

团 体 标 准

T/ITS 0167—2022

智能驾驶电子地图路测分发机制

Distribution mechanism for intelligent driving electronic map

2022 - 12 - 05 发布

2022 - 12 - 05 实施

中国智能交通产业联盟 发布

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	1
5 应用场景	1
6 系统架构	2
6.1 总体架构	2
6.2 功能要求	3
6.3 数据参考格式	4
6.4 数据模型	4
7 地图分发策略	5
7.1 分发策略	5
7.2 整合策略	5
7.3 分发路径	7
7.4 分发数据	7
7.5 分发能力要求与测试方法	7
附录 A （资料性） 压缩前后数据量要求参考值的详细说明	9
A.1 RSU 电子围栏	9
A.2 地图分发时间	9
A.3 数据更新频率	9
A.4 压缩前数据量参考阈值	9
A.5 压缩后数据量参考阈值	9
附录 B （资料性） 电子地图数据编译信息标识	10
参 考 文 献	11

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：同济大学，北京百度智行科技有限公司，亿咖通（上海）科技有限公司，交通运输部公路科学研究院，上海友道智途科技有限公司，清华大学，上海机动车检测认证技术研究中心有限公司，高通无线通信技术（中国）有限公司，南京国通智能交通科技有限公司，苏州未来智能交通产业研究院，长沙智能驾驶研究院有限公司，华为技术有限公司

本文件主要起草人员：肖骁，胡笳，王平，李俊琦，王淼，胡星，焦伟赞，张云，姚灿，张杰，张显宏，袁泉，王立琦，张健，程周，王观，栗琦，徐佳磊，钱公斌，季心怡，殷悦，瞿仕波，李洋，谷金阳。

中国智能交通产业联盟

智能驾驶电子地图路侧分发机制

1 范围

本文件描述了智能驾驶电子地图的应用场景与系统架构，提供了电子地图的路侧分发策略。本文件适用于基于车路协同的智能驾驶电子地图路侧分发系统。

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。

T/ITS 0063—2017 智能汽车电子地图数据模型与交换格式 第1部分：高速公路
T/ITS 0085—2018 智能驾驶电子地图数据模型与交换格式 第2部分：普通公路

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 缩略语

以下缩略语适用于本文件：

ACK：确认（Acknowledgement）
AD：自动驾驶（Automated Driving）
AID：应用标识（Application ID）
CRC：循环冗余校验（Cyclic Redundancy Check）
GPU：图形处理单元（Graphic Processing Unit）
MSG：消息（Message）
OBU：车载单元（On-Board Unit）
OD：起讫点（Origin-Destination）
ODD：设计运行区域（Operational Design Domain）
REQ：请求（Request）
RSU：路侧单元（Road-Side Unit）

5 应用场景

智能驾驶电子地图蕴含丰富信息，包括道路类型、车道类型等道路信息，路边基础设施、交通标志等环境对象信息，以及交通流量、红绿灯状态等实时动态信息。不同地图信息的应用场景和实时要求不同，根据信息的更新频率，智能驾驶电子地图可分为静态地图、准静态地图、准动态地图和动态地图。

智能驾驶电子地图服务于自动驾驶场景，在自动驾驶车的感知、定位、决策、规划等模块起到重要作用，实现地理围栏、路径规划、弯道提醒、绿色驾驶、自主泊车等多个场景的应用。

- 地理围栏：根据地图对应的范围，定义开启自动驾驶功能模式的区域；
- 路径规划：由OD点确定的全局路径规划和地图进行匹配参考，实现车道级的路径规划；
- 弯道控制：地图提供大曲率弯道场景时，当车辆进入为保证平稳过弯，可进行纵向速度控制；
- 绿色驾驶：结合地图提供的坡度信息，选择合适的速度、档位控制，达到节能减排的目的；

