



5G-Advanced 网络的位置服务与关键技术

艾明^{1,2}, 侯云静^{1,2}, 周润泽³, 蔡茂⁴

(1. 中信科移动通信技术股份有限公司, 北京 100083;

2. 无线移动通信国家重点实验室(电信科学技术研究院有限公司), 北京 100191;

3. 华为技术有限公司, 上海 201206; 4. 上海诺基亚贝尔股份有限公司, 四川 成都 610213)

摘要: 3GPP 制定的 5G 标准 Release 15 (Rel-15) 版本仅支持紧急业务的位置服务需求, 在 Rel-16 完成了 5G 位置服务网络架构、网元功能、端到端流程设计、定位参考信号、测量量、测量流程等的标准化后, 成为了支持商业场景位置服务的完整版本。Rel-17 则进一步缩短了定位服务时延、提升了定位精度到米级。3GPP 在 2022 年开始 Rel-18 位置服务和定位研究项目, 主要包含进一步提升定位性能指标(如更低时延、更高精度和更低能耗), 以及进一步扩展定位功能(如支持 Sidelink 定位、用户面定位和卫星接入场景的终端位置验证等)。在介绍 Rel-15/Rel-16/Rel-17 位置服务研究进展的基础上, 提出、分析了实现 Rel-18 定位的部分潜在关键技术, 指出了 6G 网络的定位需求是更高的精度、支持更高速度场景的定位、支持更多的垂直行业和场景, 人工智能、太赫兹通信将成为实现 6G 更高精度定位的潜在关键技术。

关键词: 5G 位置服务; 低时延定位; 低功耗高精度定位; Sidelink 定位; 用户面定位; 6G 定位需求

中图分类号: TP393

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022042

Location services and technologies of 5G-Advanced network

AI Ming^{1,2}, HOU Yunjing^{1,2}, ZHOU Runze³, CAI Mao⁴

1. CICT Mobile Communication Technology Co., Ltd., Beijing 100083, China

2. State Key Laboratory of Wireless Mobile Communications, China Academy of Telecommunications Technology (CATT), Beijing 100191, China

3. Huawei Technologies Co., Ltd., Shanghai 201206, China

4. Shanghai Nokia Bell Co., Ltd., Chengdu 610213, China

Abstract: The Release15 (Rel-15) of the 5G standard developed by 3GPP only supports the location service requirements of emergency services. The standardization of 5G location service network architecture, network element functions, end-to-end process design, positioning reference signals, measurement quantities, measurement processes, etc, has been completed in Rel-16, which is the complete version of location services that supporting business scenarios. In Rel-17, further reduction of the location service delay and improving the positioning accuracy are achieved. The 3GPP will start Rel-18 location service and positioning study in 2022, which mainly includes further improving positioning performance index, such as lower delay, and lower power and higher accuracy positioning, and further

收稿日期: 2022-01-30; 修回日期: 2022-03-09

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.61931005)

Foundation Item: The National Natural Science Foundation of China (No.61931005)

expanding positioning functions, such as supporting sidelink positioning, user plane positioning and UE (user equipment) location verification optimization of satellite access scenarios. Based on the introduction of the status of Rel-15/Rel-16/Rel-17 location services, some potential key technologies for realizing Rel-18 location services were put forward and analyzed. Then, the summary that the positioning requirements of 6G network are higher accuracy support the positioning of higher speed scenarios and support more vertical industries and scenarios was pointed out. Artificial intelligence and terahertz communication will become potential key technologies to realize 6G higher accuracy location services.

Key words: 5G location service, low delay positioning, low-power high-accuracy positioning, sidelink positioning, user plane positioning, 6G positioning requirement

0 引言

5G 网络的位置服务指将接入 5G 网络的终端的位置提供给请求方,如连接到 5G 网络的来自各行业的客户端。第三代合作伙伴计划 (Third Generation Partnership Project, 3GPP) 在 5G 标准的第一个版本 (Release 15 (Rel-15)) 开始支持位置业务^[1], 优先完成了满足紧急服务和监管业务的位置需求的标准制定, 例如, 终端进行基于 IP 多媒体子系统 (IP multimedia subsystem, IMS) 紧急呼叫时, 网络将主动发起针对主叫终端的定位流程, 及时将获得的终端位置信息提供给被叫方 (如警察局、消防站等), 解决了主叫人可能无法提供其当前位置的问题。从 Rel-16 开始, 5G 位置服务扩宽到可支持商业 (移动宽带、物联网等) 场景, 引入了位置服务能力开放、支持非 3GPP 接入技术的终端定位、用户定位隐私保护等特性, 以提升 5G 网络的盈利能力。3GPP SA2 工作组牵头完成了基于服务化的 5G 位置服务网络架构设计、相关网络功能的定义、端到端流程设计^[2], RAN1 工作组牵头完成了 5G 新空口 (new radio, NR) 定位参考信号和定位测量等内容的定义。在 Rel-17 阶段, 为进一步研究提出了支持高精度、低时延位置服务的方法, 在标准中引入了预定时间的位置服务^[3]、提前存储终端定位能力^[4]等方法, 并对无线资源控制去激活 (radio resource control inactive, RRC_inactive) 状态下的定位机制^[5]、用户设备 (user equipment, UE) 请求定位

参考信号 (positioning reference signal, PRS)^[6]、定位参考单元 (positioning reference unit, PRU)^[7] 等机制展开了研究。经过 Rel-16 和 Rel-17 两个版本的演进, 5G 位置服务标准已经覆盖 toC 业务 (如对智能终端的定位) 和 toB 业务 (如工厂中生产设备的定位), 定位精度也可以达到亚米级 (如文献[8]所述某些特定的条件)。

垂直行业用户对于 5G 位置服务和定位能力有更新、更高的要求, 一方面, 如何在企业园区中提供经济、可靠、高效、安全的定位系统, 这必将要求 5G 位置服务系统进行持续增强和优化; 另一方面, 需要支持定位的新的场景不断出现, 3GPP SA1 工作组在 Rel-18 的相关课题^[9-10]中提出了新需求和性能指标, 如 5G 系统要同时支持终端的“低功耗和高精度定位”和支持对通过车载移动基站接入的终端进行定位等^[11]。

