

基于标识的C-V2X车路协同碰撞预警测试方案研究

孙 银, 宋 涛, 李琦琦, 吴 鹏

中国信息通信研究院工业互联网与物联网研究所, 北京

收稿日期: 2022年11月26日; 录用日期: 2022年12月23日; 发布日期: 2022年12月30日

摘 要

随着C-V2X蜂窝车联网通信技术的商业化应用, C-V2X车路协同碰撞预警已成为智能网联汽车产业化转型升级的重点研究板块。基于C-V2X通信技术的车路协同测试方案研究仍存在测试方法落后、数据安全堪忧、信息沟通不畅等一系列问题, C-V2X车路协同测试的数据安全共享在行业内一直面临巨大的挑战。工业互联网标识解析体系是工业互联网互联互通的神经中枢, 是数据跨域共享的关键基础设施, 标识在车路协同测试中的应用将更好地解决测试数据的安全共享问题。因此, 本文提出了基于标识的车联网C-V2X车路协同碰撞预警测试方案, 该方案在现有车路协同碰撞预警测试方案下进行了优化, 进一步更新和完善了车路协同的检验检测标准, 为实现车路协同场景下C-V2X碰撞预警功能测试的智能化提供了新的解决思路。

关键词

车联网, 车路协同, 碰撞预警, 工业互联网标识

Research on Identification-Based C-V2X Vehicle-Road Cooperative Collision Warning Test Scheme

Yin Sun, Tao Song, Qiqi Li, Peng Wu

Industrial Internet and IoT Research Internet, China Academy of Information and Communications Technology, Beijing

Received: Nov. 26th, 2022; accepted: Dec. 23rd, 2022; published: Dec. 30th, 2022

Abstract

With the commercial application of C-V2X cellular Internet of vehicles communication technology,

C-V2X vehicle-road cooperative collision warning has become a key research area of the industrialization transformation and upgrading of intelligent connected vehicles. There are still a series of problems in the research of C-V2X communication technology based vehicle road collaborative test scheme, such as backward test methods, worrying data security, and poor information communication. The secure data sharing of C-V2X vehicle road collaborative test has been facing huge challenges in the industry. Industrial Internet identification resolution system is the nerve center of industrial Internet interconnection and the key infrastructure for cross-domain data sharing. The application of identification in vehical-road collaborative testing will better solve the problem of safe sharing of test data. Therefore, this paper proposes a token-based C-V2X collaborative collision warning test scheme for IoV, which is optimized under the existing collaborative collision warning test scheme, and further updates and improves the inspection and detection standard of collaborative collision warning, which provides a new solution for realizing the intelligent C-V2X collision warning function test in collaborative vehicle-road scenario.

Keywords

Internet of Vehicles, Vehicle-Road Collaboration, Collision Warning, Industrial Internet Identification

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

智能网联汽车是未来汽车产业发展的重要方向之一，V2X 技术是支撑智能网联功能的核心关键技术。我国政府近年来大力推动智能网联汽车的发展，国务院各部委频繁发布相关政策和引导性文件，支持智能网联汽车的发展，例如 2020 年 2 月 4 日，国家发改委等十一部委联合发布了《智能汽车创新发展战略》，明确提出 5G-V2X 在部分城市、高速公路逐步开展应用的要求。各省市也在积极响应，全国各地建设了几十处的智能网联示范区，覆盖了城市道路和高速公路。经过近年来的发展，V2X 技术已经形成中国自主的标准规范和产品研发体系，包括工信部牵头的标准编写组、整个行业参与的 V2X 产品研发、量产实施、示范区道路建设等，相关产业链已经构建完整，参与企业接近两百家。众多合资主机厂、自主品牌主机厂均发布了 V2X 量产计划，包括福特、凯迪拉克、通用、红旗等主机厂的若干车型已经上市。商用车领域，上汽、一汽、东风、重汽、江淮、北汽、戴姆勒等企业也做了较深入的 V2X 预研，预计未来很快会推出搭载 V2X 功能的量产车型。面向智能网联汽车的零部件检测技术、整车检测技术是推动智能网联汽车快速发展的关键因素之一。

在智能网联汽车车-路协同测试中，V2X 碰撞预警功能检测一直是行业面临的较大挑战，支撑防碰撞预警功能的 V2X 技术也存在着检测方法单一，检测效果不理想的难题。由于国外 V2X 车路协同测试起步较早，从虚拟仿真测试、封闭测试场测试到开放道路测试，整体上已有较为完备的方案和测试体系。但国内测试起步较晚，尚未形成具体的测试标准体系，且目前较为主流的测试方法仍存在方法落后、数据安全堪忧、信息沟通不畅等问题。为解决上述问题，本文将标识应用至 C-V2X 车路协同测试中，以此实现测试方法智能转型升级、保障数据安全、疏通车企上下游沟通渠道。

