

### 自动驾驶车辆虚实结合测试平台 数据交互协议

Data exchange protocol for virtual real test platform of automated vehicle

2023-10-10 发布

2023-11-10 实施

中关村智通智能交通产业联盟

发布



# 目 次

目 次 .....	I
前 言 .....	II
自动驾驶车辆虚实结合测试平台 数据交互协议 .....	1
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 数据内容与格式 .....	1
附 录 A（资料性）自动驾驶车辆虚实结合测试平台应用示例 .....	7
附 录 B（资料性）通信协议示例 .....	10

## 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。

本文件由中关村智通智能交通产业联盟提出。

本文件由中关村智通智能交通产业联盟归口。

本文件起草单位：北京智能车联产业创新中心有限公司、北京百度智行科技有限公司、中关村智通智能交通产业联盟、北京千方科技股份有限公司、北京车网科技发展有限公司、北京掌行信息技术有限公司、北京工业大学、吉林大学、天津大学、北京交通运输职业学院、毫末智行科技有限公司、北京电子科技职业学院、西华大学

本文件主要起草人：任贵超、党利冈、林强、孙亚夫、程周、彭伟、于鹏、燕翔江、路宏、王晓龙、刘修知、倪鹏、霍俊江、贾轶春、董萧、马楠、章新杰、裴毅强、丁海涛、邬斌扬、赵晓华、张新敏、谢国富、朱青松、李振龙、甘家华、李卓、张博蟠、王学雷、宋建桐、谭正平、岳红盼、吴佳琪

# 自动驾驶车辆虚实结合测试平台 数据交互协议

## 1 范围

本文件规定了自动驾驶车辆虚实结合测试平台中虚实结合测试设备与自动驾驶车辆的数据交互内容与格式。

本文件适用于自动驾驶车辆虚实结合测试平台搭建与使用。

## 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**虚实结合测试** virtual and real combination test

自动驾驶车辆测试过程中，将虚拟环境的交通目标物实时注入给真实交通环境中的自动驾驶系统，使其控制真实自动驾驶车辆产生运动行为以及与交通目标物交互的测试。虚实结合测试应用示例见附录A。

### 3.2

**目标物静态信息** object static information

虚实结合测试中向自动驾驶系统注入目标物的静态属性信息，包括目标物类型、长度、宽度、高度等。

### 3.3

**目标物动态信息** object dynamic information

虚实结合测试中向自动驾驶系统注入目标物的动态属性信息，包括目标物速度、加速度、航向角等。

### 3.4

**预碰撞点** pre-collision point

自动驾驶车辆与目标物保持当前行驶速度行驶时发生碰撞的位置点。

## 4 数据内容与格式

### 4.1 通用要求

自动驾驶车辆与虚实结合测试设备的数据通信应满足以下要求：

- a) 自动驾驶车辆与虚实结合测试设备宜以网口形式连接，网口连接通信宜使用protobuf3协议；
- b) 数据通信频率应不低于100Hz，心跳包频率宜为1Hz；
- c) 同一帧下存在多个目标物时，目标物数据应按照目标物编号从小到大的顺序在同一帧下依次排列。

