

团体标准

T/ITS 0293.5-2025

自主式交通系统 交通语义表示语言 第5部分：互操作

Autonomous transportation system —
Traffic semantic representation language —
Part 5: Interoperation

2025-12-23 发布

2025-12-23 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	II
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 自主式交通系统互操作总体框架	3
6 自主式交通系统语法互操作	4
7 自主式交通系统语义互操作	5
8 自主式交通系统行为互操作	7
附 录 A（资料性附录） 行为互操作协同架构	10
附 录 B（资料性附录） 行为互操作示例	11

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。

本文件主要起草单位：北京交通大学、北京邮电大学、交通运输部公路科学研究院、华路易云科技有限公司、联通智网科技股份有限公司、北京航空航天大学、株洲中车时代电气股份有限公司、交通运输部水运科学研究院。

本文件主要起草人：董宏辉、欧帆、王佳佳、袁泉、李静林、任毅龙、于海洋、李振华、余红艳、辛亮、于朝阳、王泉东、周昱诚、谌仪、潘小熙、兰征兴、顾惠楠、马攀科、林军、王志鹏、龙腾、洪奕鹏、刘俊兰、李巍、周伟杰、吴昊、江培源。

自主式交通系统 交通语义表示语言 第5部分：互操作

1 范围

本文件规定了自主式交通系统之间以及内部各主体之间通过交通语义表示语言进行互操作的框架以及语法互操作、语义互操作和行为互操作的要求。

本文件适用于包括道路、水运、轨道等自主式交通系统之间以及内部各主体之间通过交通语义表示语言进行互操作。

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 41782.1-2024 物联网 系统互操作性 第1部分：框架

GB/T 41782.3-2024 物联网 系统互操作性 第3部分：语义互操作

GB/T 41782.4-2024 物联网 系统互操作性 第4部分：语法互操作

GB/T 44283-2024 物联网 语义互操作实现框架

T/ITS 0292-2025 自主式交通系统 互操作机制模型

T/ITS 0293.1-2025 自主式交通系统 交通语义表示语言 第1部分：通用定义

T/ITS 0293.2-2025 自主式交通系统 交通语义表示语言 第2部分：语法规范

T/ITS 0293.3-2025 自主式交通系统 交通语义表示语言 第3部分：语义信息交互

T/ITS 0293.4-2025 自主式交通系统 交通语义表示语言 第4部分：推理框架

3 术语和定义

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

T/ITS 0293. 5-2025

以自主感知、自主决策、自主执行为特征的高度智能、高度自治的交通系统。

[来源: T/ITS 0292-2025]

3. 2

自主式交通主体 autonomous traffic agent

自主式交通主体是能够在复杂交通环境下,独立完成感知、认知、决策与控制闭环,实现预定交通任务的交通智能体。

[来源: T/ITS 0293. 1-2025]

3. 3

交通语义表示语言 traffic semantic representation language

交通语义表示语言是一种以形式化方式准确描述交通内容的语言,具备语义表示、语义理解、语义交互、逻辑推理和互操作等能力。

[来源: T/ITS 0293. 1-2025]

3. 4

互操作 interoperation

两个或两个以上的系统或组件之间交换数据并使用相互间理解的已交互数据的能力。

[来源: T/ITS 0292-2025]

3. 5

自主式交通系统语法互操作 autonomous transportation system syntactic interoperation

自主式交通系统以及内部主体能够理解和使用所交换信息结构的能力。

3. 6

自主式交通系统语义互操作 autonomous transportation system semantic interoperation

自主式交通系统以及内部主体能够理解和使用所交换信息语义的能力。

3. 7

自主式交通系统行为互操作 autonomous transportation system behavioral interoperation

自主式交通系统以及内部主体能够基于已理解的语义信息,协同完成交通任务的能力。

4 缩略语

JSON: 对象简谱,一种轻量级的数据交换格式(Java Script Object Notation)

RSU: 路侧单元 (Road Side Unit)

TSRL: 交通语义表示语言 (Traffic Semantic Representation Language)

UML: 统一建模语言 (Unified Modeling Language)

