

T/ITS

中国智能交通产业联盟标准

T/ITS 0070—2017

面向自动驾驶的通信需求研究

The Research of the Communication Requirements of Automatic Driving

2017-12-10 发布

2018-03-01 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

前言.....II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 缩略语..... 2

5 自动驾驶概述..... 3

6 自动驾驶通信需求..... 4

前 言

本研究报告总结了自动驾驶对通信的需求。

本研究报告按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本研究报告由中国智能交通产业联盟提出并归口。

本研究报告于2017年12月首次发布，本次为首次发布。

本研究报告起草单位：电信科学技术研究院，中国信息通信研究院，清华大学，华为技术有限公司，北京握奇智能科技有限公司，重庆长安汽车股份有限公司，中兴通讯股份有限公司。

本研究报告主要起草人：林琳，胡金玲，房家奕，周勇，葛雨明，王建强，李明超，段起志，牛雷，许玲。

引 言

为使面向自动驾驶的通信需求能够按统一的标准进行说明和描述，特制定本研究报告。

为了保持研究报告的适用性与可操作性，各使用者在使用过程中，及时将对本研究报告的意见及建议函告电信科学技术研究院，以便修订时研用。

（地址：学院路40号，邮编：100191，邮箱：linlin1@catt.cn。）

面向自动驾驶的通信需求研究

1 范围

本研究报告总结了自动驾驶对通信的需求，通过分析典型用例，确定自动驾驶的通信场景以及对应的通信需求，相关结果可用于指导我国智能交通领域的研究和标准化工作。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

3GPP TS 22.185 V14.3.0 V2X业务的业务需求 阶段1 (Service requirements for V2X services; Stage 1 (Release 14))

3GPP TS 22.186 V15.0.0 3GPP支持V2X场景的增强 (Enhancement of 3GPP Support for V2X scenarios; Stage 1 (Release 15))

3GPP TR 22.885 V14.0.0 LTE支持V2X业务的研究 (Study on LTE Support for Vehicle to Everything (V2X) Services (Release 14))

3GPP TR 22.886 V15.1.0 3GPP支持5G V2X业务的增强研究 (Study on enhancement of 3GPP Support for 5G V2X Services (Release 15))

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能驾驶系统 intelligent driving system

通过硬件和软件的配合，能对车辆执行全部驾驶操作的系统（无论是部分时间还是全天候）

3.2

端到端时延 end-to-end delay

从源应用发送数据到目标应用的最大可容忍的时间。

3.3

可靠性 reliability

应用层最大容许数据包丢失率，如果在最大可容忍范围内目标应用未收到数据包，则考虑丢失。

3.4

数据速率 data rate

应用正确传输最低要求的比特率。

3.5

通信范围 communication range

在保障应用传输的可靠性情况下，在源和目的地之间无线传输的最大距离。

3.6

移动性 mobility

在保障应用传输可靠性的情况下，可以达到的最大相对速度。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

3GPP: 第三代合作伙伴计划 (3rd Generation Partnership Project)

BSM: 基本安全消息 (Basic Safety Message)

C2C CC: 车辆间通信联盟 (Car-2-Car Communication Consortium)

CACC: 协同自适应巡航控制 (Cooperative Adaptive Cruise Control)

CAM: 协作感知消息 (cooperative awareness messages)

CPE: 协作环境感知 (Collective Perception of Environment)

EtrA: 紧急路径调整 (Emergency Trajectory Alignment)

GNSS: 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)

HV: 主车 (Host Vehicle)

ICW: 交叉路口碰撞预警 (Intersection Collision Warning)

LDM: 本地动态地图 (Local Dynamic Map)

NHTSA: 美国高速公路交通安全管理局 (The National Highway Traffic Safety Administration)

PER: 包错误率 (Packet Error Rate)

RSU: 路边单元 (Road Side Unit)

RV: 远端车辆 (Remote Vehicle)

SAE: 美国汽车工程协会 (Society of Automotive Engineers)

SSMS: 传感器与状态地图共享 (Sensor and state map sharing)

VaD: 辅助/改善自动驾驶视频信息共享 (Video data sharing for assisted and improved automated driving)

V2I: 车与基础设施 (Vehicle to Infrastructure)

V2V: 车与车 (Vehicle-to-Vehicle)

V2X: 车辆与任何实体 (Vehicle-to-Everything)

5 自动驾驶概述

自动驾驶是未来汽车发展的重要方向, 对提高交通安全、提升交通效率、降低能源消耗等有重要意义。美国汽车工程协会 (SAE, Society of Automotive Engineers) 将自动驾驶分为6个级别, 见表 1。

表 1 自动驾驶分级

| 等级 | 级别 | 级别定义 |
|----|--------|--|
| 0 | 无智能 | 任何时候所有驾驶操作都由人类驾驶员完成, 即使驾驶员在某些情况下得到警告提示。 |
| 1 | 驾驶员辅助 | 特定场景下由驾驶员辅助系统根据实际情景完成车辆转向或者加减速的操作, 由驾驶员完成其他驾驶操作。 |
| 2 | 部分智能驾驶 | 特定场景下由驾驶员辅助系统根据实际情景完成车辆转向和加减速的操作, 由驾驶员完成其他驾驶操作。 |
| 3 | 高度智能驾驶 | 特定场景下所有的驾驶操作都是由自动驾驶系统完成, 同时人类驾驶员能够在被要求进行干预的时候响应干预请求接管驾驶任务。 |
| 4 | 完全智能驾驶 | 特定场景下所有的驾驶操作都是由自动驾驶系统完成, 即使人类驾驶员无法在被要求进行干预的时候接管驾驶任务, 系统仍然能够保证车辆和乘员的安全。 |

表 2 自动驾驶分级（续）

| 等级 | 级别 | 级别定义 |
|----|---------|---|
| 5 | 全天候智能驾驶 | 任何时候所有驾驶操作都由自动驾驶系统完成，在所有人类驾驶员能够掌控的道路和场景下，系统都能够进行自动驾驶。 |

注：表1中所描述的每一级别的定义描述的是最小能力要求而不是最大能力要求。

随着自动驾驶功能的发展，尤其是在自动级别3~5，不同交通参与者之间交通行为同步变得越来越重要，如果能够获得其他交通参与者随后几秒的驾驶轨迹，自动驾驶的汽车基于自己观测到的交通环境和其他车辆分享的信息，能够不断地规划并优化自己的驾驶轨迹。美国在2015-2019年的智能交通战略计划中，将自动网联汽车列为后续智能交通的一个重要发展方向。欧洲METIS项目中也把自动驾驶作为第5代移动蜂窝技术应用的重要方向，并给出一些初步的通信需求。国内IMT-2020（5G）推进组也把车联网领域作为移动物联网中的低时延高可靠场景进行重点研究。因此可以预见自动驾驶发展与V2X通信发展密不可分。

车辆间通信联盟（C2C CC，Car-2-Car Communication Consortium）根据 V2X 之间交互的信息进行分类，将 V2X 通信划分为 4 个级别，分别为 Awareness Driving、Sensing Driving、Cooperative Driving 和 Synchronized Cooperative Driving。

第三代合作伙伴计划（3GPP，3rd Generation Partnership Project）关注自动驾驶的通信场景以及对应的性能需求，它将自动驾驶相关的 V2X 通信需求分为两类，分别为 V2X 通信基本需求和增强需求。基本需求主要是车辆交换自身状态信息实现 Awareness Driving，基于增强需求，车辆通过进行更多的交互实现 Platooning、Extended Sensor、Advanced Driving 以及 Remote Driving。

本研究报告基于 3GPP 的划分方式，研究了 5 类自动驾驶的通信场景以及对应的性能需求，相关结果可用于指导我国智能交通领域的研究和标准化工作。

6 自动驾驶通信需求

6.1 状态信息

6.1.1 简介

车辆与邻近车辆、基础设施和/或行人交换自己的状态信息，例如位置、速度和方向，可以及时地向邻近实体发送预警消息。

6.1.2 典型用例

6.1.2.1 前方静止车辆告警

6.1.2.1.1 场景描述

车辆行驶时周期性对外广播本车的位置、速度、方向、加速度等信息。当出现故障抛锚、事故、施工、拥堵或其他人为因素导致停车时，车辆成为静止车辆（A）。后方车辆（B）根据车辆（A）发出的消息内容识别出其属于静止车辆，如果发现静止车辆（A）处于本车前方行驶路线上，且可能造成追尾事故时，后方车辆（B）产生本车告警。同时若路边有路侧设备，检测到车辆（A）非正常停车，则对外广播该静止车辆信息，以便提醒更大范围车辆，见图 1。

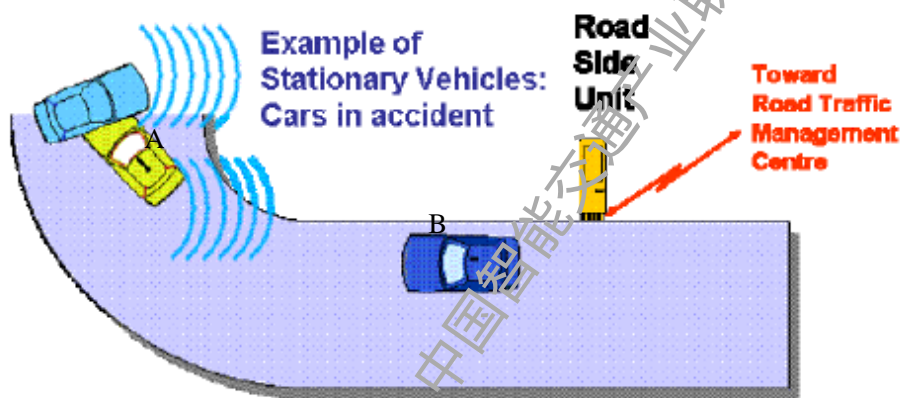


图 1 前方静止车辆告警

6.1.2.1.2 通信需求

- 1) 时延：100ms
- 2) 通信距离：300 米
- 3) 可靠性：99%
- 4) 发送速率(消息/秒)：10

6.1.2.2 交叉路口碰撞预警

6.1.2.2.1 场景描述

主车（HV，Host Vehicle）驶向交叉路口，与侧向行驶的远车（RV，Remote Vehicle）存在碰撞危险时，交叉路口碰撞预警（ICW，Intersection Collision Warning）将对主车驾驶员进行预警。本应用适用于城市及郊区普通道路及公路的交叉路口、环道的入口、高速路入口等交叉路口的碰撞危险的预警。ICW 可辅助驾驶员避免或减轻侧向碰撞，提高交叉路口通行安全。

