

### 智能驾驶 激光雷达与摄像头的感知数据 融合接口规范

Intelligent driving—Specification of lidar and camera perception data fusion interface

地方标准信息服务平台

2022-03-29 发布

2022-04-29 实施



## 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。

本文件由中国科学技术大学提出。

本文件由安徽省经济和信息化厅归口。

本文件起草单位：中国科学技术大学、安徽工匠质量标准研究院有限公司、江淮汽车集团股份有限公司、合肥综合性国家科学中心人工智能研究院。

本文件主要起草人：张昱、龚磊、张燕咏、吉建民、王顺洪、李星辰、任浩杰、祝含颀、丁昌东、吴琼、丁钊。

地方标准信息服务平台



# 智能驾驶 激光雷达与摄像头的感知数据融合接口规范

## 1 范围

本文件规定了智能驾驶激光雷达与摄像头的感知数据融合接口的融合系统架构、数据融合接口及数据格式。

本文件适用于激光雷达与摄像头的传感器数据融合和图像与点云的目标检测结果融合。

## 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

**包围框** bounding box

主要用于对检测的对象进行描述的三维或二维矩形外壳。

[来源：ISO 23150-2021, 7.2.2]

### 3.2

**摄像头坐标系** camera coordinate system

摄像头坐标系是以镜头主光轴为中心的三维笛卡尔坐标系。

注：单位为米。

### 3.3

**激光雷达坐标系** lidar coordinate system

激光雷达坐标系是以激光发射中心作为坐标系原点的三维笛卡尔坐标系。

注：单位为米。

### 3.4

**图像坐标系** image coordinate system

以图像左上角为原点的二维坐标系。

注：单位为像素。

### 3.5

**时空统一** time and space unification

将输入的各局部时间和空间坐标的信息变换到统一的系统基准时间和空间坐标系下。

[来源：GB/T 37686-2019, 3.3]

### 3.6

**标定** calibration

接受激光雷达与摄像头的原始数据作为输入进行时空统一的操作。

3.7

传感器数据融合 sensor data fusion

接受感知之前的数据作为输入进行数据融合的操作。

3.8

目标检测结果融合 detection fusion

接受图像目标检测二维包围框和点云目标检测三维包围框作为输入进行数据融合的操作。

3.9

数据融合接口 data fusion interface

接收传感器数据并输出融合数据以及接收目标检测结果并输出融合后目标检测结果的接口。

4 融合系统的架构

4.1 激光雷达与摄像头的传感器数据融合架构

激光雷达与摄像头的传感器数据融合架构如图1 所示,分别从激光雷达和摄像头接收激光点云数据和图像数据,从标定数据获取标定信息,按配置数据中给出的传感器数据融合模式进行融合,输出融合数据。

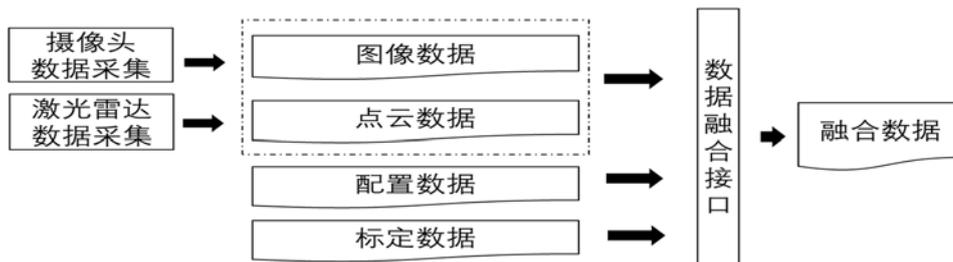


图1 激光雷达与摄像头的传感器数据融合架构

4.2 图像与点云的目标检测结果融合架构

图像与点云的目标检测结果融合架构如图2 所示,分别获取图像目标检测二维包围框和点云目标检测三维包围框,从标定数据获取标定信息,按配置数据中给出的目标检测结果融合模式进行融合,输出融合后的目标检测结果。