XML: 可扩展置标语言 (Extensible Markup Language)

5 自主式交通系统互操作总体框架

5.1 框架结构

参照GB/T 41782.1-2024相关规定, 自主式交通系统互操作总体框架包括语法互操作、语义互操作以及行为互操作, 如图1所示。自主式交通系统互操作应具备基础互操作能力, 同时可进行自主式交通系统之间以及内部的互操作。

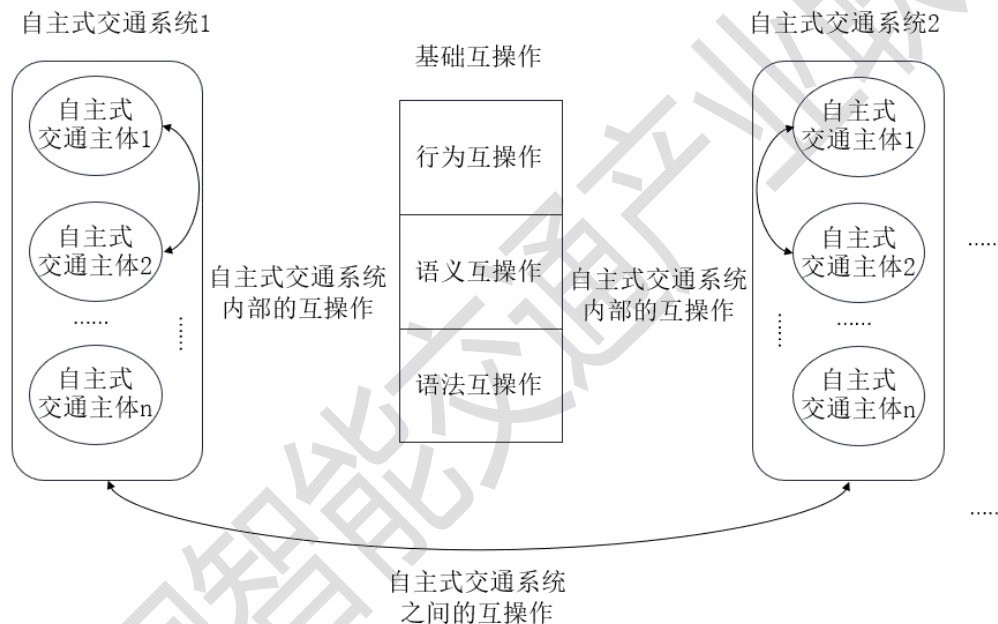


图1 自主式交通系统互操作总体框架

5.2 基础互操作

自主式交通系统的互操作, 应具备下列能力:

- 不同自主式交通系统或不同自主式交通主体之间应具有信息交换能力;
- 不同自主式交通系统或不同自主式交通主体之间应具有对所交换信息结构的理解能力;
- 不同自主式交通系统或不同自主式交通主体之间应具有对所交换信息语义的理解能力;
- 不同自主式交通系统或不同自主式交通主体之间应具有协同工作并完成某一任务的能力。

5.3 自主式交通系统内部的互操作

自主式交通系统内部的互操作要求自主式交通系统内的交通主体能基于交通语义表示语言解析和处理来自内部不同主体的交互信息，并将系统可理解的语义信息反馈给相应主体，进而使系统内部主体具备互操作的能力。

5.4 自主式交通系统之间的互操作

自主式交通系统之间的互操作要求相同或不同交通方式下的自主式交通系统之间能够通过交通语义表示语言解析和处理来自其他系统的交互数据，并将系统可理解的语义信息反馈给本系统的相应主体，进而使系统具备与其他系统互操作的能力。