◆ 主车(HV)在路口起步(见图 2)

- 1) HV 停止在路口，RV-1 从 HV 左侧或右侧驶向路口，HV 的视线可能被出现在路口的 RV-2 所遮挡。

2) HV 和 RV-1 需具备 V2X 通信能力, RV-2 是否具备 V2X 通信能力不影响应用场景的有效性。

3) HV 启动并准备进入路口时, ICW 功能对 HV 驾驶员发出预警, 提醒驾驶员与侧向来车 RV-1 存在碰撞危险。

4) 预警时机需确保 HV 驾驶员收到预警后能及时避免与 RV-1 发生碰撞。

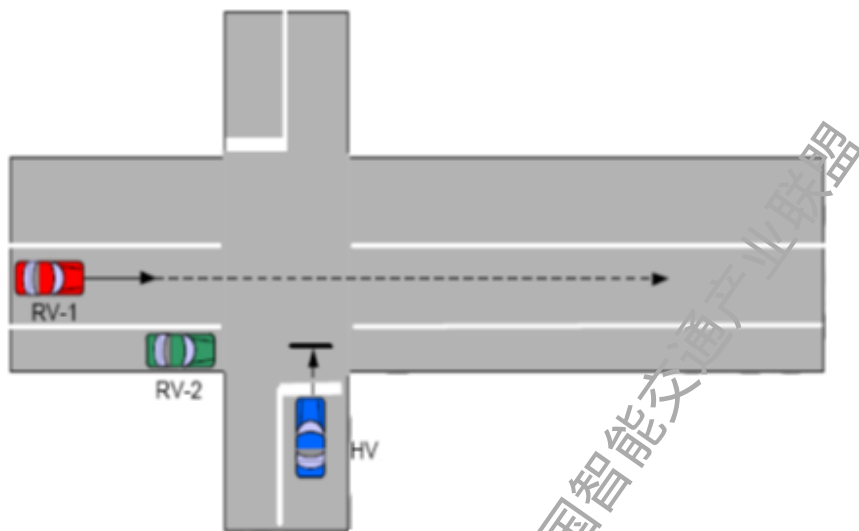


图 2 ICW:主车 (HV) 在路口起步

◆ 主车 (HV) 和远车 (RV) 同时驶向路口 (图 3)

1) HV 驶向路口, 同时 RV-1 从 HV 左侧或右侧驶向路口, HV 的视线可能被出现在路口的 RV-2 所遮挡。

2) HV 和 RV-1 需具备 V2X 通信能力, RV-2 是否具备 V2X 通信能力不影响应用场景的有效性。

3) 当 HV 驶近路口时, ICW 功能对 HV 驾驶员发出预警, 提醒驾驶员与侧向来车 RV-1 存在碰撞危险。

4) 预警时机需确保 HV 驾驶员收到预警后能及时避免与 RV-1 发生碰撞。

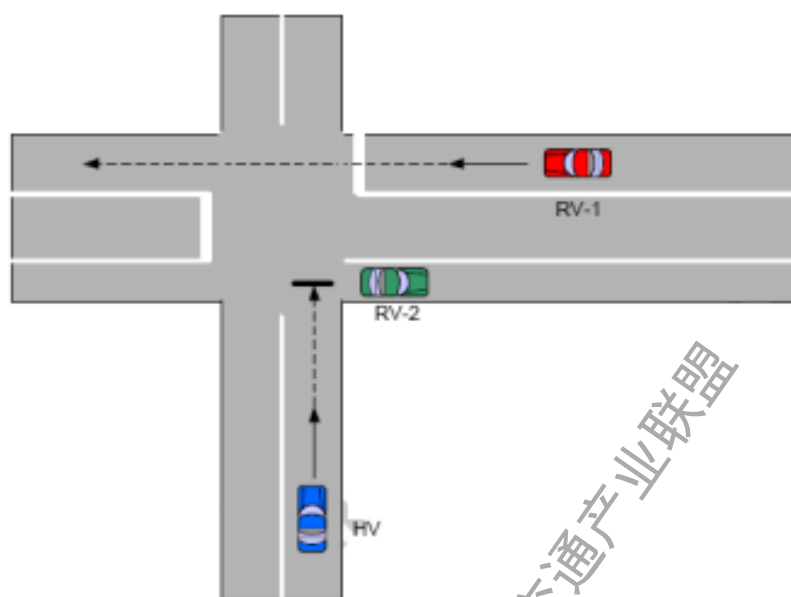


图 3 ICW: 主车 (HV) 和远车 (RV) 同时驶向路口

◆ 系统基本原理

主车 (HV) 驶向交叉路口, 若与任意一辆驶向同一路口的远车 (RV) 存在碰撞危险时, ICW 对主车 (HV) 驾驶员进行预警。触发 ICW 功能的主车 (HV) 和远车 (RV) 位置关系如图 4, 其中主车 (HV) 和远车 (RV) 行驶方向不限于垂直交叉 (90°), 可为一定范围内的多角度交叉。

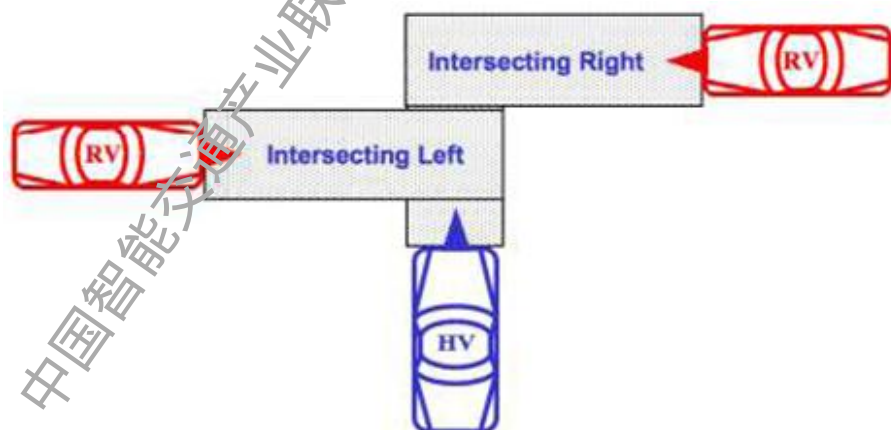


图 4 ICW: 主车 (HV) 和远车 (RV) 位置关系

- 1) 主车 (HV) 分析接收到的远车 (RV) 消息, 筛选出位于 Intersecting Left 或 Intersecting Right 区域的远车 (RV)。远车 (RV) 消息可能是由远车 (RV) 发出或从路侧单元获取。
- 2) 进一步筛选处于一定距离范围内的远车 (RV) 作为潜在威胁车辆。
- 3) 计算每一个潜在威胁车辆到达路口的时间和到达路口的距离, 筛选出与主车 (HV) 存在

碰撞危险的威胁车辆。

4) 若有多个威胁车辆，则筛选出最紧急的威胁车辆。

系统对主车（HV）驾驶员进行相应的碰撞预警。

6.1.2.2.2 通信需求

车辆（HV和RV）需具备短程无线通信能力，车辆信息通过短程无线通信在HV和RV之间传递（V-V）；利用具备短程无线通信能力的路侧设备对远车信息进行中继、转发给主车（V-I-V）；利用具备短程无线通信能力的路侧设备直接探测碰撞危险或远车信息，发送给主车（I-V）。

1) 主车最低支持车速范围：0-70Km/h

2) 通信距离：150m

3) 发送速率(消息/秒)：10

4) 系统延迟：100ms

6.1.2.3 道路危险状况提示

6.1.2.3.1 场景描述

主车（HV）行驶到具有潜在道路危险状况（例如：桥下存在较深积水、路面有深坑、道路湿滑、前方急转弯等）的路段，存在发生事故风险，道路危险状况提示应用对主车驾驶员进行预警。本应用适用于城市道路、郊区道路和高速公路等容易发生危险状况的路段或者临时性存在道路危险状况的路段。

道路危险状况提示应用将道路危险状况及时通知主车，便于主车提前进行处置，提高主车对危险路况的感知能力，降低驶入该危险区域的车辆发生事故的风险。

◆ 系统基本原理

当道路存在危险状况时，附近路侧设备或临时路侧设备对外广播道路危险状况提示信息，信息包括：道路危险状态位置、道路危险类型、危险描述等，行驶过该路段的主车根据信息及时采取避让措施，避免发生事故。见图 5。



图 5 路侧设备或临时路侧设备提示道路危险状况信息

1) 具备短程无线通信能力的路侧单元 (RSU, Road Side Unit) 周期性对外广播道路危险状况提示信息;

2) 主车依据自身全球卫星导航系统 (GNSS, Global Navigation Satellite System) 地理位置信息和道路危险状况提示信息, 计算和道路危险区域的距离;

3) 主车依据当前速度计算到达道路危险区域的时间; 4) 主车对驾驶员进行及时的预警。

6.1.2.3.2 通信需求

主车 (HV) 和路侧设备 (RSU) 需具备短程无线通信能力, 路侧设备将道路危险状况信息发送给主车 (I-V)。

1) 主车最低车速范围: 0-130Km/h

2) 通信距离 $\geq 300\text{m}$

3) 发送速率 (消息/秒): 10

4) 系统延迟 $\leq 100\text{ms}$

6.1.2.4 信号灯控制路口车速建议/引导

6.1.2.4.1 场景描述

当车辆驶向信号灯控制交叉路口, 收到由路侧RSU发送的道路数据以及信号灯实时状态数据, 车速引导应用将给予驾驶员一个合适的建议车速区间, 以使得车辆能够经济地、舒适地 (不需要停车等待) 通过信号路口。本应用适用于城市及郊区普通道路信号灯控制路口。

