车发布的车队控制和驾驶策略信息。为了保持车队内所有车辆的行驶路线稳定、决策和行为统一，领航车需要周期发布车队行驶控制消息。控制消息的内容包括目标速度、目标加速度、目标车辆间距（恒定车距策略）、目标时距（恒定时距策略，车辆间隔随车速变化）、驾驶行为（加速、减速、停车、变道等）、行驶轨迹等。

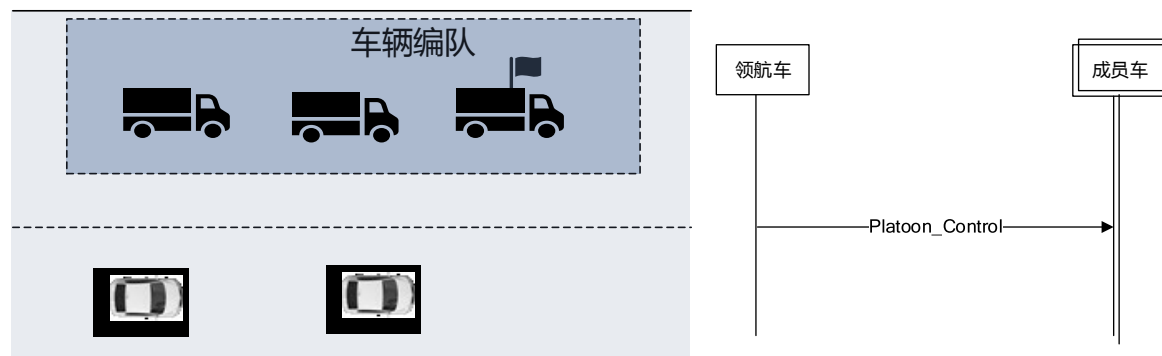


图 3-8 领航车控制

### 3.1.3 性能要求

- 通信距离

以一辆领航车和四辆跟随车编制构成的货车编队为例，假设货车最大长度为 20m。考虑最大目标车间距为 15m，最大浮动范围为正负 20%，则计算可得正常行驶货车编队长度不超过  $4 \times 15 \times (1 + 20\%) + 20 \times 5 = 172\text{m}$ 。考虑到自由车加入和车辆离队等场景，可将车辆编队通信距离要求扩展为 200m。

- 最大车速：120km/h

- 数据速率

- 编队中成员车辆状态交互信息数据包长约 100Bytes，频率 20Hz
- 编队中领航车控制信息数据包长约 300Bytes，频率 20Hz
- 如涉及车队内成员间的环境感知信息共享，则数据包长可达 1600Bytes，传输频率可低于前两类信息。

- 时延：20ms

- 可靠性：99.9%

- 通信方式

- 除领航车在车队创建后向周边周期性广播的消息以外，其他消息只涉及本车队内成员之间的通信。采用组播或者单播的通信方式，有利于提高系统效率和传输可靠性。

## 3.2 协同驾驶

### 3.2.1 场景描述

协同驾驶典型场景包括协作式变道、协作式匝道汇入/离开、协作式路口通行等等。以协作式变道为例，如下图所示，车辆检测到前方障碍物，需要变道以避开障碍物，但邻车的后车与前车的距离较近，空间不足以使当前车辆安全完成并道，此时，车辆向邻道车辆发送请求，如果相邻车道的车辆同意当前车辆并入，则需要进行相对应的加减速操作，提供足够的空间给车辆完成变道操作。



