



ICT

基于 MEC 的定位技术在车联网中的应用

顾博, 敖婷

(中移(上海)信息通信科技有限公司, 北京 100032)

摘要: 定位不仅是保障车辆安全行驶的基石, 也是众多位置相关服务的基础, 定位技术的发展和應用极大地影响车联网的发展前景。边缘计算可以将密集型计算任务迁移到邻近车侧或者路侧的网络边缘, 可以在算力下沉到网络边缘的同时, 卸载网络传输的负载, 节省传输的带宽, 对车联网应用形成强有力的支持。研究 MEC 与车联网定位技术的融合, 通过分析 MEC 融合定位技术在车联网中的应用场景、融合的需求, 形成基于 MEC 的定位技术总体架构。同时, 对该架构的机遇与挑战进行进一步分析, 为后续基于 MEC 的定位技术的标准化以及车联网中的应用提供重要参考。

关键词: 高精度定位; 边缘计算; 车联网

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022128

Application of MEC-based positioning technology in the Internet of vehicles

GU Bo, AO Ting

China Mobile (Shanghai) ICT Co., Ltd., Shanghai 201206, China

Abstract: Positioning is not only the cornerstone of ensuring the safe driving of vehicles, but also the foundation of many location-related services. The development and application of the positioning technology have greatly affected the development prospects of the Internet of vehicles. Mobile edge computing can migrate intensive computing tasks to the edge of the network adjacent to the car or roadside. By sinking the computing power to the edge of the network, mobile edge computing can offload the load of network transmission, save the transmission bandwidth, and support Internet of vehicles applications powerfully. It was aimed to study the integration of MEC and IoV positioning technology, and form the overall architecture of MEC-based positioning technology by analyzing the application scenarios and integration requirements of MEC integrated positioning technology in IoV. At the same time, the opportunities and challenges of the architecture were further analyzed to provide an important reference for the subsequent standardization of MEC-based positioning technology and the application in the Internet of vehicles.

Key words: high-precision positioning, mobile edge computing, Internet of vehicles

0 引言

车联网 (Internet of vehicles, IoV) 是以车内网、车际网和车载移动互联网为基础, 借助新一代信息和通信技术, 实现车与 X (X (everything), 车、路、行人及网络等) 的无线通信和信息交换的系统网络, 从而形成智能化交通管理、智能动态信息服务和车辆智能化控制的一体化网络。

在车联网的内涵更新和扩展的过程中, 车辆的定位和位置感知是车联网技术的关键和核心。因为定位不仅是保障车辆安全行驶的基石, 也是众多位置相关服务的基础, 定位技术的发展和运用极大地影响车联网的发展前景, 因此, 研究车联网的定位技术显得特别重要和紧急。

多接入边缘计算 (multi-access edge computing, MEC) 由 ETSI 在 2013 年提出, 从最初的移动边缘计算 (mobile edge computing) 扩展到多接入边缘计算, 应用场景也从蜂窝网络进一步延伸至其他接入网络。MEC 可以将密集型计算任务迁移到邻近车侧或者路侧的网络边缘, 可以在算力下沉到网络边缘的同时, 卸载网络传输的负载, 节省传输的带宽, 对车联网应用形成强有力的支持。

1 基于 MEC 的定位技术优势

在车联网中, 车辆节点感知和交换的数据必须与位置相关, 没有与位置关联的车辆节点信息是没有价值的。因此, 定位技术的发展和运用是车联网发展和应用非常关键的一环。目前, 单车的定位可以借助毫米波、激光雷达等传感器、高精度地图、高精度定位、AI 算法等技术。而终端的高精度定位模块成本基本在 2 万元左右, 成本偏高。另外, 毫米波、激光雷达等传感器对应用环境有较高要求, 如在下雨天气或光线直射传感器时, 传感器精度下降甚至完全失效; 另一方面, 单车进行定位, 也仅能依靠本车的传感器以及本车可预先得到的高精度地图等信息, 但如果想获