- e) 自主泊车：基于地图定位信息与传感器信息，确定合适停车位并规划合理路径，实现泊车的自主化。

图1为本标准所规定的智能驾驶电子地图分发情形示意图，适用于不同的自动驾驶应用场景。云平台通过有线或无线连接将对应区域内智能驾驶电子地图分发到路侧，从而实现云端一边端的地图分发。下发到GPU服务器中的地图传送到RSU。当装载OBU的自动驾驶车辆进入路侧电子围栏并发出下载地图请求后，RSU通过通信网络将智能驾驶电子地图下发至车辆，实现边端一车端的地图分发。

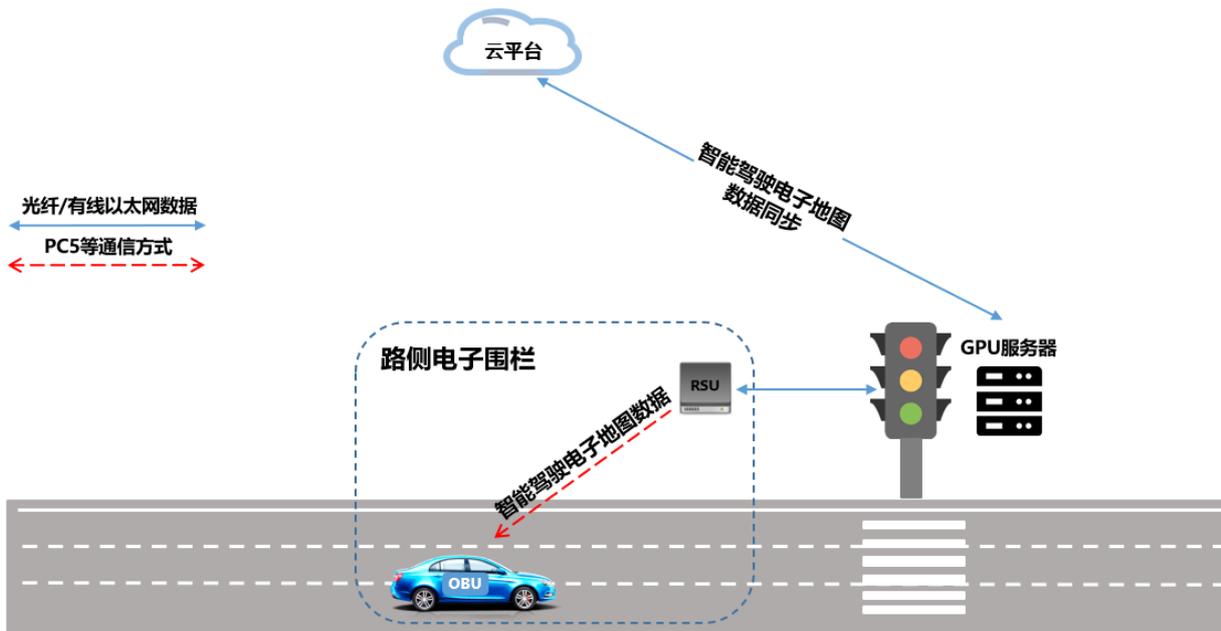


图1 智能驾驶电子地图分发示意图

6 系统架构

6.1 总体架构

本标准描述的地图分发系统由云端、边端、车路终端构成。利用边缘GPU设备，使得云端的计算负荷整合到边缘层，在边缘计算节点完成绝大部分的计算，并通过RSU将智能驾驶电子地图发送给装载OBU的车辆。