综上所述，为解决 V2X 碰撞预警功能检测的数据不同步、数据不安全、测试方法落后等问题，本文提出了一种智能网联汽车 V2X 碰撞预警功能检测的方案，采用 3D 仿真技术手段模拟真实交通流和车辆

行为。通过搭建仿真测试平台,构建智能网联汽车的关键技术检测能力,对支撑网联功能的核心关键技术进行标准协议一致性检测、V2X 防碰撞预警功能的检测、大规模拥塞检测、算法性能检测等,保障了测试过程的安全性、测试数据的安全性以及测试方法的先进性。本文主要分为五个部分,第一部分分析了国内外研究现状,第二部分分析了测试方案的需求,第三部分进行了方案的整体设计,第四部分对测试进行了验证,最后对全文进行了总结与展望。

2. 国内外研究现状

2.1. 车路协同测试研究现状

目前,国内外普遍将车路协同和自动驾驶系统测试分为三类,即虚拟仿真测试、封闭测试场测试和开放道路测试,对应进行试验的场所分别为实验室、封闭道路试验场和开放道路。其中,虚拟仿真测试作为开放道路测试前重要的一环,在测试中担任着重要角色,不仅可以有效避免安全事故带来的危害,而且能节约大量的时间和资金成本。国外的车路协同测试发展较为迅速,已形成较为完备的测试体系。相比之下,我国在该领域的发展较为滞后,仍处于初级阶段。

1) 国外研究现状

国外对车路协同系统功能已有较多的测试方法和内容研究,在自动驾驶和车路协同的项目中形成了较为完备的测试体系,车路协同系统发展迅速。

美国交通部积极鼓励自动驾驶试验场建设,2015年美国首个测试场 M-city 在密歇根成立,园区内设有城市道路、乡村道路、高速公路、环岛道路、横穿铁路等,路面分为土路、砖路、柏油路、输液覆盖路面等,测试区域主要分为高速试验区和低速试验区。2016年,美国允许自动驾驶车辆在公共道路测试;2017年,允许无人驾驶员的汽车进行路测,实现真正意义的“无人驾驶”汽车上路。其他区域或国家也纷纷发展建设封闭场地进行车路协同和自动驾驶系统测试,并且还车路协同系统的功能和性能方面进行仿真测试或道路测试。

2009年,欧盟启动 SARTRE 项目研究自动驾驶的道路队列车队的可行性,对车道保持、车队跟随和车车通信等多项技术进行测试,该研究项目不仅提高了现有道路空间利用率,同时降低了碳排。2014年,欧洲分别在7国开展了车路协同技术大规模运行测试项目 DRIVE C2X,主要测试了道路安全、交通管理与环境保护、商业应用的18个具体功能,分析了车路协同系统在现有道路运行的适应性以及多方面应用的性能评价,创建了欧洲车路协同项目的统一测试架构与评估平台。

2000年,日本开始对 Smart Cruise 21 DEMO 2000 项目进行实证测试,测试了车路通信的速率、时延和丢包率,并在模拟道路上展示了测试车的智能引导服务效果。2006年,日本又实施了 SmartWay 公开实验 DEMO 2006 项目,重点在于强化道路安全性,同时还提出了新型 ASV 高度安全车辆,以此保障道路行驶的最佳安全状态。

2) 国内研究现状

我国车路协同系统测试积极借鉴国外先进经验,逐步探索适合自身的系统测试方案和体系。2007年,清华大学建立了车辆安全检测平台,承担国家级项目“863计划”,主攻智能感知、多传感器信息融合、车路通信等车路协同相关技术方面的难点。2011年,科技部提出“智能车路协同关键技术”专项研究,该专项针对10余项有代表性的车路协同特定场景,对车路协同技术在理论层面展开验证。与此同时,我国正加快自动驾驶的封闭场地建设和开放道路测试。

2013年,范子健^[1]采用高层体系架构(HLA)仿真框架搭建车路协同系统的仿真测试平台,实现平台自动测试。杜晓琳^[2]针对车路协同系统设计了以3G、WIFI为基础通信技术的智能路侧单元硬件测试平台,并对系统模块进行功能测试。

2015年,王健[3]在基于WLAN与3G的车路通信场景的基础上,设计路侧节点部署方法,并在封闭道路构建测试场景,完成了对通信效率和数据传输质量的测试分析。葛满强[4]设计了基于无线通信平台的车路协同实际应用场景,验证了数据传递的实时有效性,为无人驾驶提供了有效参考。张东亮[5]使用低功耗X86平台和嵌入式Linux平台,设计了一种基于DSRC的车路协同的车载自组网软硬件系统,并在城市视距场景和跨江大桥场景下进行了测试分析。