车速引导是一个辅助驾驶应用, 提高车辆通过交叉路口的经济性和舒适性, 提升交通系统效率。

信号控制路口车速引导应用场景示意图如图 6所示：

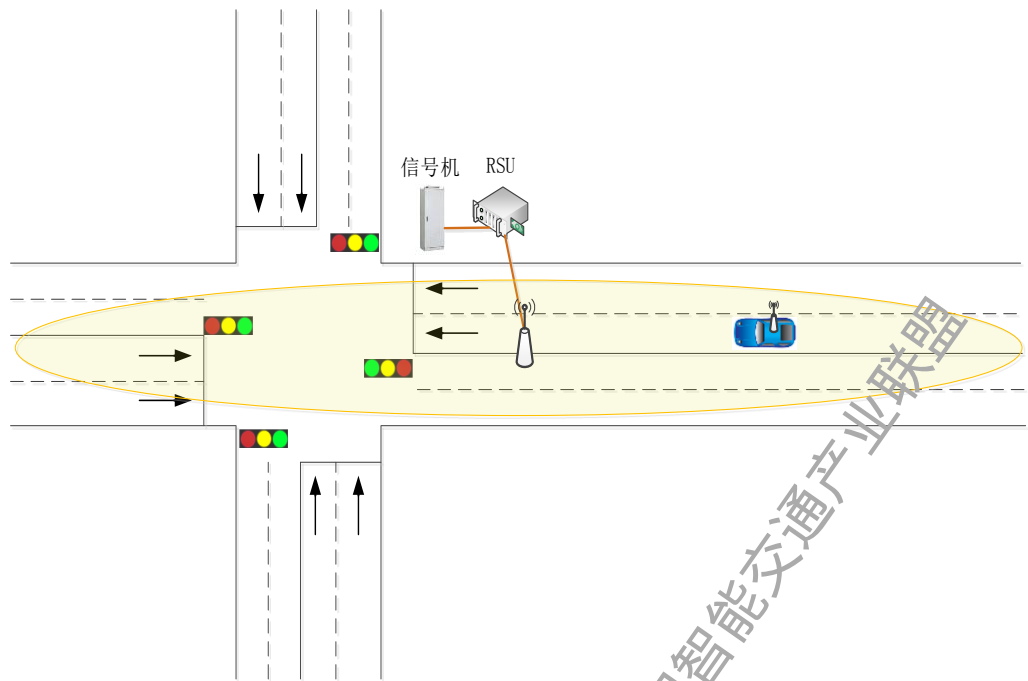


图 6 车速引导典型场景示意图

- 1) 车辆从远处接近信号灯控制路口；
- 2) 路侧通信设备发出局部道路数据信息，以及从路口信号机处获得的信号灯数据和实时状态信息；
- 3) 车速引导应用根据上述信息，给出车辆前方信号灯的实时状态，并结合自车的定位和行驶状态信息，计算出通过路口的引导车速区间。

◆ 基本工作原理

- 1) 车辆根据收到的道路数据，以及本车的定位和运行数据，判定自车在路网中所处的位置和运行方向；
- 2) 判断车辆前方路口是否有信号灯，提取信号灯对应相位的实时状态；若有信号灯信息，则可直接显示给驾驶员；
- 3) 根据自车的位置，以及信号灯对应相位的实时状态，计算自车能够在本次或下次绿灯期间不停车通过路口所需的最高行驶速度和最低行驶速度，给出提示区间。

6.1.2.4.2 通信需求

具备短程无线通信能力的路侧设备，将道路数据与信号灯实时状态数据，发送给车辆（I-V）

- 1) 车辆速度范围：0-70Km/h
- 2) 通信距离 $\geq 300\text{m}$

3) 道路数据更新频率 $\geq 1\text{Hz}$

4) 信号更新频率 $\geq 2\text{Hz}$

5) 系统延迟 $\leq 200\text{ms}$

6.1.3 通信需求总结

状态信息相关的通信场景及性能需求见表 3。

表 3 状态信息相关的通信场景及性能需求

| 通信场景描述 | | 数据包大小 (Bytes) | 发送速率 (消息/秒) | 最大端到端时延 (ms) | 可靠性 (%) | 最小通信距离 (m) |
|--------------------------------------|--------|--|-------------|--------------------------|--------------------|---|
| 场景 | 自动驾驶等级 | | | | | |
| 支持 V2X 应用的 UE 之间或者 UE 与 RSU 之间分享状态信息 | 无自动化 | 周期性消息 50-300 Bytes, 事件触发消息 1200 Bytes (以上均不包括安全部分) | 10 | 100ms, 特殊场景 (预碰撞感知) 20ms | 应用层消息不重传的条件下具有高可靠性 | 给驾驶员足够的反应时间 (例如 4 秒)。最大相对速度 500 km/h, 最大绝对速度 250 km/h, 对应的通信距离约为 556 米; 在不同的相对速度下对应的最小通信距离也不同, 例如相对速度为 140km/h 时对应的最小通信距离约为 156 米 |

6.2 车队

6.2.1 简介

车队允许车辆动态组成一组一起运行。车队中所有车辆从头车接收周期性数据以维持车队运行, 这些信息可以让车间距变得极小。车队应用允许跟随的车辆自动驾驶。

6.2.2 典型用例

6.2.2.1 支持车辆编队

6.2.2.1.1 场景描述

车队就是以近距离链接的方式操作一组车, 车辆像火车那样移动。为了保持车间距, 车队中的车辆之间需要共享状态信息, 例如车速、车头位置以及一些诸如刹车、加速等的行驶意图。通过车队的方式行驶可以缩短车间距, 降低二氧化碳的排放, 可以需要更少的驾驶员。车队需要支持以下这些方面:

1) 加入/离开

如果要组建车队, 车辆需要交互意图, 例如愿意形成一个车队, 愿意成为头车或者成为头车后面的跟随者。如果一辆车到达目的地或者想要离开车队, 这些意愿也需要在车队中进行交互。在车队激活状态下随时都可能发生这些意图的交互。

2) 通知/警告

当一个车队已经形成并正在运行时, 不属于该车队的一辆车需要意识到这是一个车队。否则, 这辆车可能会插入到车队中, 打扰到车队的运行。因此, 车队内部通信范围之外的其它车辆需要

知道车队的存在。

3) 组通信

车队管理需要交互许多消息，例如什么时间走哪条路，是否刹车或者加速，以及什么时刻刹车或者加速，等等。每秒至少需要发送 30 条消息。此外，头车相比后面的车辆消耗更多的燃料，有时候头车可能会要求后面跟的车做头车。这种通信可以只在两辆车之间进行，其它车辆不用参与。

为了避免潜在的安全威胁，例如暴露行车轨迹，这些消息应当加密并且只有车队内的车辆才可以解密。此外，由于消息的私有性，这些消息的通信距离是从头车到车队的最后一辆车，一般是视距传输。即使在移动的过程中，车队内车辆数也是可以变化的，因此需要支持车队内资源率高的消息分发，并可以动态控制消息分发的范围。

需要支持两类车队性能需求集合：

- 集合 1：对于正常密度的车道，车辆间距要大于2米。当车队以100km/h速度移动时，车辆1秒移动36米。考虑到消息的来回传输时间和处理时延，以40Hz的频率发送，换算成端到端时延为25ms，需要支持300-400 Bytes的消息大小。
- 集合 2：对于高密的车队，车辆间距为1米。当车队以100km/h速度移动时，车辆1秒移动36米。考虑到消息的来回传输时间和处理时延，以100Hz的频率发送，换算成端到端时延为10ms，需要支持50-1200 Bytes的消息大小。

如果车队特别长，有时可能会打扰其它车辆以及交通管理的操作。因此，需要限制车队中可以有车辆数（一辆卡车可能会长达15米）。

6.2.2.1.2 通信需求

- 1) 时延：25ms（集合 1），10ms（集合 2）
- 2) 数据包大小：300-400 Bytes（集合 1），50-1200（集合 2，不包括安全部分）
- 3) 可靠性：90%（集合 1）
- 4) UE 发送速率(消息/秒)：30
- 5) 组通信支持的最大 UE 个数：5
- 6) 组通信中 UE 发送速率(消息/秒)：28

6.2.2.2 车队内信息交互

6.2.2.2.1 场景描述

车辆行驶到路上可以动态组成一个车队。车队的创建者需要负责车队的管理。管理者应当实时更新车队成员报告的周边交通数据，并上报给 RSU。同时，车队管理者应当实时接收 RSU 的消

息，包括离它们较远的道路状态和交通信息，并将这些信息共享给其它成员。所有的车辆成员可以通过 V2V 在组内共享这些信息。

所有车队成员可以通过两种方式获取信息，一种是车队内的 V2V，另一种是车队管理者转发来自 RSU 的信息。所有获得的信息用于构建高精度动态地图。

预置条件

1) 所有支持 V2V 通信的车辆以及车队管理者都应当支持 V2V 与 V2I 通信。在交互时每辆车都有一个唯一的 ID。

2) 车队有多于 1 辆激活的车，行驶在相同的车道上。任何一个车队成员都和与自己相邻的同一车队的车队成员在相互的通信范围内。

3) 车队管理者负责车队管理以及与 RSU 的信息交互。

业务流

1) 车辆 A/B/C/D 在相同的车队中，车辆 A 是管理者。

2) 车辆 A/B/C/D 共享周边实时的交通和道路信息。车辆 A 将这些信息上报给 RSU。

3) 车辆 A 从 RSU 处获知交通与道路信息，发现在它们的通信范围之外的前方拐角处发生了拥塞。

4) 车辆 A 与车辆 B/C/D 共享该消息。车辆 B/C/D 实时更新驾驶地图，车队慢行，改变行车路线。

后置条件

1) 车队内车辆基于与车队成员实时共享的信息建立高精度动态驾驶地图，可以对交通安全提供更为可靠的保护。

2) 只支持 V2V 的车辆可以通过车队信息交互获取自己 V2V 通信范围之外的动态信息。

3) 没有安装高清摄像头和雷达的车辆也可以从其它的车队成员处获得周边信息。

6.2.2.2.2 通信需求

1) 时延：10ms (V2V)，500ms (V2I)

