

# 面向 6G 的低空智能网联系统用例研究

康绍莉<sup>1,2</sup> 王可<sup>1,2</sup> 秦海超<sup>1,2</sup> 冯云九<sup>2</sup> 王丹<sup>2</sup> 杨祺欣<sup>2</sup>

- (1. 中信科移动通信技术股份有限公司,北京 100083;
2. 无线移动通信全国重点实验室,北京 100191)

**摘要:**基于国际电信联盟(International Telecommunication Union,ITU)提出的第六代移动通信(the Sixth Generation Mobile Communication,6G)六大典型应用场景,第三代合作伙伴计划(3rd Generation Partnership Project,3GPP)开展了6G用例与业务需求研究,并形成6G技术报告TR22.870。以TR22.870为基础,面向6G低空智能网联系统开展研究,梳理以无人机为代表的低空智联应用场景及典型用例,并结合通信与人工智能(Artificial Intelligence,AI)融合、通感一体化等相关场景分析低空应用需求。在此基础上,总结低空智联在通信速率、时延可靠性以及定位与感知能力等方面的重要技术指标,并进一步探讨面向6G低空智联的潜在重要技术,为低空智能网联系统的发展提供参考。

**关键词:**6G;低空智联;无人机;AI;通感一体化

**中图分类号:**TN929.5;V35

**文献标志码:**A

**引用格式:**康绍莉,王可,秦海超,等.面向6G的低空智能网联系统用例研究[J].信息通信技术与政策,2026,52(4):2-14.

**DOI:**10.12267/j.issn.2096-5931.2026.04.001

## 0 引言

随着无人机、电动垂直起降飞行器等低空飞行器的快速发展与逐步应用,低空经济正成为全球产业创新与竞争的焦点,中国也在积极推进低空智能网联系统(简称“低空智联”)等基础设施的发展<sup>[1-2]</sup>。当前,低空智联主要以第五代移动通信(the Fifth Generation Mobile Communication,5G)增强和卫星互联网为基础,通过融合低空飞行器对万物的通信以及自组织网络,在物流配送、地理测绘、农业植保等领域实现初步应用<sup>[3]</sup>。然而,现有网络在覆盖连续性、高可靠低时延、多维感知融合及广域协同智能等方面仍存在明显的局限性,难以满足未来规模化、系统化、安全化的低空应用需求。第六代移动通信(the Sixth Generation Mobile Communication,6G)技术以其全域覆盖、通感

算智一体等特征<sup>[4-6]</sup>,被视为突破低空智联发展瓶颈、赋能低空经济新业态的关键技术。

针对国际电信联盟(International Telecommunication Union,ITU)为6G描绘的六大典型应用场景<sup>[7]</sup>——沉浸式通信(Immersive Communications,IC)、超高可靠低时延(High Reliability Low Latency Communication,HRLLC)、海量通信(Massive Communications,MC)、泛在连接(Ubiquitous Connectivity,UC)、通感一体化(Integrated Sensing and Communications,ISAC)、通信与人工智能(Artificial Intelligence,AI)融合,国际标准化组织第三代合作伙伴计划(3rd Generation Partnership Project,3GPP)自2024年起启动6G需求研究,并于2026年1月完成6G技术报告《Study on 6G Use Cases and Service Requirements》(TR22.870)<sup>[8]</sup>。该报告系统地梳理和定义了面向6G的潜在用例及其服

务需求,为后续 6G 技术研究和标准制定提供了指导。本文以 TR22. 870 为基础研究面向 6G 的低空智联,基于对典型场景和代表性用例的梳理,探讨各场景的重要技术指标和潜在重要技术,以期为低空智联在 6G 的应用提供参考。

## 1 面向 6G 的低空智联用例整体介绍

6G 技术报告 TR22. 870<sup>[8]</sup> 基于第 5 章建立的系统与运行分析,在第 6~11 章定义了 6 个主要场景——通信与 AI 融合场景、ISAC 场景、UC 场景、IC 场景、MC 场景、垂直行业(Industry and Verticals,IV)场景。如图 1 所示,各场景总共设计了 156 个 6G 用例,并针对每个用例进行了用例描述及前提条件、服务流程、后置条件、覆盖用例的已有特性、支持用例的潜在新需求等方面的分析。其中,低空智联相关的用例有 14 个,涵盖通信与 AI 融合场景、ISAC 场景、UC 场景、IV 场景。下文将针对各场景的用例及涉及的重要技术指标、潜在重要技术等进行具体分析。

## 2 通信与 AI 融合场景的低空智联用例分析

### 2.1 用例总体说明及分析

随着 6G 向通信与 AI 深度融合方向发展,低空空

域逐步成为智能化网络能力的重要应用场景,形成以无人机为代表的低空智联应用形态。此类场景运行于动态复杂环境中,强调多个无人机在任务驱动下的协同运行,对网络在低时延、高可靠通信及智能协同能力方面提出了更高要求。基于 TR22. 870<sup>[8]</sup> 中 AI 相关用例,结合低空智联应用特征,本文主要对智能无人机群、AI 智能体通信、协作式 AI 智能体、公共场景 AI 智能体辅助救援 4 个典型用例进行分析,图 2 展示了其相关应用场景及其与网络的交互情况。

智能无人机群用例适用于应急救援、灾害评估等网络条件受限的复杂应用场景。多架无人机在能力异构和无线条件受限的情况下协同执行感知与定位任务,对网络在动态组网、协同通信与计算支持方面提出了更高要求。

AI 智能体通信用例从通用层面展示了无人机中的 AI 智能体在任务驱动下的协同通信模式,强调以 AI 智能体协作任务为核心的通信组织方式。该用例表明,为保障多智能体在任务执行中的动态协作,网络需在连接管理、服务感知及计算协同等方面提供支持。