图2描述各模块之间的数据传输关系，智能驾驶电子地图通过云平台—云端一边端—路侧—车端的路径实时分发到车端。

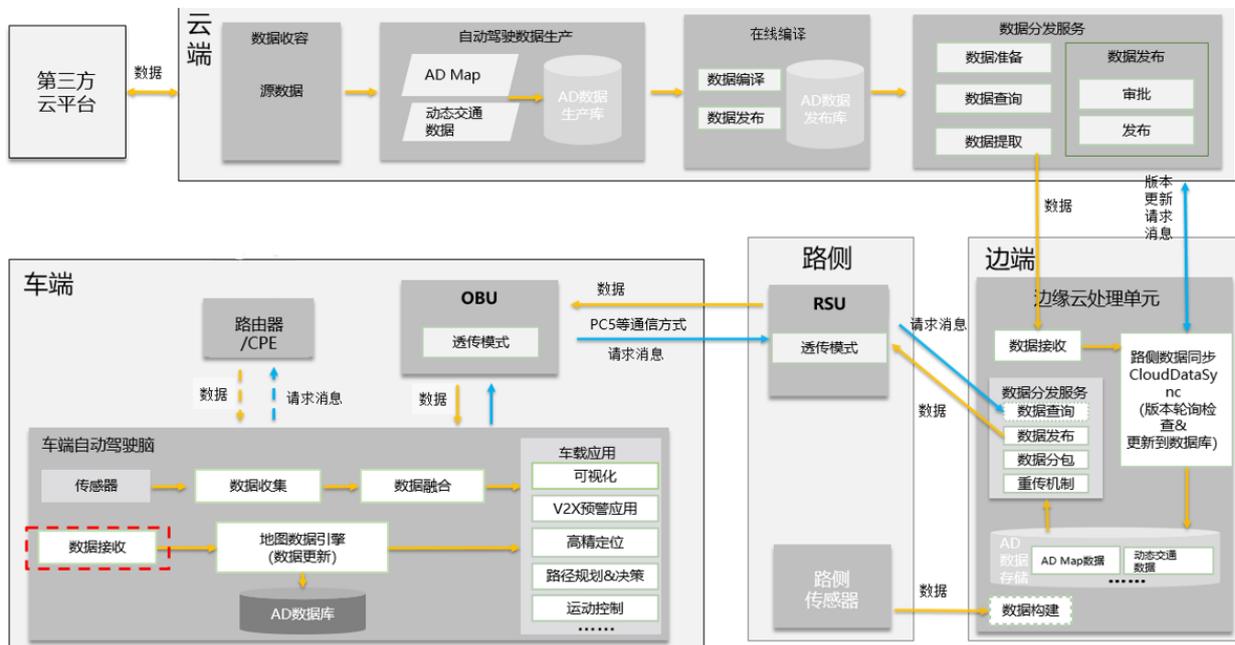


图2 地图分发系统总体架构

6.1.1 云端

第三方云平台将数据传递到云端。云端进行数据收容、数据导入、在线编译、合规性处理、数据分发等处理步骤。

- 数据收容：云端对接收到的源数据进行收容处理，得到智能驾驶电子地图数据；
- 数据导入：将智能驾驶电子地图数据导入数据生产库；
- 在线编译：对数据生产库中的自动驾驶数据进行数据编译和数据分布后导入自动驾驶发布库；
- 数据合规：对自动驾驶数据发布库中的数据进行合规性处理；
- 数据分发服务：包括数据准备、数据查询、数据提取等过程。

云端的数据经上述处理过程后，将智能驾驶电子地图数据由云端下发到边端。

6.1.2 边端

边端在边缘云处理单元中对云端传递的数据进行再处理，主要包括以下几个过程：

- 数据接收；
- 路侧数据同步：包括版本检查以及数据库的更新；
- 数据存储：完成数据同步后的智能驾驶电子地图存储到自动驾驶数据库；
- 数据分发服务：包括数据查询、数据发布、数据分包和重传。

边端完成上述过程后，将数据下发到路侧RSU，再由RSU将数据分发到车端OBU。

6.1.3 车端

自动驾驶车辆装载的OBU将接收到的RSU数据传递给车端自动驾驶脑，对地图数据进行更新。结合车载传感器对周围环境进行感知和定位的数据，实现V2X预警、路径规划与决策、运动控制等车载应用。