Rel-18 是 5G-Advanced 时期的第一版本, 2021 年年底在 3GPP SA 和 RAN 全会分别通过了新的定位课题的立项, 将进一步提升位置服务^[12]和定位能力^[13], 主要研究更低时延、更低功耗、更高精度的定位, 用户面位置服务的增强, 如何满足卫星接入场景位置服务需求等, 与系统架构相关的工作已于 2022 年 1 月开始, 将于 2023 年年初完成端到端流程设计^[14], 预计 2023 年年底可以完成协议详细设计。

本文在介绍 5G 网络位置服务的基础上, 重点介绍 Rel-18 阶段 (即 5G-Advanced 网络) 的研究内容和部分潜在关键技术, 最后对 6G 定位技术进行了展望。



1 5G 网络的位置服务

1.1 5G 网络的位置服务架构

基于服务化的 5G 系统的位置服务架构如图 1 所示^[2]。其中控制面网络功能提供的服务化接口的名称按照 Nxxx 方式表示, xxx 为对应网络功能的英文名称缩写, 如: Nnef 为网络开放功能提供的服务化接口。Le、N2 分别为对应网元之间的接口。

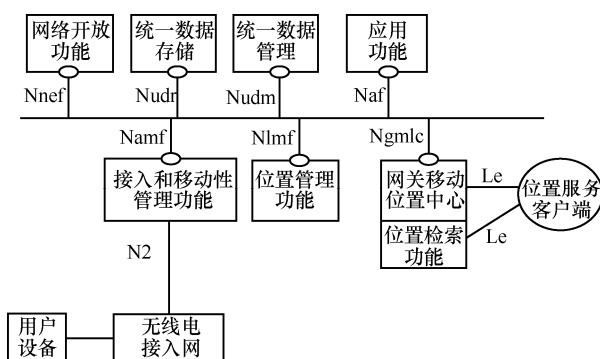


图 1 基于服务化的 5G 系统的位置服务架构^[2]

基于该架构, 位置服务的请求方可以是 UE、LCS client 或者应用功能 (application function, AF)。LCS client 或 AF 可以请求单个目标设备或者一组目标设备的位置信息。当收到来自网络开放功能 (network exposure function, NEF) 或网关移动位置中心 (gateway mobile location center, GMLC) 的位置服务请求时, 5G 系统首先确定为

目标设备的服务的接入和移动性管理功能 (access and mobility management function, AMF), 并由 AMF 确定为目标设备服务的位置管理功能 (location management function, LMF), 由 LMF 根据请求给出定位精度、时延要求, 选择定位方法后, 触发具体的定位流程。如果选择的定位方法是基于网络 (network based) 的方法, LMF 负责进行定位计算 (涉及从接入网和终端获取定位计算需要的测量信息等过程)、反馈计算得到的位置信息等; 基于 UE (UE based) 的方法, 则由终端反馈位置信息。

1.2 基于控制面的 5G 位置服务

如第 1.1 节所述, 基于 5G 网络的控制面功能的信令交互的位置服务端到端流程, 属于控制面位置服务, 主要涉及 LMF、无线电接入网 (radio access network, RAN)、UE、AMF、GMLC、NEF 等网元。LMF 到 UE 信令的协议栈如图 2 所示^[15], LTE 定位协议 (LTE positioning protocol, LPP) 主要实现 UE 和 LMF 之间关于位置测量量、位置计算结果的交互^[16]。新空口定位协议 A (NR positioning protocol A, NRPPa)^[17]用于 NG-RAN 和 LMF 之间传输与定位相关的消息。

基于 5G 控制面的位置过程包括移动被叫位置请求过程、移动主叫位置请求过程、推迟的移动被叫位置请求过程、位置业务开放过程、UE 位

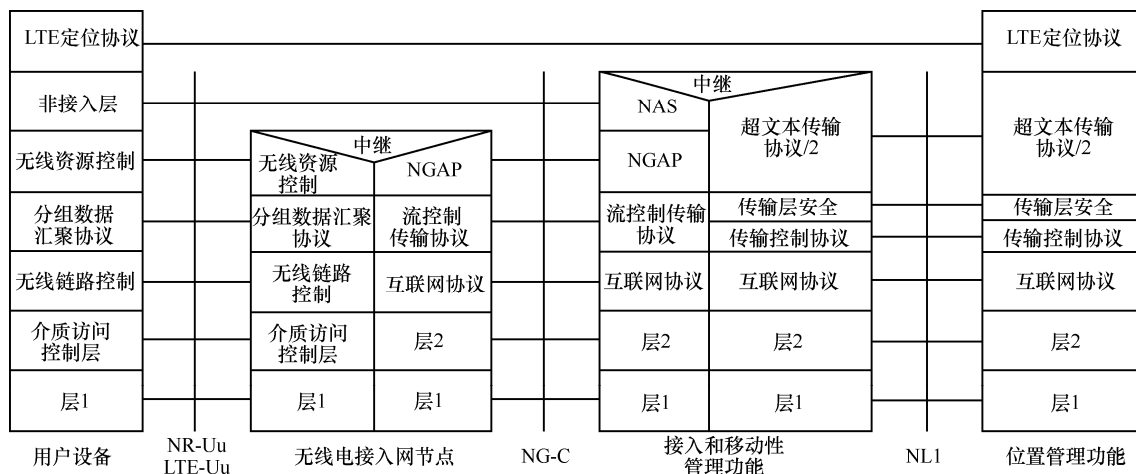


图 2 LMF 到 UE 信令的协议栈^[15]

置隐私设置过程和辅助数据广播等过程^[2]。其中,移动被叫位置请求过程指 LCS 客户端或 AF 请求目标 UE 当前的位置或未来某个时刻的位置的过程;移动主叫位置请求过程是终端请求系统对其自主进行定位的过程,定位结果还可以发送给终端指定的接收方;推迟的移动被叫位置请求过程,可以实现在检测到相关的事件发生(如 UE 进入或移出目标区域)或在给定的时间到达时,对目标终端进行定位;位置业务开放过程,定义了 NEF 收到网络内的网元或外部 AF 的位置服务请求后的处理;UE 位置隐私设置过程,允许用户通过终端告知网络,自己是否愿意被定位,如果不愿意,针对该目标终端的定位过程将无法进行(监管类业务的位置请求除外);通过辅助数据广播等过程,终端可以接收来自网络辅助数据,以进一步提升定位精度,如果辅助数据是加密的,UE 可以使用从网络获得的密钥进行解密。