2) 数据包大小：50-1200 (V2I)

3) 发送速率(消息/秒)：2 (V2I)

6.2.2.3 短距编队协作驾驶

6.2.2.3.1 场景描述

为了提高安全性和节省燃料，合作式驾驶允许一组车辆自主通信以实现换道和并线，加入或者离开车队。这个用例是汽车产业推动的，因为减少空气阻力可以显著节省燃料保护环境。对于所有车辆等级，从车与车通信角度，通过协调允许对道路进行更为有效的利用，减轻拥塞，提高安全性。可以预见，车辆间距会变得更小，甚至超出了驾驶员的反应能力，同时降低了汽油的消耗、提高了道路利用率。

相比协作自适应巡航控制 CACC (Cooperative Adaptive Cruise Control)，自动协作驾驶需要更高层次的自动化。CACC 提供对车辆移动的横向控制，但驾驶员仍旧负责驾驶控制。CACC 是美国汽车工程协会 SAE 和美国高速公路交通安全管理局 (NHTSA, The National Highway Traffic Safety Administration) 定义的自动驾驶等级 1 的自动化实例，是 SAE 定义的驾驶员辅助实例。自动协作驾驶提供严格的或者更低时延的横向控制，使得一辆头车可以与一组车辆进行通信并进行协调，实现更加紧密的跟随。自动协作驾驶概念框架允许创新性地使用通信接入技术，在不干涉驾驶员的前提下解决复杂的道路交通场景。自动协作驾驶可实现 SAE 从等级 2 到等级 5 的自动化。

由于给人类驾驶员告警的控制周期比较长，V2V 安全性使用的基础安全消息 BSM (Basic Safety Message) 广播以及类似的协作感知消息 CAM (cooperative awareness messages) 通常允许 100ms 的时延。此外，V2V 安全警告应用要求包错误率 BER (Packet Error Rate) 为 20%。

相比之下，自动协作驾驶要求：

- 非常低的消息交互时延- 更高的消息交互可靠性：通信链路必须极其可靠，减轻车辆相撞的危险- 更高的车辆密度- 更长的消息

短距编队协作驾驶涉及到的场景中，车间距很小，卡车的车间距尤其小。车间距转换为时间等价于 0.3s 或者更短，在车速为 80km/h 时车间距大约为 6.7 米。通过高级自动协作驾驶技术，加上低时延高可靠的车与车数据传输无线通信系统，车辆离得如此之近也成为可能。

短距编队协作驾驶与现有的车队实现方式有所不同，短距编队协作驾驶可以显著提升稳定性、效率和安全性。- 协助组中的车辆间需要可靠的无线通信。为了同时执行控制动作，头车与所有的协作车辆之间需要进行消息交互。短距编队协作驾驶不但用于车与车通信，还用于车与基础设施或者车与后台的通信，以保证高效利用可用资源以及必要的可靠性。

- 短距编队协作驾驶可能和视频传输一起使用。任意车辆内的显示面板共享前方看到的数据，协作通信组中的其他车辆的驾驶员可以播放在其它车内安装的摄像头收集的视频。- 短距编队协作驾驶可以在关键场景进行直接控制，信息丢失可能会导致车辆相撞。消息要可靠传输，并且以非

常低的时延送达。抖动要极低，电子控制单元通常在周期性提供的数据上操作。多辆车通过无线连接与头车进行链接。考虑到道路上的混合车辆，在多条车道、多等级多类型道路的场景中车辆的数目会超过 10000 车。

短距编队协作驾驶有两个阶段：

- 在阶段1，是一组车辆一起行驶，头车用熟练的专业驾驶员正常驾驶，后面多个车辆由系统完全自动驾驶，头车与其它车辆以很小的车间距进行信息交互。车辆的典型需求发送速率高达40Hz，等价以25ms的时延。车队中车辆间交互信息最初的考虑是基于CAM的扩展，大约300-400Bytes。
- 在阶段2，所有的车辆都由系统完全自动驾驶。相比阶段1，允许的车间距更小，燃料消耗更少。阶段2比阶段1需要更高的发送速率。发送速率为100Hz以便协调驾驶策略。端到端的时延为1ms。

此外，需要支持高精度定位技术，以保证在车辆自身定位系统不可用的情况下仍然可以使用V2X信息，例如，在非常稠密的城市场景。

预置条件

- 1) 车辆 A, B & C 具有 V2V 功能。
- 2) 车辆 A, B & C 之间相互邻近，并相互在V2V的通信范围内。
- 3) 车辆 A 在一个车辆组外行驶，该车辆组包括车辆B和C，车辆A想加入该车辆组。

业务流

- 1) 车辆 B 和其它组成员，例如车辆C共享包含组信息的信息，组信息例如车辆型号、速度、间距策略、在组内的位置以及规划的路径等。
- 2) 车辆 A 从组成员处接收消息，并基于特定的原则（例如 速度、间距策略、车辆型号）识别出可接受的组。
- 3) 车辆 A 给组内成员发送一个消息，要求加入组。
- 4) 车辆 B决定让车辆 A 加入组，并让车辆 A 插入到自己的前面，回复一个确认并在需要的情况下提供一个间距。
- 5) 组内所有其它成员从车辆 A 处接收消息，并更新组信息。
- 6) 车辆 A, B & C 之间相互邻近。
- 7) 车辆 A, B & C 连续不断地交换它们的信息，组成组信息，使组成员之间保持最优的距离来保证安全性。每辆车给后面的一辆车发送一个状态信息V2X消息。

- 8) 之后, 车辆 A 的驾驶员决定离开这个组并控制车辆A。
- 9) 车辆 A 给组内其它成员广播一个消息, 说明它要离开这个组。
- 10) 车辆 B 从车辆 A 接收消息并更新组信息。

后置条件

- 1) 车辆 A 离开组。
- 2) 基于更新的组信息调整车辆间的距离。

6.2.2.3.2 通信需求

- 1) 组通信中两个 UE 之间的时延: 小于 5ms
- 2) 时延: 25ms (阶段 1), 10ms (阶段 2)
- 3) 数据包大小: 300-400 Bytes (阶段 1), 1200ms (阶段 2)
- 4) 可靠性: 90% (阶段 1), 99.99% (阶段 2)
- 5) 通信距离: 80 米 (阶段 2)
- 6) UE 发送速率(消息/秒): 40 (阶段 2)
- 7) 定位精度: 相对横向定位精度为 0.1 米, 相对纵向定位精度为小于 0.5 米 (阶段 2)

6.2.2.4 部分/条件自动驾驶车队的信息共享

6.2.2.4.1 场景描述

这是一个自动驾驶车队, 对应于 SAE 等级 3 的自动化等级, 其中假设车间距非常短, 例如, 小于 2 秒乘以车辆速度, 可以充分交互处理过的或者原始的数据。

如下方面应用于协作感知与协作决策。

注 1: 协作感知一般定义为使用 V2X 通信共享本地感知数据 (经过处理的和/或高解析传感器数据) 来扩大本地传感器的检测范围。每辆车和/或 RSU 与邻近车辆共享自己从本地传感器获得的感知数据, 例如摄像头、激光雷达、雷达等。

注 2: 协作决策一般定义为使用 V2X 通信共享驾驶意图信息 (经过处理的和/或高解析传感器数据)。每辆车与邻近车辆共享自己的驾驶意图。

- 协作感知: 这个用例要求在相同区域的车辆共享检测到的物体, 例如本地传感器检测到的抽象物体信息。
- 协同决策: 这个用例要求通过V2X通信共享驾驶意图, 与相关车辆在换道、高速合流、以及十字交叉路口上达成一致, 驾驶意图包括例如几秒内在某个位置要移动、刹车、停车等。

如下需求应用于关键性能指标:

- 数据速率：每条链路上协同感知的数据速率为2.5 Mbps，每条链路上协同决策的数据速率为0.25 Mbps。

注 3：2.5 Mbps 是按照如下计算得到的：每个物体60Bytes，总共100个物体，每秒发送50个消息，总共是60乘以8乘以100乘以50=2.29Mbps，再打个余量。0.25Mbps 是按照如下计算得到的：每个消息至少为100Bytes，例如为500Bytes，每秒发送50个消息，总共是500乘以8乘以50=0.19Mbps，再打个余量。每秒发送50个消息是假设车辆和RSU每20ms产生一个新消息。

注 4：广播或者组播，周期性或者时间触发。

- 端到端时延：低

注 5：需要很低的应用层端到端时延，例如20ms。

- 可靠性：高
- 通信范围：10 秒乘以 最大相对速度

注 6：在SAE 等级 3自动化级别，当自动驾驶系统不能支持自动驾驶时，在足够长的转换时间内，例如10s，还需要驾驶员完全接管汽车。为了达到这个目的，车辆需要提前足够的时间获取环境预测信息。

注 7：一般而言，假设车辆间的相对车速如下：城区：0-100km/h，郊区0-200 km/h，高速公路0-250 km/h（同向）。假设车辆与RSU之间的相对车速如下：城区0-50km/h，郊区0-100km/h，高速公路0-250 km/h（同向）。

- 连接设备的密度：高密

预置条件

- 1) 车辆A, B, C, D, E和 F 以及RSU X, Y, Z支持V2X通信，为半自动化车队进行信息共享。
- 2) 车辆A, B, C, D, E, F 和 RSU X, Y, Z 的任意组合都在通信范围内。
- 3) 车辆 A, B, C 组成了一个车队 ABC。在车队ABC的附近，车辆 D, E, F组成了另一个车队 DEF。对于在同一车队中的车辆，车辆间的间距很短，例如小于2秒乘以车速。

业务流

- 1) 每辆车与其它车辆都共享自己检测到的物体（例如本地传感器检测到的抽象物体信息）或者原始的驾驶意图，这个共享并不只是在本车队内部，还包括附近车队中的车辆。每个RSU共享自己检测到的物体给车辆A, B, C, D, E, F。
- 2) 每辆车会得到本地传感器检测不到的环境信息，还会得到本车队以及相邻车队车辆的驾驶意图。