协作式 AI 智能体用例体现了低空智联中智能体跨区域协同运行的需求。无人机中的 AI 智能体可在不同边缘节点的计算与服务支持下运行,并在授权前

通信与AI融合场景(61个用例)	ISAC场景(26个用例)	UC场景(20个用例)
6.2 通过6G中的资源开放优化6G基础设施利用率 ... 6.6 6GAI智能体与第三方人工智能使用LLM协作 6.7 AI智能体通信 6.8 6G系统辅助AI智能体服务 6.9 协作式AI智能体 6.10 家庭机器人 ... 6.13 网络知识作为生成式AI检索增强生成一部分 6.14 智能无人机群 6.15 6G系统辅助目标物体检测 ... 6.61 考虑人工智能服务的动态QoS和网络资源效率支持 6.62 公共场景AI智能体辅助救援	7.2大型灾害区域搜救任务协调 ... 7.4 高分辨率地形图 7.5 低空无人机监管 7.6 环境物体重建 ... 7.15 基础设施坍塌监测 7.16 基于多传感器融合感知的无人机起降 7.17 启用非3GPP无线感知 7.18 安全经济的无人机运输 7.19 网络辅助智能交通 ... 7.22 结构健康监测 7.23 无人机检测、分类与计数 7.24 工业环境中的手势识别 ... 7.27 智能工厂中机器人协作传感	8.2 泛在弹性网络 ... 8.8 全球移动视频 8.9 NTN支持的低空物流 8.10 混合TN和NTN定位 8.11 混合NTN和GNSS定位 8.12 基于无人机的泛在应急救援 8.13 基于HAPS的公共安全与灾害响应快速部署网络 ... 8.21 基于事件的PLMN间协调
IC场景(18个用例)	MC场景(2个用例)	IV场景(29个用例)
9.2 沉浸式游戏 ... 9.19 联合QoS处理	10.2 广域覆盖 10.3 公用事业基础设施监控	11.2 城市空中交通飞行器载通信 11.3 协作移动机器人 11.4 实时数字孪生 11.5 由6GNTN支持的先进空中交通沉浸式媒体服务 11.6 6G中高速航空器通信服务 11.7 低空飞行器辅助空域管理 11.8 基于3D工厂模型的AR引导任务 ... 11.30 自主机器人赋能的智能制造

注：标红部分为低空智联用例。

图 1 6G 用例场景分类与低空智联用例

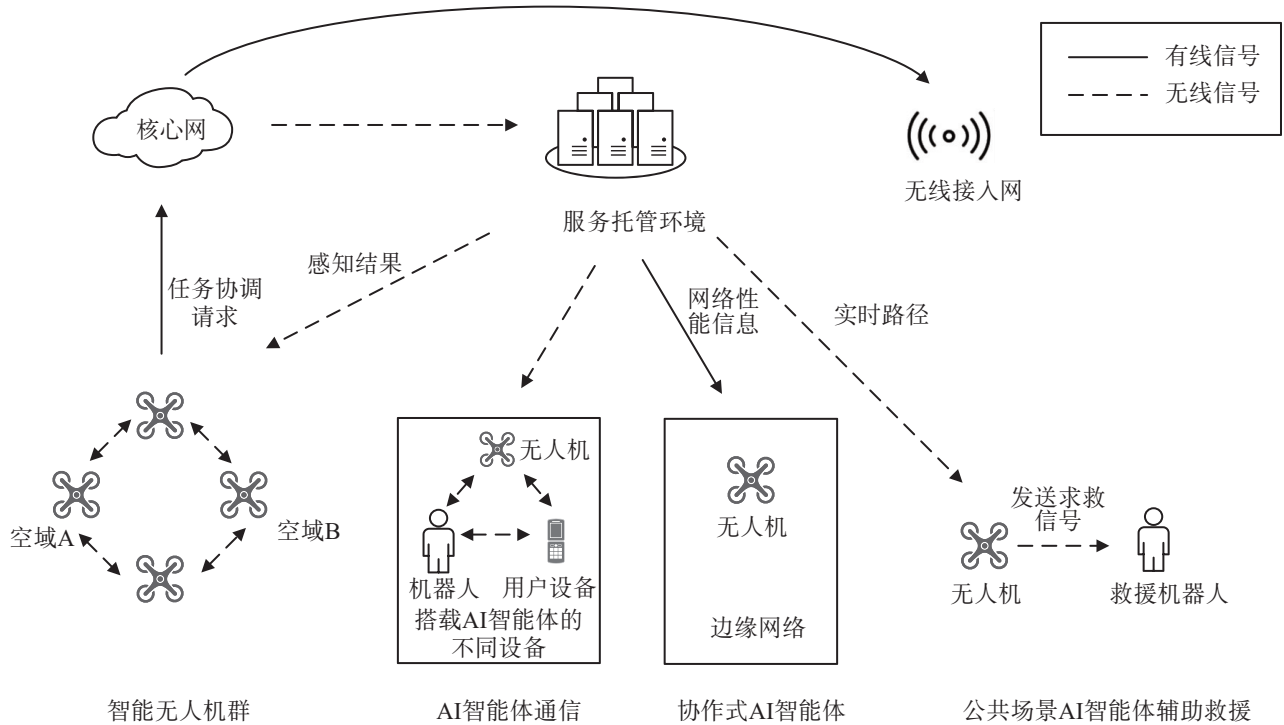


图2 通信与AI融合场景的低空智联示意图

前提下共享信息以完成联合决策。在低空场景中,此类智能体通常与无人机等强移动性节点绑定,其协作连续性与跨边缘支持能力成为网络需重点保障的能力。

公共场景AI智能体辅助救援用例展示了低空智联在低空场景中的公共安全应用。通过部署具备AI能力的无人机与机器人,对水域环境进行监测并触发救援流程,对分布式智能体协作、可靠通信及可控运行能力提出了明确需求。

## 2.2 重要技术指标

通信与AI融合场景下的低空智联用例,对网络在通信传输速率、通信时延与可靠性、服务托管环境、定位服务、网络覆盖与控制能力等重要技术指标,以及支撑多智能体协同运行的服务能力方面提出了综合性要求(见表1)。与5G技术需求<sup>[3,8]</sup>相比,6G低空智联在多智能体并发上行传输、网络辅助定位能力以及低空连续覆盖等方面具有更高要求<sup>[8]</sup>。

## 2.3 潜在重要技术

实现通信与AI融合场景的低空智联,需要一系列潜在重要技术<sup>[3,10]</sup>来支撑(见图3)。

(1)面向AI智能体的原生通信与协作技术:通过在网络层面支持AI智能体的身份识别、可信接入与协

作通信,为低时延、高可靠以及安全可控的智能体间信息交互提供基础支撑。

(2)跨边缘计算协同与资源调度技术:通过支持端—边—网多层计算资源的协同与按需调度,提升计算与智能协同能力,降低低空智联场景下多智能体协作的计算时延。

(3)群体级协作通信与联合计算技术:通过面向无人机群和多智能体系统的群体级通信与计算协同机制,支撑高连接密度条件下的协同控制与联合决策需求。

(4)任务感知与服务暴露的网络技术:通过使网络具备对AI智能体任务特性和服务需求的感知能力,并向授权应用暴露相关网络与服务信息,保障多智能体协作任务的高效执行。

## 3 ISAC场景的低空智联用例分析

### 3.1 用例总体说明及分析

在6G ISAC场景中,低空智联作为全域环境检测、动态资源调度与应急响应协同的重要保障,通过整合地面感知网络,使无人机能够在复杂环境下完成感知、自主决策与协同作业等任务。基于TR22.870<sup>[8]</sup>中

