

ICS 35.240.XX

CCS L 79

# 团 体 标 准

T/CSAE XX—2022

---

## 自主代客泊车 地图与定位技术要求

Automated valet parking—Technical requirements for mapping and  
positioning

(报批稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的该标准所涉必要专利信息连同支持性文件一并附上。

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

---

中国汽车工程学会 发布

## 目 次

前 言 .....	I
引 言 .....	III
1. 范围 .....	错误! 未定义书签。
2. 规范性引用文件 .....	错误! 未定义书签。
3. 术语和定义 .....	错误! 未定义书签。
3.1 初始定位时间 .....	错误! 未定义书签。
3.2 重定位时间 .....	错误! 未定义书签。
4. 缩略语 .....	错误! 未定义书签。
5. 总体要求 .....	错误! 未定义书签。
5.1 精度要求 .....	错误! 未定义书签。
5.2 时间基准 .....	错误! 未定义书签。
6. 技术要求 .....	错误! 未定义书签。
6.1 地图要求 .....	错误! 未定义书签。
6.2 定位要求 .....	错误! 未定义书签。
6.3 地图与定位协同要求 .....	错误! 未定义书签。
附 录 A（资料性）端定位性能指标监测要求 .....	错误! 未定义书签。
A.1 总体要求 .....	错误! 未定义书签。
A.2 监测环境 .....	错误! 未定义书签。
A.3 监测设备 .....	错误! 未定义书签。
A.4 监测规范 .....	错误! 未定义书签。
附 录 B（资料性）视觉 SLAM 定位 .....	错误! 未定义书签。
B.1 功能定义 .....	错误! 未定义书签。
B.2 环境要求 .....	错误! 未定义书签。
B.3 性能指标 .....	错误! 未定义书签。
B.4 评测方法 .....	错误! 未定义书签。
B.5 定位融合要求 .....	错误! 未定义书签。
B.6 视觉定位功能失效场景 .....	错误! 未定义书签。
附 录 C（资料性）超宽带定位 .....	1
C.1 概念描述 .....	22
C.2 空中接口协议 .....	22
C.3 系统组成 .....	22
C.4 UWB 系统布设要求 .....	26
C.5 系统功能与性能要求 .....	27
C.6 性能评价方法 .....	28
附 录 D（资料性）可见光通信定位 .....	30
D.1 概念描述 .....	30
D.2 功能定义 .....	30
D.3 编码规则 .....	30

D.4 使用环境 .....	31
D.5 定位精度及延迟 .....	31
D.6 定位质量评价 .....	31
附录 E（资料性）激光定位 .....	32
E.1 场端激光定位 .....	32
E.2 车端激光定位 .....	33
附录 F（资料性）航迹定位 .....	35
F.1 功能定义 .....	35
F.2 内部传感器基本要求 .....	35
F.3 AVP 场景基本要求 .....	36
F.4 实施方案 .....	36
F.5 测评方案 .....	36

## 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这些专利的责任。

本文件由中国智能网联汽车产业创新联盟提出并归口。

本文件主要起草单位：易图通科技（北京）有限公司、北京四维图新科技股份有限公司、四川中电昆辰科技有限公司、香港应用科技研究院、重庆长安汽车股份有限公司、国汽（北京）智能网联汽车研究院有限公司、北京易航远智科技有限公司、驭势（上海）汽车科技有限公司、驭势科技（北京）有限公司、国汽大有时空科技（安庆）有限公司、北京百度智图科技有限公司、纵目科技（上海）股份有限公司、惠州市德赛西威汽车电子股份有限公司、清华大学、浙江省测绘科学技术研究院、北京全电智领科技有限公司、高德软件有限公司、探维科技（北京）有限公司、中移（上海）信息通信科技有限公司、福特汽车（中国）有限公司、清研讯科（北京）科技有限公司、北京新能源汽车股份有限公司、北京汽车股份有限公司、北京汽车研究总院有限公司、中国第一汽车集团有限公司、东软睿驰汽车技术（上海）有限公司、上海博泰悦臻电子设备制造有限公司、联通智网科技股份有限公司、优米创新（天津）科技有限公司、深圳市云贯玉衡科技有限公司、杭州海康汽车技术有限公司、极氪汽车（杭州湾新区）有限公司、北京停简单信息技术有限公司、上海喜泊客信息技术有限公司、北京初速度科技有限公司、长城汽车股份有限公司、江铃汽车股份有限公司、佛吉亚歌乐电子（厦门）有限公司、中国联合网络通信有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国科学院空天信息创新研究院、广州汽车集团股份有限公司汽车工程研究院、上海晶众信息科技有限公司、国汽智图（北京）科技有限公司、通用中国（投资）有限公司、宁波均联智行科技股份有限公司、上汽通用五菱汽车股份有限公司、北京滴滴无限科技发展有限公司、特来电新能源股份有限公司、厦门新页科技有限公司、预位（上海）科技有限公司、华为技术有限公司、湖北亿咖通科技有限公司、采埃孚（中国）投资有限公司、合肥大轩信息科技有限公司、奥迪（中国）企业管理有限公司、保时捷工程技术研发（上海）有限公司、上海淞泓智能汽车科技有限公司。

本文件主要起草人：汤咏林、刘秋平、陈颖、羊铖、代薇、朱晓章、苏栋哲、闫耀威、李庆建、王艳、范圣印、张红涛、张丹、张俊伟、余奕、康轶非、覃韶辉、杨殿阁、江昆、杨蒙蒙、李宏利、毛卫华、应荷香、李晓、魏涛、王雨晴、万曦、翟建韬、刘慧、裘有斌、侯紫坤、李晓良、舒光辉、陈音、苏冲、姜大力、孙连明、王丽丽、彭杰、黄冠、杨玉平、黄伟、辛亮、白新刚、朱鸿、孙杰、邱聪雨、王钢、傅群毅、马琛、安淑苗、李日升、王爱春、何俏君、陆哲元、姜姗、马玉伟、周子淦、林昱、潘

书亚、邵璠、张璟松、孟令伟、于立志、时菲菲、陈丹丹、穆允林、周光涛、李胜、薛聪、汤骏、郝鹏、燕冬、邱子文、廖顽强、林春富、许幸荣、刘琪、李文杰、纪新春、魏东岩、王捷平、杨鹏、吕航、黄志发、夏修龙、李江、陈剑锋、孙崇华、原芳、张后元、张心良、熊志亮、焦石磊、杨成、周轶、黄剑其。

## 引 言

本文件是《T/CSAE 156—2020 自主代客泊车系统总体技术要求》系列子文件之一，是 T/CSAE 156—2020 文件中地图与定位章节内容的继承、兼容、衍生、延伸及扩展等，且支持 T/CSAE 156—2020 系列子文件之间的衔接与协同；参阅本文件前宜阅览 T/CSAE 156—2020 整个文件，应熟悉 T/CSAE 156—2020 文件中 7.1、7.2 及 7.3 节内容。



# 自主代客泊车地图与定位技术要求

## 1. 范围

本文件规定了自主代客泊车系统车场端的地图数据要求、定位性能指标要求、地图及定位的相关协同要求。

本文件适用于M1类乘用车型的自主代客泊车系统车场端地图与定位系统的设计与开发。

## 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 7258—2017 机动车运行安全技术条件

T/CSAE 156—2020 自主代客泊车系统总体技术要求

IEEE 802.15.4z-2020 IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks—Amendment 1: Enhanced Ultra Wideband (UWB) Physical Layers (PHYs) and Associated Ranging Techniques

## 3. 术语和定义

GB 7258—2017、T/CSAE 156—2020、IEEE 802.15.4z-2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### **初始定位时间 Time to First fix**

具备AVP功能的车辆启动AVP功能至首次正确定位获得有效位姿信息所用的时间。

### 3.2

#### **重定位时间 Relocation Time**

具备AVP功能的车辆在先验位姿信息短时缺失或者不确定性较大的情况下，重新完成定位获得有效位姿信息所用的时间。

## 4. 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AVP: 自主代客泊车 (Automated Valet Parking)

GNSS: 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)

IMU: 惯性测量单元 (Inertial Measurement Unit)

RTK: 实时动态测量 (Real Time Kinematic)

SLAM: 同步定位与建图 (Simultaneous Localizattion And Mapping)

UTC: 协调世界时 (Coordinated Universal Time)

UWB: 超带宽 (Ultra Wide Band)

## 5. 总体要求

### 5.1 精度要求

#### 5.1.1 地图精度要求

绝对精度应不大于 1m, 相对精度应不大于 0.2m/100m。平面位置和高程均以 m 为单位, 坐标值精确至 0.001m。

注: 在 T/CSAE 156-2020 中 7.3 规定要求的基础上, 补充绝对精度要求, 用于场内外地图的衔接精度要求。

#### 5.1.2 定位精度要求

AVP 车辆运行过程分为三个阶段场景: 一阶段场景是从起始位置自动驾驶到目的位置附近的道路自动驾驶, 二阶段场景是自主泊车进入停车位的泊车入位, 三阶段场景是停车场内车辆启动时的初始定位。三个阶段场景相对于地图与定位精度要求不同, 见表 1。

表 1 自主代客泊车系统三个场景的定位精度要求

场景		定位要求
场端定位	道路自动驾驶	行车速度: $\leq 15\text{km/h}$ ; 相对定位精度: 横向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、纵向定位误差 $\leq 0.3\text{m}$ 、高度误差 $\leq 0.3\text{m}$ 、偏航角误差 $\leq 5^\circ$ 。
	泊车入位	相对定位精度: 横向定位误差 $\leq 0.1\text{m}$ 、纵向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、偏航角误差 $\leq 3^\circ$ 。
车端定位	道路自动驾驶	行车速度: $\leq 15\text{km/h}$ ; 相对定位精度: 横向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、纵向定位误差 $\leq 0.3\text{m}$ 、高度误差 $\leq 0.3\text{m}$ 、偏航角误差 $\leq 5^\circ$ 。
	泊车入位	相对定位精度: 横向定位误差 $\leq 0.1\text{m}$ 、纵向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、偏航角误差 $\leq 3^\circ$ 。
	初始定位	车辆启动时需要定位自身在停车场内的位置, 包括车辆位于停车位内情景和位于非停车位区域的场景, 定位精度要求如下 (相对精度): 横向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、纵向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、高度误差 $\leq 0.5\text{m}$ (应准确定位到楼层)、偏航角误差 $\leq 5^\circ$ 。
车场融合定位	道路自动驾驶	行车速度: $\leq 15\text{km/h}$ ; 相对定位精度: 横向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、纵向定位误差 $\leq 0.3\text{m}$ 、高度误差 $\leq 0.3\text{m}$ 、偏航角误差 $\leq 3^\circ$ 。
	泊车入位	相对定位精度: 横向定位误差 $\leq 0.1\text{m}$ 、纵向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、偏航角误差 $\leq 3^\circ$ 。
	初始定位	车辆启动时需要定位自身在停车场内的位置, 包括车辆位于停车位内情景和位于非停车位区域的场景, 定位精度要求如下 (相对精度): 横向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、纵向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ 、高度误差 $\leq 0.5\text{m}$ (应准确定位到楼层)、偏航角误差 $\leq 5^\circ$ 。