1.3 基于用户面的位置服务

基于用户面位置(user plane location)指由定位服务器和用户设备直接通信即通过用户面的通信完成的位置服务过程,与具体的网络承载无关,基于用户面定位的协议和使用示意图如图 3 所示^[18]。目前,终端设备和业务平台提供商的定位服务一般都通过用户面实现,如谷歌的紧急位置服务(emergency location service, ELS),通过安卓设备和谷歌的定位服务器直接通信实现。

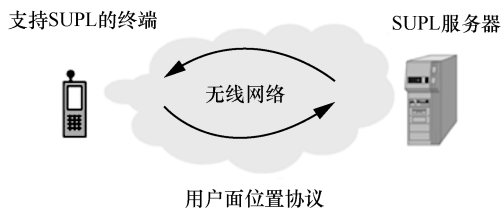


图 3 基于用户面定位的协议和使用示意图^[18]

安全用户面位置(secure user plane location, SUPL)^[18]规范由开放移动联盟(Open Mobile Alliance)制定。SUPL 1.0 版本用在 2G/3G 网络, SUPL 2.0.6 版本开始支持 5G, 最新的版本是 SUPL 3.0。

在 Rel-16 和 Rel-17 时间窗, 3GPP 没有深入研究用户面定位。随着 5G 网络的部署, 定位业务面临新的挑战: 更快的定位回应、更高的安全性、同时支持海量终端的定位等, Rel-18 阶段即将深入研究 5G 网络的用户面定位^[12]。

2 面向 5G-Advanced 网络的位置服务需求和潜在关键技术

2.1 更高的性能指标要求

2.1.1 更低时延

定位时延对于 toB 的业务场景非常重要, 对于移动速度很快的终端(如快速移动的物流小车), 获取其位置的时延过长可能导致所获得的位置已经不是终端当前的实际位置了。根据 SA1 定义的定位时延要求^[11], 最严格的情况下时延要求小于 10 ms, 普遍的定位时延需求在秒级。降低信令面时延的常用方法是缩减信令交互次数、减少定位请求方和被定位方之间的信令传输节点个数等。工业园区场景, 特别是 LMF 设置在园区时, 工业园区定位架构部署示意图如图 4 所示^[19], 上述减少信令节点个数的方法将是缩短时延方案设计的重要技术方向。

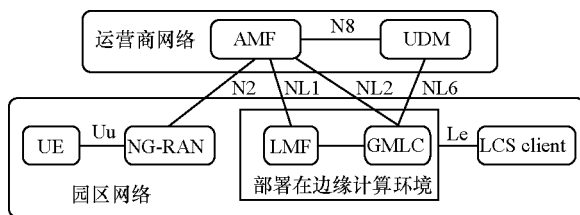


图 4 工业园区定位架构部署示意图^[19]

基于现有位置服务架构, 位于园区本地的 LMF(记为 Local LMF)和本地园区 RAN 节点之间的定位信令消息必须经过位于运营商网络中的 AMF, 这种必须经由运营商核心网 AMF 的迂回信令路由, 大幅增加了定位时延。

基于现有的位置服务架构, 可以在工业园区内部署本地 AMF, 由本地 AMF 在 RAN 节点和本地 LMF 之间转发定位信令。如果对现有架构进行修改, 可在 RAN 节点和本地 LMF 之间引入新的



界面,用于两者之间直接传递定位信令。在具体过程中,RAN节点和本地LMF之间直接传递定位信令,如图5所示,Local LMF可直接和RAN交互定位信令(图5中第2步、第6步),RAN基于已有的过程从UE处获得相关定位测量(第3步~第5步)后,直接反馈给Local LMF进行位置计算。

2.1.2 更低功耗

企业园区等 toB 场景通常部署了大量定位终端,如定位标签、定位传感器,因此降低定位终端的成本是一个非常重要的因素。为了尽可能降低成本,这些终端的能力往往很有限,如不具备全球导航卫星系统(global navigation satellite system, GNSS)定位能力、电池容量有限甚至不支持充电。降低单次定位过程中电量消耗,可以提高这些终端的使用寿命,如果同时能够保证定位的精度,将更好地满足垂直行业用户的需求。

为此,Rel-18专门提出了“低功耗高精度”定位的需求,例如,对于物料跟踪,要求同时达到定位精度小于1 m、定位频率15 s/次、电池寿命达到12~18个月(需求具体描述,请参考文献[20])。

降低终端的功耗,一方面依赖无线空口的优化设计,如已经引入的RRC-inactive状态,一方面也需要核心网方面的优化来避免不必要的信令交互。针

对物联网终端,Rel-16已经定义了针对蜂窝物联网的节能技术方案^[1],也定义了利用数据提早传输(early data transmission, EDT)机制的低功耗位置服务流程(参见文献[2]第6.7节),这些方法的思想可供参考。一种RRC_inactive状态下UE降低功耗的方案如图6所示^[21]。网络首先通过推迟的位置服务过程,指示UE监测到相关事件时需进行与定位相关操作(第1步)。当UE在RRC_inactive状态下检测到事件时,不进入无线资源控制(radio resource control, RRC)连接态,而是将测量得到PRS信号或者自己计算得出的当前位置,通过NAS信令消息发送给AMF(第2步~第4步),由于避免进入RRC连接态,从而减少了信令开销和功耗。LMF收到PRS信号完成UE位置计算(或直接收到UE上报的位置信息)后(第5步和第6步),将UE的位置信息发送给NEF或AF(第9步)。

2.1.3 更高精度

在基于NR等无线接入定位过程中,当发射接收点(transmission-reception point, TRP)向UE发送下行定位参考信息(downlink-PRS, DL-PRS)时,发送和接收DL-PRS的时延如图7所示^[22]。