后置条件

1) 每辆车将得到的信息, 包括检测到的物体和/或其它车辆的驾驶意图, 作为预测信息用于车队决策。

2) 提高了道路安全和交通效率。

6.2.2.4.2 通信需求

1) 用户体验数据速率: 2.75 Mbps (V2V), 2.5 Mbps (V2I)

2) 时延: 20ms (V2V/V2I)

3) 数据包大小: 6500 Bytes (V2V), 6000 Bytes (V2I), 都不包括安全相关部分

4) 可靠性: 高

5) 通信距离: 10 秒 乘以 (最大相对速度) m/s, 等价于城区场景中最大相对速度为 100km/h 时的 278 米, 郊区场景中最大相对速度为 200 km/h 时的 556 米, 高速公路 (同向) 场景中最大相对速度为 250 km/h 时的 694 米。

6) UE 发送速率(消息/秒): 50

6.2.2.5 高度/完全自动驾驶车队的信息共享

6.2.2.5.1 场景描述

这是一个自动驾驶车队, 对应于 SAE 等级 4 或者等级 5 的自动化等级, 其中假设车间距非常短, 例如, 小于 2 秒乘以车辆速度, 要求交互高解析的数据。

如下方面应用于协作感知与协作决策。- 协作感知: 这个用例要求在相同区域的车辆中共享高解析的感知数据, 例如摄像头、LIDAR、所处的格栅等。

- 协同决策: 这个用例要求通过 V2X 通信共享详细的车辆计划的移动轨迹以便协同决策。

关键性能指标:

- 数据速率: 每条链路上协同感知的数据速率为 50Mbps, 每条链路上协同决策的数据速率为 15Mbps。

注 1: 15Mbps是按照如下计算得到的: 计划的移动轨迹~12.5 Mbps 再加上其它意图数据。每秒发送50个消息是假设车辆和RSU每20ms产生一个新消息。

- 端到端时延: 低

注 2: 需要较低的应用层时延, 例如20ms。

- 可靠性: 高可靠性

- 通信距离: 5秒乘以(最大相对速度m/s)

注 3: 在SAE 等级 4 和 等级 5 自动化等级, 在没有驾驶员干预的情况下, 自动驾驶系统需要控制汽车。为了达到这个目的, 车辆需要提前足够的时间获取环境预测信息, 例如提前5秒。

注 4：一般而言，假设车辆间的相对车速如下：城区0-100 km/h，郊区0-200 km/h，高速公路 0-250 km/h（同向）。假设车辆与RSU之间的相对车速如下：城区0-50km/h，郊区0-100km/h，高速公路0-250 km/h（同向）。

— 连接设备的密度：高密

预置条件

- 1) 车辆 A, B, C, D, E, F 和 RSU X, Y, Z支持 V2X通信，为全自动化车队进行信息共享。
- 2) 车辆A, B, C, D, E, F 和 RSU X, Y, Z 的任意组合都在通信范围内。
- 3) 车辆 A, B, C 组成了一个车队 ABC。在车队ABC的附近，车辆 D, E, F组成了另一个车队 DEF。对于在同一车队中的车辆，车辆间的间距很短，例如小于2秒乘以车速。

业务流

- 1) 每辆车与其它车辆都共享自己高解析感知数据（例如摄像头、激光雷达、占用的栅格）和/或详细计划的轨迹，这个共享并不只是在本车队内部，还包括附近车队中的车辆。每个RSU共享自己高解析感知数据给车辆A, B, C, D, E, F。
- 2) 每辆车会得到本地传感器检测不到的环境信息，还会得到本车队以及相邻车队车辆的驾驶意图。

后置条件

- 1) 每辆车将得到的信息，包括高解析感知数据和/或详细计划的轨迹，作为预测信息用于车队决策。
- 2) 提高了道路安全和交通效率。

6.2.2.5.2 通信需求

- 1) 用户体验数据速率：65 Mbps (V2V)，50 Mbps (V2I)
- 2) 时延：20ms (V2V/V2I)
- 3) 可靠性：高
- 4) 通信距离：5 秒乘以(最大相对速度) m/s，等价于城区场景中最大相对速度为 100km/h 时的 139 米，郊区场景中最大相对速度为 200 km/h 时的 278 米，高速公路（同向）场景中最大相对速度为 250 km/h 时的 347 米。

6.2.3 通信需求总结

车队相关的通信场景及性能需求见表 4。

表 4 车队相关的通信场景及性能需求

| 通信场景描述 | | 数据包大小 (Bytes) | 发送速率 (消息/秒) | 最大端到端时延 (ms) | 可靠性 (%) | 数据速率 (Mbps) | 最小需求的通信距离(米) (注 6) |
|--------|--------|------------------|----------------|-----------------|------------|----------------|-----------------------|
| 场景 | 自动驾驶等级 | | | | | | |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|------------------|----|-----|-------|-------------|------|
| 协同驾驶车队中 UE 之间信息交互 | 最低 | 300-400 (注 1) | 30 | 25 | 90 | | |
| | 较低 | 6500 (注 2) | 50 | 20 | | | 350m |
| | 最高 | 50-1200 (注 3) | 30 | 10 | 99.99 | | 80 |
| | 较高 | | | 20 | | 65 (注 2) | 180m |
| 车队中 UE 与 RSU 之间的 Reporting | N/A | 50-1200 | 2 | 500 | | | |
| 车队中 UE 与 RSU 之间的信息共享 | 较低 | 6000 (注 2) | 50 | 20 | | | 350m |
| | 较高 | | | 20 | | 50 (注 2) | 180m |

注1：这个值用于事件触发和周期性传输的数据包。

注2：数据包括协同决策和协同数据感知，在相同的时间周期内使用两个不同的消息(例如，要求时延20ms)。

注3：这个值不包含安全部分。

注4：即使没有对应的取值也需要足够的可靠性。

注5：自动化程度与特定场景相关。

注6：这个值对应UE的速度为130km/h。

6.3 扩展传感器

6.3.1 简介

扩展传感器在车辆间、RSU、行人设备以及 V2X 应用服务器之间交换从本地传感器或者实时视频数据中获取的原始的或者处理过的数据。车辆除了自己的传感器可以检测到的信息之外，还可以对环境感知进行增强。

6.3.2 典型用例

6.3.2.1 共享传感器信息和状态地图

6.3.2.1.1 场景描述

传感器和状态地图共享 (SSMS, Sensor and state map sharing) 使得车辆之间可以通过分享原始的或者经过处理之后的传感器数据以建立协作环境感知。这一概念是目前 ETSI 和 ISO 技术报告和相关标准中的本地动态地图 (LDM, Local Dynamic Map) 概念的进一步延伸，其主要的区别是 SSMS 具备更高的时间和空间保真度、更低的时延和超越本地范畴交通线路到全网范围内的“状态地图”感知。SSMS 将充分利用系统的高可靠传输以及高容错特性。这些将使得诸如需要依赖于低时延通信的精确定位和控制类业务变为可能，从而实现关键性任务类的应用，例如协同

驾驶（车队）、交叉路口上所有道路使用者（包括行人和紧急车辆通信）的安全等。这些应用场景并不一定需要直接传输高分辨率的传感器数据，智能节点也可以通过车载数据处理和交换得到共享的或者融合的环境感知，从而车辆自动进行推理思考或者进行具体操作规划。尽管如此，由于需要大量不同种类的传感器进行联网，SSMS 需要大的数据传输带宽。

需求：

- 高带宽
- 高可靠性以支持高融合置信度
- 短时延，从而允许高动态的车辆自动操作和紧急车辆响应
- 高密度终端发送
- 大的消息
- 网络和基于云平台的信息整合（例如：本地动态地图）

由于车辆自身的定位系统在密集城区时并不总是可用，因此需要支持高精度定位技术，例如通过本地分享、测距或者通过移动网络获得。

预置条件

- 1) 车辆A、B和C均支持SSMS。基础设施X、Y和Z也均支持SSMS。
- 2) 任何车辆A、B或者C和路边设备的组合均在通信范围内。
- 3) 在A、B、C、X、Y和Z中至少两个实体提供SSMS业务，也就意味着创建了一个SSMS组。

业务流程

- 1) SSMS组成员（A、B、C、X、Y、Z）通过采用通用的数据交换格式（例如：LDM的未来拓展）分享信息。这些信息包括车辆路径轨迹、计划的路径轨迹以及一些原始的或者经过处理或者抽象的车载传感器的数据。
- 2) SSMS成员各自形成自己的状态地图。
- 3) SSMS成员依据各自的状态地图形成各自的策略或者决策。
- 4) SSMS成员广播各自的决策给其他组成员。
- 5) SSMS成员执行决策。
- 6) 其他SSMS成员将接收到的其余成员的决策信息以及他们传感器感知到的其余成员的操作信息考虑进其自身的状态地图中。

后置条件

- 1) 增强状态信息: SSMS成员 (A、B、C、X、Y、Z) 能够独立执行各自的动作 (A、B、C) 或者相应的控制功能 (系统和路边设施X、Y、Z)。
- 2) 系统协调: 使得SSMS成员可以执行联合作业。
- 3) 改善安全和操作性能。

6.3.2.1.2 通信需求

- 1) 峰值速率: 25 Mbps
- 2) 时延: 10ms
- 3) 可靠性: 90%

6.3.2.2 共享环境信息

6.3.2.2.1 场景描述

在临近区域的车辆可以互相交互实时信息, 这些实时信息是基于车辆传感器信息或者来自 UE 类型的 RSU 传感器信息。这种信息交互称为协作环境感知 (CPE, Collective Perception of Environment), 如图 7 所示, 可以增强车辆对环境的感知能力, 从而避免交通事故的发生。

此处考虑每公里 9.840 辆汽车的场景, 该场景对应于美国单向 5 车道 (双向 10 车道) 且存在 3 条高速交叉交通拥堵时的情况。

对应的信息交互存在如下特征:

- 为了支持本地环境感知以及与真实车辆状况相关信息交互, 需要支持至少1600Byte净荷传输, 从而支持探测到的关于10个对象相关的信息发送。
- 信息交互需支持许多车辆追踪环境的变化, 其重复更新的频率至少5-10Hz。更新的频率需要足够高以满足车辆速度矢量在两次更新之间变化不大。每个车辆产生的信息需要传送给其周围一定距离范围内 (城区: 50m, 郊区: 500m, 高速公路: 1000m) 的其他车辆。