### 4.2 数据内容

#### 4.2.1 时间

车辆行驶UTC时间距离1970年1月1日零时的毫秒数。

#### 4.2.2 消息类型

数据的标记类型，如心跳包、自动驾驶车辆状态信息、虚拟目标物信息消息类型。

#### 4.2.3 序列号

当前帧的序列号，累计增加，具有唯一性，取值范围0-99999999。

#### 4.2.4 自动驾驶车辆信息

##### 4.2.4.1 车辆中心点坐标经度

自动驾驶车辆几何中心点的WGS84坐标经度。

##### 4.2.4.2 车辆中心点坐标纬度

自动驾驶车辆几何中心点的WGS84坐标纬度。

##### 4.2.4.3 车辆 x 方向速度

自动驾驶车辆基于车辆坐标系x方向的速度。

##### 4.2.4.4 车辆 y 方向速度

自动驾驶车辆基于车辆坐标系y方向的速度。

##### 4.2.4.5 车辆 z 方向速度

自动驾驶车辆基于车辆坐标系z方向的速度。

##### 4.2.4.6 车辆 x 方向加速度

自动驾驶车辆基于车辆坐标系x方向的加速度。

##### 4.2.4.7 车辆 y 方向加速度

自动驾驶车辆基于车辆坐标系y方向的加速度。

##### 4.2.4.8 车辆 z 方向加速度

自动驾驶车辆基于车辆坐标系z方向的加速度。

##### 4.2.4.9 车辆航向角

自动驾驶车辆运动方向与正北方向的夹角。

#### 4.2.5 虚拟目标物信息

##### 4.2.5.1 目标物编号

虚实结合测试设备向自动驾驶系统在同一时刻注入的不同目标物的代码，不同时刻同一目标物使用同一代码表示。不同目标物的编号在单次测试中不重复，取值范围1-99999999。

#### 4.2.5.2 目标物类型

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入的物体类型，包括不同类型的机动车、非机动车以及人员等。

#### 4.2.5.3 目标物运动状态

目标物当前的运动状态，如静止与运动状态。

#### 4.2.5.4 目标物长度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物的长度。

#### 4.2.5.5 目标物宽度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物的宽度。

#### 4.2.5.6 目标物高度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物的高度。

#### 4.2.5.7 目标物中心点坐标 $x$

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物在自动驾驶车辆 $x$ 轴的位置。

#### 4.2.5.8 目标物中心点坐标 $y$

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物在自动驾驶车辆 $y$ 轴的位置。

#### 4.2.5.9 目标物中心点坐标 $z$

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物在自动驾驶车辆 $z$ 轴的位置。

#### 4.2.5.10 目标物 $x$ 方向速度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物基于车辆坐标系 $x$ 方向的速度。

#### 4.2.5.11 目标物 $y$ 方向速度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物基于车辆坐标系 $y$ 方向的速度。

#### 4.2.5.12 目标物 $z$ 方向速度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物基于车辆坐标系 $z$ 方向的速度。

#### 4.2.5.13 目标物 $x$ 方向加速度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物基于车辆坐标系 $x$ 方向的加速度。

#### 4.2.5.14 目标物 $y$ 方向加速度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物基于车辆坐标系 $y$ 方向的加速度。

#### 4.2.5.15 目标物 $z$ 方向加速度

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物基于车辆坐标系 $z$ 方向的加速度。

#### 4.2.5.16 目标物航向角

虚实结合测试设备向自动驾驶系统注入目标物航向角,即物体运动方向与正北方向的夹角。

#### 4.3 数据格式

自动驾驶车辆虚实结合测试平台中,车辆状态数据与虚拟目标物数据格式应符合表1要求,数据示例见附录B。

表1 虚实结合测试数据交互格式

序号	数据名称	英文字段名	数据说明	单位	数据精度
1	时间	timestamp	utc时间	ms	1
2	消息类型	msgtype	数据的标记类型, 0-心跳包; 1-车辆状态数据; 2-虚拟数据;	-	-
3	序列号	seq	当前帧的序列号	-	-
4	车辆中心点坐标经度	vehicle_longitude	自动驾驶车辆行驶位置的WGS84坐标经度	°	0.0000001
5	车辆中心点坐标纬度	vehicle_latitude	自动驾驶车辆行驶位置的WGS84坐标纬度	°	0.0000001
6	车辆x方向速度	vehicle_velocity_x	自动驾驶车辆在x方向的速度	m/s	0.01
7	车辆y方向速度	vehicle_velocity_y	自动驾驶车辆在y方向的速度	m/s	0.01
8	车辆z方向速度	vehicle_velocity_z	自动驾驶车辆在z方向的速度	m/s	0.01
9	车辆x方向加速度*	vehicle_acceleration_x	自动驾驶车辆在x方向的加速度	m/s <sup>2</sup>	0.01
10	车辆y方向加速度*	vehicle_acceleration_y	自动驾驶车辆在y方向的加速度	m/s <sup>2</sup>	0.01
11	车辆z方向加速度*	vehicle_acceleration_z	自动驾驶车辆在z方向的加速度	m/s <sup>2</sup>	0.01
12	车辆航向角*	vehicle_yaw	自动驾驶车辆基于车辆坐标系的车头航向角, 以通过车辆向上的z轴为旋转轴的车辆坐标系	°	0.01
13	目标物编号	object_id	目标物的编号	-	-



