

# 基于 5G 边云协同的高精地图采集与应用研究 \*

段惠斌, 丁 鹏, 时晓厚, 沈 云, 薛裕颖

(中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209)

**摘要:** 对自动驾驶所需的高精地图采集生产现状进行了介绍, 并提出了当前面临一些问题与需求。重点阐述了一种基于 5G 边云协同的多元化地图采集更新方案及相关技术, 希望对未来高精地图系统建设运营提供一些参考。

**关键词:** 高精地图; 边缘计算; 5G; AI; 边云协同

中图分类号: TN919.5; U495; TP39

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.201071

中文引用格式: 段惠斌, 丁鹏, 时晓厚, 等. 基于 5G 边云协同的高精地图采集与应用研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(12): 32-35.

英文引用格式: Duan Huibin, Ding Peng, Shi Xiaohou, et al. Research on high definition map collection and application based on 5G edge-cloud collaboration[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(12): 32-35.

## Research on high definition map collection and application based on 5G edge-cloud collaboration

Duan Huibin, Ding Peng, Shi Xiaohou, Shen Yun, Xue Yuying

(Beijing Research Institute of China Telecom Corporation Limited, Beijing 102209, China)

**Abstract:** This paper introduces the status of high-precision map production, and puts forward some problems and demands. It is very important for automatic driving. This paper focuses on a diversified map collection and update solution and related technologies based on 5G edge cloud collaboration. It would provide some reference for the construction and operation of high-precision map system in the future.

**Key words:** high definition map; edge computing; 5G; AI; edge-cloud collaboration

### 0 引言

高精地图是无人驾驶核心技术之一, 精准的地图对无人车定位、导航、控制以及安全非常重要。当前高精地图数据采集主要靠采集车完成, 成本高昂, 且采集只是第一步, 后续更新维护同样重要。更新维护需要持续投入, 如果能够结合 5G、AI、边缘计算等相关技术, 充分利用智能道路设备并与部分浮动车及商业车辆合作加入地图数据的采集更新, 预计将大大降低成本, 会进一步推动自动驾驶的发展。本文主要探讨一种基于边云协同实现的多元化高精地图数据采集与应用的相关技术及方案。

### 1 高精地图采集及应用现状

#### 1.1 高精地图采集生产现状

高精度电子地图的主要服务对象是车, 它与传统服务于人的地图有很大不同。传统电子地图主要靠卫星图片产生, 然后由 GPS 定位, 这种方法可以达到米级精度<sup>[1]</sup>。高精地图需要达到厘米级精度, 且需包含大量行

车辅助信息, 仅靠卫星与 GPS 是不够的, 其采集生产涉及摄像头、雷达、陀螺仪(IMU)等多种传感器, 产生的数据量庞大, 通常会使用数据采集车进行采集<sup>[2]</sup>。采集车一般会搭载各种传感器及负责设备控制、采集数据预处理的电脑系统, 单车设备成本一般在百万人民币以上。采集到的数据只是作为基础生产高精度地图, 随着道路信息的不断变化还需要持续更新地图, 未来随着自动驾驶的推进, 地图大范围实时更新的要求会越来越高, 将需要海量的地图采集设备来支撑高精地图的大规模快速更新。在这种情况下, 只依靠专用地图采集车进行地图生产, 一方面成本高昂且大多情况下是在做地图更新, 对设备资源造成了浪费; 另一方面, 由于采集车运行覆盖的原因对各区域内的地图更新可能会不及时, 从而影响自动驾驶车的运行。因此亟需一种轻量级的地图采集更新模式与系统来支撑自动驾驶业务的运行。

#### 1.2 高精地图应用面临的问题及需求

自动驾驶所需高精地图应用将长期面临如下两个问题:

(1) 地图构成精准复杂, 数据量大。高精地图需要对

\* 基金项目: 国家科技重大专项课题(2017ZX03001015)

路网进行精确的三维表征,包括路面的几何结构、道路标识线的位置、周边道路环境模型等,此外还包含丰富的语义信息,如交通信号灯的位置及类型、道路标示线的类型、识别哪些路面可以行驶等。高精地图信息是通过采集车上多个设备采集数据融合计算后产生,据业内统计,数据量一般在一公里1 GB左右,这些给地图的终端存储带来了很大的不便。