2018年,杨良义[6]通过开发智能路侧和移动终端的服务程序、设计车路协同系统功能测试的技术方案,完成了车路协同典型场景测试系统设计。尉江华[7]依据通信需求模型选择了合适的无线通信技术,在开放校园道路中完成了对车载设备通信单元功能和性能的测试,证明了通信技术的有效性和可靠性。

2019年,王润民[8]总结了多个支持无线网络通信协议的网络仿真器如NS3、OPNET、GTNetS等 and 交通仿真器如SUMO、PARAMICS、CORSIM等,以及已搭建的联合式车联网仿真平台,如TraNS、iTERIS、SimIVC等,提出了网络测试仿真指标和应用指标。

2021年8月,工信部与公安部、江苏省人民政府签署《国家智能交通综合测试基地共建合作协议》,以此推进国内示范区建设。目前,全国已建成测试示范区30余个,北京、上海、无锡、重庆、长沙等地建成了覆盖测试园区、开放道路、高速公路等多种测试环境。

2.2. 标识在V2X研究现状

工业互联网标识解析,即利用标识技术为工业互联网中的机器、产品、零部件等对象赋予数字身份,建立工业互联网要素与标识之间的映射关系,从而实现异构、异主、异地的信息查询和共享,促进基于标识解析体系的互联互通世界的形成,实现工业智能化。当前,我国工业互联网标识解析体系已形成由根节点、国家顶级节点、二级节点、企业节点、公共递归节点等组成的分层分级体系架构。其中,国家顶级节点、二级节点和企业节点共同作为我国工业互联网标识解析体系统一管理和稳定运行的顶层基础设施,能够针对行业需求,提供基于标识解析的工业互联网应用服务。目前,标识应用探索不断深化,已初见成效,在船舶、集装箱、石化、进出口食品、医疗器械等领域标识已经初步获得成功应用。工业互联网标识解析体系与C-V2X车路协同测试融合发展,有助于引导行业内以工业互联网标识技术打破企业信息壁垒,解决汽车测试企业与汽车生产、维护与零部件供应等企业的实际应用需求,提高汽车企业的智能制造水平,有效提升车联网应用的落地步伐与服务质量。

1) 国外研究现状

2006年,Sato[9]等人将无源RFID运用到高级驾驶员辅助系统(ADAS)中,通过RFID传输路况,给过往车辆以自动调整车速。2010年,Pérez[10]等人使用有源标识来确保足够远的传输距离。2013年,Małeci[11]等人提出了改进的无源标签,通过更精细的编码减少了工作所需的标签的数量。2017年,Bhawiyuga[12]等人提出包括路标上的路侧单元(RSU)模块和车上的车载单元(OBU)模块两个设备的道路标识通信系统,通过在adhoc模式下运行的Wi-Fi协议(IEEE802.11n)通信。配备OBU的车辆在RSU的通讯范围内时,接收RSU广播的消息。2018年,José[13]提出了一种具有实时存储和定位目的的无源RFID技术的设计方法,进行了无线通信链路理论模型的仿真实验测试,估算覆盖范围,速度限制以及交通标志牌的位置设置,并验证了最终的车载集成系统。

2) 国内研究现状

2011年,张宪忠[14]通过编码设计了电子标识数据帧,利用车载终端实现了信息的识别处理和展示。2014年,诸征斌[15]基于RFID技术,将有源电子标签埋设在路测,提出了一种车载智能显示语音装置。2018年,陆晓苏[16]等人研发的交通标志装置,通过近场无线通信(Wi-Fi、红外、蓝牙、或RFID等)与移动终端连接,通过物联网无线通信电路(NB-IOT、Zigbee、或LoRa)与服务终端连接;且移动终端和服

务终端可通过移动通信网络(2G、3G、4G 或 5G 射频模块等)进行通信连接。

国内外相关人员研究了主被动标识与车联网应用的多种方式,但是针对工业互联网标识解析体系与车路协同测试方面的内容仍然存在空白,本文将基于工业互联网标识解析体系和星火·链网区块链基础设施体系开展 C-V2X 车路协同碰撞预警测试方案研究。

3. 需求分析

3.1. 问题分析

我国车联网 C-V2X 车路协同测试还处于发展阶段,车路协同的许多关键技术尚处于探讨、实验和测试阶段,未进行大规模的推广和应用。各单位正积极学习国外车路协同测试先进技术,同时结合国内各城市自身发展的需求,创新发展车路协同系统。目前,我国 C-V2X 车路协同测试主要存在以下三个问题:

1) 测试方法落后

由于数据的储存模式为现场储存,测试团队需要在现场安装设备机架,以及必要的服务器、存储设备、电源系统、网络连接和合适的操作环境。该方法对硬件基础设施的需求较大,且占地面积较大,难以满足日渐便捷和智能化的智能网联汽车的开发和认证需求,需不断升级和完善测试评价方法体系,以推动智能网联汽车真正落地。