表1 虚实结合测试数据交互格式（续）

14	目标物类型	object_classification	1-乘用车 2-大型客车 3-小型货车 4-大型货车 5-自行车 6-电动自行车 7-摩托车 8-三轮车 9-信号灯红灯 10-信号灯黄灯 11-信号灯绿灯 12-人员 13-动物 14-建筑 15-树 16-其他 17-未知	-	-
15	目标物运动状态	object_status	目标物的运动状态，0-静止，1-运动	-	-
16	目标物长度	object_length	目标物长度	m	0.01
17	目标物宽度	object_width	目标物宽度	m	0.01
18	目标物高度	object_height	目标物高度	m	0.01
19	目标物中心点坐标x	object_position_x	目标物中心点的x坐标值，基于车辆坐标系	m	0.01
20	目标物中心点坐标y	object_position_y	目标物中心点的y坐标值，基于车辆坐标系	m	0.01
21	目标物中心点坐标z	object_position_z	目标物中心点的z坐标值，基于车辆坐标系	m	0.01
22	目标物x方向速度*	object_velocity_x	目标物在x方向的速度	m/s	0.01
23	目标物y方向速度*	object_velocity_y	目标物在y方向的速度	m/s	0.01
24	目标物z方向速度*	object_velocity_z	目标物在z方向的速度	m/s	0.01
25	目标物x方向加速度*	object_acceleration_x	目标物在x方向的加速度	m/s <sup>2</sup>	0.01
26	目标物y方向加速度*	object_acceleration_y	目标物在y方向的加速度	m/s <sup>2</sup>	0.01

表1 虚实结合测试数据交互格式（续）

27	目标物z方向 加速度*	object_acceleration_z	目标物在z方向的加速度	m/s <sup>2</sup>	0.01
28	目标物航向 角*	object_yaw	目标物基于车辆坐标系的车头航向角，以 通过车辆向上的z轴为旋转轴的车辆坐标 系	°	0.01
注：带*的数据项为非必需项，可通过其他指标计算。					