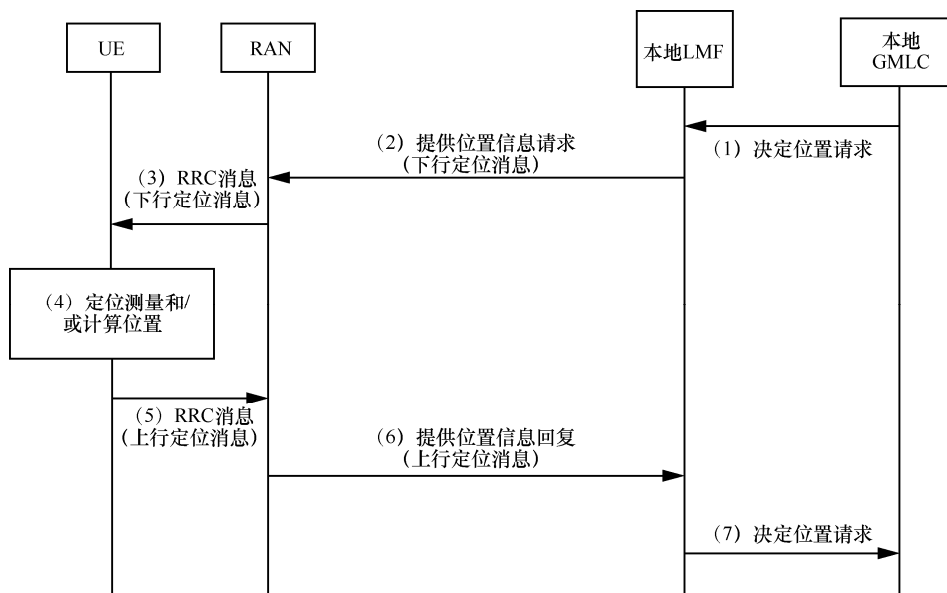


图5 RAN节点和本地LMF之间直接传递定位信令

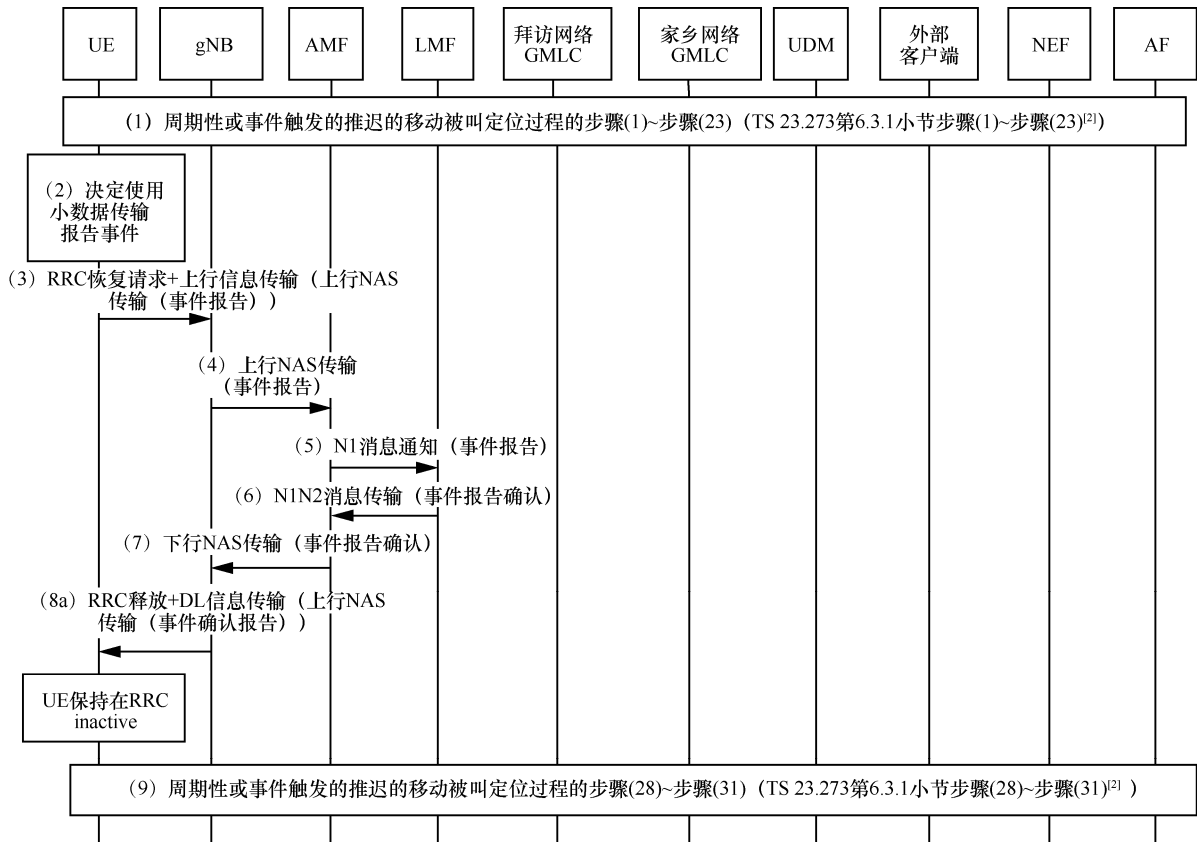


图 6 一种 RRC_inactive 状态下 UE 降低功耗的方案

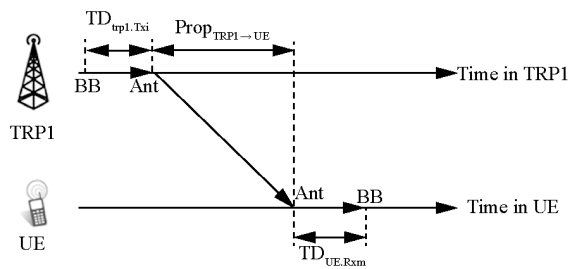


图 7 发送和接收 DL-PRS 的时延

从图 7 可知, UE 使用 DL-PRS 测得的到达时间 (time of arrival, TOA) 包括 3 部分: (1) TRP1 的基带 (baseband, BB) 到天线 (antenna, Ant) 的传输时延, 即 $TD_{TRP,Tx1}$; (2) TRP1 的天线到 UE 的天线的传输时延, 即 $Prop_{TRP1-UE}$; (3) UE 的天线到基带的传输时延即 $TD_{UE,Rxm}$ 。因为与时间相关的测量的参考点是 Tx/Rx 天线, 所以 TRP1 和 UE 之间的实际 TOA 应为上述 (2), 上述 (1) 和 (3) 是 TOA 的定时误差。定时误差包括时钟偏差和 UE/基站 (即 TRP) 的收/发定时误差, 经过设备