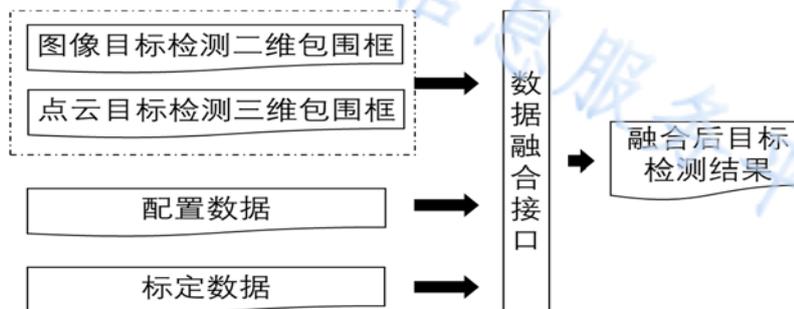


图2 图像与点云的目标检测结果融合架构

5 数据融合接口

## 5.1 基本数据类型

基本数据类型见表1。

表1 基本数值类型

数值类型	描述
bool	布尔型
int8	8位整型
uint8	无符号8位整型
int32	32位整型
uint32	无符号32位整型
float	单精度浮点（32bit）
double	双精度浮点（64-bit）
string	字符串类型
enum	枚举类型

## 5.2 配置数据

配置接口的配置数据见表2。

表2 配置接口的配置数据

属性名称	描述	数据类型	单位/备注	示例
fusion_type	融合类型	bool	/0: 传感器数据融合; 1: 目标检测结果融合	0
chirality	手征: 右手坐标系或者左手坐标系	bool	/0: 右手坐标系; 1: 左手坐标系	0
camera_coordinate	记录车辆前进方向、右侧方向、竖直方向对应摄像头坐标系的轴	(int8, int8, int8)	/数字0, 1, 2分别表示x, y, z轴, 负数表示负方向。 如 (2, 0, -1), 表示前进方向为z轴, 右侧方向为x轴, 竖直方向为y轴反方向	(2, 0, -1)
lidar_coordinate	记录车辆前进方向、右侧方向、竖直方向对应激光雷达坐标系的轴	(int8, int8, int8)	/数字0, 1, 2分别表示x, y, z轴, 负数表示负方向。 如 (0, -1, 2), 表示前进方向为x轴, 右侧方向为y轴反方向, 竖直方向为z轴	(0, -1, 2)
camera_frequency	摄像头获取数据频率	uint32	HZ /	10
lidar_frequency	激光雷达获取数据频率	uint32	HZ /	10
fusion_algorithm	融合所用算法	string	/	“MV3d”

## 5.3 添加配置属性

5.3.1 融合系统提供添加配置属性接口, 添加配置属性, 包括属性名称、属性描述、属性值的类型等。

### 5.3.2 接口输入参数:

- 属性名称;
- 属性描述;
- 属性值的类型。

### 5.3.3 接口返回值: 属性添加成功与否的状态, 1—添加成功、0—添加失败。

示例: 输入为: (frequency, "the capture frequency of sensor", uint32) 表示添加类型为 uint32 的 frequency 属性。

## 5.4 设置配置属性值

### 5.4.1 融合系统提供设置配置属性值接口, 设置指定属性名的属性值。

### 5.4.2 接口输入参数:

- 指定属性名;
- 属性值。

### 5.4.3 接口返回值: 属性值设置成功与否的状态, 1—设置成功、0—设置失败。

示例: 输入参数 (camera\_frequency, 20) 表示设置摄像头采集图像频率为 20Hz。

## 5.5 获取配置属性值

### 5.5.1 融合系统提供获取配置属性值接口, 获取指定属性名的属性值。

### 5.5.2 接口输入参数: 指定属性名。

### 5.5.3 接口返回值: 属性值。

示例: 输入参数 (camera\_frequency) 表示获取系统中当前的摄像头采集图像频率。

## 5.6 数据接收接口

5.6.1 数据发送端通过数据接收接口向融合系统提供待融合的数据, 可以是原始数据 (6.2)、图像数据 (6.3)、点云数据 (6.4)、点云目标检测三维包围框信息 (6.5)、图像目标检测二维包围框信息 (6.6) 之一。