图 3-9 协作式变道

### 3.2.2 数据与消息

应用场景白皮书第一阶段中详细介绍了协同驾驶相关的车与单车的协作的消息交互过程，以及车与多车的协作交互过程。用户之间的协作分为请求、响应、确认、执行等多个环节。

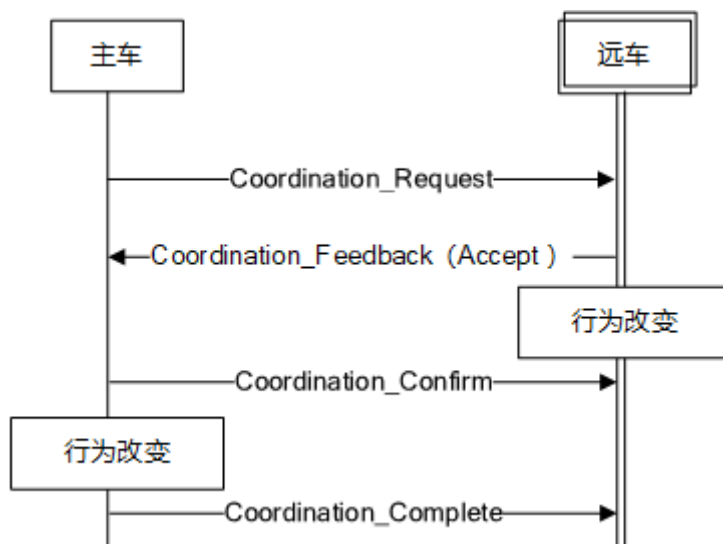


图 3-10 车辆协作信息交互

表 3-1 协同驾驶数据需求

数据元素	
行为类型	向左/向右换道
	匝道汇入/汇出
	路口直行/左转/右转
	停车/起步
	障碍避让
	加减速
	...
消息子类型（协商状态）	请求
	反馈（接受或拒绝）
	确认
	完成
	取消
行为有效时间窗	
优先级	根据主车类型和行为动机等因素决定请求优先级
路径计划	主车在未来一段时间内的目标轨迹

### 3.2.3 性能要求

- 通信距离：300m
- 最大车速：120km/h
- 数据速率
  - 协同驾驶的典型消息长度不超过 300Bytes
  - 协同驾驶属于事件触发型应用，对数据率要求取决于与当前事件相关联的车辆数目以及协商次数等。
- 时延：20ms
- 可靠性：99.9%
- 通信方式
  - 协同驾驶类用例，如协作式换道和匝道汇入等，通常只涉及一定距离范围内关联车辆间的信息交互。与车辆编队相对固定的群组结构，协同驾驶的关联车辆只是临时构成的一个通信群组，可以采用基于距离的无连接组播或者单播的通信方式。

### 3.3 路径引导

#### 3.3.1 场景描述

路径引导是指在停车场之类的特殊场站，RSU 提供场站地图和目标位置（如停车位）信息，并提供路径引导，使车辆安全到达目标位置。

#### 3.3.2 数据与消息

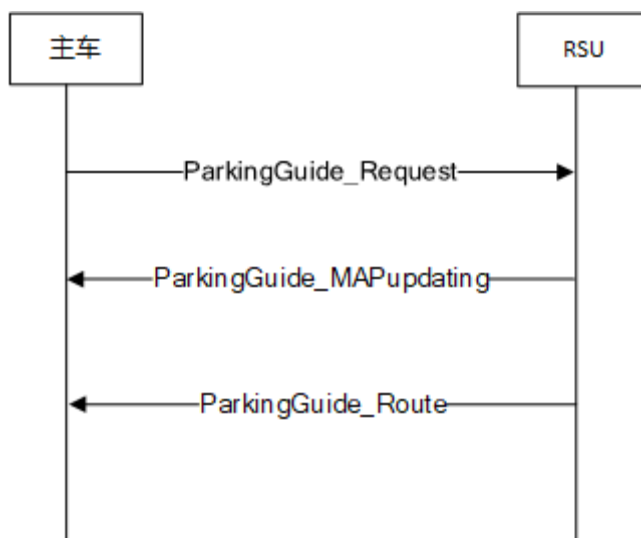


图 3-11 场站路径引导

表 3-2 路径引导数据需求

数据元素		
路径引导请求	请求有效时间	
	车辆类型	
	请求类型	入场/离场/停车
	停车类型	停车/起步
路径引导指示	停车位置	
	停车位状态	
	停车位类型	
	停车位 ID	
	行驶路径	路径节点和车道级路径指示

