

ICS **

CCS **

团体标准

T/ITS ****-2025

自主式交通安全协同感知 与增强技术要求

Technical Requirements for Secure Collaborative Perception and Perception
Enhancing in Autonomous Transportation Systems

20**-**-**发布

20**-**-**实施

中国智能交通产业联盟 发布

中国智能交通产业联盟

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 基本术语	1
4 缩略语	2
5 自主式交通系统超视距范围安全协同感知技术体系	3
6 自主式交通系统超视距范围感知增强技术体系	4
7 自主式交通系统安全协同感知技术要求	5
8 自主式交通系统感知增强技术要求	6
9 自主式交通系统安全协同感知数据融合与处理技术要求	7
10 自主式交通系统感知增强数据融合与处理技术要求	8

中国智能交通产业联盟

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件起草单位：武汉理工大学、交通运输部公路科学研究院、东南大学、中南大学、吉林大学、苏州智加科技有限公司。

本文件主要起草人：刘文、张卓敏、李大韦、彭勇、黄秋阳、曹莹琦、赵晨洁。

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

自主式交通系统安全协同感知与增强技术要求

1 范围

本文件规定了自主式交通系统在公路、轨道、水路三种交通方式下，实现超视距安全协同感知与感知增强所需的技术架构、功能要求、数据规范、通信接口及安全要求。

本文件适用于自主式交通系统中涉及安全协同感知、多源数据融合、超视距环境认知的智能化系统设计、开发、测试与运营维护。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 28181-2022 公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求

GB/T 33846.1-2017 信息技术 SOA支撑功能单元互操作 第1部分：总体框架

JTG/T 2430-2023 公路工程设施支持自动驾驶技术指南

IEC 61375 列车通信网络标准

EN 50126 轨道交通可靠性、可用性、可维护性和安全性（RAMS）

IEC 61162 海上导航和无线电通信设备及系统——数字接口

ISO 19848:2018 船舶与海洋技术——数据共享接口

3 基本术语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

自主式交通系统 autonomous transportation system

自主式交通系统是以自感知、自适应、自学习、自组织为特征的高度自治的交通系统。

3.2

自主式公路交通系统 autonomous highway transportation system

在一定程度上具备自动化感知、自动化决策和自动化执行能力的公路交通系统，也称为自主化道路交通系统。

3.3

自主式轨道交通系统 autonomous rail transportation system

通过车-轨-云协同控制实现环境感知、自主决策和精准执行的轨道交通系统，在少人或无人干预的情况下完成列车运行调度、安全防护、乘客服务等全流程功能，也称为自动驾驶轨道交通系统。

3.4

自主式水路交通系统 autonomous waterway transportation system

利用新兴技术，通过自动化感知、自动化决策和自动化执行，实现船舶、航道、港口等要素智能协同运行的水路交通系统。

3.5

交通主体 transportation agent

具备感知、通信、计算与控制能力的基础单元，如车辆、列车、船舶、路侧/轨旁/岸基智能设施、云平台等。

3.6

感知节点 perception node

具备环境感知能力并能够与其他节点进行数据交互的交通主体或专用设备。

3.7

超视距范围 beyond-visual-range

单个交通主体因物理遮挡、传感器性能限制或环境条件（如雾、雨、夜间）无法直接获取的区域，通常超出视距或感知范围，需依赖协同节点或远程数据源实现感知。

3.8

安全协同感知 secure collaborative perception

通过交通主体之间的安全通信与数据共享机制，实现超视距范围内交通环境信息的互补感知与可信融合，提升自主式交通系统的感知准确性、鲁棒性与安全性。

3.9

感知增强 perception enhancing

通过多模态数据融合、AI时空推理等技术手段，对原始多模态感知数据进行质量提升、盲区填补、语义丰富与可信度评估，实现对不同交通环境的高精度、多要素和动态持续感知。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI: 人工智能 (Artificial Intelligence)

AIS: 船舶自动识别系统 (Automatic Identification System)

APAR: 有源相控阵雷达 (Active Phased Array Radar)