6 自主式交通系统语法互操作

6.1 概述

自主式交通系统语法互操作支持同一或不同交通方式的自主式交通系统或交通主体，基于其信息表示的格式、规则等语法要求，通过交通语义表示语言来交换信息。

6.2 语法互操作原则

在本条中，参照GB/T 41782.4-2024，规定了实现自主式交通系统语法互操作的原则。为了实现一个自主式交通系统与另一个自主式交通系统或自主式交通主体的语法互操作，需要使用两者间的信息交换规则。语法互操作的信息交换规则规定了以下类型的信息交换。

a) 格式交换。

“格式”指数据格式。

“格式交换”指能将交通语义表示语言与其它不同数据格式，如XML、UML、JSON等信息相互转换。

b) 结构交换。

“结构”指具有层次和分支的数据结构。

“结构交换”指在能够交换不同结构的信息。

例如，能将分层树结构的信息转换为扁平树结构的信息。

c) 语法约束交换。

“约束”指与数据语法或语法要求相关的限制条件。

“语法约束交换”指在能交换具有不同约束条件的信息。

例如，自主式交通系统1中的数值在小数点后保留一位，自主式交通系统2中的数值在小数点后保留两位。两者的数值精度交换即为语法约束交换。

6.3 语法互操作总体结构

图2说明了语法互操作的总体结构，包含两个自主式交通系统：自主式交通系统1和自主式交通系统2。在每个自主式交通系统中，其信息包括元模型、模型和实例，元模型即数据格式的语法规范，模型

是依据语法规范对现实概念的抽象，实例是在模型内部对现实实体的描述。例如，若采用XML描述“交通信号灯为红色”，为：

```
<TrafficLight>
  <Color>red</Color>
</TrafficLight>
```

元模型即XML的语法规范，模型是XML的各类标签<>/>，实例则是标签内的数据。

自主式交通系统1和自主式交通系统2的元模型可相同或不同，为达成自主式交通系统间的语法互操作性，应基于双方元模型制定信息交换规则。信息交换规则的制定，需分析并明确支撑信息交换执行所需的属性及处理方法。

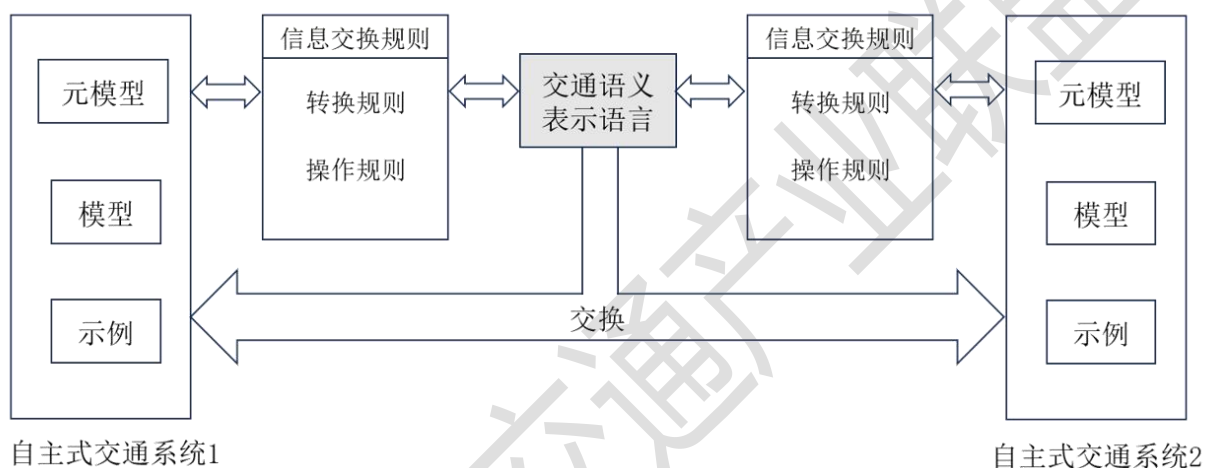


图2 语法互操作总体结构

6.4 信息交换规则

6.4.1 转换规则

转换规则是将自主式交通系统元模型中元素与交通语义表示语言相互转换的规则，以实现自主式交通系统之间的结构、数据格式和语法约束转换。

6.4.2 操作规则

操作规则用来解决两个自主式交通系统之间在数据指定属性方面的差异问题，例如数据精度、数据单位等差异。操作规则应指定必要的属性和处理方法。

7 自主式交通系统语义互操作

7.1 概述

自主式交通系统语义互操作支持同一或不同交通方式的自主式交通系统或交通主体,基于可理解的语义信息实现数据交换。这些语义信息基于交通语义表示语言,交通语义表示语言是自主式交通系统中概念和关系的表示载体。