注: 在 T/CSAE 156-2020 中 7.2.2、7.2.3、7.2.4 和 7.2.5 规定要求的基础上, 修改车场融合定位中道路自动驾驶场景的纵向定位误差 $\leq 0.3\text{m}$ 。

### 5.2 时间基准

时间基准采用协调世界时 (UTC)。

## 6. 技术要求

### 6.1 地图要求

#### 6.1.1 概述

依据 T/CSAE 156-2020 中 7.3，补充车端与场端的地图综合需求、场内外导航地图或高精地图衔接等内容，主要包括停车场动态交通信息、场景融合信息、场内外车辆交接信息、场（路）侧智能设备信息以及自定义的其他扩展信息等相关地图数据要求。

#### 6.1.2 停车场动态信息

停车场动态信息包含停车场内或出入口关联道路上实时发生的，会对泊车过程或行人通行产生影响的一系列动态信息，包括动态对象表（见表 2）、停车场动态信息表（见表 3）、停车场道路动态信息表（见表 4）、停车场道路车道动态信息表（见表 5）、停车场车位动态信息表（见表 6）、停车场道路附属物动态信息表（见表 7）、停车场出入口动态信息表（见表 8）、停车场定位标志动态信息表（见表 9）。

表 2 动态对象表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Item_Type	Int	1: 停车场 2: 道路 3: 车道 4: 停车位 5: 道路附属物 6: 停车场出入口 7: 指定上下车点 8: 定位标志 9: 其他关键点	动态信息影响对象类型
3	Item_Id	Int	地图元素的 ID	
4	Traffic_Type	Int	0: 未知 1: 关闭 2: 缓慢	影响后果

注：在T/CSAE 156-2020中7.3.2，表20规定的基础上，增加停车场、停车场出入口、指定上下车点等动态对象，修改Traffic\_Type字段的属性说明。

表 3 停车场动态信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	1: 开放 2: 关闭 3: 受限开放	
3	Limit_Type	Int	1: 时间段限制	Type=3 时使用

序号	属性	类型	说明	备注
			2: 对象限制 3: 楼层限制 4: 分区限制 5: 车辆类型限制 6: 其它	
4	Member_Type	Int	1: 非会员 2: 非员工 3: 无通行证	限制对象
5	Time_Domain	Int	记录关闭时间段	
6	Floor	Int	记录关闭楼层	
7	Subarea	Int	记录关闭分区	
8	Vehicle	Int	限制车辆类型	
9	Status	Int	1: 空闲 2: 忙碌 3: 满停	
10	Lot_Left	Int	剩余车位数	
11	Dynamic_Item_Id	Int	动态对象的 ID	

表 4 停车场道路动态信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	1: 交通管制信息 2: 交通事故信息 3: 占路施工信息 4: 交通事故多发点段 5: 交通拥堵信息 6: 天气信息 7: 障碍物信息 8: 灾害信息 9: 设备故障信息 10: 车辆故障信息	事件类型
3	Dynamic_Item_Id	Int	动态对象的 ID	

表 5 停车场道路车道动态信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	1: 交通管制信息 2: 交通事故信息 3: 占路施工信息 4: 交通事故多发点段 5: 交通拥堵信息 6: 天气信息 7: 障碍物信息 8: 灾害信息 9: 设备故障信息 10: 车辆故障信息	事件类型
3	Dynamic_Item_Id	Int	动态对象的 ID	

表 6 停车场车位动态信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	1: 占用 2: 空闲 3: 故障 4: 已预约	
3	Dynamic_Item_Id	Int	动态对象的 ID	

表 7 停车场道路附属物动态信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	0: 正常 1: 取消 2: 维修中 3: 损坏	
3	Dynamic_Item_Id	Int	动态对象的 ID	

表 8 停车场出入口动态信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	0: 其它 1: 开放 2: 封闭 3: 受限开放	其它, 如闸机故障等临时突发事件
3	Limit_Type	Int	1: 时间段限制 2: 对象限制 3: 车辆类型 4: 其它	
4	Member_Type	Int	1: 非会员 2: 非员工 3: 无通行证	限制对象
5	Res_Time	Int	记录关闭时间段	道路限制时间作用域, 采用 GDF 时间域格式
6	Status	Int	1: 空闲 2: 忙碌	
7	Res_Vehicle	Int	1: 全部车辆 2: 小轿车 3: 微型车 4: 小型卡/货车 5: 大卡/货车 6: 拖挂车 7: 小型客车 8: 大型客车 9: 公交车 10: 出租车 11: 摩托车 12: 自行车/人力车 13: 行人 14: 其它	限制车辆类型
8	Dynamic_Item_Id	Int	动态对象的 ID	

表 9 指定上下车点动态信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	1: 空闲 2: 忙碌 3: 关闭	
3	Number	Int	前方排队车辆数	
4	Time	Int	允许等待时长	单位: 秒
5	Dynamic_Item_Id	Int	动态对象的 ID	

表 10 停车场定位标志动态信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	0: 正常 1: 取消 2: 维修中 3: 损坏	
3	Dynamic_Item_Id	Int	动态对象的 ID	

### 6.1.3 场景融合信息

AVP 地图数据应支持与车道级或道路级导航数据的衔接，包括停车场基本信息表（见表 11）、道路与停车场融合信息表（见表 12）。

表 11 停车场信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int	编号	保证每个停车场的唯一性
2	Name	String	名称	例如：上海虹桥站 P9 停车场
3	Address	String	地址	例如：上海闵行区华漕镇申虹路
4	Num	Int	停车位数量	
5	Building_Layer_Num	Int	停车场楼层数	
6	Type	Int	1: P0 2: P1 3: P2 4: P3 5: P4 6: P5	停车场类型，与停车场分级对应
7	Floor_Num	Int	可停车楼层数量	
8	Paking_Num	Int	可停车车位数量	
9	Attribute	String	停车场性质	
10	Open_Time	String	营业时间	
11	Entry_Num	Int	停车场入口数量	
12	Exit_Num	Int	停车场出口数量	

注：在T/CSAE 156-2020中7.3.2，表9规定的基础上，增加可停车楼层数量、可停车车位数量、停车场性质、营业时间、停车场入口数量、停车场出口数量等属性。

表 12 道路与停车场融合信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	1: 停车场入口 2: 停车场出口 3: 停车场跨层连接路 4: 自主泊车上车点	融合场景类型

序号	属性	类型	说明	备注
			5: 自主泊车下车点 6: 自主泊车接驳点	
3	Item_Id	Int	地图元素的 ID	Type=1、2、3, 为道路编号; Type=4、5、6, 为关键点编号;
4	Floor	Int	所在停车场楼层	TYPE = 1、2、3, 取值为0; Type=4、5、6, 为关键点所在 楼层信息

#### 6.1.4 停车场车辆交接区信息表

停车场车辆交接区信息表用于记录用户和车辆可以发生驾驶行为交接的地点，见表 13。

表 13 停车场车辆交接区信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int		
2	Type	Int	0: 其他 1: 下车 2: 接驾 3: 车辆故障 4: 道路障碍 5: 系统故障 6: 天气影响	接管原因
3	Fault_Id	Int	地图元素的 ID	故障位置
4	Controlled_Id	Int	地图元素的 ID	接管位置
5	Designated_Id	Int	地图元素的 ID	指定接管位置

#### 6.1.5 场（路）侧智能设备信息表

智能路侧设备是指设置于停车场路侧或场端，用于道路或场端信息采集、感知、计算、传输的自动化、智能设施设备，见表14。

表 14 场（路）侧智能设备信息表

序号	属性	类型	说明	备注
1	Id	Int	编号	
2	Type	Int	1: 智能路灯杆 2: 可变电子语义标牌 3: 智能道钉 4: 全景摄像机 5: 智能摄像机 6: 视频雷达一体机 7: 毫米波雷达 8: 全向毫米波雷达 9: 激光雷达 10: 能见度传感器 11: 一体式气象站	类型

序号	属性	类型	说明	备注
			12: 路面状态传感器 13: RSU—路侧单元 14: UWB—超宽带定位设备 15: 智能照明（地下停车场） 16: 其它	
3	Item_Id	Int	关联停车场道路的 ID	
4	Floor	Int	所在停车场楼层	

### 6.1.6 其他扩展信息

自主代客泊车系统地图数据应支持数据扩展与衍生。本文件未涵盖的自主代客泊车系统地图数据要素由数据使用者根据国家相关规定及数据应用场景自行规定。

## 6.2 定位要求

### 6.2.1 概述

依据T/CSAE 156-2020中7.2，补充本文件5.1.2的三阶段场景的定位精度指标要求，主要包括车端定位、场端定位、车场融合定位三种应用场景，通用定位技术包括但不限于GNSS、IMU、视觉SLAM定位、激光定位、航迹定位、UWB定位、可见光通信定位等。

### 6.2.2 停车场环境要求

停车场环境应符合T/CSAE 156—2020 中 7.2.1的相关规定。

### 6.2.3 车端定位指标

#### 6.2.3.1 初始定位时间

车端初始定位时间应满足如下要求：

- a) 车辆处于地面停车场，存在地图且可卫星定位的场景，车辆冷启动，基于GNSS初始定位，初始定位时间不大于40s；
- b) 车辆处于地面停车场，存在地图且可卫星定位的场景，车辆热启动，基于GNSS初始定位，初始定位时间不大于20s；
- c) 车辆处于室内停车场，存在地图但不可卫星定位的场景，车辆冷启动，基于车场端定位信号初始定位，初始定位时间不大于1s。

#### 6.2.3.2 重定位时间

AVP车辆重定位时间应不大于1s。

#### 6.2.3.3 定位信号输出频率

车辆定位信号输出频率常用有100Hz（以IMU为主频），50Hz（以轮速计为主频）和25Hz（以视觉定位输出频率为主频）等，AVP系统设计与开发宜根据实际运行场景的车辆控制算法选择。

#### 6.2.3.4 跨层能力

车端定位应具备跨层能力。

注：车端定位具备跨层能力是指AVP车辆至少能够支持跨越一层的车端定位能力，不限于从停车场外的地面交接点自动驾驶到室内停车场的负一层停车楼层，或从室内停车场的负一层停车楼层自动驾驶到停车场外的地面交接点，或从室内停车场的某一层自动驾驶到该层上面一层或下面一层的停车楼层等。

#### 6.2.3.5 时延

车端定位时延应满足如下要求：

- a) 不考虑原始传感器数据传输，车速15km/h，从传感器获取原始数据，经过计算到定位信号输出，时延应不大于200ms；
- b) 考虑原始传感器数据传输，车速15km/h，从传感器获取原始数据，经过计算到定位信号输出，时延应不大于1s。

#### 6.2.3.6 脱困

受困时间大于300s时，应上报场端，通知车主。

注：脱困指自主代客泊车车辆在自主泊车过程中，因各种因素导致受困须场端或人工干预脱离困境的情况。

### 6.2.4 场端定位指标

#### 6.2.4.1 场端定位服务设施基本要求

##### 6.2.4.1.1 覆盖范围

AVP停车场定位信号应满足以下要求：

- a) 对于场端控制泊车系统，即场端系统对车辆的行驶动态进行直接指令控制的，其场端定位服务应覆盖所有可行驶区域和可泊车区域。
- b) 对于车场协同泊车系统，即场端系统仅向车辆提供辅助信息而车辆自主进行行驶动态控制的，其场端定位服务至少应覆盖所有可行驶区域。

