

# 标识解析与车联网先导区融合发展 关键技术与推进路径研究

宋 涛, 李琦琦, 孙 银

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6月13日; 录用日期: 2022年7月13日; 发布日期: 2022年7月20日

## 摘要

车联网先导区建设整体需求是通过新一代信息和通信技术, 实现跨行业跨平台数据的互联互通, 而工业互联网标识解析体系是工业互联网网络体系的重要组成部分, 是支撑工业互联网互联互通的神经中枢。通过标识解析体系与车联网先导区融合发展, 将促进车联网先导区多车辆与众多交通元素和相关设施的全方位连接, 改善驾乘感受。本文通过分析车联网先导区建设现状, 利用标识解析体系跨平台、跨行业互联互通的特性, 立足于车联网先导区当前架构, 将标识与车联网终端(包含车载终端、路侧终端、云端等)进行融合, 提出了标识与车联网先导区的融合发展新架构, 解决了原架构的“数据孤岛”、平台不互通、数据难溯源等问题, 进一步推进了车联网先导区的建设与发展。

## 关键词

工业互联网, 标识解析, 车联网, 互联互通, 融合发展

# Research on Key Technologies and Promotion Paths for the Integration Development of Identification Analysis and IoT Pilot Area

Tao Song, Qiqi Li, Yin Sun

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

Received: Jun. 13<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jul. 13<sup>th</sup>, 2022; published: Jul. 20<sup>th</sup>, 2022

文章引用: 宋涛, 李琦琦, 孙银. 标识解析与车联网先导区融合发展关键技术与推进路径研究[J]. 现代管理, 2022, 12(7): 800-809. DOI: 10.12677/mm.2022.127110

## Abstract

The overall demand for the construction of the pilot area of the Internet of vehicles is to achieve cross-industry cross-platform data interconnection through a new generation of information and communication technology, and the industrial Internet identification and analysis system is an important part of the industrial Internet network system, is the nerve center to support the interconnection of the industrial Internet. Through the integrated development of the identification and analysis system and the pilot area of the Internet of Vehicles, the comprehensive connection between multiple vehicles and numerous traffic elements and related facilities in the pilot area of the Internet of vehicles will be promoted to improve the driving and riding experience. Pilot area construction situation in this paper, by analyzing the car network, using the analytical system identification characteristics of the cross-platform, cross-industry interconnectivity, based on the forerunner area of the current car networking architecture, identifies and car network terminal (including car terminal, roadside terminal, cloud, etc.) for integration, puts forward the identity and the integration development of the new architecture of pilot area, car networking. The “data island” of the original architecture, platform connectivity, difficult data traceability and other problems have been solved, and the construction and development of the pilot area of the Internet of vehicles has been further promoted.

## Keywords

**Industrial Internet, Identity Resolution, Car Networking, Connectivity, Development of Fusion**

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

随着我国工业互联网标识解析体系的建立和完善，企业使用统一编码替代已有编码或进行编码的映射转换，实现了公有标识与私有标识、异构公有标识之间的兼容互通，破除信息传递壁垒，实现各类主体在更大范围、更深层次、更高水平的互联[1]。同时，以 5G 为代表的新一代信息通信技术为车联网提供了超低时延、超高可靠、超大带宽的无线通信保障和高性能的计算能力[2]，借助于“人 - 车 - 路 - 云”的全方位连接和信息交互处理，车联网将为用户的行驶安全、出行效率以及未来的高等级自动驾驶服务提供支持。

在车联网的发展过程中，实现跨平台、跨行业的车联网数据融合，构建车联网大数据体系，提升车联网用户渗透率，深度挖掘车联网应用，成为了车联网建设与发展的重要需求。传统车辆搭载了多种车载设备(如：T-BOX、ECU、OBU 等)，根据不同车辆管理部门的相关要求和使用目的，不同车载设备被赋予了不同的 ID 编码，车辆、车载设备、零部件等编码形式多样，编码格式不统一，导致同一车辆数据不互通、系统不关联、数据难溯源和平台难监管等一系列问题。