### 3.3.3 性能要求

- 通信距离：200m
- 最大车速：120km/h
- 数据速率：考虑高精地图下载及路径信息等，V2I 最大速率需求可到 100Mbps。
- 时延：100ms
- 可靠性：99.9%
- 通信方式
  - 场站路径引导，主要涉及 RSU 与主车之间的通信。采用组播、广播和单播传输都可实现 RSU 对主车的引导。但考虑到高精地图下载的数据率要求，以及可能出现主车实时上传周边环境信息给 RSU 以协助路径决策的需求，采用单播通信可有效减少系统资源占用。

### 3.4 感知共享

车辆或 RSU 通过雷达、摄像头等感知设备感知交通环境，包括周边车辆、VRU、物体、路况等，并通过 V2V/V2I 将其感知结果共享给其他车辆。通过感知信息的实时交互，扩展车辆感知范围，丰富车辆感知信息细节，可避免因车辆感知信息不足或感知盲区产生的交通危险。

感知共享应用场景划分行驶安全型和效率提升型感知场景。其中行驶安全型超视距感知场景的应用需求为保障自动驾驶车辆的行车安全，而效率提升型感知场景的应用需求为提升自动驾驶车辆的行驶效率。

#### 3.4.1 场景描述

##### 3.4.1.1 行驶安全型

- 场景一：有建筑物遮挡的路口场景

主体车辆由于路口建筑墙体造成视线遮挡，无法通过单车感知获取建筑物遮挡路口交通及路况信息，可通过 V2I、V2V 或云平台获取其他 RSU 及车辆的交通感知信息，通过感知信息的实时交互，主体车辆获取建筑物遮挡部分的交通信息。

## 5G V2X 应用场景 第二阶段

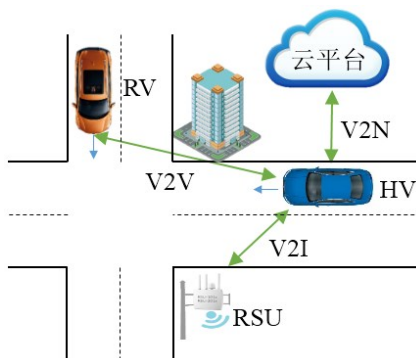


图 3-12 建筑物遮挡的路口

### • 场景二：周围车辆遮挡的场景

(a) 前方车辆造成的视野受限。主体车辆由于前车遮挡，无法通过单车感知获取前车前方的交通及路况信息，可通过 V2I、V2V 或 V2N 获取 RSU 或其他车辆的感知信息，为主体车辆前向行车提供实时信息。

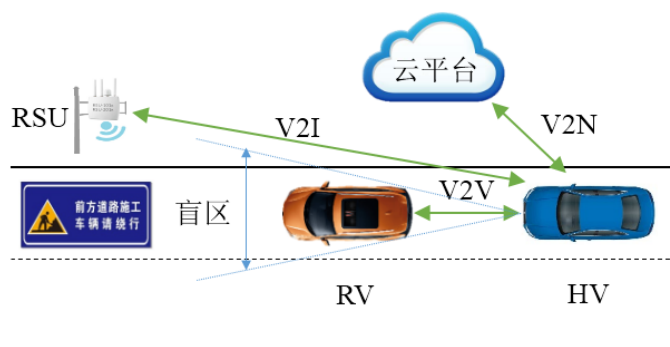


图 3-13 前方车辆遮挡

(b) 后方车辆造成的视野受限。主体车辆由于后方车辆遮挡，无法通过单车感知获取后方车辆的驾驶状况，可通过 V2I、V2V 或 V2N 获取 RSU 或其他车辆的感知信息，为主体车辆换道、超车等行为提供实时交通信息。