注：在 T/CSAE 156-2020 中 7.2.1 规定的信号覆盖要求基础上，区分不同的技术路线下对覆盖范围的不同要求。

##### 6.2.4.1.2 覆盖率

场端定位服务所需的场端设备必须按照100%的覆盖范围进行建设，且应保证在覆盖范围内至少95%的面积上满足表 15 自主代客泊车系统场端定位服务性能指标的全部指标。

##### 6.2.4.1.3 服务容量

场端定位服务所能支持的服务容量，应满足该停车场内所有可泊车区域和可行驶区域的合理可容纳的车辆上限数量同时接入场端定位服务，且服务质量保持不变。合理可容纳的车辆上限数量包括静止车辆和运动车辆，且总接入场端定位服务的车辆就应计算在内，不限于正在进行自主代客泊车功能；服务质量应满足表 15 自主代客泊车系统场端定位服务性能指标的全部指标。

##### 6.2.4.1.4 播发性能

场端定位服务需保证车辆自动驾驶控制器所能连续获取新定位信息的播发频率至少为 20Hz。

##### 6.2.4.1.5 时延

场端定位服务时延应满足如下要求：

- a) 定位时延

场端定位服务的定位时延应不大于 150ms，即车辆实际经过某位置后 150ms 以内，计算车辆位置的处理器应输出表达该位置坐标且符合定位精度要求的定位数据，并且根据 6.2.3.1.7 时间同步的要求对定位结果标注时间戳。

#### b) 传输时延

根据计算车辆位置的处理器与车辆自动驾驶控制器连接方式不同，传输时延要求不同：

——该计算车辆位置的处理器与车辆自动驾驶控制器直接通过 CAN 或车载以太网连接，则定位数据从定位处理器到自动驾驶控制器的传输时延极小，不在本文件内做要求。

——该计算车辆位置的处理器部署在车辆以外（停车场机房或者平台服务），则定位数据通过任何方式传输给车辆自动驾驶控制器的通信时延应符合 T/CSAE 156—2020 及其相关子文件中关于车场通信时延的性能要求。

#### 6.2.4.1.6 冷启动时间

自车辆完整车身入场端定位服务的覆盖范围始，至车辆自动驾驶控制器收到第一个满足表 15 自主代客泊车系统场端定位服务性能指标的定位数据的间隔时间，即冷启动时间，应不大于 0.2s。

#### 6.2.4.1.7 时间同步

场端定位服务的系统时间采用 UTC 时间，且车辆自动驾驶控制器收到的每一个定位数据都需要按照 UTC 时间标注时间戳，时间戳的时间表达精度应优于 1ms。

#### 6.2.4.1.8 抗干扰能力

依据其技术路线不同，AVP 停车场定位信号应满足以下要求：

- a) 采用无线电方式进行场端定位服务的，应能在与国家无线电委员会相关规定的无线电收发设备共存的场所内正常工作，并在遇到异常非法无线电干扰导致其不能正常工作时立刻发出告警，告警时间符合表 15 的完好性告警时间要求。
- b) 采用光学方式进行场端定位服务的，应能在覆盖范围内任何位置出现符合 GB 7258—2017 中 8 要求的且开启车身全部可能照明灯具的车辆时正常工作，应能在覆盖范围内任何位置出现符合特定行业规范的建筑照明灯具、广告灯具时正常工作，并在遇到异常光线干扰导致其不能正常工作时立刻发出告警，告警时间符合表 15 的完好性告警时间要求。

#### 6.2.4.2 使用场端定位服务的终端车辆要求

使用 AVP 停车场定位服务的终端车辆应满足以下要求：

- a) 采用 UWB 无线电方式进行场端定位服务的，应符合 IEEE 802.15.4z 协议的 UWB 场端定位信号收发能力；
- b) 采用光学方式进行场端定位服务的，车辆外观（包括形状和颜色）、车载照明灯具性能应符合 GB 7258—2017 中 8 的相关规定；
- c) 具备通过无线通信网络实时接收服务提供方播发的数据产品功能；
- d) 网络通信采用 TCP/IP、UDP 等通用协议。

#### 6.2.4.3 场端定位服务接入要求

终端车辆接入场端定位服务应满足以下要求：

- a) 用户注册：注册时，用户向服务提供方提交用户名和密码信息，服务提供方对用户的身份进行校验，确认无误后保存用户信息，并将注册结果反馈给用户；

- b) 用户认证：注册完成后，用户向服务提供方发送认证申请信息，其中包含用户名、密码等，服务提供方收到后对用户信息进行判别，并将认证结果响应信息发往用户，如认证成功，则认证结果中包括授权码；
- c) 服务申请：认证完成后，用户向服务提供方发送服务申请信息，其中包含用户名、授权码等信息，服务提供方收到后对授权码进行检测，并将检测结果通过服务申请响应信息发往用户，向用户持续提供场端定位服务。

#### 6.2.4.4 场端定位服务性能要求

##### 6.2.4.4.1 场端定位服务性能指标

场端定位服务性能指标见表15。

表 15 自主代客泊车系统场端定位服务性能指标

精度		完好性			连续性	可用性
定位精度 m (米)	授时精度 us (微秒)	完好性 风险	警报阈值 m (米)	告警时间 s (秒)	每 24 小时 无故障概率	定位服务 可用性
(0.1, 0.5]	(0, 100]	$10^{-9}$	0.5	3	[0.99999, 1)	[0.99995, 1)

##### 6.2.4.4.2 完好性

完好性指标包括（部分指标要求见表 15）：

- a) 完好性风险：系统运行期间出现误差即定位误差超过警报阈值的概率；
- b) 警报阈值：在规定的时间内不必向用户发出警报的最大允许定位误差；
- c) 告警时间：由警报条件出现到该停车场内用户收到场端播发的告警信息的时间。
- d) 完好性信息的更新间隔不应大于10s；
- e) 完好性出现告警的监测点发生连续3分钟以上的告警无法自行恢复的，服务商需要向用户播发故障所影响的定位服务区域以及预期的故障恢复所需的时间。

注：完好性是对停车场场端定位服务系统提供的信息的准确度的一种度量；系统给用户发出警报或者告警信息的能力，与特定的时间段内，系统播发的信息完成其规定的服务要求的能力相关。

##### 6.2.4.4.3 连续性

连续性指标要求见表 15，每24小时为周期进行连续性评估，且每30天进行一次平均无故障时长的评估。

注：连续性指每24小时内，停车场场端定位服务系统能够提供连续满足规定服务要求的时间百分比。

##### 6.2.4.4.4 可用性

可用性指标要求见表 15，可用性指标使用定位服务可用性指标描述，即在规定时间和规定条件下，规定的场端定位服务范围内定位信号精度值满足定位精度限值要求的时间百分比。

注：可用性指停车场场端定位服务系统播发的能够被车端使用的信号的时间百分比。

#### 6.2.5 车场融合定位指标

自主代客泊车车辆使用车端定位、场端定位、车场融合定位等不同技术路线进行定位，车场融合定位指标见表16。

表 16 自主代客泊车系统车场融合定位服务性能指标矩阵

定位性能指标		车端定位	场端定位	车场融合定位
环境要求		●	●	●
车端	初始定位时间	●	○	●
	重定位时间	●	○	●
	定位信号输出频率	●	○	●
	定位信号失效情况下 允许行驶最大距离	●	○	●
	跨层能力	●	○	●
	时延	●	○	●
	脱困	●	○	●
	场端	覆盖范围	○	●
覆盖率		○	●	●
服务容量		○	●	●
播发性能		○	●	●
时延		○	●	●
冷启动时间		○	●	●
时间同步		○	●	●
抗干扰能力		○	●	●
终端车辆要求		○	●	●
接入要求		○	●	●
服务性能要求		○	●	●

### 6.3 地图与定位协同要求

地图与定位协同应用涉及地图、位置信息等地理信息的存储、传输、应用格式等内容，其存储、传输、应用等应采用标准数据格式，地理信息数据在存储、传输与应用过程中应满足地理信息相关要求并符合相关规定。地图与定位协同系统框架如图 1 所示。

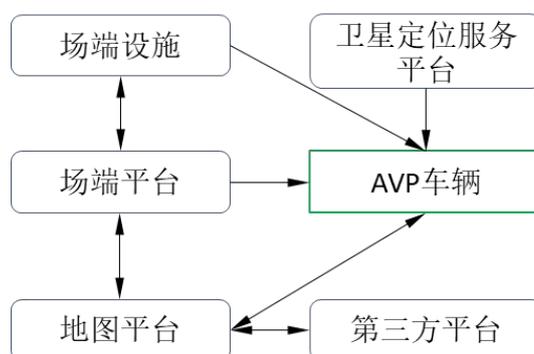


图 1 地图与定位协同系统框架

地图与定位协同系统框架中各平台的作用与关系：

- a) 场端平台：依据场端设施生成场端定位服务信息，下发给AVP车辆；场端平台可依托地图平台为AVP车辆提供地图服务。
- b) 地图平台：基于地图服务提供商的基础地图数据与地图生产能力，获取AVP车辆数据、场端路侧数据与第三方平台的动态信息，发送地图服务信息，为AVP车辆、场端平台和第三方平台提供静态与动态地图更新、发布等服务。
- c) 第三方平台：第三方平台的动态信息不限于地图平台动态地图生成提供动态信息数据源。
- d) 卫星定位服务平台：基于卫星定位服务网络为AVP车辆提供卫星定位服务。

## 附录 A

## (资料性)

## 场端定位性能指标监测要求

## A.1 总体要求

场端定位服务的服务方通过在服务覆盖范围内布设评估监测点,来监测评估覆盖范围内增强服务性能。应对场端定位服务的覆盖范围、精度、完好性、连续性、可用性等指标进行监测评估,监测评估结果应满足6.2.3.4.2、6.2.3.4.3、6.2.3.4.4的相关指标。

## A.2 监测环境

对定位、授时等性能指标的监测,应在以下环境条件下进行:

- a) 温度:  $-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ ;
- b) 相对湿度: 不超过90%。

## A.3 监测设备

监测点的真值坐标获取过程采用的仪器、设备应根据监测指标进行测量范围、分辨力、准确度和稳定度的选择。监测点的监测性能应满足被监测性能指标的要求;监测点的真值坐标的获取设备应经计量部门的检定或校准,符合性能指标要求,并在检定或校准有效期内。出现监测点的完好性告警之后的24小时内,场端定位服务方应进行现场检查,核对监测点的真值坐标。

## A.4 监测规范

## A.4.1 覆盖范围监测

监测方法:按照 6.2.3.1.1 划分的覆盖范围,在区域边界及区域内的典型位置布设监测点,进行场端定位服务性能的监测评估。每一个安装在场端的定位服务基础设施(例如无线电定位基站、摄像头、激光雷达等)都要被至少一个监测点进行监测。