为解决以上存在的问题，本文提出工业互联网标识解析体系和车联网设备、系统与平台融合的概念，通过统一车载设备、路基设备等设备标识编码，实现 V2X (车 - 车，车 - 路，车 - 云，车 - 人)通信，提升车辆整体智能驾驶水平，为用户提供安全、舒适、智能、高效的驾驶感受与交通服务，同时提高交通运行效率，提升社会交通服务的智能化水平。

## 2. 标识与车联网发展概述

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[3]。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。

车联网的概念源于物联网，是指以现实生活中的人、车、路和城市为载体，按照一定的通信协议和数据传输标准，实现汽车对内对外的数据传输，信息交互，进而实现交通管理智能化，动态化，信息化的一体化网络[4]。目前，我国车联网先导区建设整体需求主要是通过新一代信息和通信技术，对车辆信息进行识别、采集、汇总和处理，完成车辆信息的智能识别、定位跟踪与监控管理[5]。实现车辆与众多交通元素和相关设施的全方位连接，实现跨行业、跨平台的数据融合、车联网大数据体系构建、车联网应用挖掘。由于其涉及的交通元素和联网设施极为多样，包括车辆、车载设备、交通设施、行人设备、服务器、传感器等，导致不同设备之间存在“信息孤岛”与信息安全等风险[6][7]。

因此，工业互联网标识解析体系与车联网融合发展，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，解决汽车行业内部从环境到实际应用需求的标识技术，提高汽车企业的智能制造水平，推动互联网与汽车企业的融合，有效提升车联网应用的落地步伐与服务质量。

## 3. 车联网先导区现状分析

根据全球研究咨询机构埃信华迈(HIS Markit)发布《中国智能网联市场发展趋势报告》，2020年全球市场搭载智能网联功能的新车渗透率约为45%，预计至2025年可达到接近60%的市场规模[8]。目前，基于车联网应用示范，全国已建设有4个国家级车联网先导区，包含江苏(无锡)(2019年9月)、天津(西青)(2020年6月)、湖南(长沙)(2020年11月揭牌)和重庆(两江新区)(2021年1月)国家级车联网先导区，各个车联网先导区建设情况如表1所示。下表中的先导区已在测试场建设、车路协同、多场景落地等方面取得多项成果，并在不断探索和实现新的场景应用。

目前车联网先导区的建设一般分为六个阶段，分别为顶层规划、基础设施建设、平台建设、应用建设、测试评价和标准制定。在顶层规划阶段，先导区均发布了相应的建设指南与规划纲要，明确发展定位与建设重点工作、路径，为车联网产业发展提供了坚实的组织保障。在基础设施建设阶段，通过建设城市级LTE-V2X网络，同时对信号机、视频检测器、行人检测摄像机、边缘计算装置、RSU设备等相关路侧交通基础设施进行升级改造，使其具备接入平台的能力，提高路口的感知处理能力[9]，打造全息视角的智慧路口。在平台建设阶段，通过搭建车联网基础服务平台，与公安交管信息开放平台、交通路况诊断与信息发布平台、互联网出行服务平台、行业管理、TSP平台等完成对接[10]，全方位支撑智能网联汽车数据交互与综合应用模块建设。在应用建设阶段，重点实现自动驾驶技术突破，助力提高公交车、警车、消防车、救护车、工程救险车等的任务执行效率。在测试评价阶段，聚焦“硬环境”，推进封闭测试场建设，构建多级测试体系，同时丰富测试场景，实现“全覆盖”测试。而标准作为指导性内容，其制定和完善贯穿于整个过程中，一般以先导区建设成果及实践经验为基础，进行行业关键急需标准制定和验证，不断加强测试评价体系建设，以此促进行业管理制度和规范的完善。

