

# 基于V2X通信的智能网联汽车道路测试技术研究

王镇宗<sup>1</sup> 李振中<sup>1</sup> 应宇汀<sup>1</sup> 唐杰<sup>2</sup>

1. 中汽研汽车检验中心(宁波)有限公司 浙江 宁波 315336

2. 鑫源汽车有限公司 重庆 408104

**摘要:** 本研究探讨基于V2X通信的智能网联汽车道路测试技术, 深入分析智能网联汽车的关键组件及其与周围环境的实时通信机制。研究内容包括V2X通信技术的原理、分类及其在智能网联汽车道路测试中的应用。文章还提出测试场景设计、测试平台与设备配置, 以及测试流程与评估方法, 为智能网联汽车的测试、验证及实际应用提供理论支撑和技术指导。

**关键词:** 基于V2X通信; 智能网联汽车; 道路测试技术

引言: 随着智能化和网联化技术的不断发展, 智能网联汽车已成为未来交通发展的重要方向。V2X通信技术作为智能网联汽车的核心支撑技术, 能够实现车辆与外界的全方位信息交换, 提升道路安全性和交通效率。然而, 智能网联汽车在实际道路环境中的表现仍需经过严格测试。本研究旨在探讨基于V2X通信的智能网联汽车道路测试技术, 为智能网联汽车的研发与应用提供技术支持和测试方法。

## 1 智能网联汽车与V2X通信技术概述

### 1.1 智能网联汽车的定义及特点

(1) 智能网联汽车的概念和关键组成部分。智能网联汽车, 是指集成了先进的传感器、控制器、执行机构和通信技术, 能够实现车与车、车与路、车与人以及车与云端之间实时通信与交互的新型汽车。它不仅具备传统汽车的基本功能, 还融入了人工智能、大数据、云计算等先进技术, 使汽车成为了一个移动的智能终端。智能网联汽车的关键组成部分包括车载计算平台、传感器系统(如雷达、摄像头、激光雷达等)、执行机构(如转向、制动、驱动系统)以及通信模块。(2) 智能网联汽车的感知、决策、控制等功能。智能网联汽车的感知功能依赖于其传感器系统, 能够实时收集车辆周围环境的信息, 如道路状况、交通参与者位置、障碍物信息等。这些信息被传输至车载计算平台, 通过先进的算法进行处理和分析, 形成对周围环境的全面理解。决策功能则基于感知信息, 利用人工智能算法进行路径规划、避障策略制定等, 确保车辆能够安全、高效地行驶。控制功能则是将决策结果转化为车辆的实际操作, 通过执行机构实现车辆的速度控制、方向调整等。

### 1.2 V2X通信技术的原理及分类

(1) V2X技术的定义和关键技术。V2X通信技术,

即车辆与外界的全方位连接和通信, 是实现智能网联汽车的关键技术之一。它涵盖了车辆与车辆(V2V)、车辆与基础设施(V2I)、车辆与行人(V2P)以及车辆与网络(V2N)之间的数据交换。V2X技术的关键在于实现低时延、高可靠性的无线通信, 以及数据的加密和安全传输<sup>[1]</sup>。(2) V2V(车车通信)、V2I(车路通信)、V2P(车人通信)等分类。1) V2V(车车通信): 车辆与车辆之间的数据交换, 是实现协同驾驶和避免碰撞的关键。通过V2V通信, 车辆可以实时分享速度、位置、方向等信息, 从而检测并避免潜在的碰撞风险, 优化行驶路线, 保持安全距离。2) V2I(车路通信): 车辆与道路基础设施之间的通信, 使车辆能够获取交通信号灯状态、道路状况、速度限制等关键信息。这种通信有助于优化交通信号灯时序, 缓解交通拥堵, 提高整体交通系统的效率。3) V2P(车人通信): 车辆与行人之间的通信, 依赖于行人携带的智能设备(如智能手机、可穿戴设备等)来发送位置和运动数据。通过V2P通信, 车辆能够发现并避免与行人的碰撞, 提高道路使用者的安全性。

## 2 基于V2X的智能网联汽车道路测试关键技术

### 2.1 高精度定位与地图技术

(1) 高精度定位技术在智能网联汽车中的应用。高精度定位技术是智能网联汽车实现自主导航和精准控制的基础。在V2X应用场景中, 车辆需要准确了解自身位置以及周围环境信息, 以便做出智能决策。目前, 高精度定位主要依赖于GNSS(全球导航卫星系统)以及地面基站和惯性导航系统的融合。GNSS提供了基础的位置和速度信息, 但受限于卫星信号的多路径效应和遮挡问题, 其精度往往不足以满足智能网联汽车的需求。因此, 通过融合地面基站(如RTK基站)提供的差分信息, 可以显著提升定位精度至厘米级。此外, 惯性导航