表1 通信与AI融合场景下的低空智联重要技术指标需求

技术指标类型		6G 技术需求	5G 技术需求
通信传输速率	共性需求	视频监控、态势感知等场景；支持感知数据与状态信息的上行传输；满足基础通信与设备通信需求	
	差异需求	应急辅助救援、多智能体协同与AI实时分析场景；支持多智能体并发的感知数据与视频级业务流量上行传输；支持超高数据速率	主要面向单路或少量业务流量设计支持峰值速率 20 Gbit/s，满足大规模移动宽带的基础通信需求
通信时延与可靠性	共性需求	支持远程控制与基础协同通信 面向非关键任务与基础协同场景，端到端时延不高于 100 ms，业务层通信失败概率约 1%，可满足基础控制与信息交互需求	
	差异需求	面向关键任务与群体级协同场景，具备确定性低时延与高可靠通信能力，性能等级可参考端到端时延约 10 ms 量级、业务层通信可靠性目标可达 99.999%，在通信性能不足时可能导致任务失败或协同效率明显下降	5G 缺乏面向多智能体群体级协同通信的确定性时延与高可靠性保障机制
服务托管环境	共性需求	支持业务流量路由与路径调整 支持业务在不同接入环境间的卸载与切换 支持基础服务的连续运行能力	
	差异需求	支持面向AI智能体的服务托管与计算资源调度 支持服务级迁移与连续执行	计算与AI能力主要通过外部平台或应用层实现 网络侧未定义原生的AI服务托管与跨节点连续迁移能力
定位服务	共性需求	支持用户设备 (User Equipment, UE) 在卫星覆盖条件下的网络辅助定位 在无地面无线接入网 (Radio Access Network, RAN) 覆盖时，仍可提供基本定位服务 定位能力可满足低空飞行与任务执行的基本需求	
	差异需求	在无全球导航卫星系统 (Global Navigation Satellite System, GNSS) 且高速移动的场景下；支持网络辅助的定位与感知能力；支持增强型网络辅助定位能力，以满足群体协同运行对定位精度与连续性的更高要求	定位能力主要面向地面网络或单一接入场景 未针对高速移动及无GNSS条件下的低空群体协同定位场景定义明确的性能需求
网络覆盖与控制能力	共性需求	支持低空场景下的连续网络覆盖 支持对智能体或无人机的基础远程控制操作 可满足非任务关键业务的稳定运行需求	
	差异需求	支持面向低空场景的增强覆盖能力 支持更精细化的控制与资源管理能力 在保障任务执行的同时兼顾能效与系统稳定性	主要面向地面固定或缓慢移动终端场景 未针对低空动态覆盖与群体级精细化控制场景定义专用需求

ISAC 场景相关用例,本文主要对安全经济的无人机运输、低空无人机监管、基于多传感器融合感知的无人机起降、无人机检测/分类/计数 4 个低空智联用例进行分析,图 4 展示了其相关应用场景及其与网络的交互情况。

安全经济的无人机运输用例主要针对超视距飞行场景,尤其是 GNSS 定位偏离的场景。该用例利用 ISAC 系统验证无人机向无人机交通管理系统汇报的位置数据,并在传感数据与 GNSS 之间不匹配时进入紧急状态,自动触发路线变更或紧急着陆请求。