**Table 1.** Information table on the construction of Pilot area of Vehicle network  
**表 1. 车联网先导区建设情况表**

先导区	批复时间	先导区任务目标	建设进展
江苏 (无锡)	2019 年 5 月	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 规模部署 C-V2X 网络、路侧单元、车载终端</li> <li>➢ 车联网应用场景</li> <li>➢ 建设云端服务平台</li> </ul>	一期项目建设完成，正在探索二期的商用化、可落地场景。
天津 (西青)	2019 年 12 月	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 部署 C-V2X 网络</li> <li>➢ 标准制定和验证，测试评价体系</li> <li>➢ 车联网通信终端安装方案</li> <li>➢ 建设云端服务平台</li> </ul>	一期项目建设实施阶段：已进行 88 项标准研究，探索无人物流配送、无人环卫等创新应用场景。
湖南 (长沙)	2020 年 9 月	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 部署 C-V2X 网络</li> <li>➢ 发展车载终端用户(公交、出租率先安装)</li> <li>➢ 建设云端服务平台</li> </ul>	阶段性进展，优先推动公交、出租等公共服务车辆的应用场景创新。
重庆 (两江新区)	2021 年 1 月	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 规模部署 C-V2X 网络</li> <li>➢ 结合产业基础和复杂道路交通特征构建丰富实用的车路协同应用场景</li> <li>➢ 建设云端服务平台</li> <li>➢ 有效发展车载终端用户</li> </ul>	起步建设阶段，主打复杂道路交通特征和特殊路况的全场景测试和规模化商用。

#### 4. 融合发展关键技术研究

标识解析二级节点是标识解析体系中直接面向行业或区域的核心环节，向上对接国家顶级节点，向下对接企业节点及应用系统。从功能上看，二级节点可为下游企业提供标识注册、解析、运行监测等服务，是推动工业互联网标识解析体系建设、应用发展和标识生态构建的重要环节。为深入了解西部工业互联网标识行业应用发展现状，本文从已接入工业互联网标识解析体系国家顶级节点(重庆)的西部 19 家二级节点企业(截止 2021 年 8 月 27 日)入手，开展线上问卷调研，最终收集有效问卷 19 份。通过本次问卷调查，对西部地区二级节点的信息化基础、建设投入、标识应用现状、标识发展存在的问题和需求进行了解和分析。

##### 4.1. 车联网先导区建设框架

车联网先导区建设整体框架包括基础设施数字化改造、C-V2X 网络覆盖、服务平台搭建、应用场景实现以及安全保障体系。其中，基础设施数字化改造包括道路设施数字化改造和车辆前装/后装车联网功能。C-V2X 网络覆盖上包含直连通信和蜂窝移动通信。服务平台建设上，通过接入标识解析二级节点[11]，搭建车联网先导区智能网联汽车大数据云服务平台，包括终端运维管理平台、V2X 信息服务平台、开放道路测试平台、数据开发平台等。应用场景实现上，联合车厂、图商等主体根据相关场景，打造车联网典型应用。安全保障体系上，搭建 TBox 安全芯片标识、证书映射与证书验证平台，车联网安全监测平台、安全身份认证平台等提升安全防护能力，构建安全管理体系，整体建设框架具体如图 1 所示。

##### 4.2. 标识与车联网先导区融合发展架构

基于文章 4.1 所述的车联网先导区整体建设框架，结合工业互联网标识解析体系，将设备、平台、系统等接入标识解析体系，实现车联网先导区内跨行业、跨平台的互联互通，因此，本文提出标识与车联网先导区融合发展的整体框架，如图 2 所示。



Figure 1. The overall construction framework of the Pilot area of the Internet of Vehicles