ATO: 列车自动运行系统 (Automatic Train Operation)
 BSM: 基本安全消息 (Basic Safety Message)
 CPM: 协同感知消息 (Collective Perception Message)
 GNSS: 全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System)
 LiDAR: 激光雷达 (Light Detection and Ranging)
 IMU: 惯性测量单元 (Inertial Measurement Unit)
 OBU: 车载单元 (On-Board Unit)
 RSU: 路侧单元 (Road Side Unit)
 V2X: 车用无线通信技术 (Vehicle to Everything)
 VDES: VHF 数据交换系统 (VHF Data Exchange System)

5 自主式交通系统超视距范围安全协同感知技术体系

5.1 基本框架图

在自主式交通系统中，超视距范围安全协同感知技术体系框架见图1。

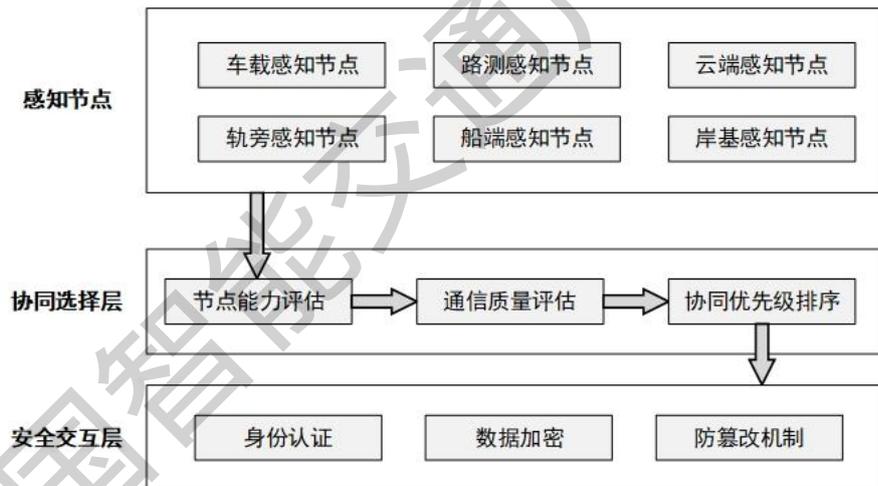


图1 自主式交通系统超视距范围安全协同感知技术体系框架图

自主式交通系统超视距范围安全协同感知技术体系框架主要由协同选择层和安全交互层这两个部分组成，其功能和层级之间的关系如下：

a) 协同选择层：依次对感知节点能力和通信质量进行评估，然后对节点协同优先级进行排序，从而确定协同感知的对象；

b) 安全交互层：对协同选择层输出的协同感知对象进行数据通信和交互。为了确保数据传输安全性，通过身份认证、数据加密、防篡改机制等安全方式，可实现可信通信和数据防篡改；

其中，安全交互层通过下列标准化空中接口与消息格式完成数据收发：

- a) 公路场景采用V2X直连通信，路侧单元（RSU）与车载单元间交互基本安全消息（BSM）和协同感知消息（CPM）；
- b) 铁路场景使用LTE-M/5G-R专用承载，基站与列车之间通过封装CPM的PDU会话传输；
- c) 水路场景在VDES专用信道（AIS 1/2/3 子信道扩展）上传输船舶自动识别系统（AIS）报文与CPM二进制附件；

5.2 边界范畴

- a) 空间范围：覆盖城市道路、高速公路、城轨交通、高速轨道、内河水运、近海水域等多种交通场景，包括但不限于特定的测试示范区、城市交通网络、城际交通线路、港口航道与轨道枢纽等；
- b) 时间范围：适用于实时交通感知与协同交互。