7.2 语义互操作过程

参照GB/T 41782.3-2024与GB/T 44283-2024的相关规定,自主式交通系统语义互操作过程见图3,包括以下过程。

- a) 语义模型创建:使用TSRL对交通领域的实体、关系、状态、事件等进行形式化描述,构建交通领域术语库。这个术语库定义了交通领域中共同认可的概念和术语,为互操作提供语义基础。术语库的构建可参照T/ITS 0293.2-2025。
- b) 语义表示:对不同来源不同形式的数​​据使用TSRL进行语义表示,将原始数据转换为具有明确语义的语义表示语句,形成交通知识库与规则库。
- c) 语义协商:语义协商的目的是保证语义理解的一致性。语义协商操作及其方法包括但不限于如下内容:
 - 1) 语义互操作参与方对使用术语库中术语的语义一致性进行协商;
 - 2) 语义互操作参与方根据对系统或主体语义描述的差异情况构建语义映射表(图),确定源语义描述和目标语义描述对应的概念和属性;确定映射关系类型;按照映射关系类型将概念或属性以表格、图形等形式呈现。
- d) 语义信息交互:在不同自主式交通系统或主体之间交互TSRL语句。交互可以通过各种通信协议进行。语义信息交互的具体方法、流程可参照T/ITS 0293.3-2025。
- e) 语义解析与理解:接收方在收到TSRL表示的数据后,需要利用本地的TSRL解析器对语句进行解析,并结合本地知识库来理解数据的含义。
- f) 语义推理:在理解数据的基础上,接收方可以利用TSRL支持的推理规则进行逻辑推理,从而推导出新的知识或检测到潜在的不一致性。语义推理的具体方法、流程可参照T/ITS 0293.4-2025。

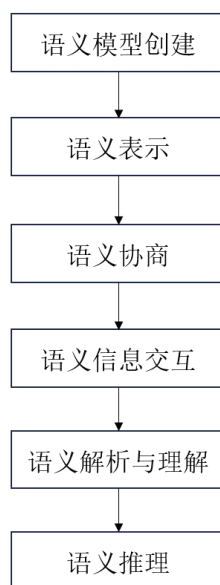


图3 自主式交通系统语义互操作过程

7.3 语义信息维护

为适应不断变化的环境和应用需求,应由一个负责的自主式交通主体对语义互操作所涉及的术语库、知识库与规则库等进行持续更新和维护。语义信息维护的内容包括但不限于:

- a) 关系维护,包括由设备或术语库等变动导致的语义关系更新、谓词描述修改等;
- b) 规则维护,包括推理规则的迭代更新和推理过程的调整优化等;
- c) 知识维护,包括知识库中语义表示语句的备份与恢复、清洗与校验等;
- d) 实体维护,包括实体常量的新增、删除及属性更新,实体常量唯一标识的维护与校验等。

8 自主式交通系统行为互操作

8.1 概述

自主式交通系统行为互操作支持自主式交通系统或自主式交通主体在语法互操作与语义互操作的基础上,实现协同认知、决策并执行相应的行动,以完成交通任务。

8.2 行为互操作框架

自主式交通系统行为互操作框架包括语义化任务描述,任务层级分解,协同架构构建,行为序列生成以及行为执行,见图4。其中:

- 语义化任务描述:使用交通语义表示语言描述自主式交通系统或自主式交通主体的交通任务,并将其转化为系统可解析的交通语义表示语句,明确参与主体、环境约束、时空关系等要素。
- 任务分解:将复杂任务按时间顺序或层级结构,分解为由交通语义表示语言描述的子任务,形成任务分解网络。每个子任务需通过一轮或多轮语义互操作完成。