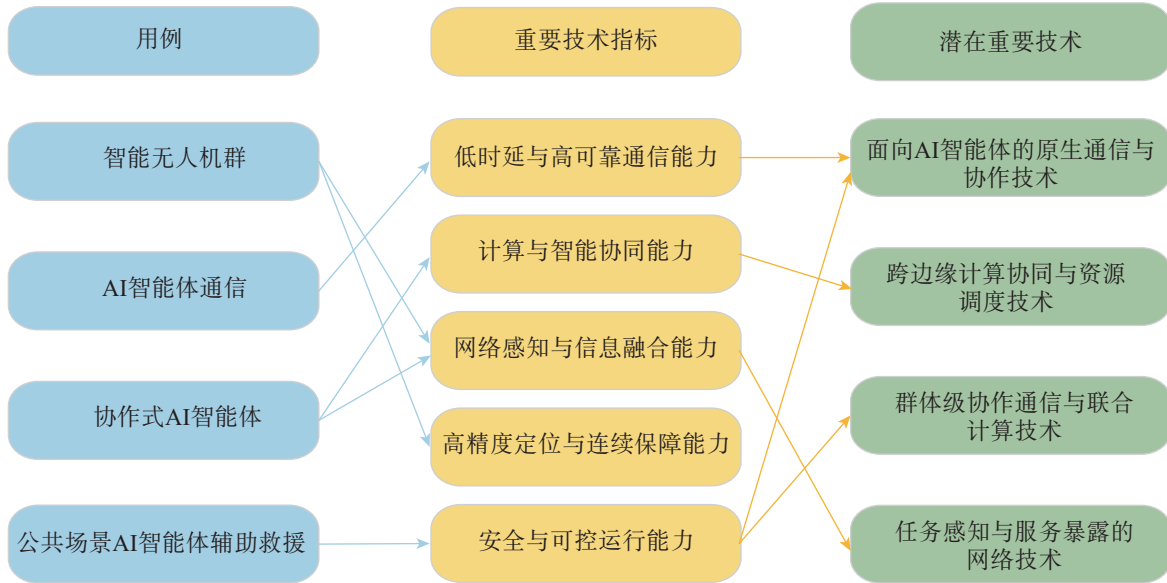


图 3 通信与 AI 融合场景的用例—重要技术指标—潜在重要技术映射关系

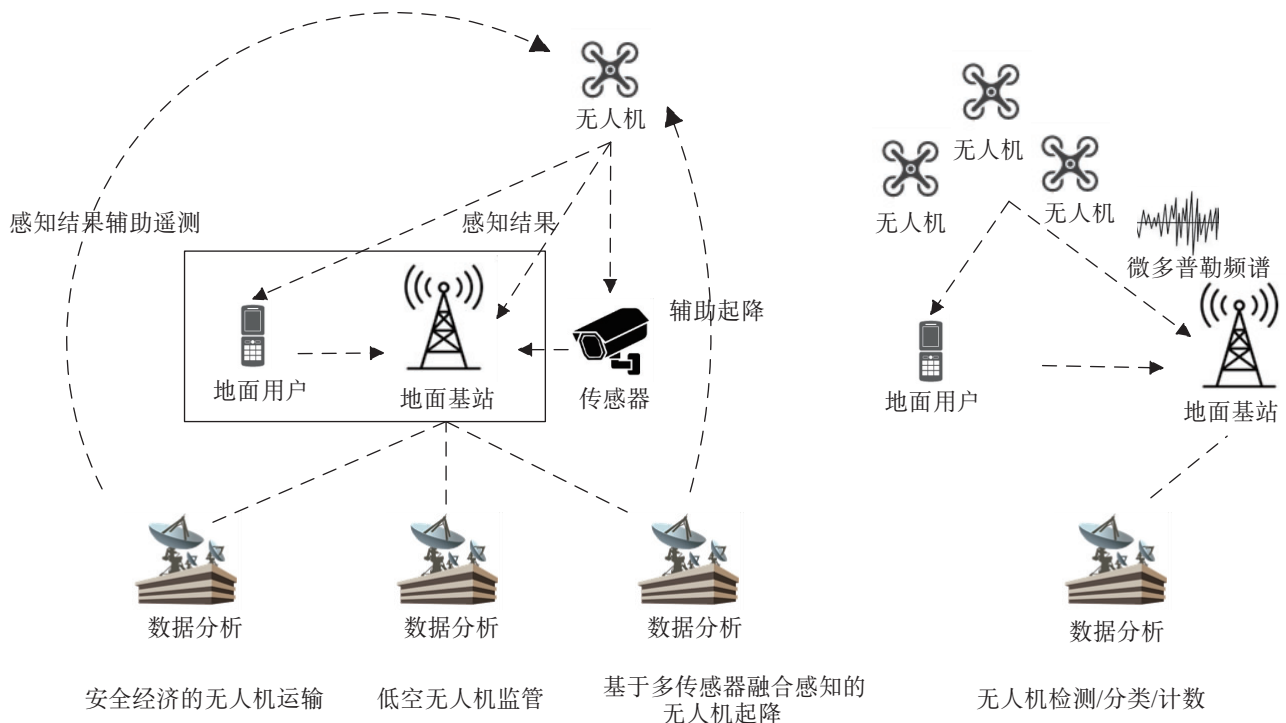


图 4 ISAC 场景的低空智联用例示意图

低空无人机监管用例主要针对多架无人机在特定区域运行的场景。该用例利用大量支持感知操作的 UE,增强感知覆盖范围。6G 处理单元聚合 RAN 和 UE 多个来源的感知数据,使得无人机轨迹跟踪、碰撞预测和感知无人机入侵更加精准。

基于多传感器融合感知的无人机起降用例主要针对非视距环境卫星传感器定位性能大幅下降和夜间恶劣天气感知能力受限的场景。该用例通过综合起降区多种传感器的各类感知数据和感知辅助信息计算感知结果(如碰撞风险等),将结果反馈给无人机辅助起降。

无人机检测/分类/计数用例主要针对涉及多架无人机同时检测与跟踪的场景。该用例根据无人机独特

的微多普勒特征,利用微多普勒频谱图区分并统计无人机、环境杂波、鸟类及其他低空实体数量。

### 3.2 重要技术指标

ISAC 场景的低空智联用例涉及的重要技术指标为导航定位需求、感知需求(见表 2)。与 5G 低空智联技术需求<sup>[3,8]</sup>相比,6G 低空智联在定位精度、漏检率、虚警率等方面具有更高要求<sup>[8]</sup>。

### 3.3 潜在重要技术

实现 ISAC 的低空智联,需要一系列潜在重要技术<sup>[3,10]</sup>来支撑(见图 5)

(1)多传感器融合感知技术:通过综合多种异构传感器的数据,利用数据融合算法,实现对低空空域内无人机的高精度检测、识别、跟踪与态势感知等功能。

表 2 ISAC 场景下低空智联重要技术指标需求

技术指标类别		6G 技术需求	5G 技术需求
导航定位需求	共性需求	位置更新时间<1 s	
	差异需求	定位精度厘米级至毫米级	定位精度米级至厘米级
感知需求	共性需求	系统能从感知接收机收集 3GPP 和非 3GPP 的感知数据并进行联合处理 网络应为可信第三方提供安全方式,使其能基于特定参数请求无线感知服务并接收相应感知结果 系统应支持对感知数据和感知结果进行加密、完整性保护和隐私保护的操作 置信度≥90% 速度估计精度≤5 m/s 一般场景:感知精度米级,最大感知服务时延≤1 000 ms 无人机起降场景:感知精度厘米级,最大感知服务时延≤500 ms	
	差异需求	6G 网络应能使基站向核心网发送感知测量数据,并使核心网聚合、收集、处理和存储来自基站的感知测量数据 6G 系统应支持节能的感知操作 6G 系统应提供机制,确保在给定感知系统容量下提供感知服务 得到授权许可时,6G 网络应能向 UE 提供特定服务的感知结果 6G 无线感知要求涉及一般物体的检测、跟踪、特定特征识别和计数 融合空域无人机物流运输场景下:漏检率≤0.1%,虚警率≤1%	5G 无线感知要求涉及一般物体的检测、跟踪 无人机物流运输场景下:漏检率≤5%,虚警率≤5%