6 自主式交通系统超视距范围感知增强技术体系

6.1 基本框架图

在自主式交通系统中，超视距范围感知增强技术体系框架见图2。

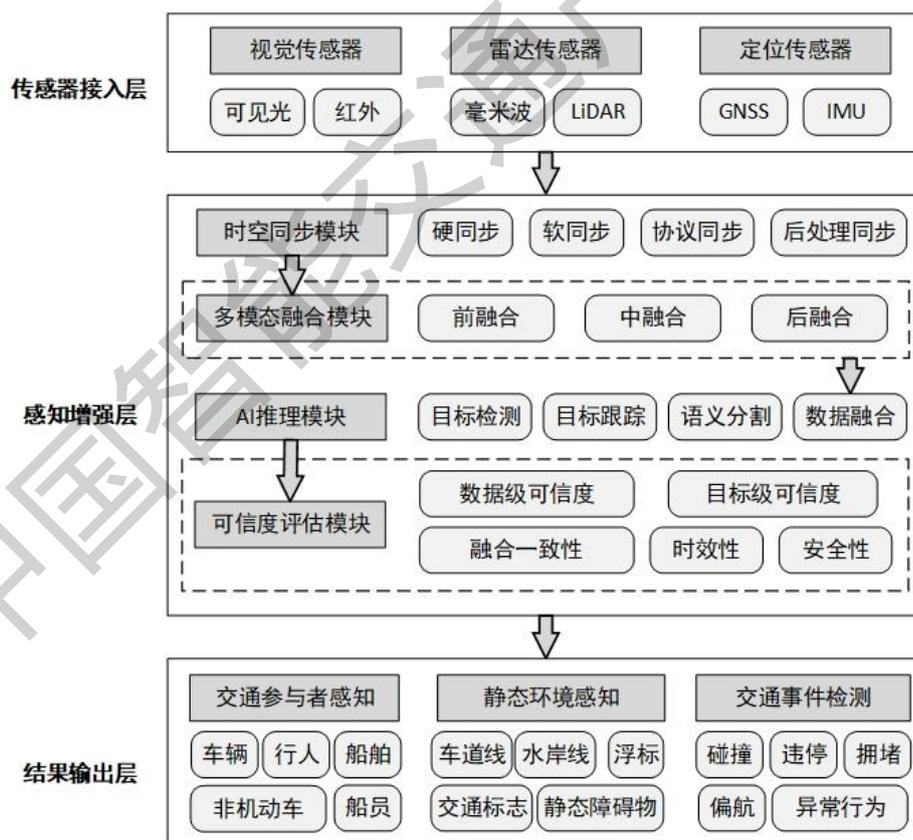


图2 自主式交通系统超视距范围感知增强技术基本框架图

自主式交通系统超视距范围安全协同感知技术体系框架主要由传感器接入层、感知增强层和结果输出层三个部分组成，每个部分的定义和相互关系应包括以下几方面：

a) 传感器接入层：自主式交通系统超视距范围感知增强技术实现的多源数据基础单元。交通主体一方面采集自身多模态传感器数据（视觉数据如可见光和红外数据、雷达数据、定位数据），另一方面主动获取来自其他交通主体的多模态传感器数据。

b) 感知增强层：对传感器接入层输出的多模态感知数据进行数据处理，融合多交通主体视角特征达到感知增强目的，主要包括时空同步模块、多模态融合模块、AI推理模块和可信度评估模块。

通过时空同步模块实现异构数据的时间和空间对齐，利用多模态融合模块实现数据融合，并在AI推理模块执行目标检测、目标跟踪、语义分割和数据融合模型的推理。最后通过可信度评估模块对数据级、目标级可信度进行评估，同时对数据融合一致性进行评估，此外根据需求对推理时效性和数据安全性进行评估。

c) 结果输出层：输出感知增强层的处理结果，根据感知类型进行分类，主要包括交通参与者感知结果、静态环境感知结果和交通事件检测结果。

6.2 边界范畴

- a) 前端边界：多交通主体的多模态传感器物理接口；
- b) 后端边界：增强结果输出接口；
- c) 时间边界：应支持不同等级的处理延迟要求，满足边缘侧和云端应用的实时性需求；
- d) 空间边界：覆盖公路、轨道、水路需要感知增强的超视距场景；
- e) 功能边界：不替代原始传感器，仅提供增强语义与置信度，可按需选用。

7 自主式交通系统安全协同感知技术要求

7.1 主要内容

自主式交通系统安全协同感知技术（Safe Cooperative Perception for ATS，简称 SCP-ATS）是指在公路、轨道、水路等自主式交通场景中，当单一感知节点因遮挡、性能或环境限制无法获得完整信息时，系统通过标准化安全通信机制，将车载、路侧/轨旁、岸基、船端、云端等多类节点的感知数据实时汇聚，经协同选择和可信交互处理，形成超视距范围内连续、准确、鲁棒的交通环境模型，为自动驾驶、智能调度与交通安全应用提供数据支撑。

7.2 功能要求

在协作感知场景下，自主式交通系统安全协同感知的对象为移动通信网络中的交通主体，分为载运装备（车辆、列车、船舶）和基础设施（大规模部署的基站、小规模智能化设施）两大类。