- 协同架构构建：自主式交通系统或自主式交通主体应根据交通任务及实时交通状态，动态选择行为互操作协同架构并确定互操作对象，以适配任务需求。行为互操作协同架构包括中心式、分布式、分层式等，可参考附录 A。
- 行为序列生成：针对每一子任务，生成行为序列。行为包括语义互操作以及交通行为。生成的行为序列需整合语义互操作与采取交通行为的时间序列。语义互操作交互的语义信息与交通行为均由交通语义表示语言描述。
- 行为执行与结果反馈：自主式交通系统或自主式交通主体应依据行为序列及行为序列互操作流程，实施语义互操作与交通行为，结合行为结果反馈优化调整行为序列，经多轮动态调整最终完成交通任务。

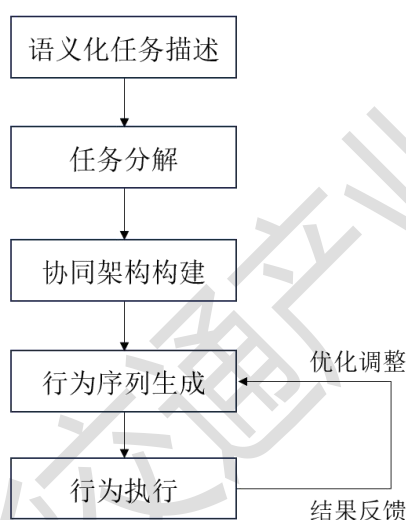


图4 自主式交通系统行为互操作框架

在附录B中列举了使用行为互操作完成高速公路匝道合流的例子。

8.3 行为序列互操作流程

自主式交通系统或自主式交通主体执行行为序列的流程涉及一系列互操作，从协同架构出发，依据行为序列，形成动态的行为互操作流程。其中，主要包含行为序列互操作、拓扑连接以及信息传播，如图5所示：

- 行为序列互操作：表示自主式交通系统或自主式交通主体按照生成的行为序列，依次执行语义互操作或交通行为。参与行为序列互操作的自主式交通系统或自主式交通主体，应在协同架构中直接相连；若多个行为序列互操作需同时进行，且涉及相同自主式交通系统或自主式交通主体，可合并表述。
- 拓扑连接：表示两组行为序列互操作在协同架构中的层次关系。拓扑连接要求两组行为序列互操作应至少包含一个共同参与互操作的系统或主体，且该系统或主体应在协同架构中与其它参与互操作的系统或主体直接相连。

——信息传播：表示前期行为序列互操作产生的结果，反馈至当前行为序列互操作，用于持续优化行为序列直至完成交通任务。信息传播要求两组行为序列互操作应至少包含一个共同参与互操作的系统或主体，且该系统或主体应在协同架构中与其它参与互操作的系统或主体直接相连。

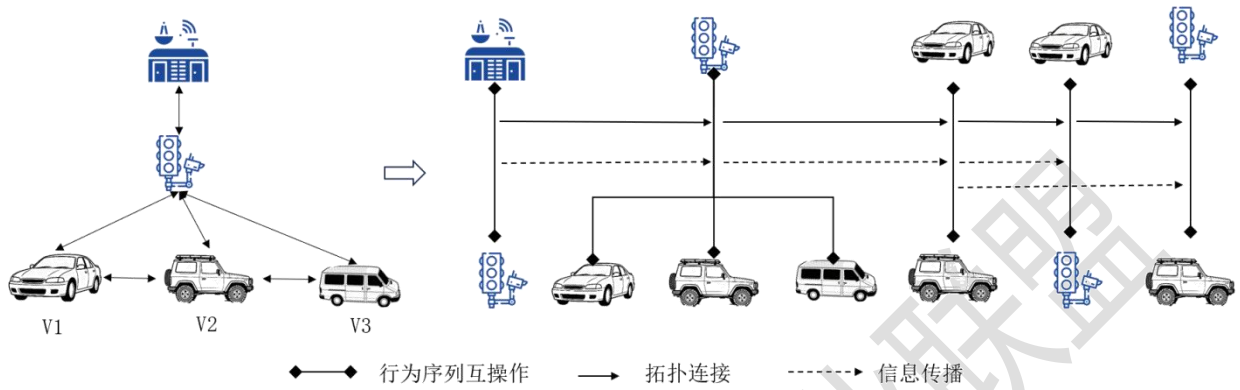
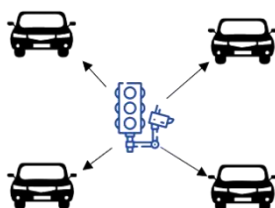


