

低空智联网无人机定位综述：迈向以 5G 为核心的 “空-天-地”一体化协同架构

金耀^{1,2}, 邓中亮¹, 张贺², 丁振柯¹, 唐雄燕², 王泽林²

¹北京邮电大学电子工程学院, 中国北京市, 100876

²中国联合网络通信有限公司, 中国北京市, 100176

摘要：低空经济的快速扩张正驱动对高精度、高可靠性定位技术的强烈需求，以支持多样化的航空作业。本综述在低空智联网（LAIN）框架下探讨核心定位方法，首先分析低空飞行场景的定位需求和性能指标。系统评估了主流定位技术的原理、优势与局限性，涵盖全球导航卫星系统（GNSS）、地面无线定位及自主导航技术，并梳理了主流的一体化协同定位方案。分析表明，单一定位技术在复杂的低空环境中存在不足，这凸显了多源融合与无人机（UAV）集群协同定位已成为未来趋势的关键作用。针对当前 LAIN 中的基础设施薄弱和高昂的部署成本，提出一种以 GNSS 和第五代移动通信技术（5G）为核心的“空-天-地”一体化协同定位架构。地面层融合 5G 与 GNSS 实现广域增强定位。空中层通过 5G 航空器对万物通信（A2X）与直通链路（SL）构建用于 UAV 协同定位的自组织网络。空间层利用低轨卫星（LEO）突破通信与定位的覆盖局限。这种分层架构通过基础设施复用降低部署成本，实现通信与导航能力的深度集成。通过支持 3 个领域的协同增强，该框架提升了定位鲁棒性，并提供经济高效、泛在且高可靠的定位服务。文末展望了具有前景的研究方向。本综述旨在为 LAIN 的持续发展提供系统性参考与新颖的架构思路。

关键词：低空智联网（LAIN）；无人机（UAV）；融合定位；通导一体化；空-天-地协同

<https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2025.0127>