通过准则:所有监测点上的服务性能应满足表 15对应的服务能力指标要求。

## A.4.2 服务性能监测

## A.4.2.1 定位精度

监测方法:定位精度描述用户在定位过程中实际达到的精度与真值的误差大小,为用户提供服务参考。以已知精确坐标为基准,以实际计算的定位结果为评估对象,将相同时刻的定位结果与已知坐标换算到同一参考点,转换到统一空间基准下并作差,统计评估时段内的差值,最后得到定位精度。在精度性能评估中常按95%统计计算结果,计算公式如下:

$$d_{xyz} = pos_{cal} - pos_{pre} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$pos_{cal}$  ——笛卡尔直角坐标系下的用户实际计算的定位结果;

$pos_{pre}$  ——笛卡尔直角坐标系下的用户精确坐标;

通过准则：监测点上的定位精度应满足表1对应的定位服务精度指标要求。

A. 4. 2. 2 授时精度

为保证自主代客泊车各传感器的信息融合同步要求,AV车辆通过场端定位服务获得的授时精度应优于100us。

监测方法：授时精度为车辆通过场端定位服务获得的UTC与实际UTC偏差。在场端定位服务覆盖范围内,选取可通视天空并收到GNSS信号的监测点进行的授时精度的测试,采用带宽大于100MHz的双踪示波器,通过观测该监测点附近的GNSS接收机输出的秒脉冲 (Pulse per Secend, PPS) 信号与监测点通过场端定位服务授时输出的PPS信号之间的时间差来评估在授时精度性能。评估中按95%统计授时误差结果,授时误差计算公式如下：

$$\sigma_{s,utc} (i) = \tau_{s-pps} (i) - \tau_{GNSS-pps} \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中：

$\sigma_{s,utc} (i)$  ——场端第 (i) 个监测点从场端定位网络获取的授时与 UTC 时间之间的误差；

$\tau_{s-pps} (i)$  ——场端第 (i) 个监测点输出的PPS信号脉冲时刻；

$\tau_{GNSS-pps}$  ——监测点附近的GNSS接收机输出的PPS信号脉冲时刻；

测试方法与通过准则：应满足表 15对应的授时服务精度指标要求。

A. 4. 3 服务完好性监测

监测方法：场端定位服务系统在服务覆盖范围内能提供承诺定位服务精度的完好性,为用户提供服务参考。将计算出的完好性参数值与“已知真值”进行比较,检测二者存在的共性误差,当差异大于阈值时,表示系统故障,并对完好性风险、警报阈值、预警时间进行监测记录。完好性监测步骤如下：

- a) 通过信号质量监测 (Signal Quality Monitoring, SQM)、测量质量监测 (Measurement Quality Monitoring, MQM)、数据质量监测 (Data Quality Monitoring, DQM) 三个方面对数据观测测量进行质量约束,计算出完好性参数；
- b) 完好性参数值与警报阈值 (Alert Limit, AL) 作比较。当完好性参数超过 AL 时,系统判断出现故障,从而向用户发出警报。

通过准则：监测点上的服务完好性应满足表 15对应的服务完好性指标要求。

A. 4. 4 服务连续性监测

监测方法：场端定位服务系统在服务覆盖范围内能提供承诺定位服务精度的连续性,为用户提供服务参考。以定位偏差序列为评估对象,统计规定阈值定位服务连续的百分比。计算公式如下：

$$Con_l = \frac{\sum_{t=t_{start},inc=T}^{t_{end}-Top} \left\{ \prod_{k=t,inc=T}^{t+Top} bool (EPE_k \leq f_{Acc}) \right\}}{\sum_{t=t_{start},inc=T}^{t_{end}-Top} bool (EPE_k \leq f_{Acc})} \dots\dots\dots (A. 3)$$

式中：

$t_{start}, t_{end}$  ——开始时间段、结束时间段,一般起止时间为24小时；

$T$  ——用户机采样间隔记为T；

$t_{op}$  ——滑动窗口的长度,一般取为1小时；

$EPE_k$  ——某一时刻的水平定位误差和垂直定位误差；

$f_{Acc}$  ——水平定位精度和垂直定位精度阈值；

$bool\{ \}$  ——布尔函数，当满足判断条件时，取为1，否则取0。

通过准则：监测点上的服务连续性应满足表 15对应的服务连续性指标要求。

#### A. 4. 5 服务可用性监测

##### A. 4. 5. 1 定位服务可用性监测

监测方法：场端定位服务系统在服务覆盖范围内能提供承诺定位服务精度的时间百分比，为用户提供服务参考。以定位偏差序列为评估对象，统计在规定阈值下定位服务可用的百分比，计算公式如下：

$$Ava_l = \frac{\sum_{t=t_{start}, inc=T}^{t_{end}} bool\{EPE_k \leq f_{Acc}\}}{1 + \frac{t_{end} - t_{start}}{T}} \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中：

$t_{start}, t_{end}$  ——开始时间段、结束时间段，一般起止时间为24小时；

$T$  ——用户机采样间隔记为T；

$EPE_k$  ——某一时刻的水平定位误差和垂直定位误差；

$f_{Acc}$  ——水平定位精度和垂直定位精度阈值；

$bool\{ \}$  ——布尔函数，当满足判断条件时，取为1，否则取0。

通过准则：监测点上的定位服务可用性应满足表 15 对应的定位服务可用性指标要求。

## 附录 B

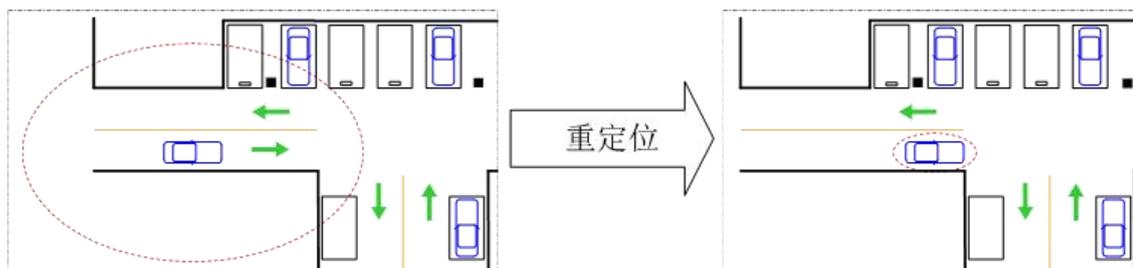
(资料性)

## 视觉 SLAM 定位

## B.1 功能定义

视觉SLAM定位指使用视觉特征方式来实现定位功能的方法,不包含基于语义标识的视觉语义定位功能。视觉SLAM定位功能包含重定位功能和跟踪定位功能。重定位功能是指,车辆在先验位姿信息缺失或者不确定性较大的情况下,利用传感器感知信息实现自身相对于地图的全局定位功能。跟踪定位功能是指,车辆在有较为准确的先验位姿信息的条件下,伴随着车辆的运动,实时利用传感器感知信息跟踪车辆位姿的定位功能。

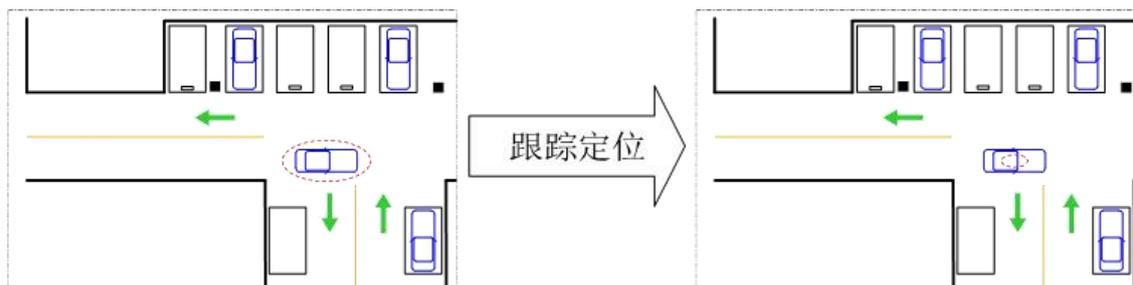
重定位功能的输入包括但不限于:用户交互信息、先验位姿信息(如GNSS信息)、视觉感知信息、IMU感知信息、轮速感知信息等。如图B-1所示,开启重定位功能时,车辆相对于地图的位姿估计存在非常大的不确定度,位置误差可能达到10m及以上,或完全无法确定所在的范围;重定位功能完成后,车辆相对于地图位姿估计的误差大幅下降,可达到1m内,最佳情况可以达到10cm内。



图B-1 重定位功能示意图

注:图B-1中红色椭圆代表车辆位姿估计的不确定度范围。

跟踪定位功能的输入包括但不限于:先验位姿信息、GNSS信息、视觉感知信息、IMU感知信息、轮速感知信息等。如图B-2所示,开启跟踪定位功能时,车辆相对于地图的位姿估计的不确定度较小,一般位置误差小于1m;跟踪定位完成后,车辆相对于地图的位姿估计精度一般在10cm级别。



图B-2 跟踪定位功能示意图

注:图B-1中红色椭圆代表车辆位姿估计的不确定度范围。

在车辆进入地图范围的初始阶段,以及跟踪定位失效导致车辆位姿丢失时,重定位功能可以在地图全局范围内进行定位找回车辆位姿信息;而在其余时段,则由跟踪定位负责保持车辆位姿信息的估计,两种定位功能相辅相成。

## B.2 环境要求

AVP泊车场景包括地面停车场和室内停车场两种场景。为了满足车端的视觉SLAM定位要求，场景和车辆需满足以下要求：

- a) 光照要求：光线在 30~100000 lux；
- b) 地面停车场天气要求：不超过小雨、小雪、薄雾的天气，能见度 $\geq 200\text{m}$ ；
- c) 多层停车场：支持多层停车场；
- d) 停车场场景要求：摄像头视野中有足够的视觉特征，满足建图以及定位需要；
- e) 停车场的行车速度： $\leq 15\text{km/h}$ ；
- f) 泊车速度： $\leq 10\text{km/h}$ 。
- g) 车辆状态要求：相机、GNSS、IMU、轮速等传感器以及AVP系统工作正常无故障码，所有相机传感器无遮挡，表面无泥沙等污染物。

## B.3 性能指标

### B.3.1 精度要求

#### B.3.1.1 道路自动驾驶定位精度（相对精度）

- a) 横向定位误差： $\leq 0.2\text{m}$ ；
- b) 纵向定位误差： $\leq 0.3\text{m}$ ；
- c) 高度误差： $\leq 0.3\text{m}$ ，可准确定位到楼层；
- d) 偏航角误差： $\leq 5^\circ$ 。

#### B.3.1.2 泊车入位定位精度（相对精度）

- a) 横向定位误差： $\leq 0.1\text{m}$ ；
- b) 纵向定位误差： $\leq 0.2\text{m}$ ；
- c) 偏航角误差： $\leq 3^\circ$ 。