得其他车辆或者路侧设施的一些信息 (包括视频、图像等大信息量的信息), 需要大量的带宽进行传输, 而这些信息的传输对空口造成极大的负担。

多接入边缘计算成功地将云端的能力向边缘侧进行延伸, 将计算下沉至网络的边缘侧。在本地提供服务和算力, 一方面降低核心网络和传输网的拥塞与负担, 减缓网络带宽压力, 实现低时延, 带来高带宽, 提高数据处理效率, 能够快速响应用户请求并提升服务质量, 由此提供高质量的位置服务; 另一方面, 可以将终端上比较复杂的运算卸载至处于网络边缘的 MEC, 如高精度定位的解算能力, 可以实现聚集不同车辆终端、人终端以及路侧设施的传感器数据, 集中处理可以得到更准确、更鲁棒的定位结果。

将 MEC 作为位置服务的一个锚点, 可以扩展高精度位置计算的能力, 并且能够减少对终端侧算力的要求, 为产业界实现高精度定位提供一个选项, 这也是本文分析和研究基于 MEC 的定位技术的主要驱动力。

2 车联网中常见的定位技术

根据场景以及定位性能的需求不同, 车辆定位技术多种多样, 依靠单一技术难以满足现实复杂环境中车辆高精度定位的要求, 无法保证车联网定位能够获得稳定可用的定位数据结果。在很多车联网应用场景中, 通常需要通过多种技术的融合实现精准定位, 这些技术包括全球导航卫星系统 (global navigation satellite system, GNSS)、基于基站的定位技术、惯性测量单元 (inertial measurement unit, IMU)、sidelink、超宽带 (ultra wide band, UWB)、伪卫星、视觉以及雷达等。

2.1 基于 GNSS 的定位技术

GNSS 是能在地球表面或近地空间的任何地点为用户提供全天候的三维坐标、速度以及时间信息的空基无线电导航定位系统, 包括美国的全球定位系统 (GPS)、俄罗斯的格洛纳斯卫星导航系统



(GLONASS)、欧洲的伽利略系统 (GALILEO) 和中国的北斗系统 (BDS)。传统卫星定位是终端在某一时刻接收到任一卫星系统中 4 颗及以上卫星的信号, 利用伪距和瞬时坐标进行距离交会来定位的。由于存在电离层误差、对流层误差、传播时延等原因, 定位精度在 10 m 级。

为了提高定位精度, 可以在地面建设精准位置坐标已知的基准站, 根据基准站通过观测卫星信号得到的坐标和自身精准坐标, 可以得到卫星信号差分数据, 从而起到消除电离层误差、对流层误差、传播延迟等误差的效果, 从而达到厘米级定位精度。

2.2 基于基站的定位技术

根据测量信号发送源的不同, 基于基站的定位方案可以分为基于上行信号的定位和基于下行信号的定位。不同定位方案使用的定位技术原理和测量参数大致相同, 包括 TOA/TDOA、AOA、FDOA、接收信号强度 (RSS)、信文指纹等。其中, TOA/TDOA 通过测量同一终端到 3 个以上定位基站的信文传递时间 (时间差) 来解算基站的位置。AOA 通过两个以上定位基站测量同一终端的信文来波方向 (到达角) 来进行位置估算。FDOA 通过 3 个或以上定位基站测量同一终端的多普勒频移参数来解算终端的位置。接收信号强度则通过 3 个以上定位基站测量同一终端的信号强度来估算终端的位置。指纹定位则通过一个或多个基站接收同一个终端的信文指纹 (包括但不限于时间、信号强度、信噪比、信道状态特征等多种信息), 并与事先已建立好的位置指纹库做匹配, 最终反推出终端的位置。目前, 产业界已经完成产业化的比较成熟的技术主要是使用 TOA/TDOA 和信文指纹定位。

2.3 基于惯导的定位技术

基于惯导的定位技术主要依靠加速度计和陀螺仪, 通过加速度、初始速度和初始位置计算汽车在任何时间点的车速和位置。但基于惯导的定位技术

的缺点在于其运动误差随时间增加而增加, 只能依靠惯性测量单元在很短的时间范围内进行定位。

2.4 基于视觉的定位技术

基于视觉的定位技术主要通过摄像头得到周围环境照片, 通过观察结果和地图进行匹配, 估计最大概率的位置。基于视觉的定位技术的优点在于图像数据很容易获得, 缺点在于缺乏三维信息和对三维地图的依赖。单独通过图像实现精确定位非常困难。在实际应用中, 摄像机图像通常与来自其他传感器的数据结合, 用以准确定位车的位置。