图1. 车联网先导区整体建设框架

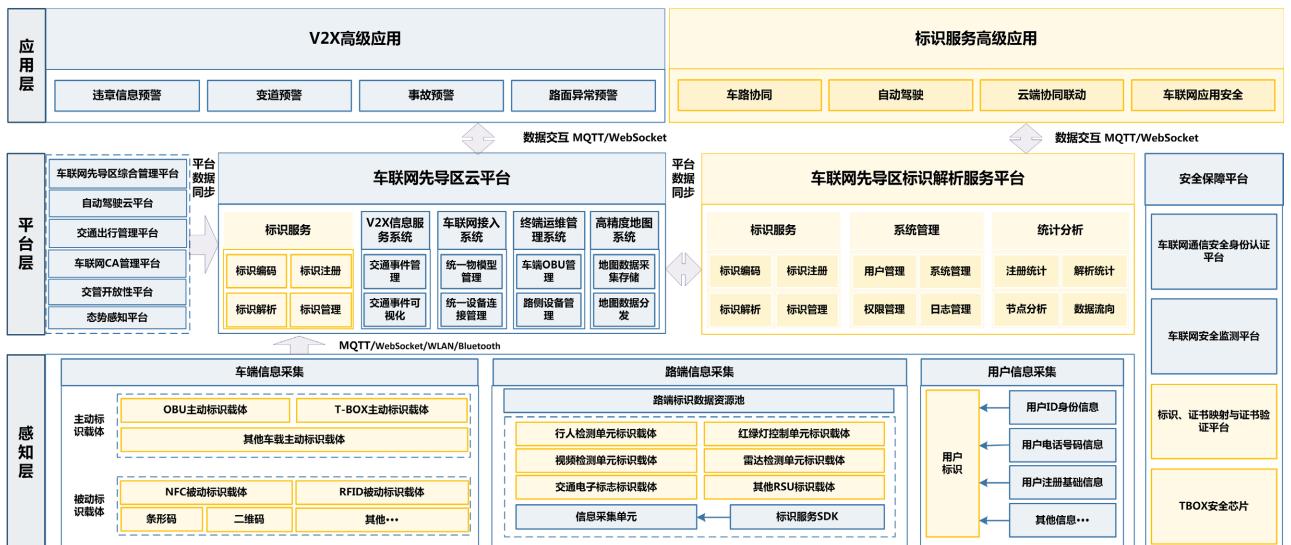


Figure 2. Identify the overall framework of the fusion path with the pilot area

图2. 标识与先导区融合路径整体框架

基于以上融合框架，标识与车联网融合发展可通过以下几个方面进行：

- 1) 通过将感知层的信息进行标识化，将数据采集和上传(包含：车端信息采集上传、路端信息采集上传、用户信息采集上传等)，车联网标识服务平台对来自不同行业的终端设备打上可以通用的“标签”，有助于对异构数据进行统一的注册统计、标识解析与管理服务。
- 2) 车联网标识服务平台可以将存储的标识数据以及车辆和路侧设施的实时信息数据上传到多个车联网云平台功能模块中进行处理，为路侧设施、车载终端、车联网应用提供实时计算、因公托管、数据

开放等能力，从而实现 V2V、V2I、V2P 等车联网标识解析服务的高级应用功能，为车辆行驶提供更加便捷的服务。

3) 基于标识的应用是推动车联网技术发展的源动力，通过标识与应用、平台、终端的连接可实现车辆安全控制、智能交通管理、交通事件预警等高端功能，还为车联网用户提供动态高清地图、变道辅助、车辆防盗预警等各类服务功能[12]。

4) 通过标识解析体系可以实现通信信息加密、车辆入侵检测、异常行为分析、安全风险评估等功能，有力保障车联网信息通信的安全，降低交通事故风险。

## 5. 融合发展推进路径研究

### 5.1. 融合发展的技术推进路径研究

标识与车联网先导区在技术层面的融合发展其实是标识与车联先导区在感知层、平台层、应用层的融合发展，通过融合主动标识可实现车端、路基设备的互联互通，通过利用标识与车联网平台的融合可实现跨品牌车辆和跨行业应用平台之间信息的互联互通、应用协同以及行业服务[13]，通过利用标识与车云安全通信融合实现车辆可信接入、车辆定位及感知数据的可信采集、车辆状态监测信息的可信上传、基于安全链路的可信车云交互(如远程控车和调度等)等。具体融合路径如下：

#### 1) 路径 1：主动标识与车联网先导区感知层融合

路侧通信单元(RSU)标识对象可以基于直连信道(如 PC5)与其附近搭载了 OBU 的车辆进行通信，实现车路协同，也可以通过网络将信息上行至位于边缘/核心网中的车路协同平台，然后再由平台转发下行至位于广播区域的连网车辆，从而实现车与路的信息流互通[14]。