校准之后, UE/基站的收/发定时误差约为 10 ns 量级。考虑 1 ns 的时延误差将导致 30 cm 的定位误差, 因此, 消除上述定时误差可有效提高定位精度。

3GPP RAN1 讨论^[22]并确定了^[13]在接入网引入定位参考单元 (PRU) 来消除上述误差。当 PRU 是一种特殊的终端时, 可以扩展 UE 入网过程, 将其注册到网络中, 也可以配置到 LMF 供定位过程使用, 网络获知终端类 PRU 信息的 3 种方法及比较见表 1。当 PRU 作为基站功能的一部分时, 网络如何获知此类 PRU 的存在, 还需要进一步研究。

在方案一和方案二中, 当 LMF 决定需要从已注册的 PRU 获取位置测量信息时, LMF 通过发起 LPP 或 NRPPa 过程获得。随后, LMF 使用已知的 PRU 位置以及 PRU 测量信息确定校正项, 并用于校正定位目标 UE 的测量信息。



表 1 网络获知终端类 PRU 信息的 3 种方法及比较

	方案一	方案二	方案三
方案概述	AMF 注册 PRU 的方案 ^[23] PRU UE 向服务 AMF 指示其是否支持 PRU 能力, 认证和授权过程之后, 服务 AMF 使用 PRU 注册请求服务操作, 选择一个 LMF, 并向其注册该 PRU	PRU 直接注册到 LMF ^[23] PRU 向 AMF 发送上行, 非接入层 (non-access-stratum, NAS) 传输消息 (携带 LCS 定位参考单元注册请求消息), AMF 选择 LMF 并向其发送 LCS 关联标识符和该注册请求消息, LMF 验证是否允许该 UE 作为 PRU, 并向 AMF 返回确认消息	将 PRU 的信息 (如标识) 预先配置在 LMF 中 ^[24] 当 LMF 决定需要从 PRU 获取位置测量信息时, LMF 作为 LCS 客户端向 GMLC 请求 UE 位置, 即通过执行现有的定位过程获取 PRU 的信息
对 UE 的影响	任何支持定位和 LPP 的 UE 都可作为 PRU	任何支持定位和 LPP 的 UE 都可作为 PRU	任何支持定位和 LPP 的 UE 都可作为 PRU
对 NG-RAN 节点的影响	无	无	无
对 AMF 的影响	- 支持新的 UE 能力 (即 PRU 功能) - 支持在注册过程中将 PRU 的信息注册到 LMF 内 - 在 UE 上下文存储 LCS 关联 ID	- 支持 PRU 注册过程, 在 UE 和 LMF 之间透传 PRU 注册消息, 在该过程分配 LCS 关联 ID, 并发送至 LMF - 在 UE 上下文存储 LCS 关联 ID	无
对 LMF 的影响	- 支持 PRU 注册 - 存储 PRU 信息 - 需要时从 PRU 获取测量信息, 供计算 UE 位置使用	- 支持 PRU 注册 - 存储 PRU 信息 - 需要时从 PRU 获取测量信息, 供计算 UE 位置使用	- 配置有 PRU 的信息 - 需要时, LMF 作为 LCS 客户端发起对 PRU 的定位过程, 获取测量信息, 供计算 UE 位置时使用

从表 1 可以看出, 方案三对系统影响最小, 但方案三需要在 LMF 内预配置 PRU 的信息, 有一定的配置开销, 且不够灵活。此外, LMF 充当 LCS 客户端的角色获取 PRU 的信息时, 需要执行完整的定位流程, 存在信令迂回和信令开销大等问题。方案一要求 AMF 为每个 PRU 静态分配 LCS 关联 ID, 当同时有多个定位过程使用相同 PRU 时, LMF 使用同一 LCS 关联 ID 标识不同的定位过程, 因此 LMF 无法区分属于不同定位过程的消息。方案二要求 LMF 也支持分配 LCS 关联 ID 的功能, 导致 AMF 和 LMF 均支持 LCS 关联 ID 分配功能, 存在功能冗余的问题。

这 3 个方案均存在一些问题, 因此, 如何利用 PRU 提升定位精度, 将是 Rel-18 的研究热点之一。此外, 利用 LMF 播发 GNSS 参考信号的方式, 既可以提升定位精度, 也可以降低功耗^[25]。

2.2 功能增强的定位技术

2.2.1 sidelink 定位

sidelink 定位指通过在两个邻近 UE 之间的接

口 (即 PC5 接口) 传递定位参考信号, 确定 UE 的绝对位置或相对位置。sidelink 定位的使用场景是车联网 (vehicle-to-everything, V2X) 和公共安全场景 (包括终端在网和脱网场景), 具体请参见文献[26]。

以 V2X 场景为例, 有 3 种基于 sidelink 的定位模式, 包括 sidelink 绝对定位、sidelink 相对定位、sidelink 辅助定位^[27]。3 种 sidelink 定位模式示意图如图 8 所示。

sidelink 绝对定位指根据目标 UE (如图 8 中的车载单元 (on-board unit)) 和其他 UE 之间的 PC5 接口的测量信息、其他 UE 的绝对位置及计算目标 UE 的绝对位置 (即经度、纬度等信息) 计算目标 UE 的位置。sidelink 相对定位指根据邻近 UE 的 PC5 接口的测量信息计算邻近 UE 之间的相对位置 (相对距离和角度等信息), 即图 8 中弱势道路使用者 (vulnerable road user, VRU) 之间的相对位置。sidelink 辅助定位指核心网内的 LMF 计算目标 UE 的绝对位置时, 参考目标 UE (图 8 右侧中间的车辆) 的 PC5 接口的测量信息。