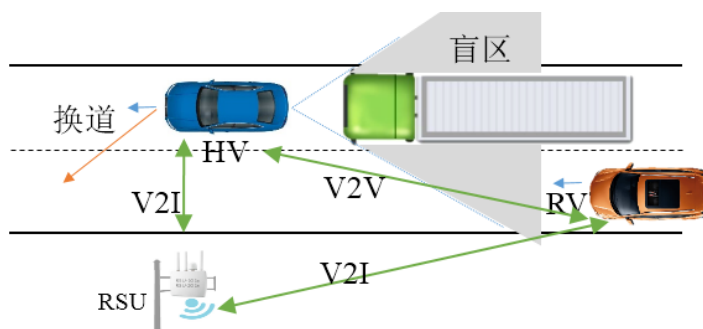


图 3-14 后方车辆遮挡



(c) 侧方车辆造成的视野受限。主体车辆由于侧方车辆遮挡，无法通过单车感知获取侧方非机动车及行人的运动状态，可通过 V2I、V2V 或 V2N 获取 RSU 或其他车辆的感知信息，为主体车辆前向行车提供实时信息。

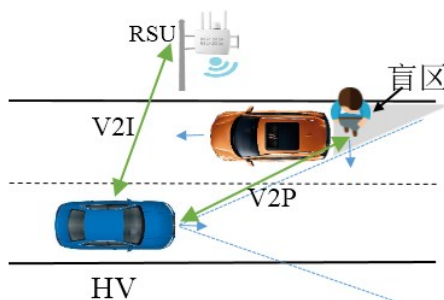


图 3-15 侧方车辆遮挡

- 场景三：道路环境导致的超视距场景

弯道、坡道等极端地形造成的视野受限。主体车辆由于地形遮挡，无法通过单车感知获取驾驶前方的路况及交通信息，可通过 V2I、V2V 或 V2N 获取 RSU 或其他车辆的感知信息，获取盲区的地形及行车信息，为主体车辆前向行车提供实时信息。

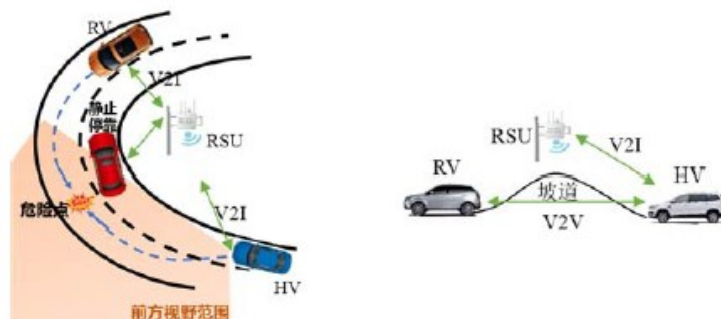


图 3-16 弯道、坡道等极端行车地形

- 场景四：恶劣环境导致的超视距场景

大雨、大雪及雾天等极端环境造成的视野受限。主体车辆受恶劣天气影响，无法通过单车感知获取驾驶前方的路况及交通信息，车载传感器受视线、自然现象影响无法准确捕获感知信息，可通过 V2I、V2V 或 V2N 获取 RSU 或其他车辆的感知信息，与本车信息进行融合完成对路况及障碍物的判断，为主体车辆前向行车提供准确、实时的交通信息。