### B.3.2 延迟

- a) 初始定位延迟车辆启动后初始定位成功时延 $< 30\text{s}$ 。
- b) 跟踪定位延迟 $< 200\text{ms}$ 。

### B.3.3 输出频率

定位频率： $\geq 10\text{Hz}$ 。

## B.4 评测方法

### B.4.1 评测真值

对于视觉SLAM定位结果的评测，地面停车场可以采用RTK、激光定位等定位系统提供的定位真值；室内停车场可以采用激光定位等定位系统提供的定位真值。对于真值定位系统提供的真值位姿，有如下要求：

- a) 空间一致性要求：真值定位系统的每一个真值位姿，可以通过坐标变换进行对齐，得到AVP系统中使用的高精度地图的全局坐标系下的车辆坐标系位姿；
- b) 时间一致性要求：真值定位系统的每一个真值位姿，可以通过时间变换进行对齐，得到AVP系统中对应的统一系统时间戳，时间戳误差小于 $5\text{ms}$ ；

- c) 精度要求：真值定位系统提供的高精地图坐标系下车辆坐标系位姿的平移均方根误差（Root Mean Square Error, RMSE）小于0.05m，航向RMSE小于0.3°；
- d) 频率要求：真值定位系统提供的真值位姿的频率≥10Hz。

B.4.2 评测方案

精度评测采用绝对位姿误差算法（Absolute Pose Error, APE）对定位误差进行计算和分析。本次定位精度评测的是地图坐标系下车体坐标系的位姿，该算法在本测试中具体实现步骤如下：

- a) 定位阶段，使用视觉SLAM定位算法估计所有时刻的位姿 ${}^M_{est}T_i, i = 1, 2, \dots, n$ 并记录，同时使用真值获取系统估计对应所有时刻的位姿 ${}^M_{gt}T_i, i = 1, 2, \dots, n$ 并记录，其中 $T$ 表示6自由度的4乘4旋转平移矩阵；
- b) 计算阶段，基于所有时刻的真值位姿 ${}^M_{gt}T_i$ 和估计位姿 ${}^M_{est}T_i$ ，计算位姿误差 ${}^M_{err}T_i$ ，具体公式为 ${}^M_{err}T_i = {}^M_{gt}T_i^{-1} {}^M_{est}T_i, i = 1, 2, \dots, n$ ，然后将位姿误差分解为横向X、纵向Y、高度Z、航向Yaw上的误差；
- c) 统计阶段，所有有效估计位姿都完成误差计算后，计算所有位姿误差四个分量的平均值绝对值、均方根误差均值、超限百分比等统计数据作为测试最终评估结果。

B.4.3 挑战性测试

在对应的停车场设计各种极端条件进行大量定位测试，为了保证视觉SLAM定位方案的鲁棒性满足AVP功能的定位需求，测试中视觉SLAM定位需要满足正常条件下设置的性能需求，见表B-1。

表B-1 推荐的挑战性测试内容

测试名称	测试对象	测试方法
光照变化测试	重定位 跟踪定位	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 室内停车场场景                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 灯光测试：停车场全开灯、半开灯的条件下运行测试；</li> <li>b) 节能灯测试：停车场灯光随着车辆接近点亮，远离熄灭的条件下运行测试；</li> <li>c) 动态光照测试：车辆行驶过程中，后方车辆开远光灯跟随，相遇的对向来车开远光灯的条件下运行测试。</li> </ul> </li> <li>■ 地面停车场场景                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 全天测试：在晴天的早上、中午、下午的条件下运行测试；</li> <li>b) 阴天测试：在阴天的早上、中午、下午的条件下运行测试。</li> </ul> </li> </ul>
跨季节测试	重定位 跟踪定位	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 地面停车场场景                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 跨季节测试：在春、夏、秋、冬等不同季节的晴天中午的条件下运行测试。</li> </ul> </li> </ul>
低纹理测试	跟踪定位	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 室内停车场场景                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 低纹理测试：在螺旋坡道等低纹理高重复场景的条件下运行测试。</li> </ul> </li> </ul>
环境高动态测试	重定位 跟踪定位	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 室内停车场场景&amp;地面停车场场景                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 环境高动态测试：在车辆周围有大量动态行人和车辆的条件下运行测试；包括前方和后方3m范围内存在机动车跟车情况，左右两侧5m范围内单边存在5~10个行走的行人情况。</li> </ul> </li> </ul>
行驶高动态测试	跟踪定位	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 室内停车场场景&amp;地面停车场场景                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 行驶高动态测试：在15km/h的车速下，连续通过减速带和上下坡的条件下运行测试。</li> </ul> </li> </ul>
遮挡测试	重定位	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 室内停车场场景&amp;地面停车场场景</li> </ul>

测试名称	测试对象	测试方法
	跟踪定位	a) 前视遮挡测试：将车辆的前视相机进行遮挡的条件下运行测试； b) 环视遮挡测试：将环视相机分别遮挡1到2个的条件下运行测试。
往复测试	跟踪定位	■ 室内停车场场景&地面停车场场景 a) 往复测试：车辆不断进行短距离前进和倒退动作的条件下运行测试。

### B.5 定位融合要求

视觉SLAM定位融合应符合如下要求：

- a) 融合IMU和轮速里程计以提高定位精度、定位频率和定位稳定性；
- b) 融合毫米波雷达定位以提高无纹理场景（例如大面积白墙）的定位精度；
- c) 融合激光雷达定位以提高光照变化剧烈等场景下的定位鲁棒性。

### B.6 视觉定位功能失效场景

失效场景包含传感器通讯失败或超时、传感器感知范围大面积遮挡、场景与地图不匹配、视觉特征数量不足等。

## 附录 C

## (资料性)

## 超宽带定位

## C.1 概念描述

超宽带 (UWB) 是一种具备低功耗与高速传输的无线个人区域通讯技术, 其主要的定位方法是TDOA (到达时间差) 和传输时间 (TOF)。将多个UWB基站安装于场内不同空间位置以形成一个覆盖有UWB定位服务的区域, 用于为场地内的载有UWB定位终端的车辆或人员提供高精度定位能力。

本文件的UWB场端定位基站网络应能够向符合IEEE 802.15.4z (以下简称“4z”) 协议的UWB设备提供定位信号, 使其可以获得本文件所针对的泊车自动驾驶场景所需的厘米级定位精度 ( $3\sigma < 0.15\text{m}$ )。

## C.2 空中接口协议

UWB定位系统所采用的UWB无线电信号, 应符合IEEE 802.15.4z标准, 且为保证与UWB感应钥匙功能在相同场景内共存, 并抛弃在地下车库场景下传播性能不佳的8000MHz以上频段, 抛弃CCC联盟和FiRa联盟不推荐的4500MHz以下频段, 符合本文件的UWB定位系统应至少支持4z协议标准中的信道6 (中心频率6988.8MHz, 带宽499.2MHz), 扩展支持信道8 (中心频率7488.0MHz, 带宽499.2MHz)。表C-1为4z协议中对于信道划分的定义表。

表C-1 信道划分定义表

Band group <sup>a</sup> (decimal)	Channel number (decimal)	Center frequency, $f_c$ (MHz)	Band width (MHz)	Mandatory/Optional
0	0	499.2	499.2	Mandatory below 1 GHz
1	1	3494.4	499.2	Optional
	2	3993.6	499.2	Optional
	3	4492.8	499.2	Mandatory in low band
	4	3993.6	1331.2	Optional
2	5	6489.6	499.2	Optional
	6	6988.8	499.2	Optional
	7	6489.6	1081.6	Optional
	8	7488.0	499.2	Optional
	9	7987.2	499.2	Mandatory in high band
	10	8486.4	499.2	Optional
	11	7987.2	1331.2	Optional
	12	8985.6	499.2	Optional
	13	9484.8	499.2	Optional
	14	9984.0	499.2	Optional
	15	9484.8	1354.97	Optional

<sup>a</sup> Note that bands indicate a sequence of adjacent HRP UWB center frequencies: band 0 is the sub-gigahertz channel, band 1 has the low-band HRP UWB channels, and band 2 has the high-band channels.

## C.3 系统组成

根据超宽带 (UWB) 定位系统中, UWB定位终端和UWB定位基站的无线电信号收发差异, 可分为场端计算TDoA UWB定位系统和车端计算TDoA UWB定位系统。

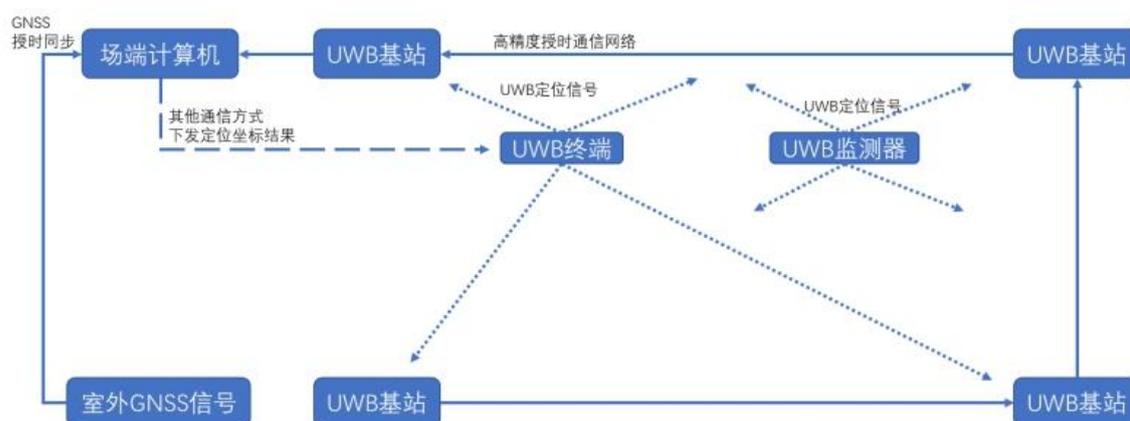
场端计算TDoA UWB定位系统中，车辆所载的UWB终端需要发射具有自身特征的UWB信号，UWB定位基站接收到该信号后，场端计算机根据各基站接收到的信号计算车辆坐标。

车端计算TDoA UWB定位系统中，车辆所载的UWB终端用于接收UWB基站发射的载有定位所需全部信息的UWB无线电信号，车端UWB终端并完成自身坐标的计算，与GNSS卫星定位系统中的车载GNSS接收机角色类似。

以下分别定义两种UWB定位系统的系统组成和各部分技术要求。

### C.3.1 UWB定位系统类型1：场端计算TDoA UWB定位系统

场端计算TDoA UWB定位系统是由安装在停车场的基站网络接收场地内的UWB终端所发射的UWB定位信号，并汇总到场端计算机，由场端计算机统一实现场内所有UWB终端的位置计算，计算结果通过其他车场通信方式下发到车辆。UWB定位系统需采用符合IEEE 802.15.4z协议规范的UWB信号，系统由UWB定位基站（或称UWB基站）、UWB定位终端（或称UWB终端）、UWB监测器、场端计算机、高精度授时通信网共同构成。IEEE 802.15.4z协议的场端计算TDoA UWB定位系统组成和连接关系如图C-1所示。