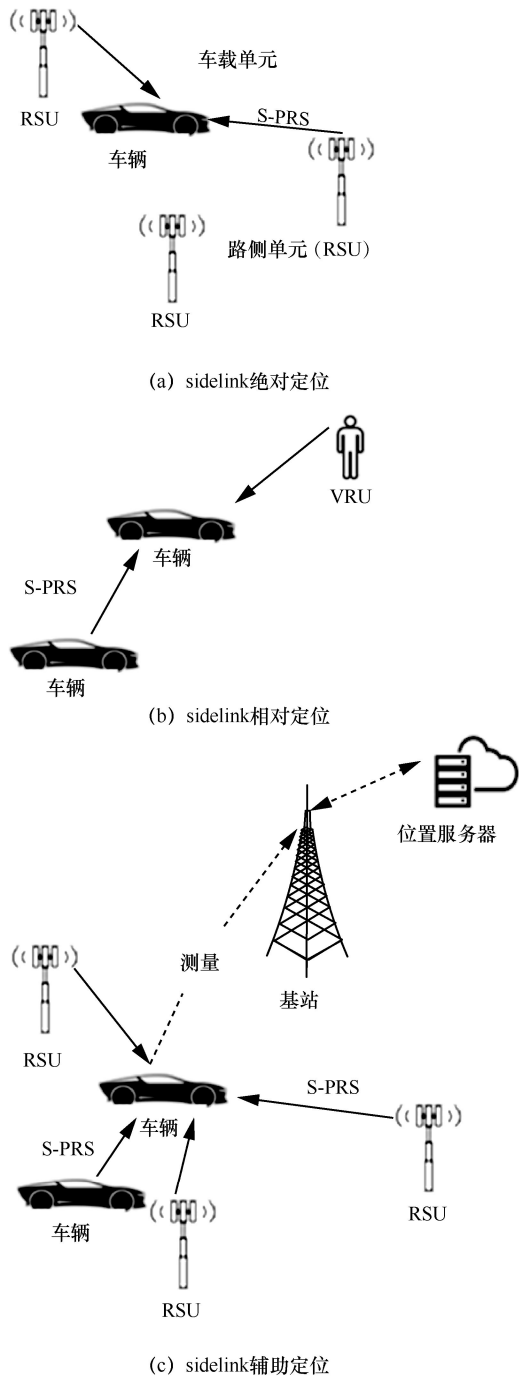


图8 3种sidelink定位模式示意图

由于上述3种模式均要求在PC5界面测量定位所需要的信息,可以基于尽可能重用现有PC5接口的功能的思路,例如,通过增强现有的PC5发现^[28]过程,实现在发现过程中完成定位测量和位置计算;也在现有的PC5通信^[28]过程之后,通过用户面传递定位信令,完成定位测量和位置计

算。此外,也可以在PC5接口引入新的控制协议,一种支持sidelink定位的协议栈如图9所示^[29]。其中,sidelink定位控制协议(sidelink positioning control protocol, SPCP)专门用于配置、协调定位参考信号,传递相对定位结果。

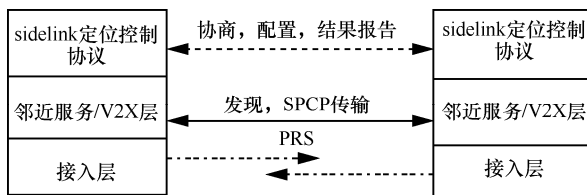


图9 一种支持sidelink定位的协议栈

2.2.2 用户面定位技术

从移动通信网络角度出发,用户面定位技术仅利用5G网络用户面及相关特性(如MEC等),即可实现更灵活的部署、更小的时延及支持更大的位置服务并发请求。

(1) 基于用户面定位支持突发大量定位请求

在灾害或者事故发生时,网络可能需要处理大量突发定位请求。如果采用控制面的方案,不但需要多层信令传输,还需要经过RRC、NG-AP、HTTP2的协议转换,将对5G控制面带来较大的信令冲击。基于用户面的方法,由于5G网络对于高并发数据业务的支持,基于用户面的定位方法(如使用SLP)可以很好地支持突发大量定位请求。

基于用户面的方法不受控制面无线RRC消息负荷大小的限制,用户面的一次交互往往可以传递多条消息。例如,一条用户面位置协议(userplane location protocol, ULP)消息可以同时传递LTE定位协议^[16]的设备能力报告和辅助数据请求。这减少了信令交互次数,通过并发降低了时延。

(2) 用户面定位对于增强的安全性支持

对于安全敏感的场景,如面向商务(toB)的部署,需要定位信令和数据不出园区的本地定位架构。对于大的园区,部署一个SNPN可以满足要求,但是成本比较高。用户面定位则可以经济、



灵活地满足这个需求。SLP 和设备直接通过用户面通信,可以在多种安全方案中选用满足客户需求的方案,如将 SLP 作为一种边缘应用服务器 (edge application server, EAS) 集成到园区部署的边缘数据网络中,则各种定位数据都可以留在园区内部。用户面的数据保护也比控制面要更加直接。

在更多的时候,园区的数据并不是全部敏感的,如大区域的 TAC 信息,或多卡终端和公共网络的连接等信息。SUPL 2.1 和 SUPL 3.0 支持发现 SUPL 定位平台 (discovered-SLP location platform, D-SLP)。公共网络的归属 SUPL 定位平台 (home-SUPL location platform, H-SLP) 可以使用用户设备的非敏感信息完成粗精度定位请求,在需要更多信息完成更高要求的场景中, H-SLP 可以让园区内部的 D-SLP 利用更多的信息实现。这样既可以保证一般性的公共定位业务,同时,对于 toB 业务的数据,也可以实现更强的安全性。

(3) 用户面定位的局限性

用户面定位虽然简单直接,不依赖具体电信网络。但正是对网络的独立性,用户面的定位技术不能利用上行 (uplink) 信号的测量结果。与 3GPP 无线接入技术 (radio access technology, RAT) 相关的定位方法中,往返传播时间 (round trip time, RTT) 和增强小区标识 (enhanced cell identity, ECID) 需要 gNodeB 对上行探测参考信号 (sounding reference signal, SRS) 进行测量,

这些方法在用户面定位中无法得到使用。

对于园区定位,由于区域大小有限,信号同步难度不大,可以实现下行信号的到达时间差定位 (downlink time difference of arrival, DL-TDOA) 对于 PRS 信号同步的要求。从这个角度看,用户面定位在边缘计算领域,优势比较明显。

另外,SLP 直接与用户设备通信,对于网络的安全,用户认证都是需要考虑的因素;对于 SLP 的请求,设备的回应也可能有多种选择。

最后,SLP 和用户设备通信的通道也有不同的选择。对于紧急呼叫 (emergency call) 场景,SLP 需要通过专有网络 and 用户设备通信;在其他场景,SLP 也可能使用 IMS 网络或 Internet。