(2)覆盖区域广,地图更新实时性要求高。对于大范围内进行自动驾驶的车辆,一方面要求不停车进行高精地图的高频率实时下载更新,对移动网络、地图应用、车载系统都提出了挑战;另一方面,如果道路情况发生变化,那么快速发现、快速构建高精地图,更新地图库便成为一个新的挑战。路网每天都有变化,如整修、道路标识线磨损及重漆、交通标示改变等,这些变化需要及时反映在高精地图上以确保无人车行驶安全。传统方式一般是发现道路变化后,去进行专业的地图采集、处理和补充地图数据,做成图后再为用户端发送更新。这种周期较长,无法随道路变化而快速做出反应。除了后端生产高精地图有一定周期外,无法进行大规模的实时道路数据采集发现也是一个大的问题。因此,本文提出了利用智能道路设备、部分浮动及商业运营车辆自带视频、

雷达等传感器来采集道路信息并进行AI处理,作为地图更新数据的众包模式。

综上,未来支撑高精地图应用的需求总结如下:

(1)高速率、低时延、安全可靠的移动网络,来满足地图实时下载更新以及地图采集数据实时上传的需求;

(2)地图的云边协同存储模式,支撑海量地图数据的更新与处理;

(3)对于大量非专业地图采集处理设备的AI赋能及轻量级管理需求;

(4)高效的AI制图能力,对图像精准识别、SLAM技术应用、道路场景语义三维重建、多传感信息融合处理都提出了较高的技术需求。

## 2 基于5G边云协同的轻量级地图采集与应用方案

### 2.1 方案架构

随着5G网络、云边计算节点的大规模建设与覆盖,以及AI技术的不断成熟,本文提出一种基于端边云协同的利用多类型设备进行高精地图采集与应用的方案以供参考,如图1所示。该方案由端、边、云三部分组成,借助5G、光纤等高速网络完成地图数据的急速上传与分发。其中,端侧设备也可以当作一种边缘设备,因此该方案简称为边云协同高精地图采集与应用方案。