2) 数据安全堪忧

传统的车路协同测试中由于数据直接储存在本地,且缺乏有效的加密技术,因此数据的安全难以得到保障。

3) 信息沟通受阻

由于测试数据一般由测试方保存在本地,导致被测方难以及时获取有效数据并根据数据进行产品的调整和更新。上下游信息传递不流畅,造成数据更新延迟、数据整理分析过程较为繁琐,且难以实现场景联动分析,尤其体现在多设备配套测试的实验室环境中。

3.2. 测试目的

智能网联汽车的 C-V2X 碰撞预警功能检测一直是行业面临的较大挑战,支撑防碰撞预警功能的 V2X 技术也存在着检测方法单一、检测效果不理想的难题。若将标识应用至车联网 C-V2X 车路协同测试中,通过标识解析体系实现测试进程监控和数据查询,可解决信息沟通障碍问题,同时实现传统测试方法的智能转型升级。运用标识打通上下游沟通渠道,还可去除传统单一场景分析的弊端,有效实现多场景数据联合分析。此外,区块链在标识中的推广应用也将为测试数据安全提供保障。

本方案拟建设智能网联汽车 V2X 功能检测实验室,采用 3D 仿真技术手段模拟真实交通流和车辆行为,搭建实验室内台架式仿真测试平台,构建智能网联汽车的关键技术检测能力,进行 V2X 防碰撞预警功能检测。通过 3D 动态交通场景大屏显示的形式对检测过程全程展示,提升业务表达能力和检测过程检测效果。

4. 方案设计

4.1. 测试方案整体架构

本测试方案主要包含三个部分,分别是: C-V2X 碰撞预警测试系统、工业互联网标识解析、星火·链网区块链基础设施。通过企业节点向设备(OBU、RSU)分发标识 ID,设备通过主动标识回传数据,在存储数据的同时将数据上链存储,以此保障数据安全共享,整体架构如图 1 所示。

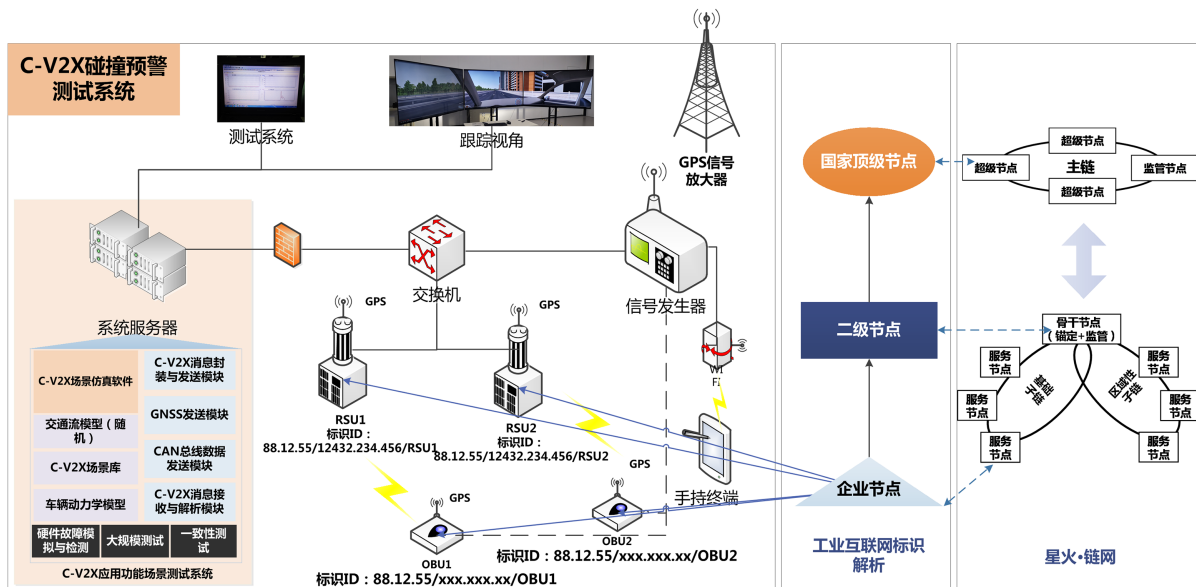


Figure 1. Test the system architecture topology
图 1. 测试系统架构拓扑图

4.2. 测试条件

1) 测试设备

待测车载设备在测试车辆上进行装配，车载设备通常布设在车辆内部，装有相关的数据测试程序，起到为车辆接收路侧端发送道路标识信息的作用，通过布设在车顶的车载天线，更加实时高效地识别不同类型的道路标识载体信息，或者通过安装在车外的识别装置进行路侧端道路标识信息的识别。