## 5G V2X 应用场景 第二阶段

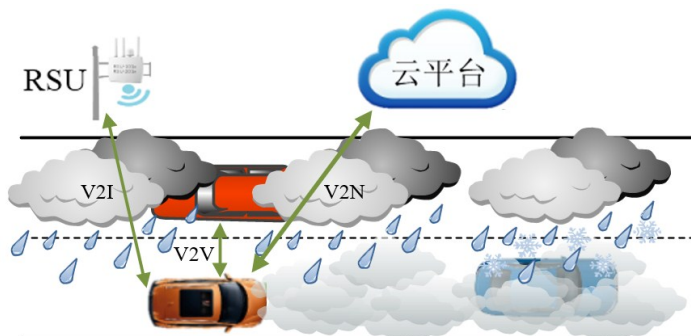


图 3-17 恶劣环境带来的极端行车场景

### 3.4.1.2 效率提升型

#### • 场景五：交通灯信息的超视距场景

主体车辆可通过 V2I、V2V 或 V2N 获取交叉路口交通灯状态，可根据道路交叉路口交通灯情况及时调整路线，规划绿波带，提高行车效率。

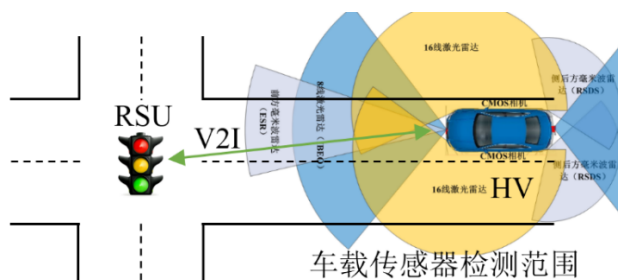


图 3-18 交通灯信息获取及绿波带规划

#### • 场景六：前方交通状态的超视距场景

主体车辆可通过 V2I、V2V 或 V2N 获取前方突发事故和路况拥堵情况，可根据实时路况及时调整路线，提高行车效率。

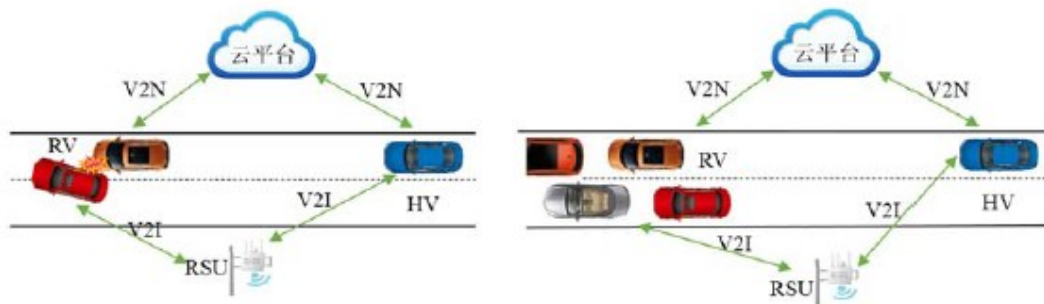


图 3-19 交通状态获取及路线调整

### 3.4.2 数据与消息

感知数据共享消息的发送者可以是 OBU 或者 RSU。根据不同的应用的需求，感知数据共享的内容可以是抽象化处理的周边多个目标物等交通环境信息（Objects），也可以是未做处理的原始视频或图像信息（RawData）。本章节主要描述抽象化处理后的目标物特征信息。

表 3-3 感知共享数据需求

	数据
目标物公共特征	目标物类型
	ID
	信息来源（不同类型的传感器或者 V2X 通信）
	感知时间
	位置
	速度
	朝向
车辆类型目标物	加速度
	车辆 ID
	车牌
	车辆大小
	车辆类型
	灯光信息
VRU 类型目标物	姿态信息
	VRU 类型
	横穿马路状态
	VRU 簇大小
	VRU 簇半径
障碍物类型目标物	行为类型
	障碍物类型
	障碍物大小

感知数据共享过程不仅仅涉及目标数据的感知、抽象和消息封装。在密集交通环境下，V2X 用户感知到大量目标物信息并进行传输，对于感知数据共享消息的接收用户来说，从这些位置相近的用户接收到的信息存在明显的重复，因此，在消息发送端可以进行感知共享消息的拥塞控制处理，即在每个消息发送时机，通过对每个检测到的目标物的类型、动态以及有关该目标物的信息收发等情况决定是否将其抽象信息封装到当前消息中。