图5 行为序列互操作流程示意图

附录 A
(资料性附录)
行为互操作协同架构

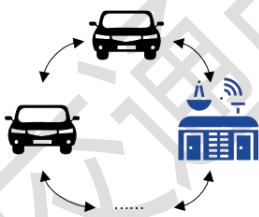
附录A列举了三种行为互操作协同架构，分别为中心式、分布式、分层式行为互操作协同架构，具体如下：

- a) 中心式协同结构，如图A.1所示，存在一个中心节点，所有边缘交通主体将语义信息上传至中心节点，由中心节点进行全局数据处理、融合、计算，再将子任务下发至各个边缘主体；



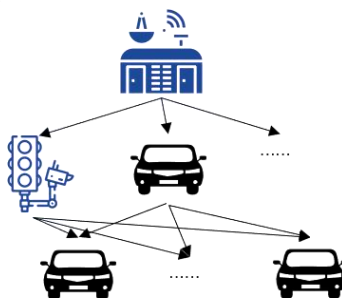
图A.1 行为互操作中心式协同结构

- b) 分布式协同结构，如图A.2所示，不存在中心节点，各个交通主体地位平等，通过直接通信与其他邻近主体交换语义信息，通过相互协商达成局部协同；



图A.2 行为互操作分布式协同结构

- c) 分层式协同结构，如图A.3所示，融合了中心式和分布式优点的混合模型，将系统划分为不同的层次，不同层次的节点承担不同的职责。

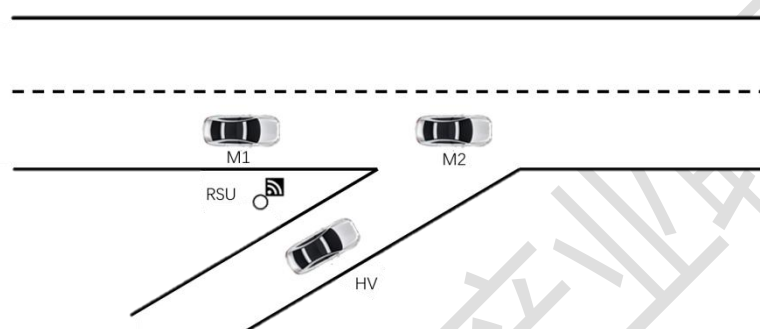


图A.3 行为互操作分层式协同结构

附录 B
(资料性附录)
行为互操作示例

B.1 高速公路匝道合流场景描述

在本例的高速公路匝道合流协同引导系统中，在高速公路匝道与主线的合流区，一辆来自匝道的智能网联车辆（HV）希望汇入高速主线。路侧边缘节点（RSU）为互操作核心，承担核心协调职责，从全局视角对多个边缘主体的决策进行协调优化，通过与周围车辆实时互操作完成合流任务。



图B.1 高速公路匝道合流示意图

B.2 高速公路匝道合流中行为互操作过程

B.2.1 语义化任务描述

使用交通语义表示语言对高速公路匝道合流任务进行描述如下：

```
rule MainGoal :- MergeSafelyIntoMainLane (HV, RSU, MV1, MV2);
```

车辆信息以及RSU信息如下：

```
class Vehicle {
    fact HasVehicleID(HV, "HV001");
    fact HasSpeed(HV, SpeedHV); -- 单位: km/h
    fact HasPosition(HV, Point(XHV, YHV)); -- 位置坐标
    fact HasDestination(HV, MainLane);
    fact HasVehicleID(MV1, "MV1");
    fact HasSpeed(MV1, SpeedMV2); -- 单位: km/h
    fact HasPosition(MV1, Point(XHV, YHV)); -- 位置坐标
    fact HasVehicleID(MV2, "MV2");
    fact HasSpeed(MV2, SpeedMV2); -- 单位: km/h
```

```

        fact HasPosition(MV2, Point( $X_{MV2}$ ,  $Y_{MV2}$ )); -- 位置坐标
    }
class RSU {
    fact HasRSUID(RSU, "RSU001");
    fact HasLocation(RSU, MergeZone);
}