路侧端作为道路标识载体，在固定位置布设，布设在相应的路段和交叉口，最外侧车道的一边，周围无遮挡，同时作为通信设备，应在杆架上进行布设，可采用共杆、集成的设置形式，如可布设在原有道路标识的位置，还可以通过门架、交通标志杆或交通信息灯杆等装置，且布设高度距地面为 5 m 左右。同时，对于需要供电的设备，保证供电的安全合理和设施的质量，安全便捷地对其进行供电。

2) 测试环境

本方案采用仿真的方式进行测试，对应的测试环境为实验室。在实验室环境下进行车路协同和自动驾驶情景的模拟测试，通过检验软件和硬件系统的功能情况、可靠性和资源占用情况等，包括车辆在环测试等，利用真实车辆和虚拟仿真联合，实现快速的场景和行驶能力的测试，可以完成端到端性能的测试和车路资源的小消耗情况，有利于降低实车测试的难度和风险，减少对场地、真实交通和试验车辆的要求，为后续车路在道路上的测试节省成本和时间，提高测试时间和效率。因而对于基于车路协同的道路标识可在实验室进行模拟或仿真测试。

4.3. 场景选择

本方案选取的场景为《智能网联汽车 V2X 系统预警应用功能测试与评价方法》(T/CSAE 246-2022) 团体标准中提出的前向碰撞预警场景，并根据标准中的测试步骤进行对应场景下的仿真测试。

1) 场景 1：同车道前方有静止车辆

被测车辆(VUT)沿道路方向行驶，前方的背景车辆(BV)处于静止状态，如下图 2 所示。被测车辆逐

渐接近背景车辆，当二者的距离在预警范围内时，被测车辆发出 FCW 预警。其中，被测车辆发出预警的时机应确保被测车辆驾驶员有足够时间采取措施，避免与背景车辆发生追尾事故。

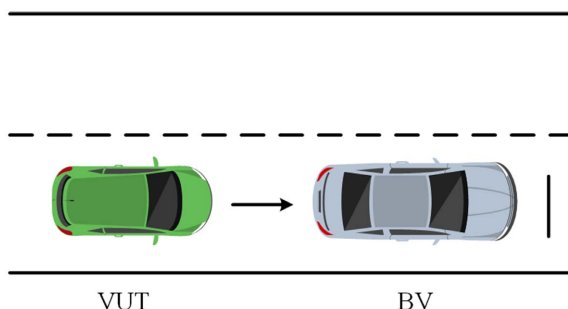


Figure 2. Schematic diagram of scenario 1 operation
图 2. 场景 1 运行示意图

2) 场景 2：同车道前方有慢速车辆

被测车辆(VUT)沿道路方向行驶，前方的背景车辆(BV)处于慢速行驶状态，如下图 3 所示。被测车辆逐渐接近背景车辆，当二者的距离在预警范围内时，被测车辆发出 FCW 预警。其中，被测车辆发出预警的时机应确保被测车辆驾驶员有足够时间采取措施，避免与背景车辆发生追尾事故。

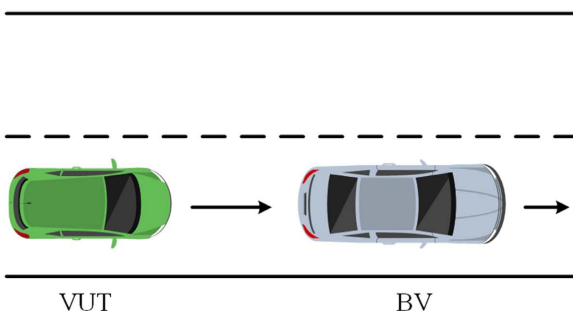


Figure 3. Schematic diagram of scenario 2 operation
图 3. 场景 2 运行示意图

3) 场景 3：相邻车道前方有静止车辆

被测车辆(VUT)沿道路方向行驶，相邻车道前方的背景车辆(BV)处于静止状态，如下图 4 所示。被测车辆匀速行驶直至超过相邻车道的静止背景车辆，被测车辆 FCW 应用不应发出预警信息。

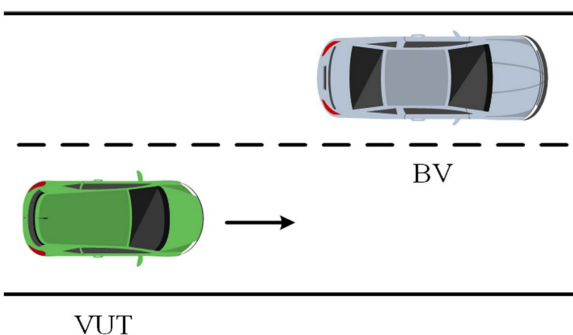


Figure 4. Schematic diagram of scenario 3 running
图 4. 场景 3 运行示意图

4) 场景 4: 相邻车道前方有慢速车辆

被测车辆(VUT)沿道路方向行驶, 相邻车道前方左/右相邻车道有低速行驶的背景车辆(BV), 如下图 5 所示。被测车辆匀速行驶超过相邻车道的背景车辆, 被测车辆 FCW 应用不应发出预警信息。