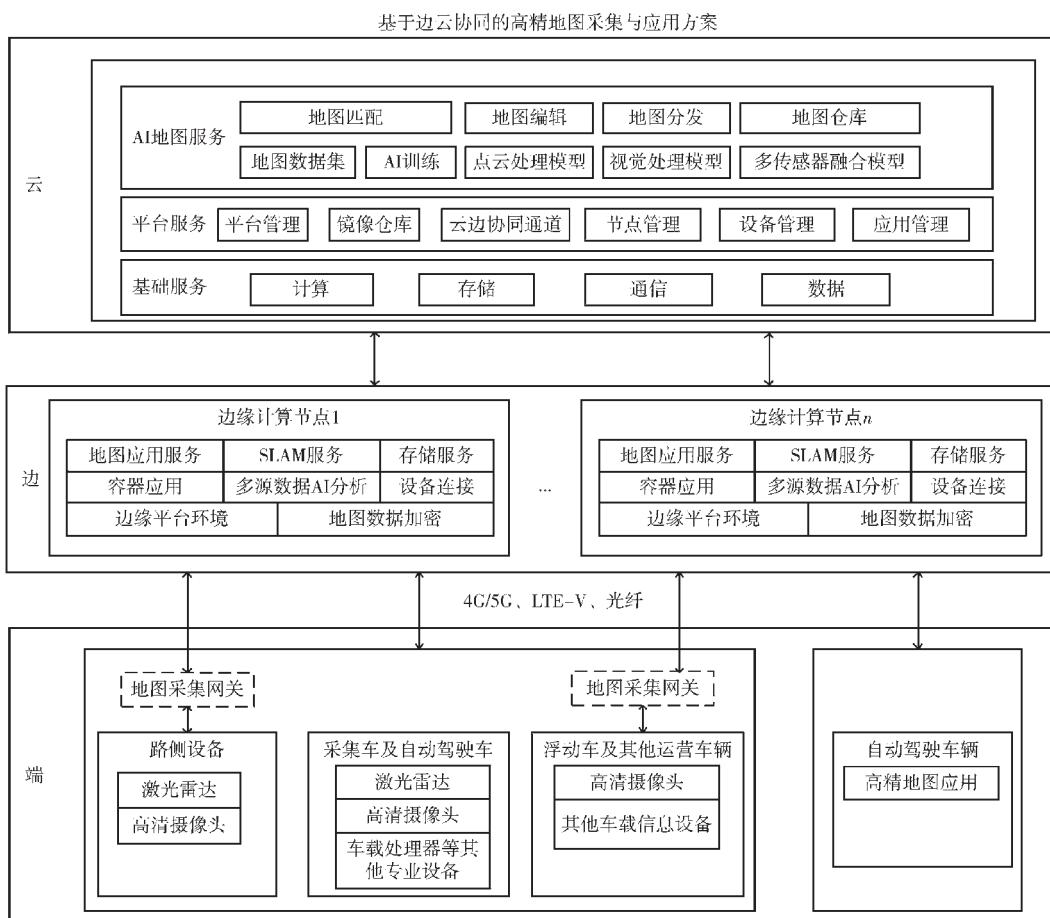


图1 边云协同地图采集应用架构

### 2.1.1 端侧采集与应用

方案中,端侧设备包括地图采集端与车载应用端。地图采集端主要包括智能路侧设备(激光雷达、高清摄像头)、专用采集车、部分浮动车及商业运营车辆。通过对路侧设备接入地图采集网关,内置道路变化更新识别程序,通过对新旧路侧数据的比对,完成设备采集范围内道路环境变化的识别。当道路标线、路牌等元素有变化时,及时将变化后的图像及数据上传到边缘计算节点进行后续地图刷新及应用。

对于地图采集车及自动驾驶车辆,本身具备或部分具备地图采集处理功能,通过车载电脑将GPS、点云、图像等数据进行自动识别和融合,提取道路交通元素来完成地图的自动化采集与上传。当自动驾驶车传感器检测到现实环境信息与高精度地图不匹配时也会将采集到的信息上传给边缘计算节点,由边缘节点更新补充高精度地图。车载电脑可安装设备管理与应用容器引擎,接收云端或边缘的管理、信息下发、应用更新,亦可进行信息上传等,例如:有无人车发现路网变化,通过与云端通信,可以把路网更新信息告诉其他无人车,或者快速完成地图的更新。

对于浮动车及运营车辆,通过前装或后装5G地图采集网关或通过在原车载智能设备中植入地图采集应用容器,利用车载摄像头,经过必要的图像AI解析处理、过滤,结合图像定位数据及车辆GPS/北斗定位数据,将融合后的数据回传到边缘节点,进行后续分析与应用,5G上行速率可达100 Mb/s,保障了地图图片及其他数据的实时上传。

地图采集网关可以看作是云端、边端地图服务能力的延伸。将设备注册到智能边缘管理平台,部署容器引擎,智能云边平台可按需将各类应用部署到网关,例如地图采集上传、图像处理过滤等。网关硬件可根据使用的环境及应用按需定制,从而降低地图采集的成本。通过网关将采图能力赋能给各社会运营车辆,可进一步推动众包采集模式的落地运营。

自动驾驶车应用端向边缘计算节点发送自身ID、位置、目标地理位置请求及地图版本等信息,边缘节点根据请求向车辆推送目标位置的高精度地图。车辆应用端使用5G网络下行可达1Gb/s的速率及10 ms时延,完全可以满足高精地图的实时下载更新要求<sup>[3]</sup>。

### 2.1.2 边缘节点应用

方案中边缘节点主要提供了边缘计算平台环境与管理服务及地图存储、构建、分发服务。可选择与运营商5G UPF同机房部署对接,方便进行5G边缘计算分流,以进一步降低地图下载及更新时延。边缘计算平台能够接入大量的边缘设备,并对设备进行孪生管理,可将应用容器下发到地图采集网关运行,并对应用容器进行删除、更新等操作。边缘节点可自治,也可接受云端管理,在边缘节点基础环境资源有限的情况下,引入云原