```

B.2.2 任务分解

将复杂任务按时序分解为由交通语义表示语言描述的子任务，如图B.2所示。

MergeSafelyIntoMainLane (HV, RSU, MV1, MV2) :-

```

    &TaskCollectVehicleStates (RSU, HV, FV, RV)
    &TaskComputeMergingStrategy (RSU, HV)
    &TaskExecuteMerge (HV)
    &TaskAdjustSpeed (MV1)
    &TaskAdjustSpeed (MV2);

```

子任务1: RSU收集周围车辆状态信息

TaskCollectVehicleStates (RSU, HV, FV, RV) :-

```

    & ask (RSU, HV, CurrentState (HV, speed, position ))
    & ask (RSU, FV, CurrentState (FV, speed, position ))
    & ask (RSU, RV, CurrentState (RV, speed, position ))
    & ask (RSU, MV1, QueryGap (MV1, MV2, gap))
    & ask (RSU, MV2, QueryGap (MV1, MV2, gap))
    & ask (RSU, MV1, ProvideGap (MV1, distance))
    & ask (RSU, MV2, ProvideGap (MV2, distance));

```

子任务2: RSU计算合流策略

TaskComputeMergingStrategy (RSU) :-

```

    & EvaluateGap (FV, RV)
    & CalculateSafeSpeed (HV);

```

子任务3: HV执行合流动作

TaskExecuteMerge (HV) :-

```

    & AdjustSpeed (HV, TargetSpeed)
    & ChangeLane (HV, MainLane);

```

子任务4: MV1减速进入匝道口

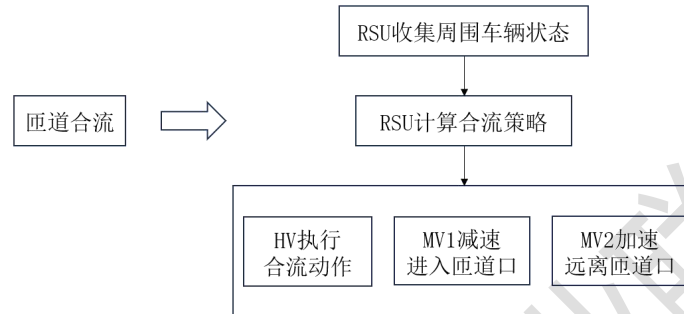
TaskAdjustSpeed (MV1) :-

& AdjustSpeed(MV1, TargetSpeed);

子任务5: MV2加速远离匝道口

TaskAdjustSpeed (MV2) :-

& AdjustSpeed(MV2, TargetSpeed);



图B. 2高速公路匝道合流任务分解示意图

B. 2.3 协同架构构建

自主式交通系统评估该场景为“局部区域、多主体、高实时性要求”，因此动态选择分层式协同结构。RSU作为区域的“中心”，承担核心协调职责。车辆之间也基于语义信息进行局部协商，确认彼此意图。