6.2 功能要求

表1列出了云端—边端—车端场景下，自动驾驶车辆的行驶范围和行车路径、数据更新类型、时间、频率、策略、数据量等要求。

表1 自动驾驶车辆的分发需求

字段内容	说明
运营场景	途经车路协同路线的自动驾驶车辆
行驶范围	固定行驶区域(ODD)，部分线路路侧存在RSU单元
行车路径	ODD区域内固定线路/非固定线路
数据更新类型	智能驾驶电子地图数据
数据更新时间	1) 途径RSU动态完成 2) 非运营时段，出车前/充电时完成 3) 行驶时完成
数据更新策略	云端—边端：地图变化即更新 边端—车端：基于实测结果确定分包推荐组合（包含分包的大小和频率），具体可参考7.5节
对数据量要求	要求数据量小，针对数据是否压缩，分别确定参考阈值，具体参考附录A

6.3 数据参考格式

智能驾驶电子地图数据格式在国际通用的规范和数据组织方式的基础上，可根据本标准适用的车路协同自动驾驶业务需求，在地图元素形状的表述、元素类型、元素之间相互关系的描述以及配合自动驾驶算法等方面进行了完善和拓展，兼顾自动驾驶的应用需求。

6.4 数据模型

6.4.1 道路

- a) 道路模型：数据模型、属性、几何表达、关联结构、表结构见T/ITS 0063—2017的4.1；
- b) 车道模型：数据模型、属性、几何表达、关联结构、表结构见T/ITS 0063—2017的4.2；
- c) 普通路口模型：数据模型、属性、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0085—2018的4.3；
- d) 复杂路口模型：数据模型、属性、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0085—2018的4.4；
- e) 环岛模型：数据模型、属性、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0085—2018的4.5；
- f) 主辅路出入口模型：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0085—2018的4.6；
- g) 掉头口模型：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0085—2018的4.7；
- h) 特殊车道模型：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0085—2018的4.8；
- i) 无车道区域模型：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0085—2018的4.9。

6.4.2 对象

智能驾驶电子地图中对象类型包括交通标牌、路侧设施、道路交通标线、交通灯等。

- a) 交通标牌：数据模型、几何表达、关联结构、表结构见T/ITS 0063—2017的5.1；
- b) 路侧设施：数据模型、几何表达、关联结构、表结构见T/ITS 0063—2017的5.2；
- c) 道路交通标线：数据模型、几何表达、关联结构、表结构见T/ITS 0063—2017的5.3；
- d) 交通灯：数据模型、属性、关联关系、表结构见T/ITS 0085—2018的5.4；
- e) 减速带：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.5；
- f) 收费站：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.6；
- g) 检查站：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.7；
- h) 桥：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.8；
- i) 路侧建筑物：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.9；
- j) 杆状物：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.10；
- k) 龙门架：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.11；
- l) 隧道：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.12；
- m) 人行横道：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见T/ITS 0063—2017的5.13；

- n) 停止线：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见 T/ITS 0063—2017 的5.14；
- o) 紧急电话亭：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见 T/ITS 0063—2017 的5.15；
- p) 公交车站：数据模型、属性、类型、表结构见 T/ITS 0085—2018的5.16；
- q) 停车场：数据模型、属性、几何表达、类型、表结构见 T/ITS 0085—2018的5.17；
- r) 路边停车位：数据模型、几何表达、关联关系、表结构见 T/ITS 0063—2017 的5.17；
- s) 安全岛：数据模型、属性、几何表达、类型、表结构见 T/ITS 0085—2018的5.19；

7 地图分发策略

7.1 分发策略

7.1.1 全量分发

全量分发是通过4G/5G网络对车辆进行全量地图更新。由于全量分发需替换全幅地图数据，故相对于增量分发方式，全量分发处理的数据量大，成本较高。但全量数据的后续更新只需覆盖式整体替换即可实现，因此其数据结构、数据存储以及数据质量控制比较简单。