总的看来,在 3GPP 网络中,SLP 有各种灵活性,既可以按照应用功能 (AF) 或边缘应用服务器部署,也可以和现有 GMLC 或 LMF 一起部署,SLP 部署示例如图 10 所示^[15],支持园区用户的各种场景。

2.2.3 5G 卫星接入的位置服务

5G 非地面网 (non-terrestrial network, NTN) 在一些要求广域覆盖的工业应用场景中具有显著优势,3GPP SA2 工作组已经开展了支持卫星接入网的 5G 网络架构、服务质量 (quality of service, QoS) 增强和移动性管理增强等方面的标准化工作。卫星接入网络的部署示意图如图 11 所示^[30]。

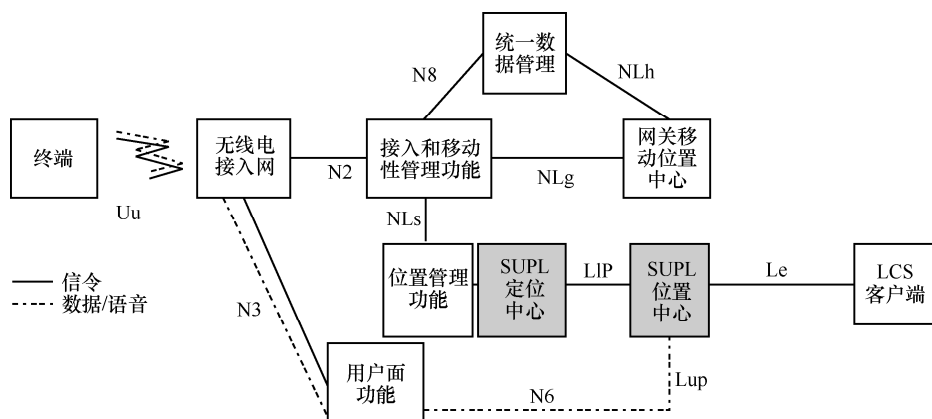
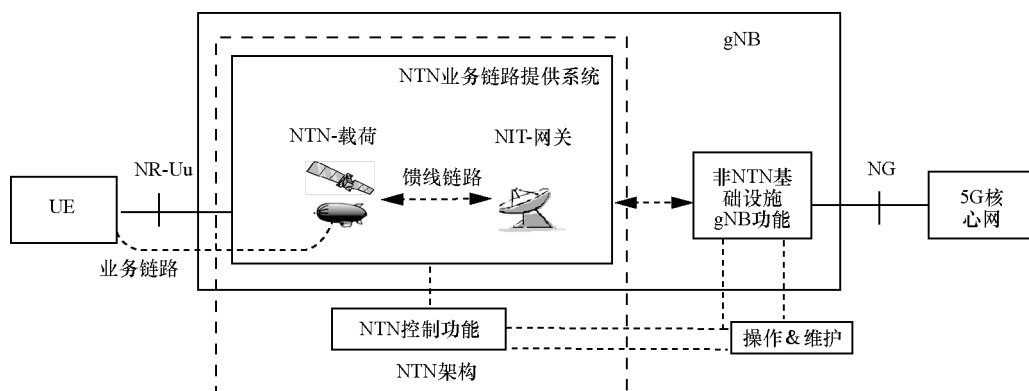


图 10 SLP 部署示例^[15]

图 11 卫星接入网络的部署示意图^[30]

单个卫星的无线覆盖可以跨越几个国家，此时需要根据 UE 所处的国家选择接入对应的公共陆地移动网（public land mobile network, PLMN）。UE 可以通过 GNSS/辅助的 GNSS（assisted-GNSS, A-GNSS）等方式获取当前的位置信息，并提供给网络用于 PLMN 选择。由于网络认为终端上报的 GNSS/A-GNSS 的位置信息是不可信的，因此，仅依赖 UE 上报的位置信息执行网络选择将是不可靠的，特别是无法满足合法监听等要求终端准确位置的场景。AMF 根据 gNB 提供的 UE 所选的 PLMN 标识和用户位置信息（user location information, ULI）（在 NG-AP 消息中携带，包含 UE 当前接入社区的标识等信息）决定是否允许 UE 在当前的位置接入该 PLMN，如果出现 ULI 的精度不足以让 AMF 完成判断，则网络会发起定位过程来获得满足精度要求的 UE 位置信息。网络发起的定位过程会给 UE 入网过程带来额外开销，如果网络依据该定位过程获得的 UE 位置判定该 UE 不能接入当前 PLMN，则网络会指示 UE 重新选网，这对用户体验影响较大。同时，该过程也增加了监管机构获得 UE 位置的时延。在卫星接入场景，如何可靠高效地验证 UE 位置，以满足监管类业务的需求，是 Rel-18 要研究的热点之一。由于多种原因，基于卫星接入技术实现对终端定位即基于网络的定位没能进入 Rel-18 的研究范围^[31]，这不但给验证通过卫星接入的终端的位置的研究带来了不小的难度和不确定

性，也将给通过卫星接入的不具备 GNSS 能力的终端（如低成本物联网终端）的位置服务应用带来巨大挑战。

3 结束语

本文在介绍 3GPP 定义的 5G 位置服务架构、相关网络功能和流程的基础上，进一步介绍了 Rel-18 位置服务项目的主要研究内容和潜在的关键技术：一类是提升定位性能指标的内容，如进一步降低定位时延、降低定位功耗、提升定位精度等，并简单分析、比较了网络支持引入 PRU 的 3 个潜在方案如何提升精度；一类是功能增强方面的内容，如 sidelink 场景定位的 3 种模式和定位实现方法，利用用户面定位方法来支撑大量突发定位请求、园区场景的位置服务、卫星接入场景如何验证终端的位置等。

6G 时代，位置服务将应用到更多垂直行业^[32-33]、新媒体^[33]，甚至超高速场景^[34]，如在智能工厂、智慧物联网等需要实时精确地确定人员、车辆、资产、物联网（Internet of things, IoT）装置以及智能机器臂的位置，定位精度通常需要达到 1~5 cm^[32,35]，有些场景甚至需要达到毫米级；在超能交通场景下，飞机、磁悬浮列车等承载的终端的移动速度将超过 1 000 km/h 等场景，对 6G 在超高移速下支持实时通信业务和高精度定位业务提出挑战^[34]。初步研究结果表明，定位精度的进一步提升，将有赖于载波相