5.6.2 接口输入参数: 数据, 规范中定义的数据类型的数据。

5.6.3 接口返回值: 设置/发送成功与否的状态, 1—设置/发送成功、0—设置/发送失败。

## 5.7 数据获取接口

5.7.1 融合系统通过数据获取接口获取融合后数据, 可以是传感器数据融合后数据 (6.7)、目标检测结果融合后目标检测结果数据 (6.8)。

5.7.2 接口输入参数: 融合类型, 指定融合的类型。

5.7.3 接口返回值: 融合后的数据。

## 6 数据格式

### 6.1 标定数据类型描述

应符合表3的规定。

表3 标定数据类型描述

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
image_size	图像大小	uint32[2]	/1×2向量	[640, 480]
distortion_coeffs	畸变参数向量 缺省所有形变系数 都设为0	double[5]	/1×5向量, 该畸变参数适用于 针孔相机模型	[-0.3995, 0.1803, 0, 0, 0.0429]
intrinsic_matrix	内参矩阵	double[9]	/3×3矩阵, 包含摄像头的光 学中心和焦距信息, 表示摄像 头坐标系到图像坐标系的映 射关系	[468.3708, 0., 339.7596, 0., 470.2517, 235.6143, 0., 0., 1.]
reference_frame	参考坐标系	bool	/外参矩阵参考坐标系, 0:摄像头坐标系 1:激光雷达坐标系	0
extrinsic_matrix	外参矩阵	double[16]	/4×4矩阵, 包括旋转与平移 信息, 表示参考坐标系之间的 空间转换关系	[0.0070, 1e-06, 0.9999, 0, -0.9999, -0.0016, 0.0070, 0, 0.0016, -0.9999, -1e-06, 0, -0.0062, 0.0756, 0.0337, 1]

## 6.2 原始数据描述

应符合表4的规定。

表4 原始数据描述

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
sensor_id	产生原始数据的传感器id	uint8	/	1
timestamp	数据生成的时间戳	uint32. uint32	s. ns / 秒. 纳秒	1595682678. 715705367
seq	数据的序列	uint32		1
length	原始数据字节数	uint32		1
data	原始数据字节流	int8[]		

## 6.3 图像数据描述

应符合表5的规定。

表5 图像数据描述

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
sensor_id	产生图像数据的摄像头传感器id	uint8	/	1
timestamp	图片生成的时间戳	uint32. uint32	s. ns / 秒. 纳秒	1595682678. 715705367
seq	图像的序列	uint32		1
height	图像高度, 即像素行数	uint32	/	480
width	图像宽度, 即像素列数	uint32	/	360
encoding	图像编码	string	/	rgb8

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
channel	图像的通道数	uint8	/	3
data	图像数据, width * height * channel个uint8数据	uint8[]	/	

#### 6.4 点云数据描述

应符合表6的规定。

表6 点云数据描述

属性名	描述	数据类型	单位/备注	示例
sensor_id	产生点云数据的激光雷达id	uint8	/	0
timestamp	点云的时间戳	uint32. uint32	s. ns / 秒. 纳秒	1595682678. 715705367
seq	连续递增的序列唯一标识	uint32	/	1
number	点云中的点的个数	uint32	/	1000
fields	点云中一个点所包含的数据类别	string[]	/一个点云数据包括必须的 x, y, z 三维坐标信息, 以及可选 的reflectivity反射率信息等	[x, y, z, reflectivity]
fields_number	一个点包含的数据类别数	uint8	/如fields为[x, y, z], 则 fields_number为3	3
data	点云数据, number * fields_number个 float数	float[]	/每fields_number个浮点数表示 点云中的一个点	
sensor_type	机械式激光雷达 /固态激光雷达	bool	/0为机械式激光雷达 1为固态激光雷达	0
beam (option)	机械式激光雷达线束	uint32	/当sensor_type为0时可选	32
ring (option)	点云点所属的机械式激光雷达线束	uint32	/当sensor_type为0时可选	0

#### 6.5 点云目标检测三维包围框信息描述

应符合表7的规定。

表7 点云目标检测三维包围框信息描述

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
id	包围框的 id	int32	/	1
class	目标类别	enum	/	Car
points_seq	点云序列	uint32	/对应的点云序列号	2
confidence	目标存在的概率	float	/[0, 1]范围内的小数, 表示目标存在的概率	0.8
timestamp	该三维包围框对应的时间戳	uint32. uint32	s. ns/ 秒. 纳秒	1595682678. 715705367
X	包围框的中心点在激光雷达坐标系中的x坐标	float	/	1.0
Y	包围框的中心点在激光雷达坐标系中的y坐标	float	/	1.0
Z	包围框的中心点在激光雷达坐标系中的z坐标	float	/	1.0

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
length	包围框的长度	float	m/米	1.0
width	包围框的宽度	float	m/米	1.0
height	包围框的高度	float	m/米	1.0
direction	三维包围框的在激光雷达坐标系下的朝向向量	float[3]	/	[2.0, 3.0, 0.]
velocity	三维包围框速度	float	m/s/ 米/秒	1