自主式交通系统安全协同感知技术可避免单节点自发自收感知中的自干扰问题，多节点感知信息进行联合处理，具有提升感知精度、扩大感知范围、增强感知连续性、拓展感知维度等优势。该技术的具体实现效果包括以下几个方面：

a) 超视距补盲效果：通过多节点协同，可在弯道、坡道、建筑遮挡或雨雾夜间等场景下，对单车/船/列感知盲区进行有效补充，提升目标连续性与环境完整性。

b) 实时连续效果：系统应具备实时汇聚与更新能力，支持动态目标与事件的持续跟踪与平滑展示。

c) 可信鲁棒效果：在通信抖动、节点离线或数据异常情况下，系统仍应保持基本感知输出，并具备异常提示与降级运行能力。

d) 跨方式互通效果：宜支持车、轨、船三类节点信息的同图呈现，实现一张图级别的协同环境模型。

自主式交通系统安全协同感知技术的实现方式包括以下三个阶段：

一、协同选择

a) 应具备对感知节点能力与通信质量进行评估的能力；

b) 宜支持对协同优先级进行排序并动态更新协同对象列表。

二、可信交互

a) 应具备身份认证与数据加密能力，保障交互过程可信；

b) 宜支持防篡改、重放检测等安全机制，确保数据完整性；

c) 公路场景宜通过车用无线通信技术（V2X）与路侧单元（RSU）进行基本安全消息（BSM）和协同感知消息（CPM）交互；

d) 铁路场景宜通过LTE-M/5G-R等专用网络承载封装后的CPM数据；

e) 水路场景宜通过VHF数据交换系统（VDES）与船舶自动识别系统（AIS）扩展方式进行信息播发。

三、融合决策

a) 应具备符号级与语义级融合能力，实现多节点数据关联；

b) 宜支持威胁检测与一致性校验功能，对异常数据进行提示或删除；

c) 应具备生成协同感知结果并对外提供的能力，结果形式宜支持CPM、JSON等通用格式。

7.3 数据与模型的相关要求

a) 应支持多种数据更新频率，满足不同交通场景的实时性需求；

b) 应具备低延迟数据传输能力，确保协同感知的时效性；

c) 应支持对感知性能进行评估的能力，包括目标检测准确性、跟踪连续性等关键指标；

d) 数据源应包括移动通信网络中各节点的可用感知传感器数据；

e) 应支持多种数据格式的输入输出，包括视频图像、文本等格式；

f) 应具备感知功能验证能力，支持目标检测、目标跟踪、数据融合、目标定位等功能的性能评估。

8 自主式交通系统感知增强技术要求

8.1 主要内容

自主式交通系统感知增强技术包含视觉增强和融合增强两个技术要点。其中，视觉增强指图像增强，提高不良天气条件下的视觉数据质量；融合增强指融合不同传感器数据，弥补单一传感器固有的局限性，提高感知准确性和扩展感知范围。感知对象将细化到具体的传感器，例如视觉传感器（可见光和红外摄像头等）、雷达（毫米波雷达、LiDAR、APAR等）、AIS、GNSS、IMU等。

感知增强对象指自主交通系统为安全高效运行，需要精准识别和理解的周边环境中的所有相关的动态交通参与者、静态基础设施及环境状态，宜包括：

- a) 交通参与者：车辆、行人、非机动车、列车、船舶、船员等
- b) 静态环境：车道线、交通标志、水岸线、浮标、静态障碍物等
- c) 交通事件类型：碰撞、违停、拥堵、偏航、异常行为等

8.2 功能要求

- a) 应具备多传感器时空同步能力，确保数据一致性；
- b) 应支持高精度目标识别，提升感知准确性；
- c) 宜具备盲区补全、语义增强、轨迹预测等增强功能；
- d) 输出结果应包含置信度、时效性、数据来源等关键信息。

8.3 数据与模型的相关要求

- a) 数据源：主要包括摄像头、雷达、GNSS等传感器，用于实时获取环境感知数据；
- b) 输入输出数据项：输入数据为传感器提供的原始数据，输出数据为处理后的感知增强结果；
- c) 数据格式：应支持多种标准数据格式，便于不同类型传感器数据及处理结果的传输和解析；
- d) 评估模型：应具备系统性能评估能力，通过相关指标衡量感知准确性。