2.5 基于雷达的定位技术

基于雷达的定位技术主要通过点云匹配进行定位, 该方法将来自雷达传感器的检测数据与预先存在的高精度地图连续匹配。通过这种比较, 可获知汽车在高精度地图上的全球位置和行驶方向。基于雷达的定位技术的主要优势在于其稳健性。只要从高精度地图开始, 并且存在有效的传感器, 就能够始终进行定位。主要缺点在于难以构建高精度地图, 并使其保持最新。但在实际生活中, 几乎不可能让地图保持完全最新, 因为几乎每个地图均包含瞬态元素, 如汽车、行人等, 世界上的许多元素都在不断发生变化。

2.6 基于 UWB 的定位技术

超宽带是应用于无线通信领域的一种低功耗的无线电技术, 采用纳秒级或亚纳秒级的脉冲实现无线通信。通信带宽极宽, 适合短距离高速通信 (连续波超宽带)。时间分辨率高, 便于精确获取到达时间信息, 对多径抗干扰能力较强, 适用于高精度定位系统。

2.7 基于 sidelink 的定位技术

随着道路 RSU 部署的增多, 利用 RSU 和车载 OBU 进行伪距测量, 可以达到 3~10 m 的定位精度。

车联网常见定位技术对比见表 1, 列举了在交通领域常见的定位技术的优点和缺点。其中, 地磁定位多适用于静态场景 (如停车场计费), 这里不再介绍其原理。

表 1 车联网常见定位技术对比

定位技术	定位精度/m	优点	缺点	成本
GNSS	>10	成本低、全球覆盖	遮挡区域无法定位	低
UWB	0.1~0.3	结构简单、功耗低、精度高	成本高	高
惯导	>5	结构简单、短距离情况可达较高精度	累积误差大、精度不稳定	低
地磁	1~2	精度较高	受地磁畸变影响较大	低
sidelink	3~10	设备改造成本低	精度需提升	低
雷达	<1	稳定性高	高精度地图成本高、动态变化	高
视觉	1~3		只能作为辅助	低
伪卫星	>10	布设方便、车辆改造成本低	精度不足	低

2.8 基于伪卫星的定位技术

但是, 由于 GNSS 在遮挡场景(如高架桥下、隧道中、楼宇间以及室内)中信号不稳定甚至不可用, 基于伪卫星的定位技术可以将设备部署在地面或空中, 顶替卫星来进行定位导航。伪卫星通常发射与 GNSS 轨道卫星相同的信号, 甚至某些特殊的伪卫星采用自定义的定位信号格式。伪卫星对于卫星导航定位系统来说是一种非常有效的增强手段, 能够起到替代导航星的作用, 解决特殊情况和复杂环境下用户对导航定位的需求。

3 基于 MEC 的定位技术总体架构

基于 MEC 的定位技术的总体架构如图 1 所示。

图 1 中的总体架构主要由 4 部分组成: 云端 (cloud)、MEC、不同定位技术以及终端。各自的主要功能如下。

- 云端: 主要是第三方应用服务, 还包括提供定位服务器使用的 RTK 信息的提供方(即 RTK 参考站)。
- MEC: MEC 的功能主要包括定位服务以及定位解算等功能, 由于需要与应用进行接口, 所以在 MEC 上还需要有本地网络能力暴露以及与第三方应用接口等功能。另外, 如果有融合定位技术, 融合算法也会在 MEC 上完成。
- 不同定位技术: 该部分的功能实体可以作为定位服务器的一部分, 也可以置于 3GPP 的基站内部, 是一个逻辑的功能实体。其主要功能是支持不同的定位技术, 目前主要包括基于 3GPP 基站的定位、基于 GNSS 的定位和其他定位技术, 如雷达、惯导等。另外, 为提高定位的精准度, 还可以利用