### 3.4.3 性能要求

- 通信距离：200m
- 最大车速：120km/h
- 数据速率：
  - 抽象化后的传感器数据
    - 感知数据共享消息包长：1600Bytes
  - 未抽象的原始视频数据
    - 数据速率要求：1Gbps（基于 3GPP 定义的典型场景）
- 时延：100ms
- 可靠性：99.99~99.999%
- 通信方式
  - 一般来说，感知数据共享信息采用广播的方式进行传输。但在某些特殊场景下，例如当前应用明确只涉及特定距离范围内的用户间的感知内容共享，则可采用组播的方式进行传输。涉及原始视频数据传输的应用，也可能使用单播传输（前车至后车），选择与通信链路预算匹配的高阶调制方式等措施减少系统资源占用。

## 4 总结

本白皮书在第一阶段白皮书的基础上进行了进一步的研究，重点关注车辆编队、协同驾驶、路径引导和感知共享四种典型场景。对典型场景进行子场景拆分，在梳理业务流程的同时，对场景对应的数据需求和消息交互等进行了阐述，进一步地，本报告还对分析了各场景的技术需求指标，为后续测试验证以及技术要求制定等提供参考。

## 缩略语

3GPP	The 3 <sup>rd</sup> Generation Partnership Project	第三代合作伙伴项目
CACC	Cooperative Adaptive Cruise Control	协作式自适应巡航控制
CAM	Collective Awareness Message	协同感知消息
CPM	Collective Perception Message	协同感应消息
C-V2X	Cellular Vehicle to Everything	蜂窝车联网
DENM	Decentralized Environmental Notification Message	分布式环境通知消息
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	欧洲电信标准化协会
OBU	On Board Unit	车载单元
RSU	Roadside Unit	路侧单元
SAE	Society of Automotive Engineers	汽车工程师学会
VRU	Vulnerable Road User	弱势交通参与者

## 参考文献

- [1] T/CSAE 53-2017 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
- [2] 3GPP TR22.186 v16.1.0, Enhancement of 3GPP support for V2X scenarios
- [3] 3GPP TR22.886 v16.2.0, Study on enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services
- [4] SAE J2735 Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary
- [5] 5GAA 5G T-190099 Use Cases and Requirements – Wave 2.2
- [6] 李俨等. 5G与车联网-基于移动通信的车联网技术与智能网联汽车. 电子工业出版社
- [7] 5GAA\_T-200090\_WG1 White\_Paper\_C-V2X Use Cases\_Volume II Examples and Service Level Requirements
- [8] T ITS 0113.2+营运车辆+合作式自动驾驶货车编队行驶+第2部分：驾驶场景和行驶行为要求

## 致谢

诚挚感谢如下人员对白皮书做出的贡献：

### 总编辑：

高通无线通信技术（中国）有限公司	俞岚
------------------	----

### 贡献单位与人员：

高通无线通信技术（中国）有限公司	殷悦 程洪 陈书平 李俨 高路
西安电子科技大学	陈晨 王聪 肖婷婷
中国汽车技术研究中心有限公司	吴飞燕
是德科技（中国）有限公司	封翔
北京三星通信技术研究有限公司	赵冬 金亦然
国家无线电监测中心检测中心	杜昊
上海机动车检测认证技术研究中心有限公司	许瑞琛
广汽研究院	郭继舜
奥迪（中国）企业管理有限公司	苏赓
北汽福田汽车股份有限公司	田俊涛 刘东
宝马（中国）服务有限公司	严冬 张存玺 郭岩
中国联通智能城市研究院	宋蒙 刘琪
上汽大众汽车有限公司	汝正阳
通用汽车(中国)投资有限公司	朱杰
北京汽车研究总院有限公司	陈新 曹增良
上海汽车集团股份有限公司	邹清全
北京星云互联科技有限公司	王易之
安徽江淮汽车集团股份有限公司	朱陈伟
北京万集科技股份有限公司	周浩 黄翔宇
重庆长安汽车软件科技有限公司	牛雷 李健
深圳市金溢科技股份有限公司	何宁 唐光颖
上海诺基亚贝尔股份有限公司	王丽娜





未来移动通信论坛  
FUTURE MOBILE COMMUNICATION FORUM