智能化路侧感知与控制设备标识对象主要安装于隧道出入口节点、匝道出入口节点、路侧龙门架、高速收费站点等其他基础设施节点，感知设备主要有探测雷达、视频监控等，控制设备主要有信号灯，实时感知和控制车辆行为与道路情况，捕捉动态或静态地面对象，以实现交通监管的目的。具体如图 3 所示。

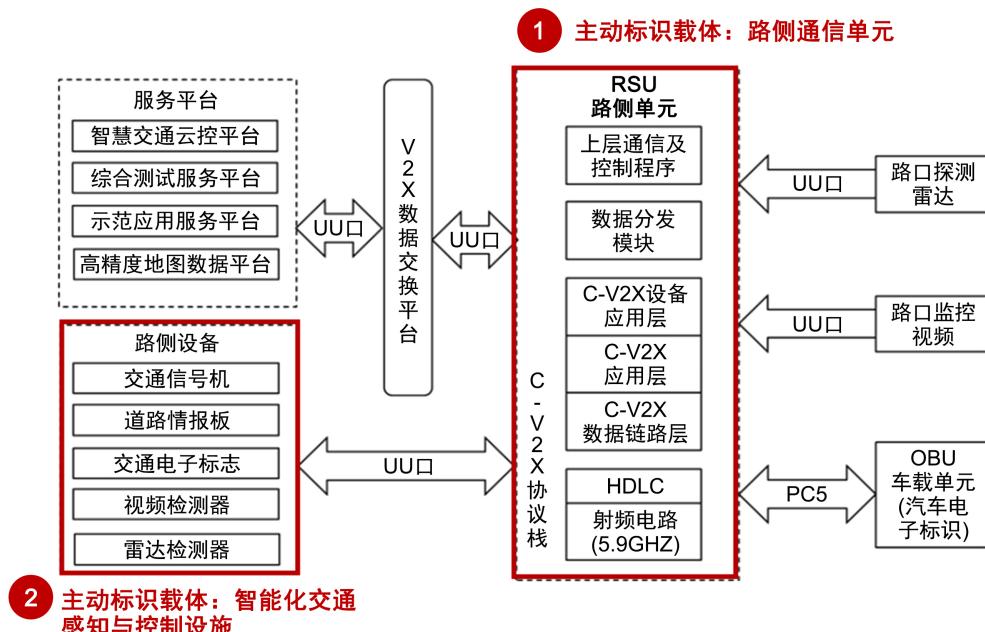
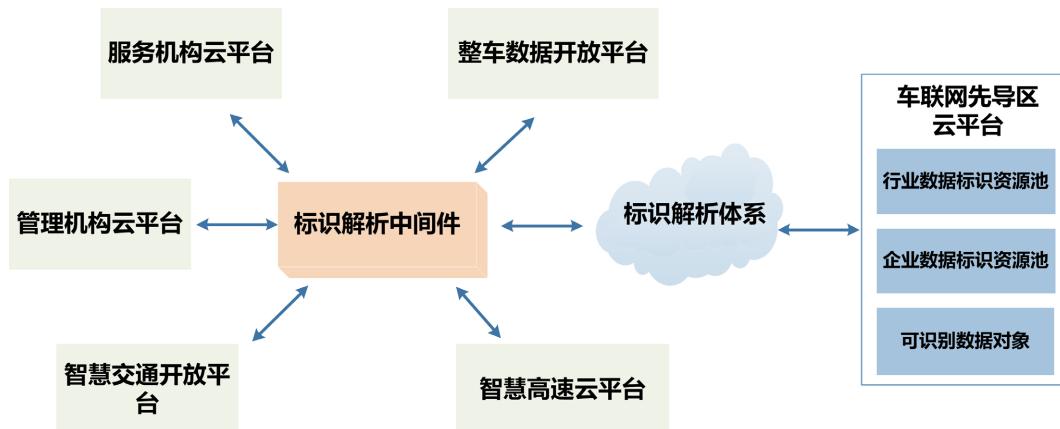


Figure 3. The main identification object at the road end of the pilot area of the Internet of vehicles