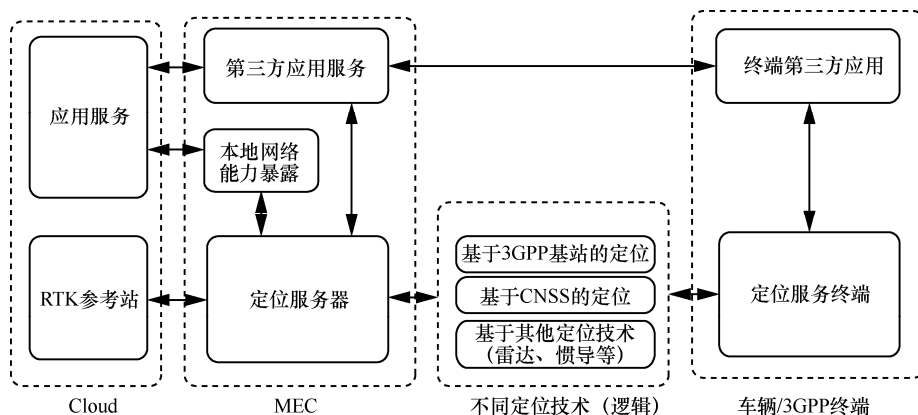


图 1 基于 MEC 的定位技术的总体架构



融合定位算法,将多项定位技术融合起来,获得更加精确的定位结果。

- 终端:包含车辆终端以及支持 3GPP 的手持终端,主要是待定位的终端,还包含终端侧的第三方应用。

下面以基于 GNSS 的定位和基于基站定位为例,介绍基于 MEC 的定位技术架构实例。

3.1 基于 MEC 的 GNSS 定位架构

基于 MEC 解算平台的高精度定位系统如图 2 所示,由地基增强网、高精度定位平台、基于 MEC 的解算平台、车联网终端组成,各模块的功能如下。

- 地基增强网:中国移动在全国布设 4 400 多个基准站,形成地基增强网,支持 GNSS 四系统多个频点信号,接收处理卫星定位数据并传至高精定位平台。
- 高精度定位平台:接收、分析及监控基准站的数据,获得误差信息,根据用户粗略位置输出校正正值(差分改正数据)并播发给边云解算平台。

基于 MEC 的解算平台包括边缘云高精度定位平台与核心云高精度定位平台,边缘云高精度定位平台负责接收车载或用户终端的卫星观测数

据、来自参考站的差分改正数据,并在边缘云节点进行载波相位差分(RTK)高精度定位解算,核心云平台则统一管控边缘云节点中的高精度定位相关设备与服务,进行定位状态和结果的数据的收集、统计与展示。

终端:上传原始观测数据至云端,以获取高精度定位。当然,终端如有高精度定位解算模组,也可以直接根据云端下发的差分数据进行高精度定位,此方法本文不再赘述。

3.2 基于 MEC 的基站定位架构

根据测量信号发送源的不同,基于基站的定位方案可以分为基于上行信号的定位和基于下行信号的定位。

基于上行信号的基站定位方案如图 3 所示,终端只负责发送测量信号,所有位置信号的参数测量由基站完成,所有位置解算也都在网络侧定位服务器完成,最终位置解算结果由网络侧服务器发送给终端或者第三方应用。为了减少定位应用时延,本文建议网络侧的定位服务器部署在离基站最近的 MEC 上。