周期性的和事件触发性的交通信息类型可同时存在。

协作环境感知分为两个阶段, 不同的阶段有不同的关键性能指标:

- 第一阶段: 协作环境感知CPE处理这样的场景, 一部分道路使用者装备了服务于ITS的通信技术, 这些道路使用者探测到道路上有其他道路使用者不具备周期性发送ITS业务相关消息的能力。这些道路使用者周期性发送本地自身传感器探测到的诸如对象类型、速度、方向等信息。这些预处理的传感器信息交互使得即使在ITS未完全发展的市场里同样可以通过采用服务于ITS的通信技术来增强环境感知能力。对于通信的要求: 数据包大小1600 Byte, 端到端时延100ms, 可靠性99%。

- 第二阶段：协作环境感知CPE已经为一系列协作自动驾驶应用场景（如自动前向碰撞避免，借道或者换道等）奠定了基础。第二阶段不仅仅是道路使用者探测和分类，其目的是360度全视野感知。道路使用者之间互相分享传感器信息，从而可以拓展单个本地自身传感器能够探测到物体和障碍物的范围，例如在上坡时坡后面的情况、弯道或者房屋拐角后面的情况。这些传感器数据可以用来在没有人参与情况下的车辆控制。依据具体场景需求，交互的传感器数据既可以是经过预处理之后的低精度数据也可以是未经处理的原始高精度数据。发生交通事故时的责任判定、本地自身和远端传感器数据的分布式验证、高精度地图融合以及对象本地化等均需要原始高精度数据。移动通信性能对于精确的环境建模至关重要。对于通信的要求：预处理数据传输50Mb/s，原始数据传输 1Gb/s，数据包大小1600 Byte，端到端时延3ms，可靠性要求紧急情况时为99.999%，其他情况为99.99%）。协作环境感知CPE见图7。

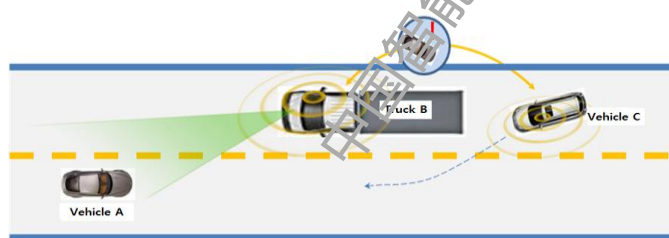


图7 协作环境感知 CPE

预置条件

- 1) 车辆A不具备V2X能力，卡车B和车辆C具备V2X能力。
- 2) 车辆C在同一道跟着卡车B自东向西行驶，车辆A自西向东行驶，即与卡车B和车辆C的行驶方向相反。
- 3) 车辆A、B和C互相在V2X通信距离范围内行驶。
- 4) 车辆C想要超越卡车B。

业务流

- 1) 超车开始启动时，车辆C感知不到车辆A。
- 2) 卡车B通过其前向传感器系统探测到车辆A，并将此环境相关信息通过V2X通信发送给车辆C。
- 3) 想要超车的车辆C分析接收到的数据，并给予驾驶员危险的告警。
- 4) 由于告警，车辆C的驾驶员停止超车的动作。

后置条件

1) 避免了可能发生的交通事故。

2) 当车辆A通过之后, 车辆C接收到卡车B发过来的信息表明没有危险之后, 其再尝试超车。

6.3.2.2.2 通信需求

对于第一阶段:

1) 组内通信时延: 100ms

2) 数据包大小: 1600 Bytes

3) 可靠性: 99%

4) 通信距离: 1000 米

对于第二阶段: 满足 5) 6) 7) 的其中一个和/或 8) 即可

5) 支持在 200m 通信范围内、组内通信时延为 3ms、可靠性为 99.99%

6) 支持在 500m 通信范围内、组内通信时延为 10ms、可靠性为 99.99%

7) 支持在 1000m 通信范围内、组内通信时延为 50ms、可靠性为 99%

8) 支持在紧急碰撞的情况下、在 50m 通信范围内、短时间内单个 UE 传输的峰值速率为 1Gbps

6.3.2.3 共享高清视频

6.3.2.3.1 场景描述

在某些道路交通情况下, 如前面存在大卡车遮挡的时候, 驾驶员的视觉范围会受限。这种情况下, 从一个车辆发送给另一个车辆的视频信息可以有效地保障安全驾驶。视频数据同样也可以通过 UE 类型的 RSU 进行收集和发送。

由于每个驾驶员具体操作的决策与其驾驶能力和安全倾向/喜好(车辆之间的距离, 车辆的速度)密切相关, 分享处理后的数据(比如通过自动物体探测)是无法满足要求的。

分享高精度的视频数据可以更好地支持驾驶员依据其安全倾向/喜好来做出相应的操作, 如图 8 所示。进而, 由于可能导致障碍物不可见或者被忽略, 分享低精度的视频也不能满足要求。此外, 由于视频压缩会带来高延迟, 也需要避免。

下面两组关键性能指标适用于不同技术层面的自动驾驶:

第一组关键性能指标适用于人类视觉系统(也就是说驾驶员依然在控制环中, 但不排除驾驶员就是机器):

- 时延要低于50ms, 从而使得应用层的视频分享和监测接近于实时。
- 数据速率10Mbps, 以传输至少720p、每秒30帧的高清视频数据。
- 可靠性达90%, 以避免视频流中出现大量的错误。

第二组关键性能指标适用于以机器为中心的视频数据分析(如: 高精度定位估计):

- 时延要低于10ms，避免由于需要额外的缓存而导致分享的视频数据之间在时间和空间上不匹配。
- 数据速率100-700Mbps，支持从基于原始数据传输到具体由厂家自己定义数据传输精度的计算机视觉（如：6路摄像头，每路分辨率为 1280乘以720，24 bit/pixel，30fps）。
- 可靠性达 99.99%，以避免在应用计算机视觉算法时发生错误。辅助/改善自动驾驶视频信息共享见图8。

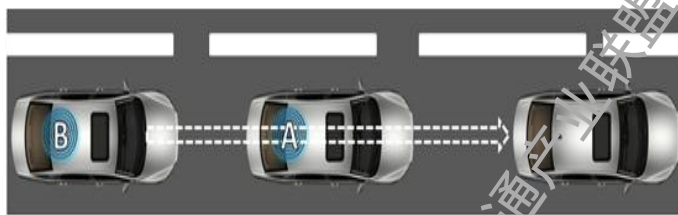


图 8 辅助/改善自动驾驶视频信息共享

预置条件

- 1) 车辆A、B支持V2X通信。
- 2) 车辆A、B支持辅助/改善自动驾驶视频信息共享（VaD，Video data sharing for assisted and improved automated driving）应用。
- 3) 车辆A和B在通信距离内。

业务流

- 1) 车辆A通过应用层消息周期性地通过V2X通信宣告其VaD能力。
- 2) 车辆B通过V2X通信传递消息请求车辆A的VaD信息。
- 3) 车辆A周期性发送VaD应用数据。
- 4) 当车辆B超越车辆A或者车辆A停止发送数据后一段时间，车辆B发送VaD应用释放消息。

后置条件

- 1) 驾驶员获知前方驾驶状况。

6.3.2.3.2 通信需求

对于第一组关键性能指标：

- 1) 支持在通信范围为 100m 时，UE 之间的传输速率达 10Mbps，时延低于 50ms，可靠性达到 90%。

对于第二组关键性能指标：

- 2) 支持在通信范围为 500m 时，UE 之间的传输速率达 700Mbps，时延低于 10ms，可靠性达到

99.99%。

6.3.3 通信需求总结

扩展传感器相关的通信场景及性能需求见表 5。

表 5 扩展传感器相关的通信场景及性能需求

| 通信场景描述 | | 数据包大小 (Bytes) | 发送速率 (消息 / 秒) | 最大端到 端时延 (ms) | 可靠性 (%) | 数据速率 (Mbps) | 最小需求的通 信距离(米) |
|-------------------------|--------|------------------|---------------------|---------------------|------------|----------------|------------------|
| 场景 | 自动驾驶等级 | | | | | | |
| 支持 V2X 应用的 UE 之间分享传感器信息 | 较低 | 1600 | 10 | 100 | 99 | | 1000 |
| | 较高 | | | 10 | 95 | 25 (峰值速率) | |
| | | | | 3 | 99.999 | 50 | 200 |
| | | | | 10 | 99.99 | 25 | 500 |
| | | | | 50 | 99 | 10 | 1000 |
| | | | | 10 | 99.99 | 1000 | 50 |
| 支持 V2X 应用的 UE 之间分享视频 | 较低 | | | 50 | 90 | 10 | 100 |
| | 较高 | | | 10 | 99.99 | 700 | 500 |

6.4 高级驾驶

6.4.1 简介

高级驾驶可以是半自动驾驶或者全自动驾驶，假设车间距较长。每辆车和/或RSU共享从邻近车辆本地传感器获得的数据，允许车辆协同它们的行车轨迹或者策略。此外，每辆车与邻近车辆共享驾驶意图。此类用例的好处是安全驾驶、避免碰撞并提高交通效率。

6.4.2 典型用例

6.4.2.1 部分/条件自动驾驶中的信息共享

6.4.2.1.1 场景描述

本应用场景对应于诸如 SAE 等级 3 或者等级 2 的自动驾驶分级，车辆之间的距离较大（例如大于 2 秒乘以车辆速度）且抽样提取后的/低精度的数据交互足以满足要求。

以下条件适用于协同感知和协同决策：

注 1：协同感知通常定义为通过采用 V2X 通信分享自身感知到的数据（抽样提取后的数据和/或高精度传感器数据）来拓展车载传感器的可探测范围。临近的车辆和/或 RSU 分享其自身传感器（如：摄像头，激光雷达，雷