系统可以弥补GNSS信号中断时的定位空白，提供连续的位置和运动信息。在智能网联汽车的测试中，高精度定位技术可用于路径规划、障碍物检测、自主泊车等场景，为车辆提供可靠的空间参考。（2）数字孪生地图的构建与更新。数字孪生地图是智能网联汽车测试中的另一项关键技术。它通过对现实世界的精确模拟，为车辆提供了一个虚拟的测试环境。数字孪生地图的构建涉及大量城市数据的收集，包括地理信息、建筑结构、交通流量等，这些数据通过传感器、卫星图像、无人机等手段获取。数字孪生地图不仅有助于车辆在虚拟环境中进行仿真测试，还能用于实时监测城市的运行状态，优化交通管理。例如，通过模拟交通流量，城市管理者可以优化交通信号灯配时，减少交通拥堵。此外，数字孪生地图还能帮助优化公共交通线路，提高公共交通的效率。为了保持数字孪生地图的准确性和时效性，需要定期对其进行更新。这包括道路结构的变化、交通规则的调整以及新设施的建设等。通过不断更新数字孪生地图，可以确保智能网联汽车在测试中能够接触到最新的路况信息，提高测试的准确性和有效性。

## 2.2 V2X通信协议及标准

（1）DSRC与4.5G/5G技术的比较。V2X通信协议及标准是智能网联汽车实现车与车、车与基础设施之间信息交换的关键。目前，DSRC和4.5G/5G技术是两种主要的通信协议。DSRC基于IEEE802.11p标准，采用5.9GHz频段，具有低传输延迟和高传输距离的特点，已经在美国、欧洲等地得到了广泛应用。然而，DSRC在容量、覆盖范围以及网络灵活性方面存在一定的局限性。相比之下，4.5G/5G技术具有更高的数据传输速率、更低的延迟和更广的覆盖范围，能够更好地支持大规模设备连接和复杂应用。此外，随着5G技术的不断成熟和商用化进程的加速，基于5G的V2X通信将有望成为未来的主流方向<sup>[2]</sup>。（2）LTE-V的技术优势及挑战。LTE-V是专为车联网设计的通信技术，依托于4GLTE网络，支持车辆与互联网、其他车辆及基础设施之间的通信。LTE-V具有高速通信、大容量连接和广覆盖范围的优势，能够显著提升智能网联汽车的通信性能。然而，LTE-V也面临一些挑战。首先，标准尚在制定过程中，技术成熟度相对较低。其次，面向车车主动安全与智能驾驶的服务性能还需要充分的测试验证。此外，如何确保通信的安全性、防止恶意攻击也是LTE-V面临的重要问题。

## 2.3 实时路况预测算法

（1）基于机器学习和深度学习的实时路况预测方法。实时路况预测算法对于智能网联汽车的安全行驶

至关重要。基于机器学习和深度学习的算法能够通过分析历史交通数据、实时传感器数据以及天气预报等信息，预测未来的路况变化。例如，通过使用GraphNeuralNetworks（图神经网络），可以将道路网络划分为超级细分市场，结合实时交通信息和历史数据，预测每个超级细分市场的行驶时间。这种方法不仅能够提高预测的准确性，还能适应路况的动态变化。（2）算法在V2X通信中的应用及效果评估。将实时路况预测算法应用于V2X通信中，可以显著提升智能网联汽车的驾驶安全性和效率。车辆通过V2X通信获取周围车辆和基础设施的实时信息，结合路况预测算法，可以提前规划行驶路线、避免拥堵，并在紧急情况下及时做出反应。效果评估方面，可以通过对比实验来验证算法的性能。例如，设置实验组和对照组，实验组车辆采用基于机器学习的路况预测算法，对照组车辆则不采用。通过记录两组车辆的行驶时间、油耗、事故发生率等指标，评估算法对智能网联汽车性能的提升效果。

## 3 基于V2X的智能网联汽车道路测试方法

### 3.1 测试场景与测试用例设计

#### 3.1.1 典型测试场景

（1）封闭园区：此场景适合进行初步的功能验证和系统集成测试。封闭园区内道路布局简单，交通参与者较少，便于测试车辆的基本自动驾驶功能、V2X通信能力以及与其他智能设备的交互。（2）城市开放道路：城市开放道路测试旨在验证车辆在城市复杂交通环境中的适应性。测试场景包括但不限于十字路口、交通拥堵、行人横穿等，以评估车辆的避障能力、路径规划能力以及周围环境的协同能力。（3）智慧高速：高速公路测试主要关注车辆的长距离、高速行驶能力，以及在不同速度、车道变换等情况下的安全性。通过模拟紧急制动、车道保持等场景，验证车辆在高速行驶状态下的稳定性和安全性。