位定位^[34]、人工智能技术^[32]、通信和定位融合^[32,36]、超高载波频率^[36]、大规模天线阵列^[33,35]等新技术的发展和应用。

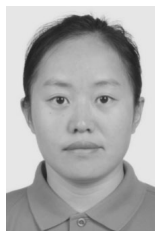
参考文献:

- [1] 3GPP. System architecture for the 5G system; stage 2:TS23.501[S]. 2021.
- [2] 3GPP. 5G system (5GS) location services (LCS); stage 2:TS23.273[S]. 2021.
- [3] Qualcomm Incorporated. Addition of a scheduled location time: S2-220106[R]. 2021.
- [4] CATT. UE positioning capability storage: S2-2105123[R]. 2021.
- [5] Ericsson. Summary of AI 8.11.3 RRC_INACTIVE: R2-2201068[R]. 2022.
- [6] Ericsson. Report on procedures and signaling for on-demand PRS: R2-2200047[R]. 2022.
- [7] CATT. [AT115-e][610][POS] PRUs: R2-2108940[R]. 2021
- [8] 3GPP. Study on NR positioning enhancements, Version 17.0.0: TR 38.857[S]. 2021.
- [9] Huawei. New WID on low power high accuracy positioning for industrial IoT scenarios (LPHAP): S1-210365[R]. 2021.
- [10] Qualcomm. New WID on requirements on vehicle-mounted relays (VMR): S1-213262[R]. 2021.
- [11] 3GPP. Service requirements for next generation new services and markets; stage 1: TS 22.261[S]. 2022.
- [12] CATT, Huawei. New SID on enhancement to the 5GC location services phase 3: SP-211637[R]. 2021.
- [13] Intel Corporation, CATT, Ericsson. Revised SID on study on expanded and improved NR positioning: RP-213588[R]. 2021.
- [14] CATT. Work plan for eLCS_Ph3: S2-2200369[R]. 2022.
- [15] 3GPP. Stage 2 functional specification of user equipment (UE) positioning in NG-RAN, Version 16.0.0: TS 38.305[S]. 2019.
- [16] 3GPP. LTE Positioning Protocol (LPP): TS 36.355[S]. 2020.
- [17] 3GPP. NR Positioning Protocol A (NRPPa): TS 38.455[S]. 2020.
- [18] Open Mobile Alliance, OMA AD SUPL. Secure user plane location architecture[S]. 2012.
- [19] Huawei, HiSilicon. Key issue proposal on enhanced positioning architecture for vertical use case: S2-2200781[R]. 2022.
- [20] 3GPP. Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains: TS 22.104[S]. 2020.
- [21] CATT, Ericsson CATT. Impact on SA2 with DL NR positioning in RRC_INACTIVE: R2-2200295[R]. 2022.
- [22] CATT. Discussion on accuracy improvements by mitigating UE Rx/Tx and/or gNB Rx/Tx timing delays: R1-2100385[R]. 2021.
- [23] Qualcomm Incorporated. Signaling and procedures for supporting positioning reference units: R2-2108386[R]. 2021.
- [24] CATT, ZTE Corporation, Intel Corporation. Discussion on positioning reference units (PRUs): R2-2109489[R]. 2021.
- [25] Huawei, HiSilicon. Key issue for supporting low power high accuracy positioning of GNSS: S2-2200792.23.700-71[R]. 2022.
- [26] 3GPP. Study on scenarios and requirements of in-coverage, partial coverage, and out-of-coverage NR positioning use cases: TR 38.845[S]. 2020.
- [27] Nokia. Sidelink positioning for Rel-18: RWS-210073[R]. 2021.
- [28] 3GPP.Proximity based Services (ProSe) in the 5G System (5GS):TS23.304[S]. 2020.
- [29] Qualcomm Incorporated. New key issue on RAT independent control signaling: S2-2201158. TR 23.700-86[R]. 2022.
- [30] Huawei, Thales, Ericsson, et al. Support non-terrestrial networks: R3-220071[R]. 2022.
- [31] N Vice-Chair (AT&T), Thales. New WI: NR NTN (non-terrestrial networks) enhancements: RP-213522[R]. 2021.
- [32] 中信科移动. 全域覆盖场景智联-6G 场景、能力与技术引擎白皮书[R]. 2021.
CICT Mobile. Full domain coverage scenario intelligent connected-6G scenario, capability and technology engine whitepaper[R]. 2021.
- [33] LATVA-AHO M, LEPPÄNEN K. Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence[R]. 2019.
- [34] 刘光毅, 金婧, 王启星, 等. 6G 愿景与需求: 数字孪生、智能泛在[J]. 移动通信, 2020, 44(6): 3-9.
LIU G Y, JIN J, WANG Q X, et al. Vision and requirements of 6G: digital twin and ubiquitous intelligence. [J]. Mobile Communications, 2020, 44(6): 3-9.
- [35] NAKAMURA T. 5G evolution and 6G[C]//Proceedings of ICDNC'21: International Conference on Distributed Computing and Networking 2021.2021: 2.
- [36] 赵军辉, 李一博, 王海明, 等. 6G 定位的潜力与挑战[J]. 移动通信, 2020, 44(6): 75-81.
ZHAO J H, LI Y B, WANG H M, et al. 6G localization: potentials and challenges[J]. Mobile Communications, 2020, 44(6): 75-81.

[作者简介]



艾明 (1974—), 男, 中信科移动通信技术股份有限公司正高级工程师, 主要研究方向为网络架构、位置服务、定位、智能化等。



侯云静 (1985—), 女, 中信科移动通信技术股份有限公司高级工程师, 3GPP SA2 标准代表, 主要研究方向为定位、网络切片等。

周润泽 (1988—), 男, 华为技术有限公司高级工程师, 3GPP SA2 标准代表, 主要研究方向为定位、授时、5G LAN 等。

蔡茂 (1973—), 男, 上海诺基亚贝尔股份有限公司高级标准专家, 主要研究方向为 LCS、V2X、Ranging 等。