生技术。应用程序的每个部分都打包在自己的容器中,动态编排,以便被主动调度和管理,优化资源利用率,提高应用程序的整体灵活性和可维护性。

边缘节点一方面可从云平台及其他车载路侧终端获取交通设施变化信息(例如交通指示灯的变化、车道属性变化、交通信息、紧急事故车辆信息或突发出现的障碍信息等),提供给自动驾驶车辆,自动驾驶车自行完成高精地图的动态信息实时更新。另一方面,边缘节点提供多源数据融合分析及视觉SLAM服务,利用端侧采集的道路更新图像、位置信息,实现对目标的类型识别、追踪、速度等位置信息的对应与聚合,综合运用AI和SLAM技术可实现道路场景的三维重建,创建矢量地图,并可结合部分激光雷达点云数据进行地图优化矫正。边缘侧还可将大量车辆采集的地图片段数据经过AI地图要素解析后,进行关联匹配来修正地图数据。地图数据既可快速在边缘节点发布来更新现有区域地图要素,及时应对道路场景变化,供自动驾驶车辆使用,也可选择加密后上传到云端进一步的优化处理,构建更加精细的高精地图。

### 2.1.3 云端应用

云端主要提供计算存储及管理平台服务,并提供AI地图构建服务。云端可以对所有边缘节点及边缘设备进行管理、监控和运维,并可对边缘容器应用进行监测管理。边缘节点管理主要包括注册、纳管、监控和删除几个方面。注册节点之后可以对节点进行纳管,可将安装工具和配置文件安装到相应的边缘节点上,纳管边缘节点如图2所示。纳管成功后,云端管理平台可查询节点列表,查看每个节点的运行状态和节点配置,以及每个节点绑定设备的情况。

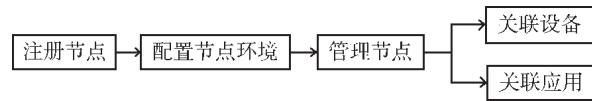


图2 纳管边缘节点

云端利用Kubernetes原生应用和工具可对边缘容器应用进行高可靠高性能的管理服务,边缘节点需部署云容器引擎。云端配备镜像仓库,地图应用、地图库、AI融合分析模型、地图构建服务等可封装为容器应用,边缘节点可按需请求应用,云端实现对边缘应用的下发、部署和管理等。边缘节点部署的边缘应用能够和云端平台和边缘设备进行通信,支持云边应用协同。

云端可实时收集各自动驾驶车的行驶数据、智能交通设施数据来进一步扩充道路情况信息的收集手段,增强收集数据密度,并将相关信息下发到边缘节点。云端也提供了对图像、雷达数据及定位数据的交通元素提取分析、融合分析原型的AI训练服务以及大规模、多版本高精地图数据的存储、打包、分发服务。与传统地图相比,高精地图的图层内容精细、图层数量多,需要更大的

存储空间;由图像重建的局部地图需要多方面的修正, AI 原型需要不断地迭代训练与测试, 这些都需要云端大算力、大空间的支持。边缘节点上传的局部地图信息更新将会与全局地图进行匹配与融合, 最终完成局部地图与全局地图的更新, 来满足自动驾驶精确定位和导航的需求。

## 2.2 关键技术与特点

该方案涉及交通元素图像识别分类、图像定位、视觉 SLAM、云边协同管理等多种技术, 简述如下。

### (1) 图像定位技术

高精地图需要能够覆盖出行所需的各种场景, 定位是重中之重。利用图像等信息进行众包采集建图, 由于缺乏其他定位设备, 利用图像进行 AI 分析定位就非常重要。这个过程一般在边缘节点完成, 利用车辆 GPS/北斗定位系统可确定采集车辆当前所处道路, 根据系列图像检测车道线及道路边缘, 并与边缘节点存储的高精地图提供的车道线及道路边缘做比对, 修正车辆的横向定位; 根据图像路面标志、交通标志牌、红绿灯等环境语义信息与高精地图提供的要素做匹配, 实现纵向定位的修正, 确定车辆当前的位置信息及周边环境。沿路多张图片及分析出的交通要素与图像定位信息结合, 可生成直观的道路信息模型, 并与高精地图该区域道路模型进行分析匹配即可进一步确认该新建地图信息精度, 以保障众包地图采集的有效性。