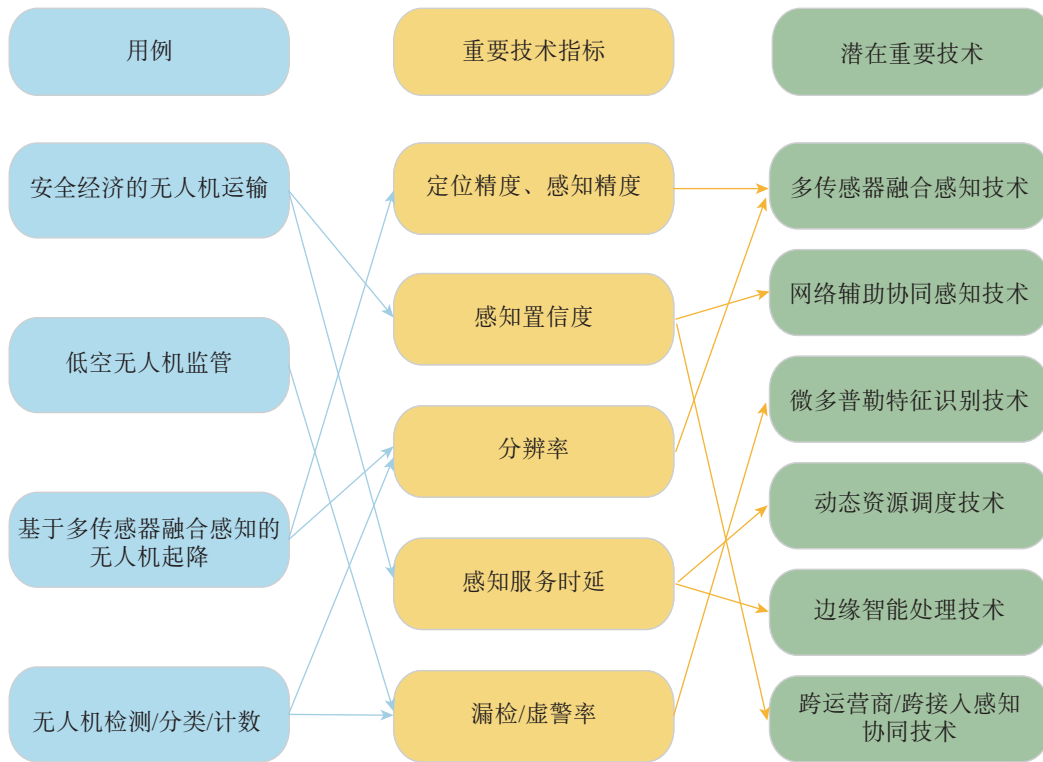


图5 ISAC场景的用例—重要技术指标—潜在重要技术映射关系

(2)网络辅助协同感知技术:通过多节点协同感知,多个地面基站、边缘计算节点与飞行器组成分布式感知网络,实现对低空空域的全域覆盖。

(3)微多普勒特征识别技术:通过提取回波的微多普勒特征,可有效区分无人机与其他目标,并获得无人机类型与数量等信息。

(4)动态资源调度技术:通过接收、处理传感数据,实现对通信资源、导航资源、感知资源的智能分配与动态优化。

(5)边缘智能处理技术:采用边缘计算架构,在边缘节点预处理感知数据,降低云端传输时延,满足无人机起降等低空场景对实时性的要求。

(6)跨运营商/跨接入感知协同技术:使各运营商在保护数据隐私的前提下共享感知结果和态势信息,突破单网覆盖局限,形成“广域覆盖+高精度告知”的全域连续感知网络。

## 4 UC场景的低空智联用例分析

### 4.1 用例总体说明及分析

在6G UC场景中,低空智联通过融合地面网络

(Terrestrial Networks, TN)与非地面网络(Non-Terrestrial Networks, NTN),支持无人机在复杂地理与应急环境下的可靠通信、精准定位与智能任务的执行。基于TR22.870<sup>[8]</sup>中UC场景的相关用例,本文主要对NTN支持的低空物流、基于无人机的泛在应急救援、混合TN和NTN定位3个低空智联用例进行分析,图6展示了其相关应用场景及其与网络的交互情况。

NTN支持的低空物流用例主要针对偏远山区、地理条件复杂区域的物资配送场景。在该用例中,物流公司利用搭载6G终端的无人机,通过接入卫星信号完成缺乏地面网络覆盖区域的物流配送,实现远程控制与环境感知。这种情况下,无人机采集数据并由星上边缘计算实时分析、动态规避风险,6G终端需支持低空连续通信与星上计算服务。

基于无人机的泛在应急救援用例旨在解决地面网络瘫痪后,灾害现场难以快速构建应急通信与搜救体系的问题。在该用例中,无人机搭载轻量化6G基站,通过卫星回传为灾区提供临时网络覆盖,同时执行侦察与传感任务。

混合TN和NTN定位用例主要面向对定位精度、

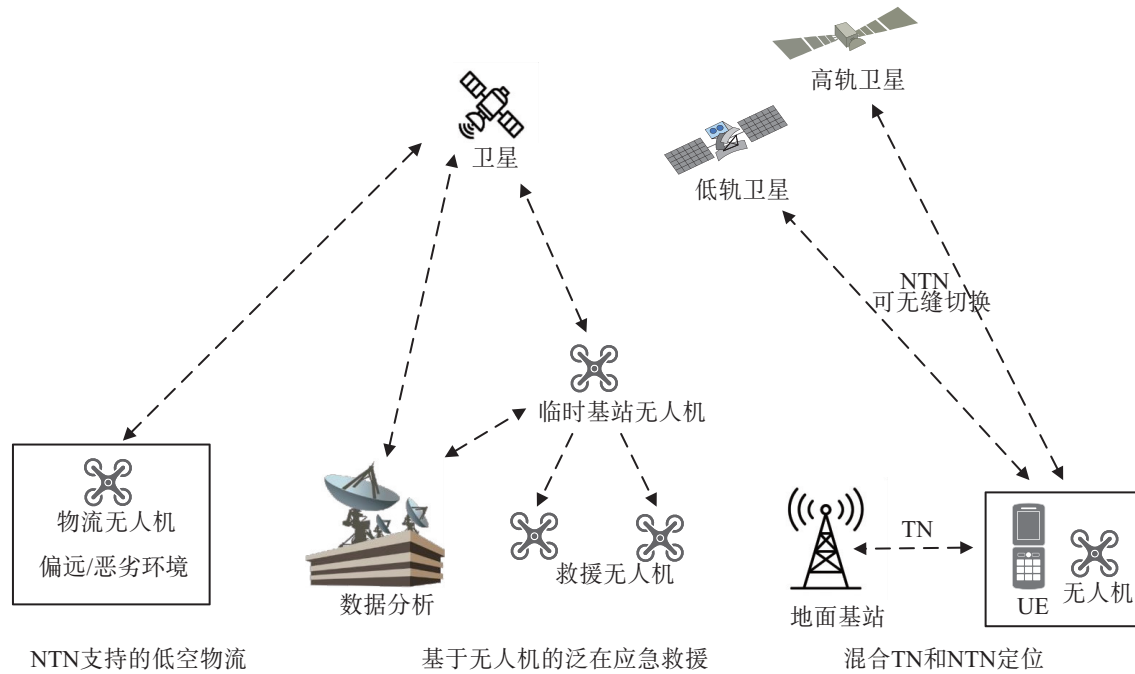


图6 UC场景的低空智联用例示意图

可用性与完好性要求较高的低空应用场景(如无人机导航、航空监视等)。该用例融合地面基站与不同轨道的卫星信号,构建不依赖GNSS定位的服务。机载导航系统可根据网络状态与UE状态,自主选择或组合TN/NTN链路进行定位解算,并实时验证定位结果,提升无人机在GNSS受限环境下的定位可靠性与安全性。

#### 4.2 重要技术指标

UC场景的低空智联用例涉及的重要技术指标为通信传输速率、服务托管环境、定位服务、中继与回传功能、飞行高度(见表3)。与5G低空智联技术需求<sup>[3,8]</sup>相比,6G低空智联在计算协同、定位精度、切换灵活性、覆盖高度等方面具有更高要求<sup>[8]</sup>。