B. 2.4 行为序列生成

序列1: 初始化交互

tell(HV, RSU, RequestMergeAssistance(HV)); -- HV向RSU发送合流请求

tell(RSU, HV, AcceptMergeAssistance(HV)); -- RSU接受HV合流请求

序列2: RSU与周围车辆进行语义互操作，查询当前交通状态。对应子任务1

ask(RSU, HV, CurrentState(HV, speed, position)); -- RSU查询HV状态

tell(HV, RSU, CurrentState(HV, Speed, Position)); -- HV返回状态信息

ask(RSU, MV1, CurrentState(HV, speed, position)); -- RSU查询MV1状态

tell(MV1, RSU, CurrentState(HV, Speed, Position)); -- MV1返回状态信息

ask(RSU, MV2, CurrentState(HV, speed, position)); -- RSU查询MV2状态

tell(MV2, RSU, CurrentState(HV, Speed, Position)); -- MV2返回状态信息

ask(RSU, MV1, QueryGap(MV1, MV2, gap)); -- RSU询问MV1与MV2的间距

tell(MV1, RSU, QueryGap(MV1, MV2, Gap)); -- MV1返回信息

ask(RSU, MV2, QueryGap(MV2, MV1, gap)); -- RSU询问MV1与MV2的间距

tell(MV2, RSU, QueryGap(MV2, MV1, Gap)); -- MV2返回信息

ask(RSU, MV1, ProvideGap(MV1, distance)); -- RSU询问MV1其与匝道口的距离

```
tell(MV1, RSU, ProvideGap(MV1, Distance)); -- MV1告知RSU其与匝道口的距离
ask(RSU, MV2, ProvideGap(MV2, distance)); -- RSU询问MV2其与匝道口的距离
tell(MV2, RSU, ProvideGap(MV2, Distance)); -- MV2告知RSU其与匝道口的距离
```

序列3: RSU生成指令, 并将指令通过语义互操作传递给HV、MV1、MV2。对应子任务2。

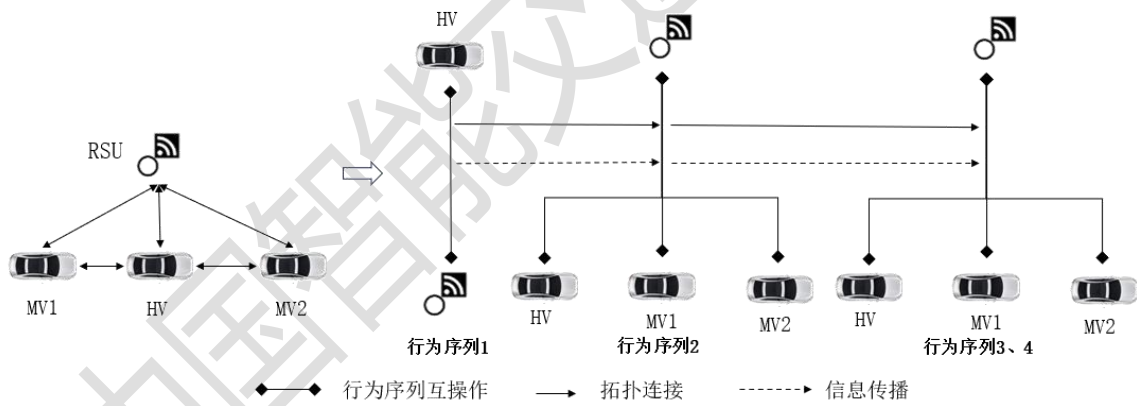
```
rule RSUInstruction :-
    CalculateMergeWindow(RSU, HV, Window)
    & tell(RSU, HV, let AdjustSpeed (HV, TargetSpeedHV))
    & tell(RSU, MV1, let AdjustSpeed (MV1, TargetSpeedMV1))
    & tell(RSU, MV2, let AdjustSpeed (MV2, TargetSpeedMV2));
```

序列4: HV、MV1、MV2执行交通行为。对应子任务3、4、5。

```
let AdjustSpeed (HV, TargetSpeedHV); -- HV调整速度
let AdjustSpeed (MV1, TargetSpeedMV1); -- MV1调整速度
let AdjustSpeed (MV2, TargetSpeedMV2); -- MV2调整速度
let ChangeLane (HV, MainLane); -- HV变换车道
```

B. 2.5 行为执行与结果反馈

高速公路匝道合流的行为序列互操作流程如图B. 3所示。在行为执行过程中, RSU、HV可监控结果并及时反馈动态调整序列。



图B. 3高速公路匝道合流行为序列互操作流程示意图

T/ITS 0293.5-2025

中国智能交通产业联盟
标准

自主式交通系统 交通语义表示语言 第5部分：互操作
T/ITS 0293.5-2025

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12月第一版 2025年12月第一次印刷