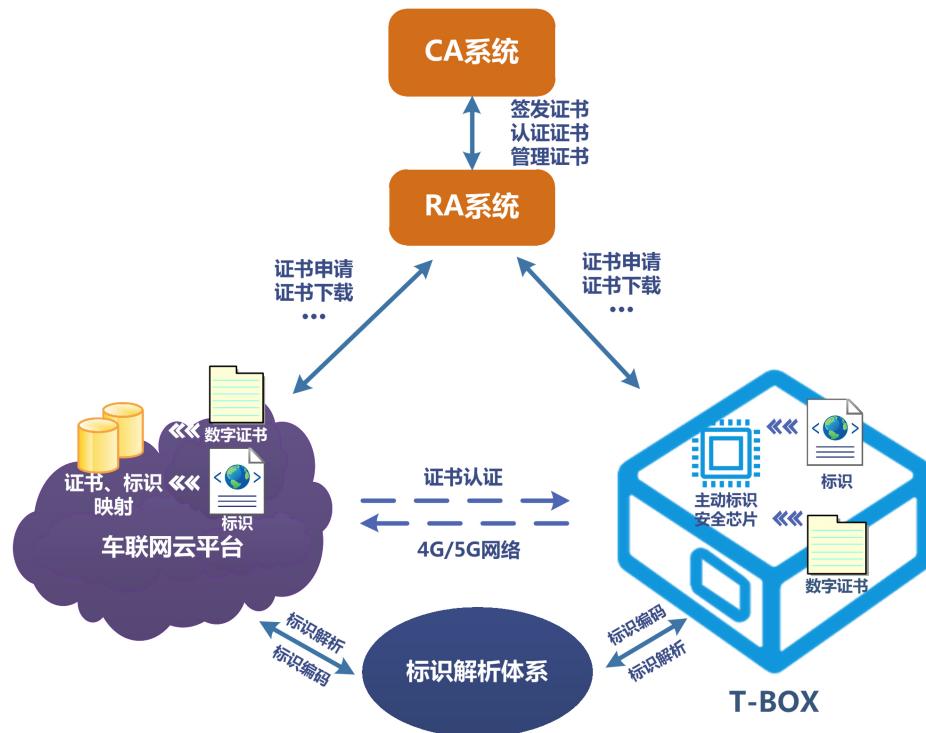
图 3. 车联网先导区路端主要标识对象

## 2) 路径 2: 标识与车联网平台融合

基于当前车联网平台对接难、数据共享难、服务输出难的“三难”问题，本课题提出了一种车联网跨平台数据共享思路，如图 4 所示。具体包含两条关键路径：一是通过标识解析体系与车联网先导区云平台的互联互通，使云平台具有标识注册和解析能力，以完成先导区内部平台的数据互通；二是通过标识解析中间件，将整车数据开放平台、服务机构云平台、管理机构云平台、智慧交通开放平台、智慧高速云平台进行归一化整合，形成一个完备的数据资源池，最终实现不同主体平台与车联网云平台的跨平台数据共享。



**Figure 4.** Cross-platform data sharing scheme for Internet of vehicles  
**图 4.** 车联网跨平台数据共享方案



**Figure 5.** Logo and vehicle cloud security integration scheme diagram  
**图 5.** 标识与车云安全融合方案图

### 3) 路径 3: 标识与车云安全通信融合

在车 - 云安全通信中, 车端上, 将主动标识、证书等信息加密存储在主动标识安全芯片(该芯片具备关键数据不可被导出、不可篡改的特点), 并安装在车载通讯终端(T-Box), 使车端具有主动数据传输能力以及证书不可篡改[15]。云端上, 车联网云平台将 T-BOX 标识编码与 CA 机构颁发的证书进行一一映射, 并将标识编码和证书存储于云平台数据库, 实现证书多重认证查询, 防止证书篡改, 保障数据传输安全, 如图 5 所示。

## 5.2. 融合发展的技术推进路径研究

通过标识与车联网应用的融合发展, 使标识编码与车联网应用结合, 可降低企业间数据流转共享成本, 推动交通效率和安全水平提升, 实现平台数据接口开放、跨平台信息互通共享、应用场景联动, 形成车联网的新模式和新业态。