#### 4.3 潜在重要技术

实现UC场景的低空智联,需要一系列重要技术<sup>[3,9-10]</sup>来支撑(见图7)。

(1)星地协同计算技术:利用卫星载边缘计算环境,对无人机采集的传感数据进行实时分析处理,解决高动态组网下计算资源不足与响应延迟问题。

(2)空天地一体化组网技术:通过融合地面基站与多轨道卫星信号,解决高动态无人机在复杂环境下的连续通信与飞行高度拓展问题。

(3)多轨道卫星切换技术:基于业务负载、链路质量及卫星可用性,动态选择不同轨道卫星回传链路,解决移动基站回传链路单一与业务连续性问题。

(4)TN与NTN混合定位技术:通过联合地面基站与多轨道卫星信号进行定位,解决无GNSS环境下定位精度、可用性与完好性不足问题。

### 5 IV场景的低空智联用例分析

#### 5.1 用例总体说明及分析

在6G的IV场景中,低空智联覆盖了城市空中出行体验与安全保障等方面,推动空中交通与空域管理向更安全、高效、沉浸式的发展方向。基于TR22.870报告<sup>[8]</sup>,本文主要对城市空中交通飞行器机载通信、由6GNTN支持的先进空中交通沉浸式媒体服务、低空飞行器辅助空域管理3个典型用例进行分析,图8展示了其相关应用场景及其与网络的交互情况。

城市空中交通飞行器机载通信用例主要针对由低空载人飞行器尺寸大、飞行高度高、重量大产生的通信需求与可靠性问题。6G网络通过基站感知空域动态并发送预警信息,辅助低空载人飞行器自主避撞,同时为乘客提供高清视频通话、赛事直播等沉浸式媒体服务。

表 3 UC 场景的低空智联重要技术指标需求

技术指标类别		6G 技术需求	5G 技术需求
通信传输速率	共性需求	视频监控等场景:上行传输速率>24 Mbit/s,下行传输速率>4 Mbit/s	
	差异需求	应急救援场景:上行传输速率>50 Mbit/s	应急救援场景:1K 视频回传,上行传输速率>5 Mbit/s
服务托管环境	共性需求	支持流量路由、路径修改、卸载至最合适环境及访问最近环境 支持跨不同轨道卫星提供服务托管环境	
	差异需求	提供计算服务	5G 无相应指标
定位服务	共性需求	支持 UE 在卫星覆盖下、无地面无线接入技术定位覆盖时确定位置 TN 与 NTN 组合定位	
	差异需求	在无 GNSS 且 UE 速度较快时(160 km/h):水平精度 3 m(95%置信水平);垂直精度 3 m(95%置信水平);可用性 99%;时延 0.1~0.5 s	5G 无相应指标
中继与回传功能	共性需求	支持无人机基站增强覆盖、控制操作、降低功耗与减少干扰 支持卫星下一代无线接入网移动基站中继,同时接入卫星/地面并保证业务连续性 支持移动基站中继接入不同轨道卫星,考虑覆盖、时延、速率、服务质量	
	差异需求	支持不同轨道卫星间动态切换	仅支持基于回传类别通过会话管理功能汇报卫星回传情况,不支持动态切换
飞行高度/m	差异需求	0~3 000	0~300

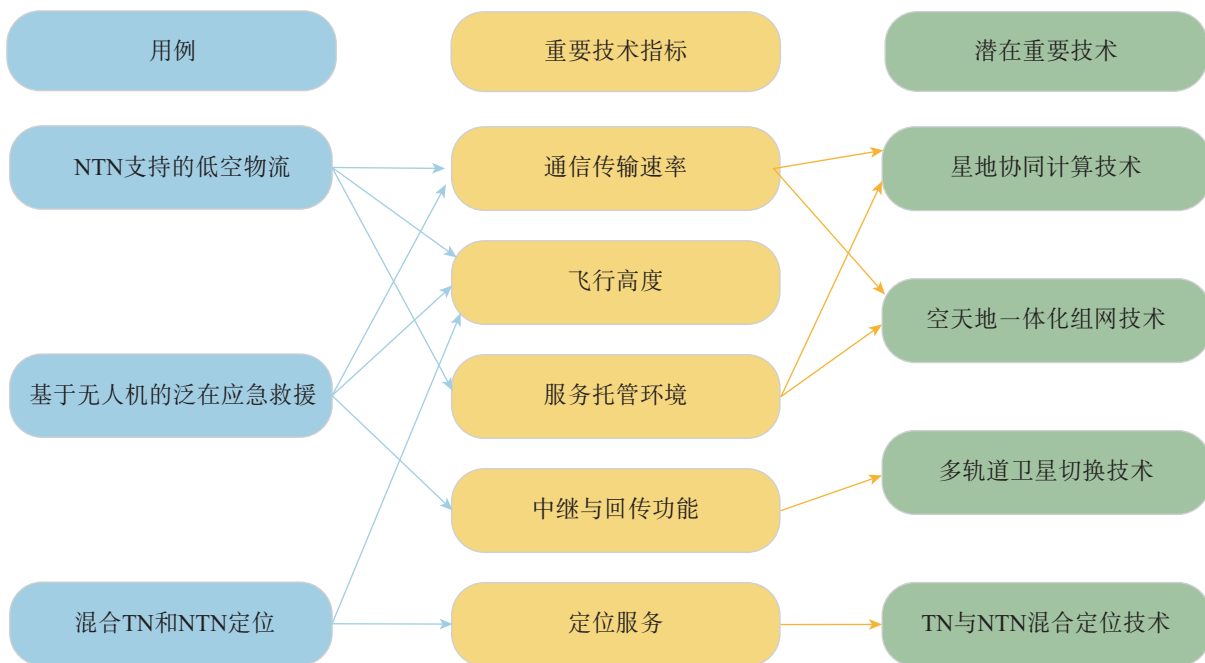


图 7 UC 场景的用例—重要技术指标—潜在重要技术映射关系

由 6G NTN 支持的先进空中交通沉浸式媒体服务用例旨在提升乘客在飞行过程中的数字体验。乘客飞行前可个性化定制媒体服务内容;飞行中机载系统实时监测并执行超精细的切换,确保沉浸式媒体服务连续稳定。

低空飞行器辅助空域管理用例旨在解决未来低空空域中无人机与低空载人飞行器混合运行的难题。在该用例中,6G 网络为低空飞行器提供通信、高精度定位与感知服务,同时按需记录飞行过程中的服务过程数据与处理结果,形成可追溯、防篡改的飞行数据链。在发生异常事件时,监管机构或运营方可基于上述数据快速回溯分析,定位原因并明确责任。

### 5.2 重要技术指标

IV 场景的低空智联用例涉及的重要技术指标为通信指标、业务连续性、感知服务、飞行高度(见表 4)。与 5G 低空智联技术需求<sup>[3,8]</sup>相比,6G 低空智联在通信速率、业务连续性、感知实时性、覆盖高度等方面具有更高要求<sup>[8]</sup>。