7.1.2 沿途分发

本标准采用路侧沿途下发的方案，路侧单元提前下发前方路口的下一个路口对应的图幅，确保数据的连续性。图3是沿途路侧分发方案的示意图，汽车行驶路线为P1-P2-P3-P4-P5，方形子块代表1个图幅，圆形区域表示RSU电子围栏，故1个图幅内包含多个RSU。后续沿途RSU作地图版本检查，异常情况发生或版本更新时负责下发地图。

沿途路侧地图分发的具体流程为：

- a) 获取地图图幅ID：根据OD位置确定自动驾驶车辆的行驶路径，明确需要获取的智能驾驶电子地图的图幅ID。当由于D点位置发生变化等原因导致规划路径发生改变时，图幅ID将随之更新；
- b) 地图分发至RSU：路侧设备RSU存储一定范围内智能驾驶电子地图。地图沿云平台—边缘端—RSU的路径下发并储存在RSU中；
- c) 车辆数据接收：当自动驾驶车辆进入RSU电子围栏范围后，向路侧RSU发出数据请求，接收需要的地图图幅ID的数据。走到下一个范围时，与前一范围内的图幅数据进行对比，判断是否需要删除历史的图幅数据，因此车辆只保持少量的图幅数据。

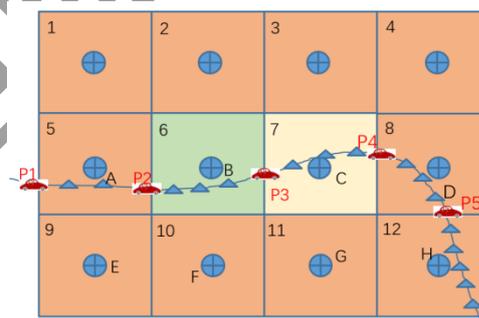


图3 沿途路侧分发方案

7.2 整合策略

7.2.1 通信协议

实现RSU和OBU的通信，需要使用两个AID：AID1和AID2。RSU在AID1上按照一定的频率广播自己拥有的电子地图的图幅ID和版本号。OBU在AID1上接收该广播的消息，并且对比自己设备上电子地图的图幅ID和版本号，当存在更新的版本时，在AID2下载最新的电子地图。

7.2.2 数据编译

数据编译的各标识对应的含义如附录表B所示。

7.2.3 分包及重传机制

本标准在实际测试过程中采用PC5（但本标准不限于PC5）的传输方式，智能驾驶电子地图分发及重传机制的具体步骤如下：

- a) Client端/OBU端：请求下载特定TileID的地图；

Command: REQ	TileID
--------------	--------

- b) Server端/RSU端：接收到a)的REQ后，发送对应申请的TileID的电子地图的基本信息，包括文件大小、分包总数。超时k秒未收到ACK_FILEMSG，重发，最多2次，后退出；

Command: FILEMSG	FileSize	Packetnum	fileCRC
------------------	----------	-----------	---------

- c) Client端/OBU端：接收到FILEMSG后，新建一个空文件用于接收，同时根据分包总数创建一个丢包序列，对丢包的编号进行确认，返回ACK_FILEMSG。

Command: ACK_FILEMSG	FileSize	Packetnum	fileCRC
----------------------	----------	-----------	---------

Command: FILEEND

- d) Server端/RSU端：接收到c)的ACK_FILEMSG后，将文件所有分片包一次性发送。当发送完毕时，发送FILEEND数据包；

Command: DATA	PacketID	FilePos	PacketLen	CRC	Data
---------------	----------	---------	-----------	-----	------

Command: FILEEND

- e) Client端/OBU端：每收到一个验证通过的DATA包，在维护的丢包序列里面去除该PacketID，并将该包写入文件对应的FilePos位置里。当收到FILEEND包，检查丢包队列，若无丢包，则发送ACK_END，结束通信或发送新的REQ；