基于下行信号的基站定位方案如图 4 所示,由基站发送测量信号,由终端完成参数测量,然

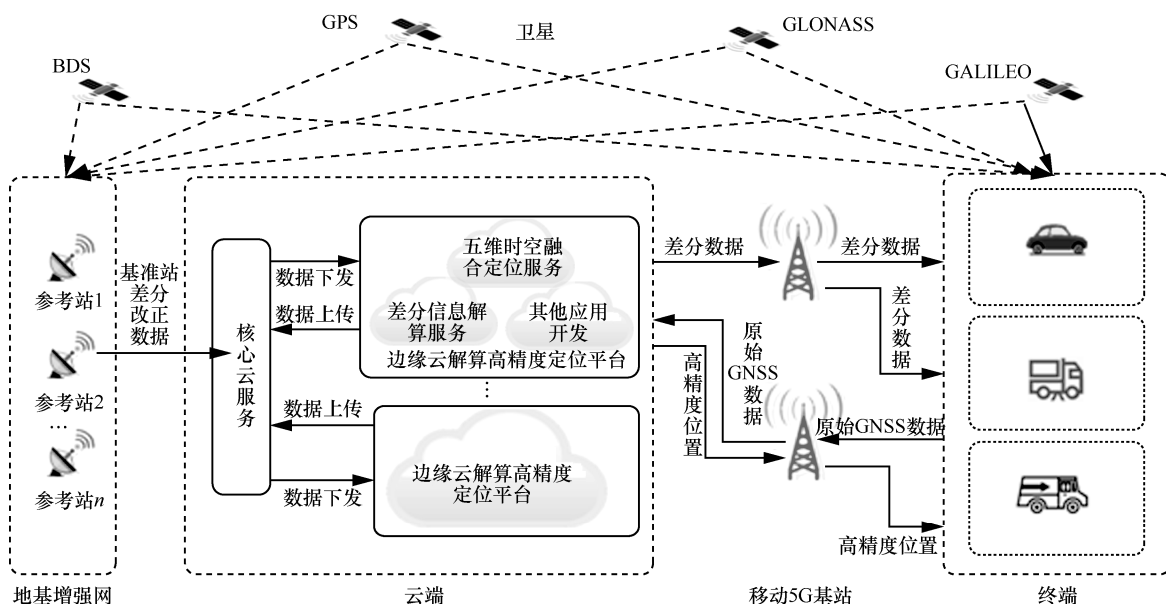


图2 基于 MEC 解算平台的高精度定位系统

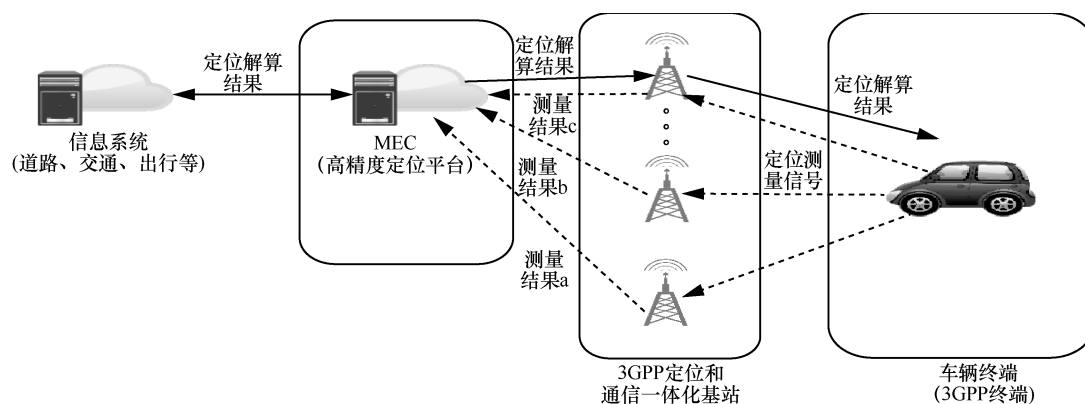


图3 基于上行信号的基站定位方案

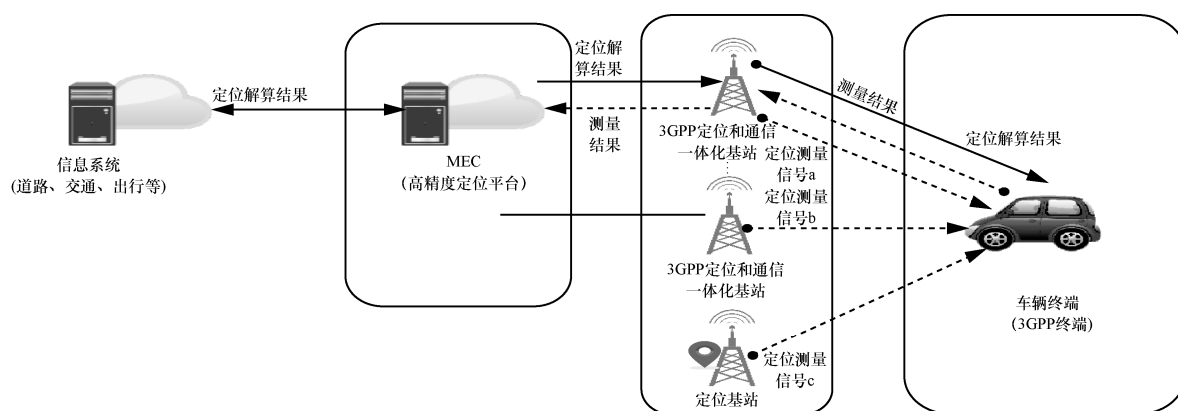


图4 基于下行信号的基站定位方案

后把测量结果通过基站发送到网络侧的定位服务器，由定位服务器代替终端完成位置解算，然后将解算结果发送给终端和其他第三方应用。考虑额外引入的通信时延，需要将定位解算服务器部署在离基站最近的 MEC 上。

4 业务连续性保障方法

业务切换示意图如图5所示，当有跨 MEC 切换时，建议按如下原则进行切换。

(1) 车辆在 MEC1 覆盖范围行驶，接入 MEC1，

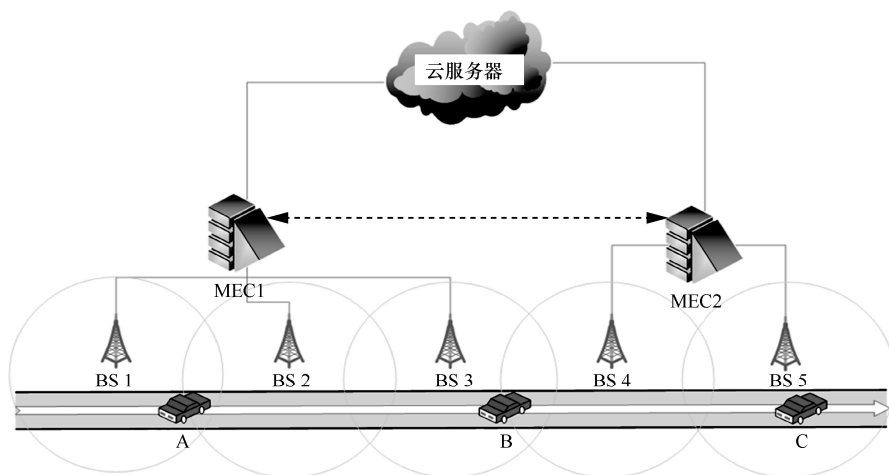


图5 业务切换示意图



车辆将行驶目的地、当前位置、车辆行驶状态等信息传递给 MEC1。

(2) MEC1 根据车辆信息及路径规划信息等预判车辆未来可能接入的 MEC, 并根据预判结果提前在目标 MEC 上进行应用重定位资源的准备, 以此缩短应用重定位时延。