图C-1 IEEE 802.15.4z协议的场端计算TDoA UWB定位系统概览图

#### a) UWB基站

固定安装于有定位需求的场地内的设备，坐标已知，并且通过高精度授时通信网实现各基站之间的时统，等效的时统精度满足应 $3\sigma < 0.15\text{m}$ 的定位解算要求。系统以“星历”统称定位必备的各项信息，应至少包括基站编号、基站坐标等。具备接收符合4z协议的UWB信号的能力，并且每一台UWB基站在接收到某个UWB定位信号后，会立刻将高精度的接收时刻标记在该UWB定位报文中，通过高精度授时通信网络发往场端计算机。

#### b) 高精度授时通信网

将系统内的UWB基站以星形或者蛇形连接到场端计算机，可以采用以太网、光纤等各种不同的形式，承担将所有的UWB基站进行时间统一，并且承担所有UWB基站和场端计算机的通信要求。其中时统精度应足够支持TDoA解算的定位精度优于 $3\sigma < 0.15\text{m}$ 。通信速率要求支持不低于300台以30Hz定位频率工作的UWB终端同时工作。通信的实时性要求为：距离场端计算机最远或最多跳连接的UWB基站将最新接收的UWB报文发到场端计算机的数据接口的延迟应低于 $\{1/\text{场端最大总体定位计算频率}\}\text{s}$ 。以下给出性能评估算例：假设某场端UWB定位系统能达到每秒计算10000次UWB定位，即可以同时支持333台UWB终端按照

30Hz定位频率发射UWB定位信号，并且在任意一台UWB基站收到某个UWB终端发射的定位报文后的100us内，该UWB报文应到达场端计算机的IO接口设备（IO接口设备是将通用的计算机接口例如以太网接口、USB接口、PCI-E接口等与高精度授时通信网进行数据互通的接口设备），IO接口设备收到UWB报文后通过通用的计算机接口将UWB报文发给CPU和计算软件进行计算，该部分数据传输延迟受限于通用计算机接口设备的性能，建议选用USB 3.1、PCI-E等毫秒级实时性的通用接口。

#### c) UWB终端

装在被定位的车辆上，进入定位场地内即按照4z协议发射UWB定位信号，该信号内应包含UWB终端的唯一ID。UWB终端发射定位信号的频次可由UWB基站的广播信道进行协调控制，也可以随机发射，但随机发射状态下，其发射频次需小于50Hz以尽量避免与附近数十米内其他随机发射UWB定位报文的车辆发生射频无线信号冲突。UWB终端自身不承担坐标计算的功能，场端计算机汇总各台UWB基站收到的UWB终端定位报文后计算出该UWB终端的位置，并通过其他车场实时通信方式将计算结果发给车辆。

#### d) UWB监测器

UWB监测器是监测UWB定位系统服务完好性的重要部件。其组成和UWB终端类似，可以自带电源也可以外部供电。UWB监测器的安装坐标是已知且固定的，定时发射UWB定位信号，供UWB基站接收以及被场端计算机计算其坐标，通过观测UWB监测器的定位结果和其原始安装坐标之间的差异，即可获知参与该UWB监测器的定位计算的若干UWB基站是否功能性能正常。UWB监测器的安装高度应与停车场限高要求相当，不影响车辆通行前提下，并尽可能接近车辆UWB终端天线正常行驶的区域和路线，并保证任何一台UWB基站至少参与1个UWB监测器的位置计算，达到UWB基站100%被UWB监测器实现定位性能监测。

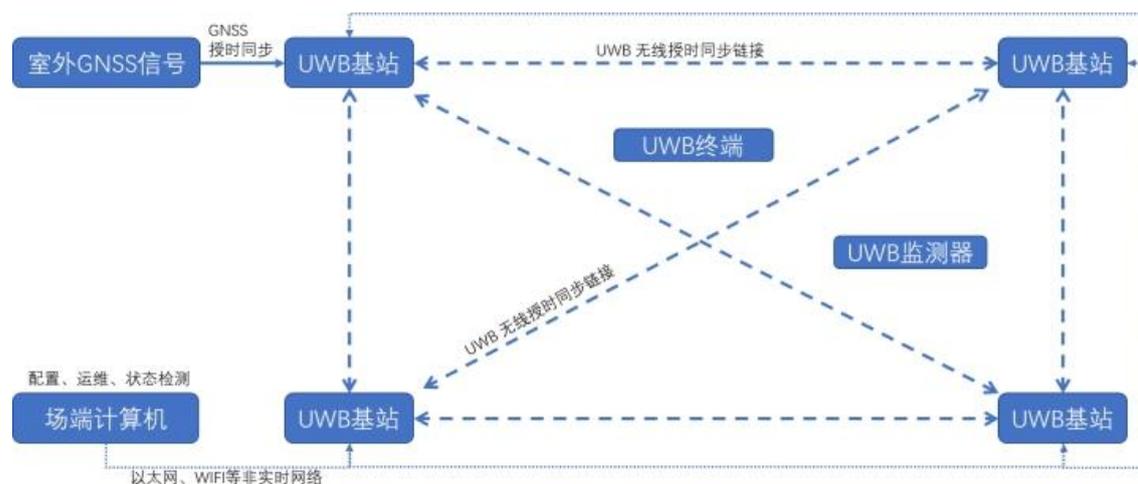
#### e) 场端计算机

场端计算机与室外GNSS信号连接、与UWB基站通过数据接口连接、与车场通信网关相连接。其中车辆位置计算功能要求场端计算机在收到UWB基站网络汇报上来的某个UWB终端发射的定位报文后，立刻记录当前的GNSS标准时间（记录的时间精度至少精确到1ms）作为该次定位的时间戳，10ms内完成坐标计算并加入该次定位的时间戳，经过以太网发往车场通信网关。定位结果应至少包含如下内容：UWB终端ID、定位时间戳、定位结果、定位结果的置信度。定位结果的置信度分级方法参考本文件内的其他定位方式。

### C.3.2 UWB 定位系统类型 2：车端计算 TDoA UWB 定位系统

车端计算TDoA UWB定位系统采用TDOA方式计算UWB终端的位置坐标。场端UWB基站采用时分复用方式依次间隔发送UWB信号实现UWB基站之间的无线授时同步。车端UWB终端侦听UWB基站之间的无线授时同步信号，并根据已知的UWB基站坐标，获得TDoA计算所需的全部信息，进而计算出自身的位置坐标。由于UWB终端安装在被定位车辆上，可通过车身总线获得IMU、轮速计、视觉里程计等各种有利于位置计算的信息，因此车端计算TDoA UWB定位系统的定位计算算法应考虑充分利用上述信息。

UWB定位系统所采用的定位信号采用符合IEEE802.15.4z协议规范的UWB无线信号，系统由UWB定位基站和UWB定位终端构成。



图C-2 IEEE 802.15.4z协议的车端计算TDoA UWB定位系统概览图

## a) UWB基站

固定安装于有定位需求的场地内的设备，坐标已知。UWB基站轮流发送UWB定位信号，并接收其他UWB基站发射的UWB定位信号。UWB基站记录自身发射定位信号的时间信息和/或接收其他定位基站发射的定位信号的时间信息。定位信号内应至少包括UWB定位基站的标识信息、UWB定位基站发射定位信号的时间信息、UWB定位基站接收其他定位信号的时间信息、定位信号间的时间间隔以及UWB定位基站的位置信息中的一种或多种，以“星历”统称上述各项定位必备信息。UWB基站之间通过相互之间收发上述信息，实现等效的UWB无线授时同步链接。UWB终端接收并解析携带上述信息的定位信号，并利用上述信息执行时钟修正和/或位置解算算法。定位精度应满足 $3\sigma < 0.15\text{m}$ 。UWB基站组成网络后，其轮流发射的定位信号应满足UWB终端不低于50Hz的UWB定位刷新率。

多台UWB基站通过以太网或者WiFi等数据通信网络，向场端计算机定期汇报自身状态信息。UWB基站的状态应至少包括：基站识别号、设备唯一识别号（例如生产厂家的生产序列号）、版本（软件、硬件分别记录）、本地序号、同步信息或状态、UWB信号收发统计、告警信息等。

UWB基站应采用GNSS时间，以确保UWB终端每次计算自身坐标的时候记录的定位时间戳时GNSS时间。因此，UWB基站网络内应至少有一个UWB基站能够接入GNSS信号，并发送给其他UWB基站，以PPS信号考核精度应优于 $1\mu\text{s}$ 。

## b) UWB终端

装在被定位的车辆上，进入定位场地内即接收场端UWB定位基站发射的UWB定位信号，如果该终端具有定位权限（付费用户、试用用户等不同的权限管理方式），则该终端可以根据接收到的UWB定位信号采用TDoA算法计算自身的位置坐标。UWB终端每一次完成坐标计算后，根据来自UWB基站的GNSS时间信号，精确的记录该次定位的时间戳，时间戳精度优于 $1\text{ms}$ 。UWB终端数量不受限。

## c) UWB监测器

UWB监测器是监测UWB定位系统服务完好性的重要部件。任何采用UWB定位系统覆盖的停车场，都应在UWB定位服务覆盖范围内布置若干UWB监测器。其组成和UWB终端类似，可以自带电源也可以外部供电。UWB监测器的安装坐标是已知且固定的，时刻接收UWB基站发射的定位信号并计算自己的坐标，通过比对定位结果和其原始安装坐标之间的差异，即可获知参与该UWB监测器的定位计算的若干UWB基站是否功能

性能正常。UWB监测器的安装高度应与停车场限高要求相当，不影响车辆通行前提下，并尽可能接近车辆UWB终端天线正常行驶的区域和路线，并保证任何一台UWB基站至少参与1个UWB监测器的位置计算，达到UWB基站100%被UWB监测器实现定位性能监测。

d) 场端计算机

场端计算机与UWB基站通过以太网连接、与车场通信网关相连接。场端计算机需承担基站网络运维、与其他本地和云服务数据互动这两个主要功能。UWB定位基站网络运维支持场端基站的健康监测、覆盖信号质量分析、异常侵入监测等多种功能，可有效保障大规模部署网络的运行维护工作。

e) UWB组网设备

用于连接UWB定位基站所需的基本网络设备，例如交换机、路由器、WIFI-AP、PON、现场运维服务器等。

### C.4 UWB 系统布设要求

#### C.4.1 场端布设要求

以下对 UWB 定位系统的描述不限定于上述类型 1 或者类型 2,任何类型的 UWB 定位系统均需要满足以下要求。

a) 基站布设要求

对需定位的场景进行基站布设时，各基站间需保持通视。因综合考虑定位目标被遮挡、定位覆盖面积等因素，常采用4个基站为一组形成矩形的方式进行布设。

b) 覆盖范围要求

因需要通视的电磁环境，超宽带定位系统的覆盖范围较易受环境遮挡的影响。UWB基站安装位置应确保定位区域内的车辆所载的UWB天线任何时候都至少与4台UWB定位基站的的天线保证通视且距离满足基站的覆盖范围要求。

对完全通视的环境下（如露天停车场），单个基站的覆盖范围不低于50m。

对遮挡环境下（如地下停车场），单个基站的覆盖范围常受建筑物（柱子等）的遮挡以及周边物体的散射影响，通视条件满足时保证精度的单个基站服务范围应不低于20m，复杂环境区域可适当增加基站密度。