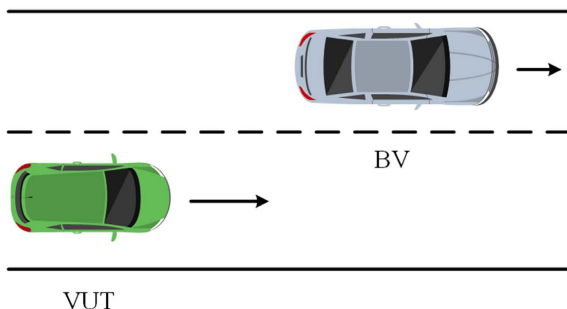


Figure 5. Schematic diagram of scenario 4 operation
图 5. 场景 4 运行示意图

5) 场景 5: 相邻车道有对向行驶车辆

被测车辆(VUT)沿道路方向行驶, 左前方相邻车道有对向行驶的背景车辆(BV), 如下图 6 所示。被测车辆匀速行驶直至与背景车辆完成会车, 被测车辆 FCW 应用不应发出预警信息。

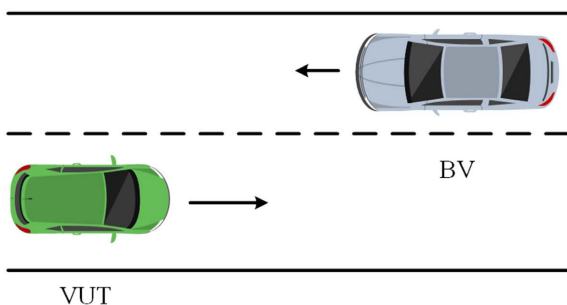


Figure 6. Schematic diagram of scenario 5 operation
图 6. 场景 5 运行示意图

4.4. 场景测试

1) 场景搭建

本方案拟建设 V2X 硬件在环仿真测试系统, 形成面向智能网联 V2X 防碰撞预警功能的测试检测能力, 为汽车产业提供服务支撑, V2X 硬件在环仿真测试系统实验室布局如图 7 所示, 测试流程图如图 8 所示。

2) 测试方案

场景 1: 同车道前方有静止车辆

a) 被测车辆和背景车辆同车道, 被测车辆由静止状态加速至目标车速, 并保持稳定行驶, 此时应满足被测车辆与背景车辆沿车道纵向距离大于 250 m;

b) 测试系统应在被测车辆和背景车辆进入性能评估阶段之前开始采集数据, 被测车辆进入性能评估阶段时, 持续采集数据, 驾驶员应保持注意力高度集中, 确保试验安全性;

c) 被测车辆 FCW 应用触发预警或达到最晚报警时机仍未出发预警, 则测试结束。

场景 2: 同车道前方有慢速车辆

a) 被测车辆和背景车辆同车道, 被测车辆和背景车辆由静止加速至目标车速, 并保持稳定行驶, 此

时应满足被测车辆与背景车辆沿车道纵向距离大于 200 m;

b) 测试系统应在被测车辆和背景车辆进入性能评估阶段之前开始采集数据, 被测车辆进入性能评估阶段时, 持续采集数据, 驾驶员应保持注意力高度集中, 确保试验安全性;