### 5.3 潜在重要技术

实现 IV 场景的低空智联,需要一系列重要技术<sup>[3,10]</sup>来支撑(见图 9)。

(1)高可靠低时延通信技术:利用基站对空域目标的实时感知与快速传输,提升低空飞行器的自主避障能力,满足其时延与可靠性要求。

(2)空天地一体化组网技术:通过 TN 与 NTN 的深度融合与无缝切换,解决低空飞行器在跨域飞行时的业务中断问题。

(3)沉浸式媒体服务保障技术:依托边缘计算与网络协同,为机上乘客提供 4K/8K 视频等多媒体服务,保障高带宽与低时延的用户体验。

(4)飞行数据可信存证技术:通过对感知数据、定位数据等飞行数据进行按需安全存储,并提供给授权方,以解决空域管理中的数据追溯与防篡改问题。

## 6 结束语

本文基于 3GPP TR 22.870 技术报告,对面向 6G 的低空智联用例进行了研究。从应用场景角度看,6G 低空智联主要面向通信与 AI 融合、ISAC、UC、IV 这 4 类场景,涵盖无人机等低空飞行器在内的多主体协同运行,覆盖低空监管与起降、泛在应急通信、低空物流以及城市空中交通等典型场景,具有强移动性、高动态

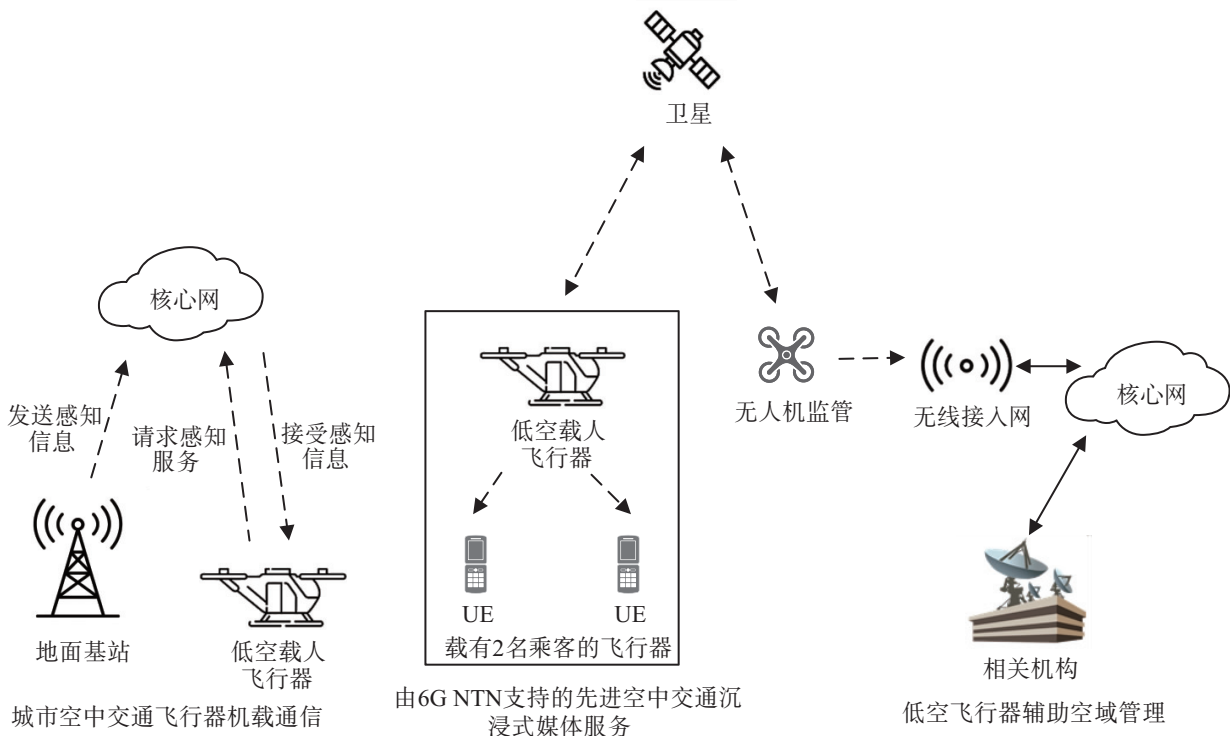


图 8 IV 场景的低空智联示意图

表 4 IV 场景的低空智联重要技术指标需求

技术指标类别		6G 技术需求	5G 技术需求	
通信 指标	8K 直播服务	共性需求	上行传输速率 $\geq 100$ Mbit/s, 下行传输速率 $\geq 600$ kbit/s 端到端时延 $< 200$ ms 可靠性 $\geq 95\%$	
	视频服务	共性需求	上行传输速率 $\geq 25$ Mbit/s(4K)/ $\geq 9$ Mbit/s(1 080p)/ $\geq 4$ Mbit/s(720p) 端到端时延 $< 100$ ms 可靠性 $\geq 95\%$	
	高清视频远程控制	共性需求	上行传输速率 $\geq 25$ Mbit/s, 下行传输速率 $\geq 300$ kbit/s 端到端时延 $< 100$ ms 可靠性 $\geq 99\%$	
	视频会议服务	共性需求	上行传输速率 $\geq 25$ Mbit/s, 下行传输速率 $\geq 25$ Mbit/s 端到端时延 100 ms 可靠性 $\geq 99\%$	
	对乘客的沉浸式 多媒体服务	差异需求	上行传输速率 $\geq 500$ kbit/s, 下行传输速率为 100 Mbit/s~500 Mbit/s 端到端时延 $< 50$ ms 可靠性 $\geq 99\%$	5G 无相应指标
	业务连续性	共性需求	支持地面与卫星接入网间业务连续性 支持直接接入与中继 UE 间切换的业务连续性 支持因 UE/卫星移动导致的服务卫星间切换的业务连续性 支持通信路径通过星间链路扩展时的业务连续性	
	差异需求	通过低空飞行器的沉浸式媒体业务: 60 帧/s, 业务中断 $\leq 10$ ms 30 帧/s, 业务中断 $\leq 20$ ms	5G 无相应指标	
感知服务	差异需求	感知结果到低空飞行器: 传输间隔 20 ms; 典型消息大小 $< 25$ kbyte; 端到端时延 20 ms; 可靠性 99.9%	典型消息间隔 1 s 典型消息大小 $< 10$ kbyte 端到端时延 5 s 可靠性 99.9%	
飞行高度/m	差异需求	0~1 000	0~300	

组网和任务驱动通信等共性特征。从重要性能指标角度看,相较于 5G 低空智联技术需求,6G 低空智联在超低时延与高可靠通信、群体级连接与协同控制、增强型网络辅助定位与感知能力、网络辅助感知以及端—边—网一体化计算与智能支持等方面提出了更高的网

络能力要求。未来,业界需持续研究 6G 低空智联系列重要技术,例如面向智能体的 AI 原生通信与任务感知机制、ISAC 与多源感知融合能力、跨边缘及星地协同计算、群体级协作通信机制以及面向低空运行的安全与可控网络技术。