(3) MEC1 进行目标 MEC 的预判。同时考虑传输时延、负载均衡等因素, 对可能接入的 MEC 进行最佳目标 MEC 选择(当前 MEC1 不参与)。加权计算得到一个分值 S , 选择分值最高且超过阈值的 MEC 作为切换目标 MEC, 否则继续由 MEC1 提供服务, 不进行切换, 或者当车辆驶离 MEC1 再根据分值 S 选择分值最高的 MEC 进行切换。

(4) MEC 预重定位。假设车辆预判目标 MEC 为 MEC2, MEC1 同时根据引导路径及当前车速, 计算车辆到达 MEC2 覆盖区域的时刻并提前预留 Δt 作为预留切换时间。到达这一时间, MEC1 的高精度定位服务将向 MEC2 迁移, 此时服务继续由 MEC1 提供。此迁移过程应该在时间 Δt 内完成。

(5) 车辆进入 MEC2 覆盖范围(如上图中的 B 点), 开始计算源 MEC1 和目标 MEC2 的分值(计算方法与步骤 3 相同), 此时服务继续由 MEC1 提供。当 MEC1 的分值小于 MEC2 时, MEC1 上的高精度定位服务的上下文传输到 MEC2, 此过

程需要传输的数据量非常小, 大部分的数据已经在之前传输完成, 所以响应时间非常短, 可以有效提高体验质量(quality of experience)。

(6) MEC1 卸载对车辆的高精度定位服务, 切换完成。

当涉及基站切换时, 原理与 MEC 切换类似, 本文不再赘述。

5 基于 GNSS 信号定位 MEC 解算的典型测试结果

基于 GNSS 信号定位 MEC 定位解算典型测试结果如图 6 所示。此次测试, 在车上安装的是司南导航提供的定位模组, 中国移动的 5G+北斗高精度定位平台提供解算服务。