#### 3.1.2 测试用例设计

（1）疲劳检测：通过车内摄像头监测驾驶员的眼部活动、面部表情等，结合算法分析驾驶员的疲劳程度。测试用例应包括不同时间段（如午后、夜间）的驾驶，以验证疲劳检测系统的准确性。（2）碰撞避免：设计模拟碰撞场景，如前方车辆突然制动、横穿道路的行人等，测试车辆能否及时识别并采取避免碰撞措施。测试用例应涵盖不同速度、不同天气条件下的碰撞避免能力。（3）交通标志识别：利用摄像头识别道路上的交通标志，如限速、禁止驶入等。测试用例应包括不同光照条件（白天、夜晚、逆光）下的标志识别能力，以及标

志被遮挡、损坏等情况下的应对策略。

### 3.2 测试平台与设备

#### 3.2.1 核心平台与设备

(1) V2X云控平台：作为测试的中枢，负责数据的收集、处理与分析，以及测试车辆的远程监控与调度。云控平台能够实时获取车辆的行驶数据、V2X通信数据等，为测试结果的评估提供基础。(2) 路侧通信单元RSU：负责道路基础设施与测试车辆之间的通信，提供路况信息、信号灯状态等数据。RSU能够模拟真实的交通环境，为测试车辆提供必要的交通信息。(3) 车载通信单元OBU：安装于测试车辆上，负责与其他车辆、RSU以及云端进行数据交换。OBU是车辆实现V2X通信的关键设备，其性能和稳定性直接影响测试结果的准确性<sup>[3]</sup>。

#### 3.2.2 测试数据的采集与处理设备

(1) 高精度定位系统：采用差分GPS或北斗等高精度定位技术，为测试车辆提供厘米级的定位精度。定位系统能够记录车辆的行驶轨迹，为后续的测试结果分析提供基础数据。(2) 传感器套件：包括雷达、激光雷达(LiDAR)、摄像头等多种传感器，用于收集车辆周围的环境信息。这些传感器能够提供车辆的行驶速度、周围物体的距离、形状和速度等数据，为车辆的感知、决策和控制提供输入。(3) 数据采集与分析软件：负责收集测试过程中产生的各种数据，包括车辆状态数据、V2X通信数据、传感器数据等，并对这些数据进行分析 and 可视化处理。通过数据分析，可以评估车辆的性能、安全性以及V2X系统的有效性。

### 3.3 测试流程与评估方法

(1) 实时路况预测及数据分析。在测试过程中，通过V2X云控平台和传感器套件收集的数据，可以实时预测道路的状况和交通情况。通过数据分析，可以及时发

现潜在的安全隐患，并采取相应的措施来避免事故的发生。同时，数据分析还可以为后续的测试结果评估提供基础数据支持。(2) 驾驶员行为及车辆状态监测。在测试过程中，需要对驾驶员的行为和车辆的状态进行实时监测。通过监测驾驶员的驾驶习惯、疲劳程度等信息，可以评估驾驶员对智能网联汽车的适应性。同时，通过监测车辆的状态信息，如车速、加速度、转向角度等，可以评估车辆的行驶性能和稳定性。(3) 系统性能与安全性的综合评估方法。在智能网联汽车的道路测试中，需要采用综合的评估方法来评估车辆的系统性能和安全性。评估方法应包括自动驾驶的稳定性、碰撞避免的准确性、交通标志识别的正确率等多个方面。通过综合评估，可以全面了解车辆的性能水平，并为后续的改进和优化提供方向。

### 结束语

综上所述，基于V2X通信的智能网联汽车道路测试技术研究对于推动智能网联汽车的实用化和商业化进程具有重要意义。本研究不仅深入分析了智能网联汽车与V2X通信技术的核心原理，还提出了有效的测试方法和评估标准。未来，随着技术的不断进步和测试方法的持续优化，智能网联汽车将更加安全、高效地融入未来的智能交通系统，为人们的出行带来更加便捷和舒适的体验。

### 参考文献

- [1]宋蒙,刘琪,许幸荣,等.C-V2X技术在智能网联行业中应用探讨[J].中兴通讯技术,2020,(06):60-63.
- [2]何嵩.车联网V2X技术现状、比对及发展展望[J].汽车实用技术,2020,(03):30-33.
- [3]陈山枝,葛雨明,时岩.蜂窝车联网(c-V2X)技术发展、应用及展望[J].电信科学,2022,(02):11-12.