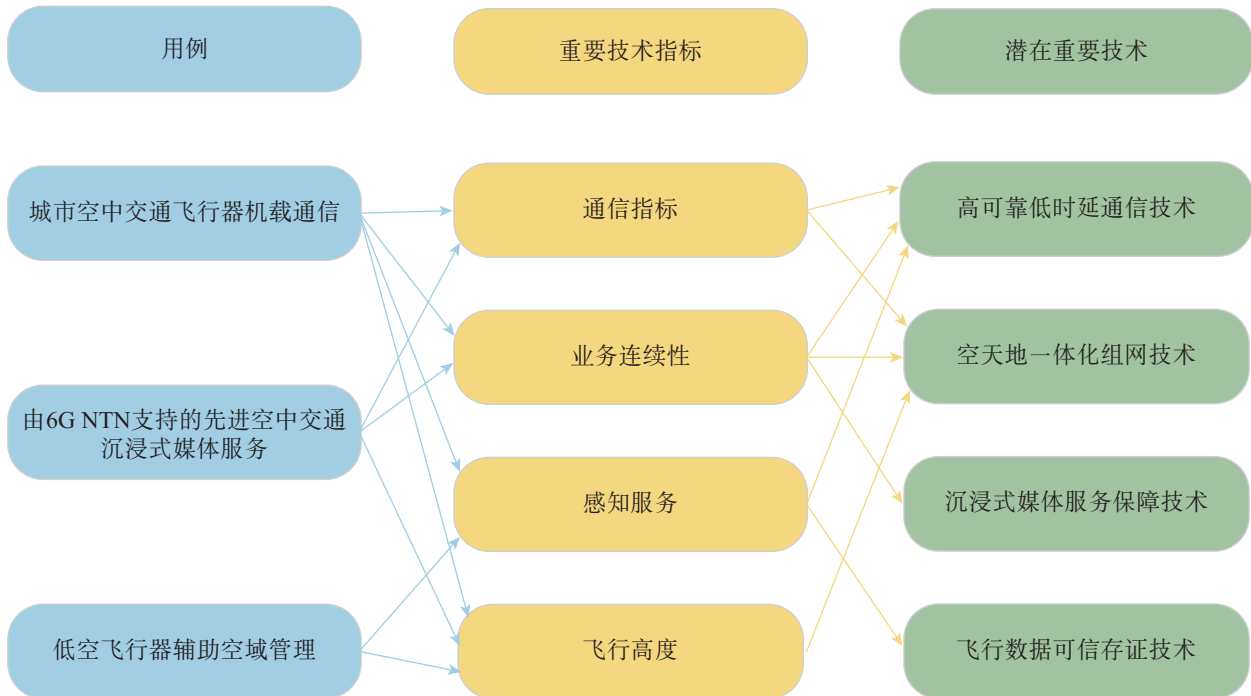


图9 IV场景的用例—重要技术指标—潜在重要技术映射关系

参考文献

[1] 工业和信息化部低空智能网联技术委员会. 低空智能网联体系发展路径及趋势[R], 2025.

[2] 张学军, 刘法旺, 张祖耀, 等. 低空智能网联体系[J]. 北京航空航天大学学报, 2025, 51(6): 1793-1815.

[3] 中信科移动通信技术股份有限公司, 无线移动通信国家重点实验室. 低空智联网场景和关键技术白皮书: 星地融合助力数字低空发展[R], 2025.

[4] CHEN S, LIANG Y C, SUN S, et al. Vision, requirements, and technology trend of 6G: how to tackle the challenges of system coverage, capacity, user data-rate and movement speed [J]. IEEE Wireless Communications, 2020, 27(2): 218-228.

[5] CHEN S, SUN S, KANG S. System integration of terrestrial mobile communication and satellite communication—the trends, challenges and key technologies in B5G and 6G[J]. China Communications, 2020, 17(12): 156-171.

[6] CHEN S, KANG S. The dual iconic features and key enabling technologies of 6G[J]. Engineering, 2023, 28: 7-10.

[7] ITU-R. Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond; draft new

recommendation[R], 2023.

[8] 3GPP. TR 22.870: study on 6G use cases and service requirements (V1.1.0)[R], 2026.

[9] 陈山枝, 孙韶辉, 康绍莉, 等. 6G星地融合移动通信关键技术[J]. 中国科学: 信息科学, 2024, 54(5): 1177-1214.

[10] 陈山枝, 孙韶辉, 康绍莉, 等. 星地融合移动通信系统和关键技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2024.

作者简介:

**康绍莉** 中信科移动通信技术股份有限公司系统研究高级技术专家, 无线移动通信全国重点实验室星地融合学术带头人、教授级高级工程师, 主要研究方向为多址接入、频谱共享、卫星通信及6G等

**王可** 中信科移动通信技术股份有限公司创新中心总经理, 无线移动通信全国重点实验室正高级工程师, 长期从事移动通信技术的国际国内标准制定工作, 主要研究方向为5G、6G等

**秦海超** 中信科移动通信技术股份有限公司创新中心总体部经理, 无线移动通信全国重点实验室

高级工程师,长期从事移动通信技术的验证工作,主要研究方向为5G、6G等  
冯云九 无线移动通信国家重点实验室助理工程师,主要研究方向为低空智联  
王丹 无线移动通信国家重点实验室助理工程师,主要研究方向为低空智联  
杨祺欣 无线移动通信国家重点实验室助理工程师,主要研究方向为低空智联

## A study on use cases for low-altitude intelligent networked systems towards 6G

KANG Shaoli<sup>1,2</sup>, WANG Ke<sup>1,2</sup>, QIN Haichao<sup>1,2</sup>, FENG Yunjiu<sup>2</sup>, WANG Dan<sup>2</sup>, YANG Qixin<sup>2</sup>

(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)

**Abstract:** Based on the six typical application scenarios for 6G proposed by ITU, 3GPP has conducted research on 6G use cases and service requirements, culminating in the first 6G technical report, TR22.870. This paper builds upon TR22.870 to investigate 6G-enabled low-altitude intelligent networked systems, summarizing application scenarios and typical use cases for low-altitude intelligent networked systems, represented by Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). It also analyzes the requirements of low-altitude applications in the context of related scenarios, such as the integration of communication and AI, as well as ISAC. On this basis, the paper summarizes key technical indicators for low-altitude intelligent networked systems in terms of communication data rates, latency, reliability, and positioning and sensing capabilities. Furthermore, it explores potential key technologies for 6G-enabled low-altitude intelligent networked systems, providing a reference for the development of low-altitude intelligent networked systems.

**Keywords:** 6G; low-altitude intelligent connectivity; unmanned aerial vehicle; AI; ISAC

(收稿日期:2026-03-03)