### 1) 路径 1: 车联网设备全生命周期管理

目前, 先导区车联网设备主要有车路协同路侧单元 RSU、车路协同车载单元 OBU、边缘智慧小站 MEC、毫米波雷达 RADRA、摄像头 CAMERA 等设备。由于同一个设备类型存在多种不同厂商的产品, 如边缘智慧小站厂商有凌化、英伟达、诺达佳等, 导致不同设备的 ID 编码不同, 同时, 不同厂商对同一字段有不同数据定义, 如同样是设备运行温度, 有 65°C、65 摄氏度、65°F 等不同定义方式, 从而导致数据难互通。基于以上问题, 可通过利用标识编码与不同设备编码或 ID 进行映射, 打通设备关联企业之间的关系, 实现身份统一和数据格式统一, 从而实现设备全生命周期管理。

### 2) 路径 2: 标识与 C-V2X 的融合应用

C-V2X 应用主要包含 V2V 应用、V2I 应用以及 V2P 应用。

① V2V 应用: 基于车端搭载的主动标识设备, 通过广播方式、直联通信模式(或经由基础设施如路侧单元 RSU、服务平台交互信息), 将邻近车载终端探测的信息(如道路危险状况提示、闯红灯预警、绿波车速引导、前方拥堵提醒、车内标牌提示等)向附近车辆广播, 实现车 - 车信息互通。

② V2I 应用: 基于主动标识, 将动态数据(如道路交通信息数据(事故、违法)和车辆数据等)通过 LTE-V2X、DSRC、RFID 等上传至云端, 再由云端将事件下发, 从而引导车辆运行。

③ V2P 应用: 基于手持终端标识和车载终端标识, 采用车、人终端直联通信模式(或经由基础设施如路侧单元 RSU、服务平台交互信息), 进行人与车的信息交互, 实现行人出现预警、非机动车出没预警、摩托车出没预警等。

## 6. 挑战与建议

### 6.1. 面临的挑战

#### 1) 行业层面如何推广标识应用

① 车联网 + 标识融合发展, 缺乏相关标准。车联网与标识融合发展需统一 API 接口标准、数据标准、安全标准等, 同时需具备针对标识 + 车联网融合的管理标准和标识 + 车联网融合的相关检测标准。

② 涉及单位多、平台多, 交互难度大。涉及服务机构云平台、整车数据开放平台、管理机构云平台、智慧交通开放平台、智慧高速云平台、V2X 数据应用平台等多个平台与标识解析体系融合。

③ 需后装主动标识载体, 改造难度大。在车联网与标识融合的过程中, 车端需后装主动标识解析设备, 路端需加装主动标识解析设备, 改造难度较大。

#### 2) 技术层面如何进行创新突破

① 标识解析信息的关注点发生变化。目前, 在车联网领域针对标识解析信息的关注点与传统领域相

比发生了较大变化，这个变化主要包括从静态信息(产品溯源、防伪查询、资产管理等)到动态信息(车速获取、方向角获取、定位信息、实时信号灯相位)变化；

② 信息传输的实时性、可靠性要求变化。车联网通信过程中，数据传输的实时性、可靠性要求变化，从原来的高时延、低可靠向低时延、高可靠变化；

③ 车联网标识解析性能与安全保障能力变化。在安全保障能力方面，从面向单一实体、单一信息、弱安全保障向面向多元实体、多元信息和强安全保障方面变化。

## 6.2. 发展建议

### 1) 建议一：从行业层面推广标识应用

① 制定行业标准和白皮书：持续推进车联网相关行业标准建设和白皮书制定，为车联网行业化融合创新发展奠定基础。

② 发展多维融合：借鉴其他领域的融合解决方案，拓展车联网的多行业融合创新发展思路，构建多领域、多渠道、多维度的创新发展模式，促进标识与车联网跨系统、跨行业、跨业务场景应用的快速发展，加强企业节点数据的互联互通，提升二级节点管理能力；

③ 打造行业生态：完善车联网融合发展架构体系，树立车联网融合应用的标杆，发挥标识与车联网融合发展的行业示范作用，吸引更多的单位参与到标识 + 车联网融合的生态发展之中，共同打造车联网行业生态。