Command: ACK_END

若有丢包，则发送ACK_RESEND包，请求对应PacketID重传。超时未收到RESEND包，则重传，至多重传2次。

Command: ACK_RESEND	PacketID	FilePos	PacketLen	CRC
---------------------	----------	---------	-----------	-----

- f) Server端/RSU端：超时未收到ACK_END或ACK_RESEND消息，则重传FILEEND包，至多两次。当收到ACK_END的时候，等待REQ或REQ_DOWNLOAD。当收到ACK_RESEND时，发送对应的包：

Command: RESEND	PacketID	FilePos	PacketLen	CRC	Data
-----------------	----------	---------	-----------	-----	------

- g) Client端/OBU端：每收到一个RESEND包，在维护的丢包序列里面去除该PacketID，并将该包写入文件对应的FilePos位置里。检查丢包队列，若有丢包，请求重传ACK_RESEND包；若无丢包，则发送ACK_END，结束通信；

- h) Server端/RSU端：接收到ACK_END，回到等待1.REQ的过程。

用流程图表示上述步骤，如图4所示：

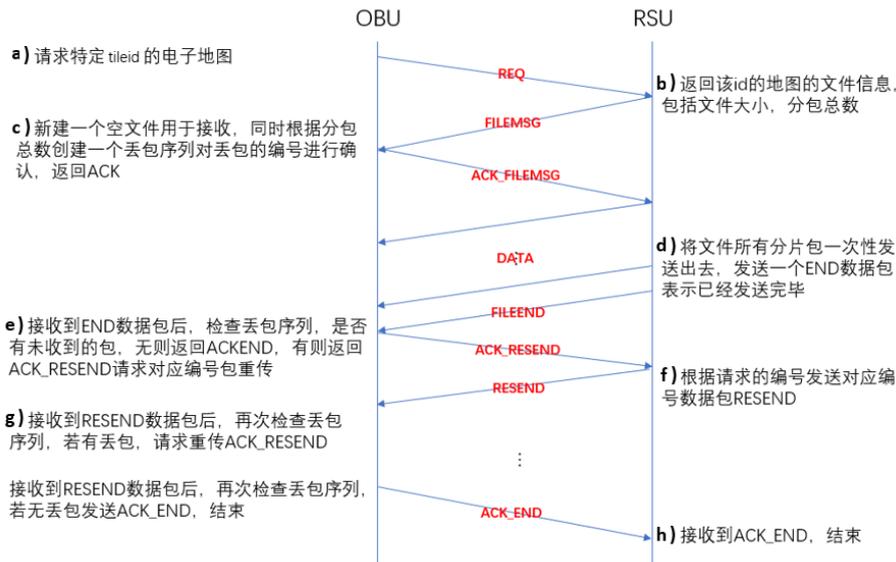


图4 数据下发分包及重传流程图

7.2.4 优化策略

为有效地提高分包及重传效率，实际测试中采取了如下优化措施：

- a) 拆包时，单包数据传输前增加checksum。传输完成后先校验，当校验成功再解压缩；
- b) 设置OBU端接收超时的消息timeout；
- c) 针对OBU接收回复增加超时或者异常的情况，增加设置对应的异常回复消息类型；
- d) 增加最大重发次数设置；
- e) 每包数据大小、发送间隔时间等参数都从同一个配置文件里读取；
- f) 增加压力测试脚本，脚本中动态修改配置文件中的数据包大小和间隔时间等参数，根据不同参数组合的下发数据成功率，找到最合理的参数配置；
- g) 增加地图版本查询字段。

7.3 分发路径

本节定义说明数据稳定支持分发的路径，包括分发对象、通讯方式、分发场景、数据配置要求等。

智能驾驶电子地图分发路径包括云端-边端和边端-车端，整个下发流程为云平台—边端服务器—RSU—车端。分发路径的数据端和数据传输方式如表2。

表2 应用场景数据流

数据流向		数据流传输方式
数据流出端	数据流入端	
云端：云平台	边端：GPU 服务器	有线/无线连接
边端：GPU 服务器	路端：RSU	以太网
路端：RSU	车端：OBU	PC5 等通信方式