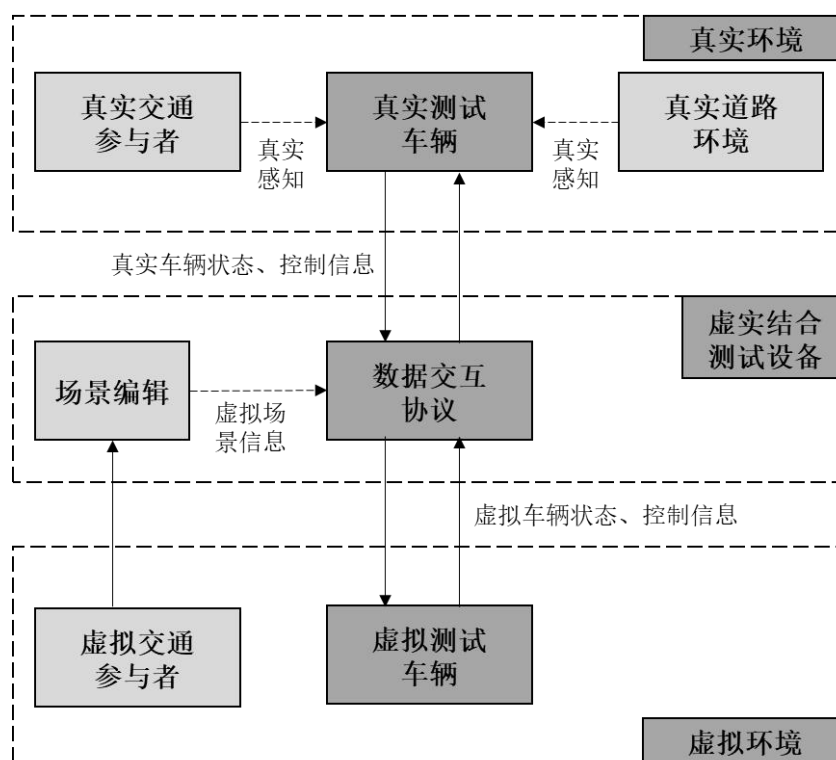
附录 A  
(资料性)  
自动驾驶车辆虚实结合测试平台应用示例

### A.1 总则

本附录给出了自动驾驶车辆虚实结合测试平台的应用示例。

### A.2 数据注入示例平台架构

虚实结合测试平台架构图如图A.1所示。



图A.1 虚实结合测试系统架构示意图

虚实结合测试平台数据交互流程如下：

- 1) 真实测试车辆通过感知真实环境下的交通参与者与道路环境，将车辆的状态、控制信息通过数据交互协议传输至虚实结合测试设备，进而传输至虚拟测试车辆；
- 2) 虚拟交通参与者通过虚实结合测试设备完成场景编辑，虚拟场景信息通过数据交互协议传输至虚实结合测试设备，进而传输至虚拟测试车辆；
- 3) 虚实测试车辆根据获取的真实车辆状态、控制信息以及虚拟场景信息在虚拟环境下执行决策、规划与控制功能，并将虚拟车辆的状态与控制信息通过数据交互协议传输至真实测试车辆，真实车辆在真实环境下完成控制信息的执行。

### A.3 典型应用场景

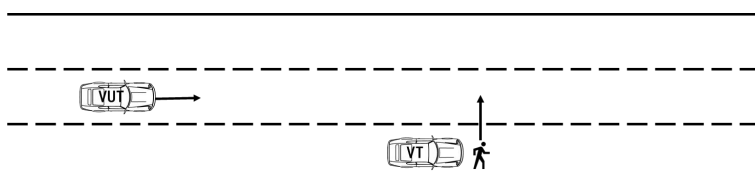
#### A.3.1 行人横穿道路

##### A.3.1.1 应用描述

交通参与者在感知盲区内走出的场景对自动驾驶车辆具有较大挑战，如行人在遮挡物后方走出场景。由于场景具有较大风险性，在开放道路与封闭场地测试该场景将存在测试设备损毁、测试效率不高的问题。通过虚实结合测试的方式，在虚拟道路环境中生成目标行人，控制行人按照预定速度与轨迹在虚拟环境中与自动驾驶车辆产生冲突，进而对实际环境中的自动驾驶车辆产生控制反馈，可以实现该类场景低成本可重复的高效测试验证。

### A.3.1.2 预期效果

自动驾驶车辆在真实道路行驶，在虚拟环境中生成目标车辆与目标行人。自动驾驶车辆距离与行人的预碰撞点一定时距的条件下，目标行人在目标车辆后方走出。真实道路中的自动驾驶车辆对虚拟环境中的目标行人进行避让。场景示意图如图A.2所示。



图A.2 行人横穿场景示意图

### A.3.1.3 基本原理

真实车辆将车辆的状态、控制信息通过数据交互协议传输至虚实结合测试设备，测试设备在虚拟环境中生成目标车辆与行人，并将真实车辆与虚拟目标物的信息传输至虚拟车辆。虚拟车辆对目标物进行避让，并将车辆的状态、控制信息通过数据交互协议传输至真实车辆。真实车辆根据真实环境信息与虚拟车辆的状态、控制信息完成相应避让动作。