达等)探测到的数据。

注 2: 协同操控通常定义通过采用 V2X 通信分享驾驶意图信息(抽样提取后的数据和/或高精度数据)。临近的车辆相互分享各自的驾驶意图信息。

- 协同感知: 该场景要求同一区域内的车辆参与者分享探测到的物体和对象(如: 自身传感器探测到的物体/对象抽样提取后的信息)。
- 协同决策: 该场景要求参与者为了变道、汇入高速公路和环岛、穿越无交通信号灯的十字路口等分享其驾驶意图信息(如: 在T秒内在[x, y, z]上要变道或者行驶/停止/停车), 从而通过V2X通信在各个参与车辆之间形成共识。

要求适用如下关键性能指标:

- 数据速率: 对于协同感知, 单链路0.5 Mbps, 对于协同操控, 单链路0.05Mbps。

注 3: 0.5Mbps 通过如下计算得出: 60 Byte/对象, 100 个对象, 10 条消息/秒。0.05Mbps 通过如下计算得出: 数百 Byte (如 500Byte) /消息, 10 条消息/秒。10 条消息/秒基于的假设是车辆和 RSU 每 100ms 产生一条新的消息。

注 4: 假设消息为广播或者多播、周期(或者事件)触发。

- 端到端时延: 低。

注 5: 要求端到端应用层低时延(如: 100ms)。

- 可靠性: 高可靠性。
- 通信距离: 10秒乘以(最大相对速度m/s)。

注 6: SAE 自动驾驶 等级 3 要求当自动驾驶系统无法满足自动驾驶要求的时候, 在给予足够接管时间的情况下(如 10 秒), 驾驶员需要接管车辆的控制。为了满足该需求, 车辆需要提前得到或者感知到周边的环境信息。

注 7: 通常来说, UE 之间的相对速度假设如下: 城区 0-100 km/h, 郊区 0-200km/h, 高速公路 0-250 km/h (同向)。UE 和 RSU 之间的相对速度假设如下: 城区 0-50km/h, 郊区 0-100 km/h, 高速公路 0-250km/h (同向)。

- 终端连接密度: 高密度。

预置条件

- 1) 车辆A、B和C, RSU X、Y和Z均支持通过V2X通信进行信息交互从而能够进行有限的自动驾驶操作。
- 2) 任何车辆A、B和C以及RSU X、Y和Z之间的两两组合均在通信范围内。
- 3) 车辆A、B和C邻近行驶, 车辆之间存在一定的距离(例如: >2秒乘以车辆速度)。

业务流

1) 车辆分享其探测到的物体对象信息（如自身传感器探测到的经抽样提取后的物体对象信息）和/或各自的驾驶意图信息，各个RSU与车辆A、B和C分享其探测到的物体对象信息。

2) 各车辆获得其无法通过自身传感器感知到的周围环境信息，并且获得其他临近车辆的驾驶意图信息。

后置条件

1) 各车辆利用其收到的关于周围环境的信息和/或其他车辆驾驶意图信息，将这些信息输入作为其自身驾驶相关的预测信息。

2) 道路安全和交通效率得到改善。

6.4.2.1.2 通信需求

1) 用户体验数据速率：0.55 Mbps (V2V)，0.5 Mbps (V2I)

2) 数据包大小：6500Bytes (V2V)，6000Bytes (V2I)，均不包括安全相关的部分

3) UE 发送速率(消息/秒)：10

4) 时延：100ms (V2V/V2I)

5) 可靠性：高

6) 通信距离：10 秒 乘以 (最大相对速度) m/s，等价于城区场景中最大相对速度为 100km/h 时的 278 米，郊区场景中最大相对速度为 200 km/h 时的 556 米，高速公路（同向）场景中最大相对速度为 250 km/h 时的 694 米。

6.4.2.2 高度/全部自动驾驶中的信息共享

6.4.2.2.1 场景描述

本应用场景对应于诸如 SAE 等级 4 或者等级 5 的自动驾驶分级，车辆之间的距离较大（例如大于 2 秒乘以车辆速度）且需要高精度数据交互。

以下条件适用于协同感知和协同决策：

- 协同感知：要求在同一区域内分享各车辆自身感知到的高精度传感器数据（如：摄像头，激光雷达等）。
- 协同决策：要求通过V2X通信在所有参与车辆之间分享详细的计划行驶轨迹。

关键性能指标：

- 数据速率：对于协同感知，单链路50Mbps，对于协同操控，单链路3Mbps。

注 1:50Mbps 通过如下计算得出：H. 265/ HEVC 高清摄像头约 10Mbps 速率+ 激光雷达~35Mbps 速率（6 垂直角度，64 线，10Hz 水平旋转）+其他传感器数据。3Mbps 通过如下计算得出：计划轨迹约 2.5Mbps（32 Byte/协商，10ms 精度信息，10s 轨迹信息，10 条消息/秒）+其他驾驶意图数据。每秒 10 条消息基于的假设是车辆和 RSU

每 100ms 产生一条新的消息。

- 端到端时延：低。

注 2:要求应用层端到端低时延（如：100ms）。

- 可靠性：高可靠性

- 通信距离：5 秒 乘以（最大相对速度m/s）。

注 3:在 SAE 等级 4 和 5 中，自动驾驶系统无需人干预。为此，车辆需要获得足够提前的环境预测信息（如：5 秒之后的情况）。

注 4:通常来说，UE 之间的相对速度假设如下：城区 0-100 km/h，郊区 0-200 km/h，高速公路 0-250km/h（同向）。UE 和 RSU 之间的相对速度假设如下：城区 0-50 km/h，郊区 0-100 km/h，高速公路 0-250 km/h（同向）。

- 终端连接密度：高密度

预置条件

- 1) 车辆A、B和C，RSU X、Y和Z均支持通过V2X通信为满足全自动驾驶进行信息交互。
- 2) 车辆A、B和C以及RSU X、Y和Z之间的任意两两组合均在通信范围内。
- 3) 车辆A、B和C相互临近行驶，车辆之间存在一定距离（例如：>2秒乘以车辆速度）。

业务流

1) 车辆分享其探测到高精度信息（如摄像头、激光雷达等）和/或各自详细计划行驶轨迹信息。RSU与车辆A、B和C分享其探测到的高精度信息。

2) 各车辆获得其无法通过自身传感器感知到的周围环境信息，并且获得其他临近车辆的计划行驶轨迹信息。

后置条件

1) 各车辆利用其收到的关于周围环境的高精度信息和/或其他车辆计划行驶轨迹信息，将这些信息输入作为其自身驾驶相关的预测信息。

- 2) 道路安全和交通效率得到改善。

6.4.2.2.2 通信需求

- 1) 用户体验数据速率：53 Mbps（V2V），50 Mbps（V2I）
- 2) 时延：100ms（V2V/V2I）
- 3) 可靠性：高
- 4) 通信距离：5 秒 乘以（最大相对速度）m/s，等价于城区场景中最大相对速度为 100km/h 时的 139 米，郊区场景中最大相对速度为 200 km/h 时的 278 米，高速公路（同向）场景中最大相对速度为 250 km/h 时的 347 米

6.4.2.3 紧急路线协同

6.4.2.3.1 场景描述

紧急路径调整消息（EtrA, Emergency Trajectory Alignment）用以补充协作自动驾驶功能。通过 EtrA 进行协同操作，在危险和具备驾驶挑战的情况下辅助驾驶员操作，从而改善交通安全。EtrA 消息包括传感器数据和特定的用以协作规避操作的相关状态信息，从而在道路紧急情况下带来更多安全：

- 当车辆从车载传感器得知道路上有障碍物时（例如：道路上有行人、散落的物品、鹿在穿越马路等），其通过特定的操作以避免交通事故的发生。
- 然后这辆车立刻告知其他车辆相关关键安全情况，该信息需要高可靠传递。
- 临近车辆开始调整路径轨迹，针对该紧急情况作出协同反应。

需要满足如下关键性能指标：

- 保证端到端的时延少于3ms，从而保证协同操作规划在应用所规定的时间限制内。
- 支持30Mbps的吞吐量用以相互交换消息，车辆之间的传感器和路径数据为90kb（0.3m抽样粒度，每路径100个采样点，每条消息50个路径信息+传感器数据）。
- 在500m通信距离内达到99.999%的可靠性以避免在紧急情况时应用层的路径轨迹计算错误。

预置条件

- 1) 车辆A、B、C和D支持V2X通信。
- 2) 车辆A、B、C和D支持EtrA应用。
- 3) 车辆A通过车载传感器探测到路上有障碍物。
- 4) 车辆A计算和规划驾驶操作，在不危及其他道路参与者的前提下避免发生碰撞。

业务流

- 1) 车辆A通过V2X通信告知车辆B、C和D其需要立刻重新规划路径。
- 2) 在探测和告知其他相关车辆关于重新计算路径的信息后，车辆A、B、C和D计算可能的新的路径并且通过V2X通信告知其他相关车辆。
- 3) 车辆A、B、C和D通过应用层已知的算法解码和验证路径信息，然后通过V2X通信发送选定的路径轨迹。
- 4) 车辆A、B、C和D通过V2X通信确认各辆车一致选定的路径。
- 5) 车辆A、B、C和D通过V2X通信发送重新计算和选定的路径信息。

后置条件

- 1) 临时规避操作组执行驾驶操作。

2) 当操作完成后, 临时规避操作组停止发送EtrA消息。

6.4.2.3.2 通信需求

1) 用户体验数据速率: 30 Mbps

2) 时延: 3ms

3) 可靠性: 99.999%

4) 通信距离: 500 米

6.4.2.4 动态地图下载

6.4.2.4.1 场景描述

这个用例就是在车辆经过十字路口时, 为车辆提供安全信息以避免发生交通事故, 并辅助自动驾驶功能。十字路口的安全信息包括高精度数字地图、信号灯信息、行人和车辆运动状态信息及位置信息, 这些信息都包含在本地动态地图 (LDM, Local Dynamic Map) 中。LDM 的消息按照周期性或者按需下载到车辆中, 这些信息用于获知十字路口状态、控制自动驾驶车辆。

十字路口安全信息系统包括路面雷达、交通信号、LDM 服务器和 RSU, 如图 9 所示。LDM 服务器通过路面雷达和交通信号检测道路状态, 并产生 LDM 消息, 通过 RSU 发送给 UE。