7.4 分发数据

本标准支持分发的数据类型为智能驾驶电子地图数据，采用国际通用的数据组织方式和规范，根据本标准所针对的自动驾驶业务需求拓展修改而成。源文件经裁剪优化后数据量进一步降低。

7.5 分发能力要求与测试方法

7.5.1 基础能力测试

在LTE-V2X网络环境下，将两台设备分别作为Client端和Server端，考虑多种发包频率和发包大小的测试组合，设计不同距离的基础能力测试，确定分发数据速度上限，以保证分包的高成功率。测试结果表明存在分发数据速度上限，当超过该上限值时，丢包明显且需要重传，而当小于该限值时丢包率几乎为0。此外，设备丢包率还受到距离、障碍物遮挡、信道忙率等多种因素影响。

7.5.2 压力测试

在LTE-V2X网络环境下，将两台设备分别作为Client端和Server端，在7.5.1的基础上，进一步细分发包大小和发送频率等级，设计针对不同距离的压力测试，记录不同的距离、发包大小、发包频率下，文件下载完成的时间和丢包重传次数。结果表明，不同大小的包均有其最佳发包频率，使下载时间最短，丢包重传次数少。表3列出了在考虑距离和遮挡条件下，推荐的发包大小和频率组合。而在障碍物遮挡、环境复杂、距离较远的情况下，可在推荐组合的基础上，略微下调各个发包频率，从而保证更加有效的传输。表4列出了特定距离下表现较好的组合，可供参考。

表3 特定条件下的发包大小和频率组合推荐

远 (200m 以上或遮挡较多)	近 (150m 内遮挡较少)	5.6MB 文件传递完成大致时间
8000*30Hz	8000*40Hz	26~39s
7000*30Hz	7000*40Hz	29-35s
6000*30Hz	6000*40Hz	26-40s
5000*40Hz	5000*50Hz	25-45s
4000*40Hz	4000*50Hz	31-38s
3000*70Hz	3000*80Hz	26-35s
2000*110Hz	2000*110Hz	28-30s

表4 特定距离下的发包大小和频率组合推荐

距离	发包大小和频率组合	5.6MB 文件传递完成大致时间
10m	5000*80Hz	16s
10m	5000*90Hz	17s
150m	8000*30Hz	26s
300m	3000*80Hz	28s

7.5.3 压缩前后对比测试

在LTE-V2X网络环境下，将两台设备分别作为Client端和Server端，为对比地图文件压缩前后的效果，针对不同距离、发包大小、发包频率，服务端分别发送未压缩的原地图文件和压缩后文件，设计压缩前后对比测试。记录不同距离、发包大小、发包频率下，文件下载完成时间和丢包重传次数。测试结果表明，服务端发送压缩文件至客户端接收并解压耗时更短，地图分发能力更高。

7.5.4 OBU 测试

在LTE-V2X网络环境下，为验证常见的OBU设备是否满足地图分发的要求，选用多种不同型号的OBU设备进行测试。测试结果表明，尽管不同OBU设备的能力有所差异，但均能满足本标准的智能驾驶电子地图的分发需求。

附录 A
(资料性)
压缩前后数据量要求参考值的详细说明

A.1 RSU 电子围栏

RSU电子围栏的覆盖范围与多种因素相关。考虑单个RSU电子围栏，以一定半径构成的圆作为覆盖范围进行描述。如图A.1所示，设电子围栏半径为300m，以 $r=200m$ 为分界线，将整个圆形区域分成两部分（其中 r 为点到RSU所处位置的距离）：