c) 被测车辆 FCW 应用触发预警或达到最晚报警时机仍未触发预警, 则测试结束。



Figure 7. Overall layout of the laboratory

图 7. 实验室整体布局图

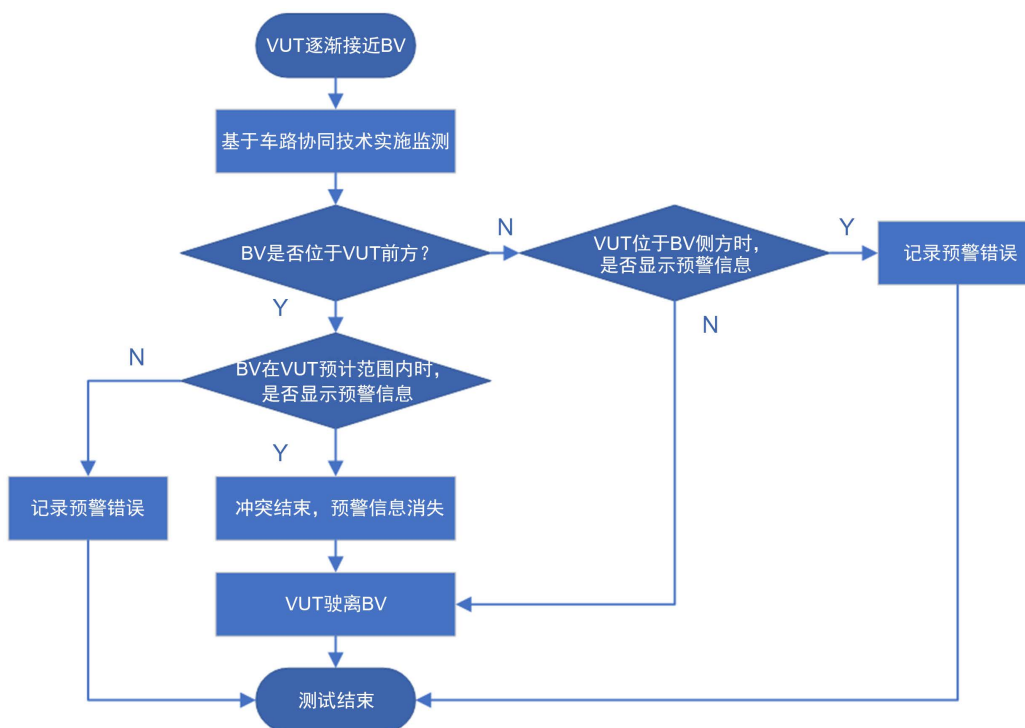


Figure 8. Flow chart of collision test

图 8. 碰撞测试流程图

场景 3: 相邻车道前方有静止车辆

a) 被测车辆在背景车辆左/右相邻车道, 被测车辆由静止加速至目标车速, 并保持稳定行驶, 此时应

满足被测车辆与背景车辆沿车道纵向距离大于 200 m;

b) 测试系统应在被测车辆和背景车辆进入性能评估阶段之前开始采集数据, 被测车辆进入性能评估阶段时, 持续采集数据, 驾驶员应保持注意力高度集中, 确保试验安全性;

c) 被测车辆 FCW 应用触发预警或被测车辆超过背景车辆, 则测试结束。

场景 4: 相邻车道前方有慢速车辆

a) 被测车辆在背景车辆左/右相邻车道, 被测车辆和背景车辆由静止加速至目标车速, 并保持稳定行驶, 此时应满足被测车辆与背景车辆沿车道纵向距离大于 200 m;

b) 测试系统应在被测车辆和背景车辆进入性能评估阶段之前开始采集数据, 被测车辆进入性能评估阶段时, 持续采集数据, 驾驶员应保持注意力高度集中, 确保试验安全性;

c) 被测车辆 FCW 应用触发预警或被测车辆超过背景车辆, 则测试结束。

场景 5: 相邻车道有对向行驶车辆

a) 被测车辆在背景车辆的左侧相邻车道, 被测车辆和背景车辆由静止加速至目标车速, 并保持稳定行驶, 此时应满足被测车辆与背景车辆沿车道纵向距离大于 200 m;

b) 测试系统应在被测车辆和背景车辆进入性能评估阶段之前开始采集数据, 被测车辆进入性能评估阶段时, 持续采集数据, 驾驶员应保持注意力高度集中, 确保试验安全性;

c) 被测车辆 FCW 应用触发预警或被测车辆与背景车辆完成会车, 则测试结束。

5. 测试验证

5.1. 方案对比论证

《智能网联汽车 V2X 系统预警应用功能测试与评价方法》(T/CSAE 246-2022)团体标准中设置的场景通过指标主要有最晚预警距离、最早预警距离、最晚预警时刻、最早预警时刻和是否触发预警。本测试方案在现有标准的基础上, 增加了部分测试通过指标, 如下表 1 所示。

Table 1. Comparison table of test items through indicators

表 1. 测试项目通过指标对比表

测试项目	编号	场景名称	通过指标	团体标准通过指标	本方案指标
前向碰撞预警	1	同车道前方有静止车辆	最早(晚)预警距离	√	√
			最早(晚)预警时刻	√	√
			识别时间	×	√
			数据传输速率	×	√
			识别率(人、车)	×	√
	准确率(车速、人速)	×	√		
	2	同车道前方有慢速车辆	最早(晚)预警距离	√	√
			最早(晚)预警时刻	√	√
			识别时间	×	√
			数据传输速率	×	√
识别率(人、车)			×	√	
准确率(车速、人速)	×	√			

Continued

前向 碰撞预警	3	相邻车道前方有 静止车辆	是否触发预警	√	√
			数据传输速率	×	√
			识别率(人、车)	×	√
			准确率(车速、人速)	×	√
	4	相邻车道前方有 慢速车辆	是否触发预警	√	√
			数据传输速率	×	√
			识别率(人、车)	×	√
			准确率(车速、人速)	×	√
	5	相邻车道有对向 行驶车辆	是否触发预警	√	√
			数据传输速率	×	√
			识别率(人、车)	×	√
			准确率(车速、人速)	×	√
6	跨域数据共享	车端数据共享	×	√	
		路侧端数据共享	×	√	
		数据共享安全防篡改	×	√	