1) 交通模型

十字路口包含四个方向, 每个方向两条车道。通信范围为250米, 每个方向上有50辆车参与通信。最大的车辆数为200辆, 自动驾驶车辆的平均速度为60km/h

2) 消息大小和传输速率

LDM消息包含静态地图信息, 交通信号相位信息, 移动物体的信息 (行为或者车辆)。LDM消息大小约为 400-500 Bytes

注: 静态地图的大小为 500m 乘以 500m, 大约有 300Bytes。移动物体有一个ID和特定的速度, 不超过 100bytes。LDM消息总共约为400-500 Bytes。

自动驾驶车辆速度为60km/h, 每秒移动16米。对于安全消息, LDM消息的传输速率至少为10, 每1.6米就会收到LDM消息。对于自动驾驶车辆控制应用来说, LDM消息的传输速率要大于50, 也就意味着车辆控制的步骤要在32厘米的距离内完成。

3) 数据包发送速率与可靠性

基于给定的条件, 有200辆车, LDM消息大小为450Bytes, 消息传输速率为50, 则需要的速率为450 Bytes 乘以 8 bits 乘以200 辆车 乘以 50, 大约是36Mbps, 考虑到60-70%的数据包传输效率, 实际的数据包速率为50Mbps。十字路口安全信息系统见图9。

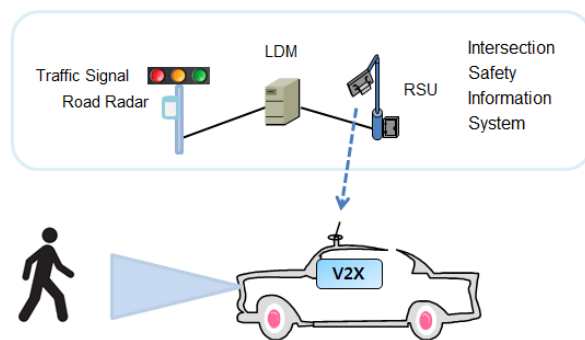


图 9 十字路口安全信息系统示意图

预置条件

- 1) 在十字路口安装路面雷达或者摄像头，可以监控车辆和行人的移动；
- 2) 服务器接收车辆和行人的位置和移动信息以及交通信号，产生LDM消息；
- 3) LDM服务器和RSU连接，RSU按需或者周期性广播LDM消息；
- 4) UE或者十字路口安全消息系统初始化无线链路设置；
- 5) UE请求LDM消息；
- 6) 十字路口安全消息系统下载LDM消息给车辆。

业务流

- 1) 车载UE向十字路口安全消息系统初始化无线链路设置；
- 2) 车载UE向十字路口安全消息系统请求LDM消息；
- 3) 十字路口安全消息系统下载LDM消息给UE；
- 4) 车载UE向十字路口安全消息系统终止无线链路设置。

后置条件

- 1) UE接收LDM消息并给车辆驾驶员预警；
- 2) 对于自动驾驶车辆UE产生车辆控制信息；
- 3) 自动驾驶车辆避免与车辆或者行人相撞。

6.4.2.4.2 通信需求

- 1) 用户体验数据速率：0.5 Mbps（下行），50 Mbps（上行）
- 2) 数据包大小：450Bytes
- 3) UE 发送速率(消息/秒)：50
- 4) RSU 能通信的 UE 个数：200

6.4.2.5 协同联合变道

6.4.2.5.1 场景描述

在有多条车道的道路上，车辆可能会触发变道策略。为了保证变道的安全和效率，车辆间有必要交互计划的行车轨迹。协同变道场景包括车辆改变自己本来的行车轨迹以协同横向和纵向的控制，确保平稳进行变道。

系统变道需要支持两类关键性能指标：

第一类：车辆是半自动驾驶

- 消息大小：300-400 Bytes
- 在变道相关的车辆中数据包交互的端到端延迟不超过25ms
- 需要90%的可靠性来确保参与的车辆能收到变道策略更新的行车计划

第二类：车辆是全自动驾驶

- 消息大小：12kBytes（UE位置、传感器数据）
- 在变道相关的车辆中数据包交互的端到端延迟不超过10ms
- 需要99.99%的可靠性来确保参与的车辆能收到变道策略更新的行车计划

预置条件

- 1) 车辆A，B，C支持信息交互；
- 2) 车辆B和C在相邻的车道；
- 3) 车辆A想要变道到相邻车道上车辆B和车辆C之间；
- 4) 车辆A，B，C基于广播的周期消息意识到邻近车辆和它们的位置；

业务流

- 1) 车辆A检测到自己变道的需求，并请求车辆B和车辆C之间拉开距离
- 2) 车辆B和C确认要参与决策，并根据达成一致的计划拉开距离；
- 3) 车辆A被通知已经在车辆B和车辆C之间拉开了车辆A需要的距离；
- 4) 车辆A通过给其它相关车辆持续发送周期性的行车轨迹，变道到选择的车道上。行车轨迹根据策略以及车辆B和车辆C的位置进行更新。

后置条件

- 1) 车辆A，协同车辆B和车辆C进行协同变道。

6.4.2.5.2 通信需求

第一类：车辆是半自动驾驶

- 1) 数据包大小：300-400Bytes
- 2) 时延：25ms

3) 可靠性: 90%

第二类: 车辆是全自动驾驶

1) 数据包大小: 12kBytes

2) 时延: 10ms

3) 可靠性: 99.99%

6.4.3 通信需求总结

高级驾驶相关的通信场景及性能需求见表 6。

表 6 高级驾驶相关的通信场景及性能需求

| 通信场景 | | 数据包大小 (Bytes) | 发送速率 (消息/秒) | 最大端到 端时延 (ms) | 可靠性(%) (注 3) | 数据速率 (Mbps) | 最小需求的 通信距离 (米) |
|--|-----------|------------------|----------------|---------------------|-----------------|----------------------------|----------------------|
| 场景 | 自动化程 度 | | | | | | |
| UE 间协同避撞 | | 2000 | | 10 | 99.99 | 10 | |
| UE 间自动驾驶信息共享 | 较低 | 6500 (注 1) | 10 | 100 | | | 700 |
| | 较高 | | | 100 | | 53 (注 1) | 360 |
| UE 与 RSU 间自动驾驶信息共享 | 较低 | 6000 (注 1) | 10 | 100 | | | 700 |
| | 较高 | | | 100 | | 50 (注 1) | 360 |
| UE 间紧急路径协调 | | 2000 | | 3 | 99.999 | 30 | 500 |
| RSU 与 UE 间十字路口安全信息 | | 450 | 50 | | | 下行: 0.5 上行: 50 (注 2) | |
| UE 间车辆联合变道 | 较低 | 300~400 | | 25 | 90 | | |
| | 较高 | 12000 | | 10 | 99.99 | | |
| UE 与 server 间视频共享 | | | | | | 上行: 10 | |
| 注 1: 这包括协同决策和协同数据感知, 在相同的时间周期内使用两个不同的消息(例如, 要求时延 100ms)。 | | | | | | | |
| 注 2: 这个值对应最多 200 个 UE。每个 UE 的数据速率下行 250Kbps 上行 2.5Kbps。 | | | | | | | |
| 注 3: 即使没有对应的取值也需要足够的可靠性。 | | | | | | | |

6.5 远程驾驶

6.5.1 简介

远程驾驶可以让一个远处的驾驶员或者一个V2X应用远程操作一辆车。如果变化比较少，或者路径可以预测，例如公共交通，可以使用基于云计算的驾驶。此外，对于这样的用例，可以考虑接入基于云的服务平台。

6.5.2 典型用例

6.5.2.1 远程驾驶

6.5.2.1.1 场景描述

远程驾驶概念指的是由人或者云计算平台远程控制车辆。

自动驾驶需要大量的传感器以及诸如目标识别等相关的复杂算法，而依赖于人操作的远程驾驶则可以降低这种需求。例如，如果车载摄像头可以把影像实时的传给远端的操作人员，操作人员不需要借助任何复杂计算的帮助即可以很容易理解车辆可能遇到的危险，然后基于该实时影像，远端的操作人员可以把命令发给对应车辆。

远程驾驶和自动驾驶的应用场景不尽相同。公共汽车按照预先定义好的静态路径、在规定的车道上行驶并且按照定义好的车站停车。因此，此类公共汽车的操控在某种程度上和普通的自动驾驶车辆操控不尽相同。对于这些公共汽车，车内和车外的实时影像均需要实时回传，从而远端的操作人员可以针对不同的情况进行相应的处理，比如乘客上下车。

当云计算代替人类操控的时候，车辆之间可以进行有效协调。例如，如果所有的车辆均将其安排和目的地信息告知云计算平台，云计算平台可以统一协调车辆的具体行驶路径。这种协调可以有效地降低交通拥堵、减少整体的出行时间从而带来更好的燃油效率。

预置条件

- 1) 车辆A可以自动驾驶并且可以协调驾驶策略；
- 2) 车辆A在应用层支持远程控制，应用层可以是远处的服务器，或者是另一个UE的服务器。

业务流

- 1) 车辆A发送远程控制应用层消息（摄像头数据、传感器数据、状态数据、确认等）给远处的操作者；
- 2) 远处的操作者发送远程控制应用指令消息给车辆A；

后置条件

- 1) 如果不需要远程操作者的进一步支持，远程控制终止。

6.5.2.1.2 通信需求

- 1) 用户体验数据速率：下行 1Mbps 和上行 25Mbps
- 2) 时延： 5ms
- 3) 可靠性： 99.999%

6.5.3 通信需求总结

远程驾驶相关的通信场景及性能需求见表 7。

表 7 远程驾驶相关的通信场景及性能需求

| 通信场景 | 最大端到端时延(ms) | 可靠性 (%) | 数据速率 (Mbps) |
|---------------------|-------------|---------|---------------|
| UE 与 server 之间的信息交互 | 5 | 99.999 | 上行：25 下行：1 |

中国智能交通产业联盟
标准
面向自动驾驶的通信需求研究
T/ITS 0070-2017

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）
中国智能交通产业联盟印刷
网址：<http://www.c-its.org>

2017 年 12 月第一版 2017 年 12 月第一次印刷