图 6 左侧为 MEC 服务监控, 对定位数据进行统计分析, 其中, 云定位精度是指边缘解算平台当天所有定位数据的定位精度平均值(更新频率是 3 s), 云服务次数是指当天通过 MEC 定位平台完成定位解算的次数, 还有服务成功率、基站卫星质量、云解算最小耗时以及云解算平均耗时的数据统计信息。右侧是星空图, 展示了基准站收到来自不同卫星各自不同频段的信号强度。中间是地图展示, 展示了终端(图中所示为车辆)位置以及定位精度、瞬时延、定位时间等信息。

测试车辆的移动速度在 60~80 km/h 区间, 根据该测试结果可以看到, MEC 定位解算的最小



图 6 基于 GNSS 信号定位 MEC 定位解算典型测试结果

耗时为 4 ms, 平均耗时为 6 ms, 考虑目前终端解算的一般耗时在 10 ms 级别, MEC 解算的用时低于终端解算。但是, 基于 MEC 定位解算的架构还涉及将定位的辅助信息上传到 MEC 侧, 以及 MEC 侧将计算得到的位置信息下发给终端的时延。这个传输回环时延在 5G 网络理论上可以达到 1 ms, 而在典型实测过程中, Ping 包的时延为 5~10 ms, 这将导致基于 MEC 解算的情况下位置结果输出相比测量位置的 RTK 信息的时间差比终端自行解算稍多 0~5 ms, 因此, 传输时延会导致基于 MEC 高精度位置解算的方法的定位在精确度上有下降的可能, 但如果有时间戳机制的话, 可能会在一定程度上解决这个问题。

同时, 由于高精度定位的解算上移至 MEC 侧, 这使得终端侧在算力上可以有所释放。另外在高精度定位算法的升级上, 基于 MEC 侧解算的架构更加方便, 而终端侧进行高精度定位的解算的升级可能会出现对硬件的依赖或者升级难以进行的情况。

另外, MEC 解算之后的地理位置相邻用户的位置信息可以在 MEC 侧进行聚合分析, 可以快速得到一些增强的位置服务, 例如某个区域的热力分布等。

6 MEC 与定位技术融合的挑战与机会

MEC 与定位技术的融合将为与定位相关的技术以及应用注入新的动力, 通过将终端解算的算力卸载至 MEC 侧, 可以有效降低对于终端软硬件性能的要求, 也会给现有产业带来一些新的机会和挑战。本节将通过分析这些改变对于定位技术的潜在影响和应用, 从而分析得出 MEC 与定位技术融合的挑战与机会, 以及对产业链的影响。

6.1 系统定位时延挑战

当高精度定位的解算功能集中在 MEC 上时, 由 MEC 解算出来的位置需要回传给终端。目前, MEC 上的解算时延与终端解算的时延基本持平, 当然, 随着今后算法的升级, MEC 上

的解算时延可能会低于终端解算的时延。而基于 MEC 高精度位置解算的架构需要终端先将 GNSS 测量信号传至 MEC, MEC 解算之后再传回, 理论上 5G 网络传输时延可以达到 1 ms, 而在典型实测过程中, Ping 包的回环时延为 5~10 ms。也就是说, 基于 MEC 解算的情况下位置结果输出的 RTK 信息的时间差比终端自行解算的 RTK 信息的时间差多出 5~10 ms。按照 90 km/h 时速车辆计算, 5G 网络+MEC 的时延可以控制在 10 ms 以内, 引起的定位误差为 0.25 m, 可以满足大部分车辆定位业务需求, 但若达到自动驾驶所需精度, 需通过后处理消除时延引起的误差。