5.2. 结果分析

本文提出的车联网 C-V2X 车路协同测试方案通过应用标识解析服务体系, 满足了《智能网联汽车 V2X 系统预警应用功能测试与评价方法》(T/CSAE 246-2022)标准的要求, 且通过与区块链、标识等相关技术紧密结合, 实现了现场测试装置简易化和测试数据云化管理, 并能够为车路协同测试提供安全态势感知服务。相比于传统的车路协同测试方案, 本方案具有智能化程度更高、数据安全保障性更好、网络稳定性更佳的特点。

现存车路协同预警测试评价标准中的通过指标主要为预警距离和预警时间, 随着标识的加入, 本方案在原本的基础上增加了更多定量指标, 如识别时间、数据传输速率、识别率。其中, 识别时间和传输速率有助于提升前向碰撞预警的效率, 而对车、人的识别率以及对相应速度的判断将能提高预警的质量, 为车、人提供双重安全保障, 解决了前向碰撞预警场景下“人-车-路”协同问题。

6. 结语

在 5G、大数据、区块链的快速发展浪潮下, 车联网呈现出前所未有的发展优势, 同时车路协同测试也面临着新的挑战。目前, 我国车联网 C-V2X 研发和测试方面的发展仍处于起步阶段, 在现有 C-V2X 测试技术标准的基础上, 要想加速 C-V2X 的商业化部署, 应尽快解决大规模测试验证、安全认证等诸多问题。综上所述, 本文所提出的基于标识的车联网 C-V2X 车路协同碰撞预警测试方案, 能够有效保障数据共享的安全性, 同时能够辅助驾驶员进行安全会车, 为车路协同测试规模化发展提供了有效保障。未来, 随着智能网联汽车相关技术的不断发展, C-V2X 测试评估体系将更为完善, 相应的测试技术、测试标准、测试场景将进一步细化和升级。

基金项目

工业互联网创新发展项目: 网络标识建设项目(2020)。

参考文献

- [1] 范子健. 车路协同系统测试案例生成方法及其仿真实现[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2013.
- [2] 杜晓琳. 车路协同系统中通信管理系统设计及其功能仿真[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2013.
- [3] 王健. 面向车路协同的路侧节点部署与异构网络切换方法[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2015.
- [4] 葛满强. 车路协同环境下多模式通信平台设计与典型场景应用[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2015.
- [5] 张东亮, 李晓欢, 叶进, 詹益旺. 基于 DSRC 的车载自组网终端设计及性能测试[J]. 移动通信, 2015, 39(Z1): 117-121.
- [6] 杨良义, 陈涛, 谢飞. 车路协同系统功能实现的场景测试技术研究[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2018, 32(5): 43-47.
- [7] 尉江华. 车联网环境下通信单元需求建模与设计实现[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2018.
- [8] 王润民, 邓晓峰, 徐志刚, 赵祥模. 车联网仿真测试评价技术研究综述[J]. 计算机应用研究, 2019, 36(7): 1921-1926.
- [9] Sato, Y. and Makanae, K. (2006) Development and Evaluation of In-vehicle Signing System Utilizing RFID tags as Digital Traffic Signs. *International Journal of ITS Research*, **4**, 53-58.
- [10] Pérez, J., Seco, F., Milanés, V., Jiménez, A., Díaz, J.C. and De Pedro, T. (2010) An RFID-Based Intelligent Vehicle Speed Controller Using Active Traffic Signals. *Sensors*, **10**, 5872-5887. <https://doi.org/10.3390/s100605872>
- [11] Małeckı, K. and Kopaczyk, K. (2013) RFID-Based Traffic Signs Recognition System. In: Mikulski, J., Eds., *Activities of Transport Telematics. Communications in Computer and Information Science*, Vol. 395, Springer, Berlin, 115-122. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41647-7_15
- [12] Bhawiyuga, A., Sabriansyah, R.A., Yahya, W. and Putra, R.E. (2016) A Wi-Fi Based Electronic Road Sign for Enhancing the Awareness of Vehicle Driver. *Journal of Physics: Conference Series*, **801**, Article ID: 012085. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/801/1/012085>
- [13] García Oya, J.R., Clemente, R.M., Fort, E.H., Carvajal, R.G. and Chavero, F.M. (2018) Passive RFID-Based Inventory of Traffic Signs on Roads and Urban Environments. *Sensors*, **18**, Article No. 2385. <https://doi.org/10.3390/s18072385>
- [14] 张宪忠. 道路交通标识车载展现系统研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2011.
- [15] 诸征斌. 智能交通标志牌[P]. 中国专利, CN201710460322.8. 2019-01-04.
- [16] 陆晓苏. 交通标志管理系统及其所应用的方法和存储介质[P]. 中国专利, CN201810495720.8. 2018-12-07.