上述覆盖范围要求为考虑系统简洁和成本优化而给出的建议值，本文件不限制UWB定位基站在特定停车场进行定位服务覆盖所需的基站数量，UWB定位系统性能以目标定位区域的实际精度等系统性能达到本文件对UWB定位系统的性能要求为准。

#### C.4.2 车端安装要求

超宽带（UWB）定位车载标签设备的安装方式要求：

a) 前装：

超宽带（UWB）定位终端可以由车辆制造商在车辆生产过程中预先安装在车上的电子系统中。

b) 车外临时安装：

UWB定位终端整体或至少其天线临时安装在车顶，保证UWB天线可具有前后左右全向通视条件，向上视场角不低于 $\pm 80^\circ$ 。可由电池供电，可通过太阳能、车载12V等方式供电。

## c) 车内临时安装:

UWB标签可由电池供电，并可通过太阳能等方式充电以增加续航能力。为了更好的传输性能，单车载标签建议安装在车辆前挡风玻璃内侧，同时应确保不阻碍司机视线的位置。但对于整体安装在车内的UWB定位终端（天线也无法外置）的情况，由于不能确保UWB天线向车身前后左右的全向通视，因此不要达到与前装或者车顶外置天线相同的定位性能（精度、实时性等）。

## d) 多车载标签设备安装:

增加多个车载标签设备并配置于车辆不同特征部位，同时匹配对应的优化UWB算法，有利于提升定位算法精度。此时应平衡考虑设备成本、耗电及充电难易度等因素（在此不做限定）。

## C.5 系统功能与性能要求

UWB定位系统的定位功能与性能至少满足如下要求:

## (1) 横纵向单点定位精度

UWB终端运动速度不大于30km/h时，横向定位误差与纵向定位误差均优于 $3\sigma < 0.15\text{m}$ ；每次定位结果均要求提供可信度标志（建议为节省数据帧长度，可信度可用4bits二进制表示，b1111表示最可信，b0000表示最不可信，共可划分16档，或直接参考GNSS定位系统常用的GNGGA中的分档数据标志）。

## (2) 启动时间

- a) 若UWB终端内尚未存有其所在停车场的“星历”信息，从UWB终端上电到输出第一个UWB定位结果的过程称为冷启动。根据4z协议的通信速率和典型“星历”信息的容量，冷启动时间应低于5s；
- b) 若UWB终端内已经存有其所在停车场的“星历”信息，从UWB终端上电到输出第一个UWB定位结果的过程称为热启动，根据4z协议的通信速率，热启动时间应低于0.2s。

## (3) 航向角精度与收敛速度

- a) 一辆车安装多个UWB终端通过多点差分求航向角的，航向角精度应满足冷启动0.2s内给出稳定的航向角，且航向角精度优于 $3\sigma < 0.5^\circ$ ；
- b) 单点UWB定位+IMU融合计算输出航向角的，冷启动后应满足车辆运行2m内给出稳定的航向角，并且航向角精度优于 $3\sigma < 0.5^\circ$ 。

## (4) 定位频率、容量与时间戳要求

- a) 对于场端计算TDoA UWB定位系统，保证UWB终端发射的UWB定位信号不冲突的被UWB基站接收，并且考虑场端计算机算能负荷限制对单个终端而言，系统应支持单个停车场内不低于300个UWB终端以不低于30Hz的频率轮流定位，并且支持根据UWB终端数量动态调整每个终端的UWB定位信号发射频率。定位时间戳的记录时刻和精度要求参考前述UWB定位基站的功能描述部分；
- b) 对于车端计算TDoA UWB定位系统，UWB定位终端通过接收信号进行解算得出自身位置，类似GNSS定位系统，应能支持不限数量的UWB定位终端同时工作，且每个终端所能获得的UWB原始观测量更新速度不低于30Hz。定位时间戳的记录时刻和精度要求参考前述UWB定位终端的功能描述部分。

## (5) 坐标系建立、配准和转换要求

- a) 使用全站仪、对中杆等基础测绘仪器，建立坐标系，和地图配合，在停车场内均匀分布控制点数量不低于6个，控制点应重点分布在车辆行驶的道路中线上。实现UWB定位系统的坐标系和地图坐标系的严格匹配，达到车辆行驶的道路区域内优于0.05m的坐标系匹配精度。控制点如果在地面，必须打入含有识别码的测绘标识钉，控制点如果在墙、柱等立面，必须粘贴不小于3cm\*3cm测绘专用反光靶标并带有识别码；

- b) 停车场地图同时具有本地相对坐标系和大地经纬度绝对坐标系，则地图制作方向UWB定位系统提供上述控制点的本地坐标系和大地经纬度坐标系两套坐标，且转换精度由地图制作方保证。UWB定位系统在获得两套控制点坐标后，应根据车辆需要输出本地相对坐标系或大地经纬度绝对坐标系两种格式之一的定位结果，精度均应满足要求。

(6) 服务覆盖范围的地图标注

UWB基站设备应明确其可支持的UWB信号收发覆盖范围，UWB定位基站网络竣工时向地图制作方提供其满足定位精度要求 ( $3\sigma < 0.15\text{m}$ ) 的区域覆盖图，作为UWB定位服务的责任区域，该部分区域内应有足够多的UWB监测器对服务于该区域的每一台UWB基站的性能进行监测。UWB定位系统应能在局部或全部服务区域性能下降或失效发生的10s内向自主代客泊车管理系统、地图云等上层平台汇报该故障，更新服务覆盖范围，并在故障恢复后再次汇报UWB定位服务状态并更新服务覆盖范围。

(7) 惯性导航融合性能建议

UWB定位终端可内置惯性传感器IMU，融合车辆的轮速/里程计等信息，在UWB定位服务失效或降级情况下，用于实现高精度航位推算，建议在轮胎仅发生滚动摩擦的高附着力路面上可以维持不低于100m以上位置精度优于 $3\sigma < 0.3\text{m}$ 的性能。

(8) UWB定位结果输出接口必要内容描述

- a) UWB终端ID（全局唯一ID，用于与商用业务逻辑对应）；
- b) 三维空间坐标（本地相对坐标系或大地经纬度坐标系，按需设置，建议参考GNGGA格式）；
- c) 定位时间戳（建议精度10ms以上，建议参考GNGGA格式）；
- d) 可信度（建议参考GNGGA格式）。

C.6 性能评价方法

(1) 静态定位精度

车辆静止状态下定位位置定位误差（RMS模型）和定位精确度。

对于二维定位，测试点真实位置坐标记为 $(x_0, y_0)$ ，系统定位的位置坐标记为 $(x, y)$ ，单点单次定位误差计算方式如下：

$$d = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \dots\dots\dots (C.1)$$

对于三维定位，平面精度和二维定位定义一样，高度方向精度定义为

$$d_v = \sqrt{(z - z_0)^2} \dots\dots\dots (C.2)$$

其中， $z$ 是测量高度坐标， $z_0$ 是参考高度坐标。

定位精确度反应了位置的波动程度，对于二维定位或者三维定位中的水平定位，假设在一个测试点测试 $N$ 次，第 $i$ 次测量位置坐标记为 $(x_i, y_i)$ ， $i = 1, 2, \dots, N$ ，精确度计算如下：

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (x_i - \bar{x})^2 + (y_i - \bar{y})^2} \dots\dots\dots (C.3)$$

其中， $\bar{x}$ ， $\bar{y}$ 代表 $x, y$ 测量值的均值。

(2) 动态定位精度

道路自动驾驶定位精度：通过设置标准直线行驶轨迹的方式，测试定位轨迹距离参考轨迹的偏差，统计最大偏差，平均偏差距离。

泊车入位定位精度：采用0.05m以下精度的超高精度定位方案（如场端视觉定位）作为实际参考轨迹的采集手段，测试车辆泊车入位过程的轨迹点偏差。

## 附录 D

## (资料性)

## 可见光通信定位

## D.1 概念描述

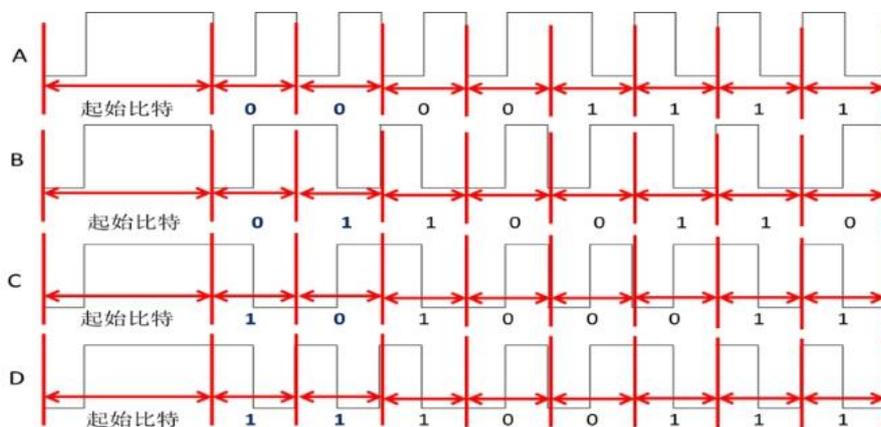
可见光通信定位技术是利用已有室内照明网络，通过算法将信息加载在灯光中，实现在照明的同时传送定位信息的技术。该定位技术利用光接收器实现接收光波加载的信息并进行解析。

## D.2 功能定义

地下停车场内每一个包含可见光通信定位功能的LED照明灯具，在照明的同时都可以作为一个定位基站设备，利用发光二极管发出的肉眼看不到的高速明暗闪烁信号光源作为发射载体传输信息，在其光照范围内发送唯一的光ID信标。当用户进入照明区域，光接收器接收并识别光信标及光图像边界信息，解析出灯波发送的唯一光ID信标及光图像信息，获取其在地图数据库中确定对应位置信息，完成精准定位。

## D.3 编码规则

可见光通信定位技术编码规则：通过调制算法及核心处理器，控制LED照明灯具发出明暗变化的条纹，将LED照明灯具上的光ID信息发送出去。



图D-1 可见光通信定位技术编码规则示意图

LED照明灯具发射端使用OOK调制方式，将信号加载到LED驱动上，使LED照明灯具在正常照明的情况下能够发射出可见光ID信号，光接收器接收光信号并完成信标信息的解调。

## D.4 使用环境

### D.4.1 安装环境

可见光通信定位技术使用环境为室内或地下停车场，即需要照明又需要精准定位的环境。照明环境满足国家及住建委地下停车场照明规范及标准。

### D.4.2 灯具安装

可见光通信定位照明灯具安装高度距地面建议3-5m。LED照明灯具安装密度每隔3-5m安装。

### D.4.3 灯具形态

可见光高精度定位照明灯具形态采用1200X300mm平板灯具。

## D.5 定位精度及延迟

### D.5.1 道路自动驾驶定位精度（相对精度）

- a) 横向定位误差： $\leq 0.3\text{m}$ ;
- b) 纵向定位误差： $\leq 0.3\text{m}$ ;
- c) 高度误差： $\leq 0.4\text{m}$ ;
- d) 偏航角误差： $\leq 5^\circ$ 。