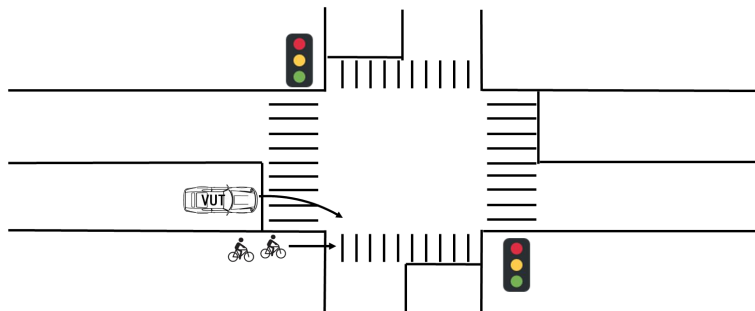
### A.3.2 非机动车路口冲突

#### A.3.2.1 应用描述

非机动车具有速度较快、行驶灵活的特点，与非机动车相关的场景对自动驾驶车辆的合理决策与规划具有一定挑战。开放道路与封闭场地的测试方式具有风险性大、效率不高的缺点。通过虚实结合测试，能够实现非机动车相关场景的快速搭建、可重复的安全测试。

#### A.3.2.2 预期效果

自动驾驶车辆在真实道路行驶，在虚拟环境中生成目标非机动车。自动驾驶车辆在右转过程中与目标非机动车冲突并对其进行避让。场景示意图如图A.3所示。



图A.3 非机动车路口冲突场景

### A.3.2.3 基本原理

真实车辆将车辆状态、控制信息通过数据交互协议传输至虚实结合测试设备。测试设备在虚拟环境中生成非机动车，并将真实车辆的状态、控制信息与非机动车运动信息传输至虚拟车辆。虚拟车辆在虚拟环境中对非机动车进行避让，并将状态、控制信息通过数据传输协议传输至真实车辆。真实车辆结合真实道路环境信息与虚拟车辆信息做出相应避让动作。

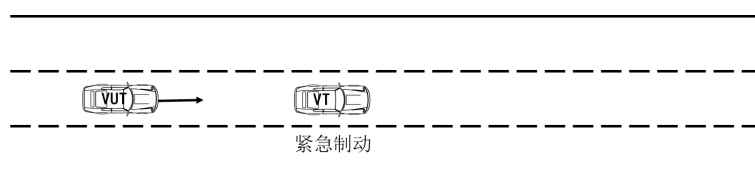
### A.3.3 前车紧急制动

#### A.3.3.1 应用描述

前车紧急制动场景对自动驾驶车辆具有较大挑战性，由于前车制动减速度较大，在正常的跟车距离条件下，自动驾驶车辆需要在短时间内完成前车制动的识别、自车制动的决策与控制。在开放道路与封闭场地测试中，前车制动的效果难以保证稳定。通过虚实结合测试的方式，能够在虚拟环境中生成目标车辆并实现稳定的紧急制动。

#### A.3.3.2 预期效果

自动驾驶车辆在真实道路行驶，虚拟环境中目标车辆在虚拟车辆前方行驶并紧急制动。真实道路中的自动驾驶车辆对虚拟环境中目标车辆的紧急制动进行避让。场景示意图如图A.4所示。