### (2) 视觉 SLAM 技术

视觉 SLAM 主要是基于相机来完成环境的感知工作, 众包地图采集模式中, 在边缘节点可以使用车辆连续采集的有效图像进行局部地图创建。视觉 SLAM 通过连续的相机帧, 跟踪设置关键点, 以三角算法定位其 3D 位置, 同时使用此信息来逼近推测相机自己的姿态, 通过跟踪视频帧中足够数量的关键点来快速获取传感器的方向和周围物理环境的结构。视觉 SLAM 需要持续地实时迭代计算以使投影点与实际点之间的差异最小化, 根据每一时刻的相机位置, 计算出各像素对应的空间点的位置, 就得到了地图。视觉 SLAM 还涉及回环检测、噪声优化等算法技术, 大量用到了计算机视觉算法及非线性优化算法, 需要较大的计算能力, 并根据实际场景进行优化。

### (3) 云原生技术

边缘节点、设备大部分时候基础环境资源有限, 引入容器等云原生技术。CNCF 将“云原生”定义为使用开源软件堆栈进行容器化, 在边缘计算场景下利用云原生技术实现部署服务的易迁移和弹性伸缩<sup>[4]</sup>。容器应用相比传统的虚机方式资源消耗小、启停快速, 同时又具备较好的资源隔离性。部署在边缘节点设备上面的应用无需管理基础资源, 只需要关注业务逻辑。该方案基于 K8S 提供容器编排技术, 提供云原生的应用运行环境,

应用按需扩缩容, 可充分利用边缘节点资源, 能够方便地将云端能力扩展到边缘, 并对边缘进行管理。该方案设备端、边缘端和云端有可靠高效的消息通道, 支持断网续传、数据的增量续传, 能够有效地进行云边协同操作, 方便进行云边协同的高精地图采集与应用。

### (4) 5G 边缘计算技术

地图数据采集、更新、发布及应用需要低时延、稳定的带宽保障。通过 5G 网络设置的分流策略, 车端地图数据的上传与下载可直接通过基站经 UPF 到达边缘计算节点地图服务模块, 不需经过核心网, 减少数据传输的路由节点来降低端到端网络时延, 帮助实现快速计算任务处理和低时延结果反馈。

5G 边缘计算还可以帮助自动驾驶的高精地图应用最大化利用网络资源。如车辆高精地图的实时下载更新与边缘节点进行大量交互, 需要较大的稳定带宽, 而 TCP 在网络环境变化很快时不能很好地调整传输中的拥塞控制窗口指标, 利用 5G 边缘计算的无线资源分析功能可以对 TCP 控制方法进行优化, 规避传输过程中发生的拥塞, 提高车路高带宽数据交互的可靠性。

## 3 结束语

高精度地图对于自动驾驶非常重要, 其关键在于数据的持续更新, 这需要较高的实时性, 所产生的数据量和工作量巨大。本文探索了 5G 边云协同架构下的地图多元化采集、应用及终端管理方案, 为未来高精地图多级多方采集更新体系建设提供了参考。

## 参考文献

- [1] 中国智能网联汽车创新产业联盟.自动驾驶与地图工作组 2018 年工作总结[R].2019.
- [2] GIS 前沿.高精地图概述[EB/OL](2018-09-06)[2020-11-03].<https://mp.weixin.qq.com/s/jfSkpHkhn7ZLokpJu5O1UA>.
- [3] IMT2020 5G 推进组.MEC 与 C-V2X 融合应用场景白皮书[R].2019.
- [4] Kubernetes 社区.叮, 你收到一份来自 CNCF 的云原生景观简介[EB/OL].(2020-07-30)[2020-11-03].<https://www.kubernetes.org.cn/8126.html>.

(收稿日期: 2020-11-03)

## 作者简介:

段惠斌(1981-), 通信作者, 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 5G 边缘计算、智能交通、工业互联网, E-mail: duanhb@chinatelecom.cn。

丁鹏(1979-), 男, 博士, 工程师, 主要研究方向: 5G 边缘计算、工业互联网、行业数字化。

时晓厚(1989-), 男, 硕士, 主要研究方向: 边缘计算技术研发。

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所