### 2) 建议二：从技术层面上进行创新突破

① 关注焦点转移：引导汽车厂商、零部件供应商、平台提供商等转变对标识解析信息的关注点，将传统标识解析主要用于获取静态信息(例如：产品溯源、防伪查询、资产管理等)的思路拓展到依赖动态信息(例如：车速、方向角、定位信息、交通信号等)的车联网，促进工业互联网标识和车联网的有效融合；

② 可靠性提升：通过引进先进技术手段，降低标识解析体系 + 车联网在信息传输中的时延，增强系统的可靠性；

③ 技术模式转变：将传统标识解析面向单一实体，解析单一信息的模式向多元实体、解析多元信息的模式转变，同时，引进安全防护技术手段，增强系统安全保障能力。

## 7. 结论

本文通过对车联网发展现状和车联网先导区建设现状进行分析，基于当前车联网建设的基础，提出工业互联网标识解析体系和车联网先导区感知层、平台层、应用层融合发展的路径和方法，通过统一车载设备、路基设备等设备标识编码，实现 V2X (车 - 车，车 - 路，车 - 云，车 - 人)通信。未来，通过标识与车联网的融合发展，可打通跨行业跨产业不同环节，突破路侧设施之间数据横向通信壁垒，制定车联网路侧设施统一数据接口规范，实现跨区域、跨地方的互联互通。

## 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] 刘艳玲, 王鹤迦. 数据是驱动工业互联网创新发展的核心“燃料” [EB/OL]. 通信世界网.  
<http://www.cww.net.cn/article?id=561019>, 2022-04-16.
- [2] 张晓迪. 信通院发布车联网白皮书: C-V2X 产品研发已基本成熟[EB/OL]. C114 通信网.  
<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1654320382640389794&wfr=spider&for=pc>, 2019-12-30.

- 
- [3] 任语铮, 曾诗钦, 霍如, 谢人超, 黄韬, 张钰雯. 新型工业互联网标识解析体系探讨与实践[J]. 信息通信技术与政策, 2019, 302(8): 74-77.
  - [4] 常昊. 我国车联网技术发展的现状和建议[J]. 内燃机与配件, 2018(9): 205.
  - [5] 罗忠, 罗瑛. 车联网发展的探讨[J]. 电子技术与软件工程, 2015(6): 11.
  - [6] 魏如秋. 车联网运用分析研究[J]. 价值工程, 2018(8): 182-184.
  - [7] 焦萍萍. 车联网数据安全风险及应对策略研究[J]. 电子技术与软件工程, 2021(4): 248-249.
  - [8] 中国信息通信研究院. 2021 年车联网白皮书[R]. 北京: 中国通信研究院, 2021.
  - [9] 曹吉昌, 华贤平. 关于在新建城区开展车联网建设的案例研究——以无锡市为例[J]. 建设科技, 2021(15): 9-12.
  - [10] 游涓洋, 浦俊懿. 计算机行业: 从车联网示范区情况看智慧路网的建设内容与市场规模[EB/OL].  
[http://stock.finance.sina.com.cn/stock/go.php/vReport\\_Show/kind/lastest/rptid/637172160854/index.phtml](http://stock.finance.sina.com.cn/stock/go.php/vReport_Show/kind/lastest/rptid/637172160854/index.phtml), 2020-03-10.
  - [11] 魏文渊, 赵鹏超, 谢卉瑜, 张博. 车联网标识解析体系研究[J]. 时代汽车, 2021(6): 4-8.
  - [12] 王群, 钱焕延. 车联网体系结构及感知层关键技术研究[J]. 电信科学, 2012, 28(12): 1-9.
  - [13] 李家文, 申存森. 智能网联汽车云控基础平台分析与发展概述[R]//中国智能网联汽车产业发展报告. 北京: 社会科学文献出版社, 2019: 65-82.
  - [14] 方啸, 王秀峰, 张旭, 侯广大. 5G 车路协同在干线物流自动驾驶中的应用[J]. 信息通信技术与政策, 2020(12): 28-32.
  - [15] 邓稳. 基于车联网环境的安全通信技术研究与实现[D]: [硕士学位论文]. 成都: 电子科技大学, 2020.