### D.5.2 泊车入位定位精度（相对精度）

- a) 横向定位误差： $\leq 0.1\text{m}$ ;
- b) 纵向定位误差： $\leq 0.1\text{m}$ ;
- c) 高度误差： $\leq 0.15\text{m}$ ;
- d) 偏航角误差： $\leq 3^\circ$ 。

### D.5.3 延迟

- a) 初始定位延迟车辆启动后初始定位成功时延 $< 30\text{s}$ 。
- b) 跟踪定位延迟 $< 200\text{ms}$ 。

## D.6 定位质量评价

由于在室内或地下停车场每一盏LED可见光通信定位照明灯具都具有固定位置且光波在所覆盖光斑内发送唯一光ID信标，不受电磁波，运动物体及环境影响，与其它定位技术融合可视为基准定位坐标。

## 附录 E

## (资料性)

## 激光定位

## E.1 场端激光定位

## E.1.1 功能定义

激光雷达 (Lidar)，是以发射激光束探测目标的位置、速度等特征量的雷达系统。激光雷达在室内和室外场景都可以使用，定位的误差在亚米级。

## E.1.2 性能指标

## E1.2.1 坐标系与地图对应关系

以激光雷达的位置作为参照点，区域内目标物体位置坐标可以在激光雷达坐标系和大地坐标系进行相互转换。

## E1.2.2 输出内容

目标物体的定位信息应包括：

- a) 检测目标ID (全局唯一ID)；
- b) 目标物体三维空间坐标；
- c) 目标物体姿态 (长、宽、高和朝向)；
- d) 速度 (以km/h为单位的浮点数)；
- e) 输出信息时间戳 (以s为单位的浮点数)；
- f) 输出信息置信度 (建议为大于0且小于1的浮点数，1代表完全信任，0代表完全不信任)；

## E1.2.3 输出频率

定位信息输出频率应 $\geq 10\text{Hz}$ 。

## E1.2.4 输出精度

- a) 定位精度 (相对精度)：横向定位误差 $\leq 0.1\text{m}$ ，纵向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ ，高度误差 $\leq 0.5\text{m}$ ，非静止情况下航向角误差 $\leq 5^\circ$ ；
- b) 目标物体识别精度：可视度达到或超过50%的情况下，30m内的目标物体识别率应达到99%；
- c) 速度估计精度：速度估计误差应小于2km/h。

## E.1.3 场端激光雷达传感器性能要求

- a) 点云输出速率 $\geq 10\text{Hz}$ ；
- b) 100m内测距精度不低于 $\pm 0.03\text{m}$ ；
- c) 100m内测距重复性不低于 $\pm 0.03\text{m}$ ；
- d) 近处探测盲区应 $< 0.5\text{m}$ ；
- e) 垂直视场角范围 $\geq 8^\circ$ ；
- f) 水平视场角范围 $\geq 100^\circ$ ；
- g) 工作温度范围为 $-20^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ ；

h) 防水等级至少为IP65。

#### E.1.4 场地设备的安装与建议

- a) 可将多个激光雷达安装于较高位置（通常高于地面2.5m-5m）并带有一定倾斜角，最终使得激光雷达的探测视野大面积覆盖被测场地；
- b) 场侧激光雷达设备应明确供电要求，安装需求，维护需求等任何影响到设备长期使用的指标，符合国家对该类型设备的各项标准要求；
- c) 雷达部署的密度，和雷达本身的视场角（Field of View, FOV）和探测距离有关系，保证场端有至少每20cm<sup>3</sup>有激光点云覆盖；
- d) 激光雷达定位部署规划及部署后，应使用地图标注方式，明确定位服务的覆盖范围，明确标注有效边界，包括盲区、安全死角等信息，并通过测试验证。

#### E.1.5 标定方式

对激光雷达进行标定是为了建立激光雷达坐标系与真实场地环境的坐标系的映射关系。通过测量激光雷达覆盖区域的若干位置点在激光雷达坐标系和大地坐标系下的坐标得出目标在激光雷达坐标系与大地坐标系的转换关系，作为目标位置计算的参数。也可以通过测量激光雷达在大地坐标系下的坐标和激光雷达的外参（俯仰角和滚动角），作为目标位置计算的参数。

不同定位算法，标定方式各有不同，具体标定方式依据定位算法制定。

#### E.1.6 与其它定位技术的融合

不同的定位子系统可根据冗余信息进行误差修正，保证车辆在各种非理想道路环境中持续实现高精定位。具体来说，首先根据车辆绝对位置坐标从高精地图中提取该位置相应的道路特征，与激光雷达点云识别的道路特征做匹配，并实现高精定位。

### E.2 车端激光定位

#### E.2.1 功能定义

车端激光定位是指搭载激光雷达的车辆根据激光雷达探测得到的点云，构建描述周围环境的地图信息，并将所构建地图与当前时刻的点云匹配得到相应坐标系下的自身位姿信息。激光SLAM构建的环境地图主要分为三类：尺度地图、拓扑地图以及语义地图。

#### E.2.2 性能指标

##### E.2.2.1 输出内容

车端定位输出信息应包括：

- a) 三维激光点云地图；
- b) 车体自身以及目标物体三维空间坐标；
- c) 目标物体姿态（大小和朝向）与速度；
- d) 输出信息时间戳；
- e) 输出信息置信度（建议为大于0且小于1的浮点数，1代表完全信任，0代表完全不信任）。

##### E.2.2.2 输出频率

定位信息输出频率应 $\geq 5\text{Hz}$ 。

##### E.2.2.3 定位精度及评估方法

- a) 定位精度（相对精度）：横向定位误差 $\leq 0.1\text{m}$ ，纵向定位误差 $\leq 0.2\text{m}$ ，高度误差 $\leq 0.5\text{m}$ ，非静止情况下航向角误差 $\leq 5^\circ$ ；
- b) 精度评估方法：评价激光 SLAM地图精度时，可以分别与全站仪、钢尺、地面式激光扫描仪进行比较，将标靶球中心的点位误差、特征物体尺寸误差、点云模型的配准误差作为精度指标。

#### E.2.3 车端激光雷达传感器性能要求

- a) 点云输出速率 $\geq 10\text{Hz}$ ；
- b) 100m内测距精度不低于 $\pm 0.03\text{m}$ ；
- c) 100m内测距重复性不低于 $\pm 0.03\text{m}$ ；
- d) 近处探测盲区应 $< 0.5\text{m}$ ；
- e) 垂直视场角范围 $\geq 8^\circ$ ；
- f) 水平视场角范围 $\geq 100^\circ$ ；
- g) 工作温度范围为 $-20^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ ；
- h) 防水等级至少为IP67；

#### E.2.4 设备的安装与建议

- a) 雷达类型建议为固态激光雷达；
- b) 线束数量建议选择16线以上，依据算法要求选择合适的线束数量。

#### E.2.5 与其它定位技术的融合

不同的定位子系统可根据冗余信息进行误差修正，保证车辆在各种非理想道路环境中持续实现高精度定位。可与视觉SLAM结果进行融合，结合GNSS、IMU、里程计等辅助设备，提高所构建的地图精度和定位精度。

## 附录 F

## (资料性)

## 航迹定位

## F.1 功能定义

航迹定位应包含但不限于航迹推算和融合定位两项功能,内部传感器作为车辆航迹定位的主要传感器,核心为轮速计或者编码器,可由IMU、舵转角传感器等作为辅助传感器。

航迹推算指采用某种运动模型,根据内部传感器的原始数据按照时间序列进行位姿解算。推算过程无需外部传感器进行辅助,系统简单可靠且自恰。推算结果可用于融合定位,亦可用于辅助其他定位系统进行初始化或提供约束。

融合定位指由航迹推算的结果,结合其他传感器的定位结果(如RTK定位、视觉定位、激光定位等)进行世界坐标系下的位姿解算,或逻辑地图中的全局位姿解算。内部传感器的信息频率高延时低,可弥补其他具有延迟特性的定位系统的实时响应问题。

## F.2 内部传感器基本要求

## F.2.1 编码器

- a) 数据频率:  $\geq 50\text{Hz}$ ;
- b) 周齿数:  $\geq 48$  (即脉冲数  $\geq 96$ );
- c)  $-1.0\text{m/km} < \text{换算误差} < 1.0\text{m/km}$ 。

## F.2.2 舵转角传感器

- a) 数据频率: 同编码器;
- b) 分辨率:  $0.1^\circ$ ;
- c)  $-2^\circ < \text{精度} < +2^\circ$ 。

## F.2.3 惯性单元

- a) 加速度计
  - 量程:  $\geq 4g$ ;
  - 零偏稳定性(10s平滑):  $\leq 0.1\text{mg}$ ;
  - 全温零偏:  $\leq 3\text{mg}$ 。
- b) 陀螺
  - 量程:  $\geq 200^\circ$ ;
  - 零偏稳定性(10s平滑):  $\leq 13^\circ/\text{h}$ ;
  - 零偏不稳定性( $1\sigma$ ):  $\leq 4^\circ/\text{h}$ ;
  - 全温零偏:  $\leq 0.08^\circ/\text{s}$ 。

## F.3 AVP 场景基本要求

- a) 避免严重打滑场景；
- b) 避免严重不良天气；
- c) 避免极度窄小、蜿蜒、崎岖的道路；
- d) 车辆平均线速度  $\leq 15\text{km/h}$ ；
- e) 车辆转弯平均角速度  $\leq 20^\circ / \text{s}$ 。

## F.4 实施方案

## F.4.1 实施方案 1：编码器融合舵转角传感器进行航迹推算

- a) 优点：无需借助惯性器件、舵角可为编码器提供约束；
- b) 缺点：在方向上做到准确困难、最多3自由度可观。

## F.4.2 实施方案 2：编码器融合 IMU 进行航迹推算

- a) 优点：精确度较单独使用编码器及参考实施方案1高；
- b) 缺点：联合运动模型复杂度较高、编码器同惯性测量单元的时间同步要求高。

## F.4.2 实施方案 3：参考实施方案 2 融合视觉/激光/RTK 等外部传感器

- a) 优点：支持世界坐标系下的位姿解算或逻辑地图中的全局位姿解算，降低了航迹推算的累计误差，降低了定位系统的延时，提高了定位系统的稳定性；
- b) 缺点：依赖于外部传感器定位提供的全局位姿，方案复杂度高。

## F.5 测评方案

- a) 真值来源：RTK；
- b) 评测指标：航迹推算和融合定位均可基于相对位姿误差算法（Relative Pose Error, RPE）和绝对位姿误差算法（Absolute Pose Error, APE），采用均方根误差（Root Mean Square Error, RMSE）来进行误差统计。推荐航迹推算统计RPE，融合定位统计APE。
- c) 评测的基准示例：评估RPE指标时， $\Delta T$  的值为10s；车辆平均车速15km/h，车辆转弯平均角速度0.349rad/s。
- d) 评测的指标见表F-1。

表F-1 航迹定位评测指标

	平均车速	转弯平均角速度	平均行驶距离	误差指标（小于）
实施方案1	4.167m/s	0.349rad/s	1km	RPE(平面2D)：0.5m, 0.0875rad
实施方案2				RPE(3D)：0.3m, 0.01745rad
实施方案3				APE(3D)：0.47m, 0.0875rad