9 自主式交通系统安全协同感知数据融合与处理技术要求

9.1 数据融合与处理的相关要求

自主式交通系统安全协同感知数据融合与处理旨在对来自多个交通主体的感知数据进行集成、关联与合成，以形成统一、准确、可靠的超视距环境感知结果。其核心是通过有效的数据处理手段，提升协同感知系统的整体性能与可靠性。具体要求包括：

- a) 应支持对多源、异构的协同感知数据进行关联与融合，实现跨节点、跨模态的环境信息整合；
- b) 宜具备数据级与符号级融合能力，针对不同应用场景和数据类型选择合适的融合层级，以平衡信息损失与处理效率；
- c) 应支持多节点协作感知数据的时空对齐与关联，确保融合数据在时间和空间上的一致性；
- d) 宜具备融合结果的一致性校验与冲突消解能力，对异常或矛盾的感知数据进行识别与处理；
- e) 应支持自感知数据与协同感知数据的一体化融合处理，构建更为全面和鲁棒的环境感知模型。

9.2 数据融合与处理的相关要求

a) 采集设备：载运装备和基础设施上应搭载具备协同感知能力的传感器及通信单元，支持多模态感知数据的采集与共享；

b) 数据接口：应提供标准化的数据接入与交互接口，支持协同感知消息（如CPM、BSM）等标准格式的解析与封装；应具备高效的数据交换机制，保障协同感知数据的实时性与可靠性；

c) 结果展示：应支持融合处理后的协同感知结果的可视化展示，包括超视距范围内的目标、事件及环境态势等；

d) 系统展示：应具备数据融合处理流程、系统性能及节点协同状态等的监控与展示能力。

9.3 数据融合与处理的相关要求

a) 应确保数据融合与处理过程满足相关信息安全与隐私保护要求；

b) 宜支持融合算法与处理策略的可配置与可更新，以适应不同交通场景与技术进步的需求；

c) 应具备系统的高可用性与可靠性，保证在部分节点或链路异常时仍能提供降级融合服务。

10 自主式交通系统安全协同感知数据融合与处理技术要求

10.1 数据融合与处理的相关要求

自主式交通系统感知增强数据融合与处理侧重于通过先进的数据处理算法，提升原始感知数据的质量、丰富其语义信息，并填补感知盲区，从而为自主系统提供更精准、更全面的环境理解能力。具体要求包括：

a) 应支持多模态感知数据（如视觉、雷达、LiDAR等）的深度融合，利用不同传感器的互补性提升感知性能；

b) 宜具备感知数据质量增强能力，例如对低光照、恶劣天气下的视觉数据进行增强，或对稀疏点云数据进行补全与去噪；

c) 应支持基于AI模型的数据推理与语义丰富，从原始数据中提取更高层次的语义信息（如目标类型、行为意图等）；

d) 宜具备感知结果的置信度评估与不确定性量化能力，为决策系统提供可靠性参考；

e) 应支持实时或近实时的数据增强处理，满足自主交通系统对时效性的要求。

10.2 数据融合与处理的相关要求

a) 采集设备：应支持接入各类用于感知增强的传感器，其性能应能满足多模态数据融合对数据质量的基本要求；

b) 数据接口：应提供标准化的原始数据接入接口与增强结果输出接口，支持常见的数据格式与通信协议（如ROS消息、SOME/IP等），便于系统集成与数据流转；

c) 结果可视化：应具备感知增强前后效果的对比展示能力，以及增强结果（如目标检测框、语义分割图、重建环境等）的直观可视化；

d) 系统展示：应支持感知增强算法模型运行状态、处理效能及资源占用等系统关键指标的监控与展示。

10.3 数据融合与处理的相关要求

a) 应确保感知增强算法在不同交通场景与环境条件下的适应性与鲁棒性；

b) 宜支持感知增强模型与算法的在线学习与更新机制，以持续提升系统性能；

c) 应满足系统处理海量感知数据时的计算效率与资源管理要求。

中国智能交通产业联盟

T/ITS ****-2025

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟

标准

自主式交通系统安全协同感知与增强技术要求

T/ITS ****-2025

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.cn>

2025 年 X 月第一版 2025 年 X 月第一次印刷