## 6.6 图像目标检测二维包围框信息描述

应符合表8的规定。

表8 图像目标检测二维包围框信息描述

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
id	二维包围框的id	int32	/	1
class	目标类别	enum	/	Car
image_seq	对应的图像的序列	uint32		1
confidence	目标存在的概率	float	/[0, 1]范围内的小数, 表示目标存在的概率	0.8
timestamp	该二维包围框对应的时间戳	uint32. uint32	s.ns / 秒.纳秒	1595682678. 715705367
x1	图像坐标系中的包围框左上角横坐标	uint32	/像素的在图像坐标系中的位置	103
y1	图像坐标系中的包围框左上角纵坐标	uint32	/像素的在图像坐标系中的位置	103
x2	图像坐标系中的包围框右下角横坐标	uint32	/像素的在图像坐标系中的位置	204
y2	图像坐标系中的包围框右下角纵坐标	uint32	/像素的在图像坐标系中的位置	204

## 6.7 传感器数据融合后数据描述

应符合表9的规定。

表9 传感器数据融合后数据描述

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
timestamp	时间戳	uint32. uint32	s.ns / 秒.纳秒	1595682678. 715705367
class	目标类别	enum	/	Car
image_seq	融合所用图像数据序列号	uint32	/	1
points_seq	融合所用的点云数据序列号	uint32	/	1
camera_id	生成图像的传感器id	uint8	/	1
lidar_id	生成点云的激光雷达id	uint8	/	1
height	图像高度, 即像素行数	uint32	/	480
width	图像宽度, 即像素列数	uint32	/	360
encoding	图像编码	string	/	rgb8
image_channel	图像的通道数	uint8	/	3

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
image_data	图像数据，数组长度为width * height * image_channel	uint8[]	/	
image_depth	融合后得到的像素值为摄像头到场景中各点的距离（深度）的深度图像，数组长度为 width * height	float[]	/	
point_num	点云中点的数量	uint32	/	10000
point_fields	融合后点云中一个点所包含的数据类别	string[]	/	[x, y, z]
fields_number	融合后点云中一个点包含的数据类别数	uint8	/	3
point_data	点云数据	float[]	/	

## 6.8 目标检测结果融合后数据描述

应符合表10的规定。

表10 目标检测结果融合后数据描述

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
id	id	int32	/	1
confidence	目标存在的概率	float	/[0, 1]范围内的小数， 表示目标存在的概率	0.8
timestamp	时间戳	uint32. uint32	s. ns / 秒. 纳秒	1595682678. 715705367
class	目标类别	enum	/	Car
X	融合后目标包围框的中心点在激光雷达坐标系中的x坐标	float	/	1.0
Y	融合后目标包围框的中心点在激光雷达坐标系中的y坐标	float	/	1.0
Z	融合后目标包围框的中心点在激光雷达坐标系中的z坐标	float	/	1.0
center_cov	融合后中心点协方差	float[9]	/ 3 × 3 矩阵， 表示目标位置的不确定度	[0.2, 0.01, 0.01; 0.01, 0.2, 0.01; 0.01, 0.01, 0.2]
length	融合后目标包围框的长度	float	m/ 米	1.0
width	融合后目标包围框的宽度	float	米	1.0
height	融合后目标包围框的高度	float	米	1.0
size_cov	融合后的尺寸协方差	float[9]	/ 3 × 3 矩阵， 表示尺寸的不确定度	[0.2, 0.01, 0.01; 0.01, 0.2, 0.01; 0.01, 0.01, 0.2]
direction	融合后包围框的在激光雷达坐标系下的朝向向量	float[3]	/	[2.0, 3.0, 0.]
velocity	融合后目标速度	float	m/s / 米/秒	1
x1	融合后图像坐标系中的包围框左上角横坐标	uint32	/像素的在图像坐标系中的位置	103

属性名	描述	数值类型	单位/备注	示例
y1	融合后图像坐标系中的包围框左上角纵坐标	uint32	/像素的在图像坐标系中的位置	103
x2	融合后图像坐标系中的包围框右下角横坐标	uint32	/像素的在图像坐标系中的位置	204
y2	融合后图像坐标系中的包围框右下角纵坐标	uint32	/像素的在图像坐标系中的位置	204

注：该融合结果为单帧检测融合结果，该结果可用于多帧目标物体追踪。

地方标准信息服务平台

参 考 文 献

[1] GB/T 37686-2019 物联网 感知对象信息融合模型

[2] ISO 23150-2021 Road vehicles—Data communication between sensors and data fusion unit for automated driving functions—Logical interface

---

地方标准信息服务平台