① $200m \leq r \leq 300m$ ：车辆行驶在该区域内，RSU需完成地图的分发同时车端完成地图的下载。如图A.1中的P1—P2阶段。

② $0 \leq r \leq 200m$ ：车辆在该区域内行驶时，RSU需及时完成国标消息集发送的整个过程。

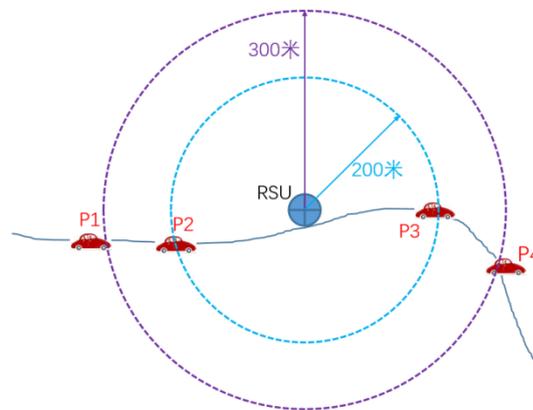


图 A.1 RSU 电子围栏示意图

A.2 地图分发时间

车辆行驶速度在 $0 \sim 60\text{km/h}$ 之间，即 $0 \sim 16.7\text{m/s}$ ，那么车辆在P1—P2范围内行驶的最短时间 t_{min} 为：

$$t_{min} = \frac{100}{16.7} = 6\text{s}$$

因此地图分发所需时间应不多于6s。

A.3 数据更新频率

本标准实测时选择的数据更新频率范围是 $10\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$ ，故选择中间频率 50Hz 作为计算值。

A.4 压缩前数据量参考阈值

数据下载速度为 400Kb/s （即 $8\text{Kb} \times 50\text{Hz}$ ），地图未压缩所对应的下载时间为6s，故最大下载数据量为

$$\frac{400\text{Kb/s}}{1024} \times 6\text{s} = 2.35\text{Mb}$$

因此，压缩前的地图数据量参考阈值为 2.35Mb ，可被用于判定是否需要进行地图分包。

A.5 压缩后数据量参考阈值

实测压缩时间 0.9s ，解压缩时间 0.24s ，则最大下载时间为

$$6\text{s} - 0.9\text{s} - 0.24\text{s} = 4.86\text{s}$$

此时，最大下载数据量为

$$\frac{400\text{Kb/s}}{1024} \times 4.86\text{s} = 1.90\text{Mb}$$

因此，压缩后的地图数据量参考阈值为 1.90Mb 。

附录 B
(资料性)
电子地图数据编译信息标识

表B.1给出了电子地图进行数据编译时的信息标识。

表 B.1 信息标识

名称	含义	取值	备注
Command	消息类型	int 枚举	必选。包含 DATA, ACK 等
TileID	地图块标识	int	
FileSize	传输文件大小	int	
Packetnum	总数据包个数	Int	
fileCRC	文件的 CRC 校验	Unsigned int	
PacketID	当前文件分片标识	int	
FilePos	当前数据块的文件位置	Int	
PacketLen	数据部分长度	Int	
CRC	校验部分	Int	
Data	数据部分	字符串	

参 考 文 献

- [1] GB/T 2312 信息交换用汉字编码字符集 基本集
- [2] T/ITS 0063—2017 智能汽车电子地图数据模型与交换格式 第1部分：高速公路
- [3] T/ITS 0085—2018 智能驾驶电子地图数据模型与交换格式 第2部分：普通公路
- [4] T/CSAE 185—2021 智能网联汽车自动驾驶地图采集要素模型与交换格式
- [5] 中国智能网联汽车产业创新联盟自动驾驶地图与定位工作组. 智能网联汽车高精地图白皮书 [R/OL]. (2021-5-29)

中国智能网联汽车产业创新联盟

中国智能交通产业联盟

T/ITS 0167-2022

中国智能交通产业联盟
标准
智能驾驶电子地图路侧分发机制
T/ITS 0167-2022

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.c>

2022 年 12 月第一版 2022 年 12 月第一次印刷