6.2 车辆终端隐私、安全挑战

将终端的位置信息集中在定位服务器上, 做成位置服务的平台, 统一向应用开放位置服务的接口, 这样对终端的隐私和安全应该是有正向作用的。因为可以将该位置服务平台集中给某些可信的公司或者机构进行维护, 其他的应用统一通过位置服务平台提供的接口对终端的位置进行请求, 而该请求可以通过单次授权或者申请授信单位的方式进行。这样可以做到授权终端的位置信息给某些可信的机构或者公司进行使用, 而不会向当前不同的应用都需要向终端用户询问是否接受某个应用可以获取终端的位置信息, 这种授权给不同的终端带来了疑惑或者不同的风险。因此将终端的位置信息集中在一个定位服务平台进行管理有利于终端的隐私和安全。

将终端的高精度位置的解算置于 MEC 侧, 需要建立在位置服务平台的基础之上。如果有一个受终端用户信任的位置服务平台, 那么将终端的定位辅助信息发到 MEC, 然后由 MEC 进行位置的解算就变得可行。同时这个解算之后的位置信息既可以发回给终端使用, 也可以按需给授信的第三方位置相关的应用所使用。这可以提高位置信息管理和使用的效率。



6.3 MEC 融合定位技术的潜在优势

自动驾驶等技术高度依赖于高精度定位，然而相关的芯片、元器件会增加车辆的制造成本，限制了自动驾驶的推广。另外，随着芯片算力需求的不断增加，芯片更新换代的频率也在增加，如果将定位解算放在 MEC 侧进行，将降低车辆的成本，另外，当相关硬件需要升级换代时，只对 MEC 进行集中式更新就可以完成升级，无须对所有车辆硬件进行更新，避免浪费，更有利于技术的发展。

此外，对于手机等小型定位终端，若在终端进行定位解算，会增加手机的耗电量，影响续航，将解算功能放在 MEC 侧可以解决此类问题。

6.4 产业链的机会和挑战

对于算法提供商而言，基于 MEC 的定位技术为其算法的改进、推广带来更大的便利。

对于车端而言，基于 MEC 的定位技术可以降低车端的制造成本（不需要解算模块），有利于厂商成本控制，对于已上市车辆，所需后装改造设备也较简单。但由于车辆厂商的封闭性，该技术的推广具有一定的难度。

7 结束语

基于 MEC 的定位技术能够通过 5G 移动网络

建立上下行通道的连接，收集基准站的差分改正数据，经过站点数据匹配后在边缘计算节点进行 RTK 高精度定位解算，最后将结果返回给终端。该技术能够有效降低终端的算力开销和能量开销，同时，将终端的位置信息集中在定位服务平台上，利用统一接口向终端提供服务，能更有效地保证终端位置的隐私和安全，而且硬件升级改造的成本更低。未来如何消除由传输时间造成的位移误差，以及如何解决高并发状态下的数据处理问题，是一项研究的重点。

[作者简介]



顾博（1993—），男，博士，中移（上海）信息通信科技有限公司工程师，主要研究方向为高精度定位、车联网和强化学习等。



敖婷（1978—），女，中移（上海）信息通信科技有限公司工程师，主要研究方向为网络通信、交通等垂直行业的 5G 网络应用和关键技术研究。

《电信科学》第六届编辑委员会

顾 问:

邬贺铨

邬江兴

刘韵洁

何 友

余少华

张 平

韦乐平

蒋林涛

主 任 委 员:

陈山枝

副主任委员:

滕 伟

刘华鲁

彭木根

赵慧玲

高 鹏

孙智立

王重钢

编 委: (按姓氏笔画排序)

马 炬

王卫红

王 桐

王继业

方景龙

艾 渤

卢光跃

曲 桦

刘 瑜

刘永祥

刘建明

江 涛

安建平

孙晓颖

孙爱晶

孙鹏飞

孙韶辉

阳小龙

纪越峰

李 赞

李长海

李玉峰

苏 洲

杨婷婷

吴 巍

吴大鹏

冷甦鹏

汪春霆

沈连丰

宋令阳

张云勇

张成良

张同须

张建军

陈芳炯

陈章渊

易东山

金 石

金耀初

周 亮

周一青

周华春

孟维晓

赵 楠

赵军辉

胡卫生

胡宇翔

段向阳

段晓东

敖 立

徐文渊

唐雄燕

黄永明

曹卫平

曹先彬

崔 勇

章坚武

梁宏斌

梁海滨

董振江

蒋 力

程 方

谢高岗

窦 笠

蔡 康

戴凌龙