

广域立体覆盖低空通信技术 专题导读



专题策划人



金石



刘凡

随着低空经济蓬勃发展，无人机物流、空中巡检、城市空中交通等应用对无线网络提出极高要求。传统地面二维覆盖难以支撑低空立体空间通信，通信感知一体化（ISAC）技术正变革低空网络的运行模式。然而，低空立体网络在高度维度增加、传播与干扰结构变化、全球导航卫星系统（GNSS）拒止环境及三维移动连续性等方面仍面临重大挑战。为此，本期以“广域立体覆盖低空通信技术”为主题，收录了6篇文章，从通感理论边界、网络规划优化、资源分配、移动性管理、协作感知及具身智能导航等角度展开探讨。

《面向低空广域立体覆盖的ISAC理论与关键技术》在分析低空广域立体覆盖需求的基础上，剖析了通信随机性与感知确定性的内在冲突，引入随机矩阵理论确立性能边界，探讨多站协同、可重构智能表面、可移动天线等关键技术及发展趋势。文章为低空物联网提供了理论支撑，并对安全、隐私与可信监管等技术路径进行了展望。

《低空立体覆盖网络中的关键技术：网络规划与优化》深入探讨了低空网络建设的两大核心环节。在网络规划方

面，提出了一种基于解耦表征学习的低空网络覆盖预测框架，有效解决了基站波束方向图无法获取及数据稀疏问题。在网络优化方面，重点阐述了初始接入阶段覆盖场景配置对低空覆盖的影响机制，以及天线面板角度的优化方法，为构建高效可靠的低空立体覆盖网络提供理论依据。

《从通信连续性到通感连续性：通感一体化切换技术》梳理了ISAC移动性管理的演进路径。从链路级层面阐述了感知辅助切换与感知服务切换两种典型范式；在网络级层面剖析了感知切换与ISAC切换的核心挑战，并提出了相应的感知切换流程，进而设计了模糊感知切换算法，仿真验证了其在保障“通信-感知双连续性”上的优越性能，为ISAC移动性管理提供了系统的理论指导。

《基于通信感知一体化的多基站无源协作感知技术》针对视距（LoS）链路不稳定、异步时间偏移（TO）与载波频率偏移（CFO）等挑战，构建了基于正交频分复用（OFDM）的多点无源协作感知信号处理方案，提出了多点相位同步互相关（MPSCC）方法以抑制测距模糊，并开发了包含LoS存在时的椭圆-到达方向（DOA）联合定位及LoS不存在时的TDOA联合定位的数据级融合算法，为未来6G ISAC网络中的高精度多节点协作感知奠定了坚实的算法基础。

《GNSS拒止下低空无人机导航与资源分配优化》针对低

空无线网络面临的全球导航卫星系统拒止与机载射频资源受限问题，提出了一套完整的下行传输框架。在导航阶段，基于地面参考锚点的方位几何特征设计了纯角度制导策略；在通信阶段，构建了联合用户调度与波束赋形的优化模型，并提出基于交替优化（AO）、逐次凸逼近（SCA）和半定松弛（SDR）的高效求解算法。仿真结果表明，该方案在递减角度误差下能可靠捕获目标，并显著提升了系统服务性能。

《面向未知环境的频谱与激光雷达联合具身建图与导航》聚焦卫星导航不可达的室内及地下等封闭场景，提出了一种频谱与激光雷达联合的具身建图与导航框架。在感知层，通过建图网络将稀疏频谱采样与局部几何信息联合反演为全局势场与障碍概率图；在决策层，引入深度强化学习网络捕捉历史轨迹与环境特征。测试表明，该方法显著降低了碰撞率与路径冗余度，为利用已有无线基础设施辅助避障导航提供了多模态联合驱动的新思路。

本期的作者来自知名高校与科研机构。专家们紧扣低空经济发展的战略需求，从低空通感一体化理论边界、立体网络规划与优化、三维移动性管理、多站协作感知、复杂环境下的自主导航以及具身智能建图等多个维度，系统地介绍了最新的研究成果。期待这些高质量的研究成果能够为中国广

域立体覆盖低空智能网的理论演进与工程实践提供有益的参考和借鉴，并在此对所有作者和审稿专家的大力支持表示由衷的感谢！

策划人简介

金石，东南大学副校长、首席教授、博士生导师，教育部“长江学者奖励计划”特聘教授，国家自然科学基金杰出青年科学基金获得者，国家“万人计划”科技创新领军人才；长期从事移动通信的教学和研究工作，在移动通信理论与关键技术、物联网理论与关键技术，以及人工智能在移动通信中的应用等领域取得系列创新成果；研究成果获得省部级科学技术一等奖10项；已发表论文900余篇，获授权国际/中国发明专利100余项，出版专著5部、教材3部。

刘凡，东南大学青年首席教授、博士生导师，国家级青年人才，科睿唯安全球高被引科学家，爱思唯尔中国高被引学者；长期从事通信感知一体化等移动通信前沿技术研究；主持国家自然科学基金青年基金（B类）、国家科技重大专项任务等项目；获中国电子学会自然科学奖一等奖、中国通信学会科技进步奖一等奖、中国电子学会优秀博士学位论文奖、IEEE通信学会莱斯奖，以及6项IEEE学会级最佳论文奖等奖项；发表论文100余篇。