图A.4 前车紧急制动场景示意图

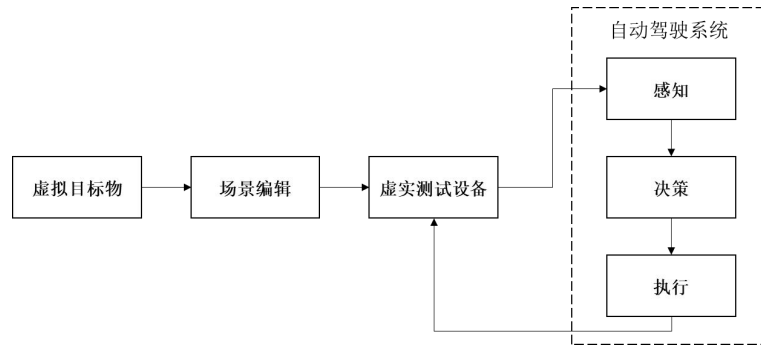
#### A.3.3.3 基本原理

真实车辆将状态、控制信息通过数据交互协议传输至虚实结合测试设备，测试设备在虚拟环境中生成目标车辆，并将真实车辆的状态、控制信息与虚拟目标车辆信息传输至虚拟车辆。虚拟车辆在虚拟环境中对紧急制动的目标车辆进行避让，并将车辆的状态、控制信息通过数据交互协议传输至真实车辆。真实车辆在真实道路中做出相应的避让。

## 附录 B (资料性) 通信协议示例

### B.1 总则

本附录给出了虚实结合测试数据交互过程中，虚实测试设备向自动驾驶感知系统传输数据，以及自动驾驶执行系统向虚实结合设备传输数据的通信协议示例。虚实结合测试数据交互见图B.1。



图B.1 虚实结合测试数据交互

### B.2 数据通信示例

```
syntax = "proto3";
```

```
enum MsgType { // 消息类型
    HeartBeat = 0;
    CarInfo = 1;
    VirtualObs = 2;
}
```

```
message Point2D { // 二维点数据
    double x = 1;
    double y = 2;
}
```

```
message Point3D { // 三维点数据
    double x = 1;
    double y = 2;
    double z = 3;
}
```

```
message Header {
    double timestamp = 1;
    MsgType msg_type = 2;
    uint64 seq = 3;
```

}

```

message CarStatus { // 主车状态数据
    Header header = 1;
    Point2D vehicle_pos = 2; //x:vehicle_longitude, y:vehicle_latitude
    Point3D vehicle_velocity = 3; //x:vehicle_velocity_x, y:vehicle_velocity_y, z:vehicle_velocity_z
    Point3D vehicle_acceleration = 4; //x:vehicle_acceleration_x, y:vehicle_acceleration_y,
z:vehicle_acceleration_z
    float vehicle_yaw = 5;
}

```

```

enum ObsType { // 消息类型

```

```

    NULL = 0;
    Vehicles = 1;
    Bus = 2;
    MinGoodsTrain = 3;
    MaxGoodsTrain = 4;
    Bike = 5;
    ElectricBicycle = 6;
    Motorcycle = 7;
    Tricycle = 8;
    RedTrafficLight = 9;
    YellowTrafficLight = 10;
    GreenTrafficLight = 11;
    People = 12;
    Animal = 13;
    Building = 14;
    Tree = 15;
    Other = 16;
    Unknown = 17;
}

```

```

enum Obsmotion { // 消息类型

```

```

    Static = 0;
    Sport = 1;
}

```

```

message Obstacle { // 单个障碍物数据

```

```

    int64 object_id = 1;
    ObsType type = 2;
    ObsSport object_status = 3;
    Point3D object_volume = 4; //x:object_length; y:object_width; z:object_height

```

```
Point3D object_position = 5; //x:object_position_x; y:object_position_y; z:object_position_z
Point3D object_velocity = 6; //x:object_velocity_x; y:object_velocity_y; z:object_velocity_z
Point3D object_acceleration = 7; //x:object_acceleration_x; y:object_acceleration_y;
z:object_acceleration_z
float object_yaw = 8;
}

message VirtualObstacles { // 1 帧障碍物数据, 支持多个障碍物
  Header header = 1;
  repeated Obstacle obstacle = 2; //
}
```