

面向低空的网络信息服务优化策略

薛帮国 王洪亮 陈旭

河南省信息咨询设计研究有限公司 河南 郑州 450008

摘要：面向低空的网络信息服务发展迅猛，但面临网络覆盖有盲区、传输性能受限、资源调度不合理、安全防护不足及通用化服务难满足个性化需求等问题。为此，需构建空地一体化网络协同架构，优化网络接入与切换机制，增强边缘节点部署与能力；实施基于业务需求和位置的动态资源调度，复用与优化信道资源；健全多层次安全认证体系，强化干扰监测与抗干扰能力，并进行定制化场景服务适配优化，以提升低空网络信息服务的全面性、稳定性、高效性和安全性。

关键词：低空领域；网络信息服务；安全防护；优化策略

引言：随着低空领域应用的蓬勃发展，面向低空的网络信息服务需求激增，但现存问题阻碍其进一步拓展。网络覆盖存在盲区，传输性能受飞行器高速移动影响，资源调度缺乏动态适配，安全防护机制不完善，且通用化服务难以满足多样化场景需求。为此，需从网络架构、资源调度、安全防护与服务适配等多维度进行优化。构建空地一体化协同架构、优化接入与切换机制、增强边缘节点能力；实现资源动态分配、信道复用优化；健全安全认证体系、强化干扰监测与抗干扰能力；开展定制化场景服务适配，以提升低空网络信息服务的性能与质量，推动低空经济高质量发展。

1 面向低空的网络信息服务现存问题分析

当前，面向低空的网络信息服务正蓬勃发展，但同时也面临着诸多亟待解决的挑战。（1）在网络覆盖层面，地面基站信号向低空辐射的能力存在明显局限。在山区，复杂的地形地貌会阻挡和削弱信号传播；偏远地区由于基站建设密度低，信号覆盖范围有限；城市高楼密集区域，建筑物对信号产生严重的遮挡和反射，这些因素共同作用，极易形成低空覆盖盲区。一旦飞行器进入这些区域，通信便会中断，严重影响飞行安全和任务执行。（2）传输性能方面，低空飞行器的高速移动特性会引发多普勒频偏，使得信号的频率和相位发生改变，进而造成信号衰减，降低通信质量。而且，当多架飞行器同时进行并发通信时，有限的信道资源会被大量占用，容易出现信道拥堵的情况。这不仅会导致传输时延显著增加，影响信息的实时性，还会使丢包率上升，造成数据丢失，干扰飞行器的正常运行。（3）资源调度上，现有的网络资源分配方案大多是基于地面固定场景设计的，缺乏对低空飞行器动态特性的考虑。无法根据飞行器的实时位置、业务需求等因素灵活调整资源，导

致部分区域资源闲置浪费，而另一些区域资源紧张，供需失衡。（4）安全防护领域，低空网络面临着身份认证漏洞、数据传输泄露、恶意干扰等诸多风险。目前，针对低空网络的安全保障机制尚不完善，难以有效抵御各类安全威胁。此外，不同低空应用场景，如物流配送、农业植保、应急救援等，对网络服务的需求差异较大，通用化的网络服务难以满足这些个性化需求^[1]。

2 低空网络架构优化策略

2.1 构建空地一体化网络协同架构

为提升低空网络服务的全面性与稳定性，需构建空地一体化网络协同架构。此架构以现有地面蜂窝网络为根基，深度融合无人机中继、低空卫星等空中节点，构建起“地面基站 + 空中中继 + 卫星”的立体化网络体系。（1）在重点区域，如地形复杂、通信不畅的山区以及远离大陆的海岛等，有针对性部署无人机中继平台。凭借无人机的灵活机动特性，可依据实际需求快速调整位置，实现临时性的信号覆盖，有效弥补地面基站的覆盖盲区。同时，低空卫星作为重要的补充力量，凭借其广域覆盖的优势，保障超视距、大面积低空场景下的通信连续性，确保飞行器在广阔空间内都能保持稳定连接。（2）建立科学合理的空地节点协同通信机制至关重要。通过该机制，实现地面基站与空中中继、卫星等节点之间的无缝切换，让飞行器在跨区域飞行过程中，通信信号能够平稳过渡，避免出现中断现象，从而全面提升网络覆盖的连续性与完整性，为低空领域的各类应用提供坚实的网络支撑。

2.2 优化网络接入与切换机制

鉴于低空飞行器高速移动这一显著特性，对网络接入与切换机制进行优化迫在眉睫。（1）在网络接入流程优化方面，引入预接入认证技术。低空飞行器在即将进

入新的网络覆盖区域时,可提前与目标基站开展认证关联工作。通过这种前置的认证操作,飞行器进入新区域后能迅速完成接入,大幅缩短接入时延,确保通信的及时性和稳定性。(2)对于切换判决算法的改进,需综合考量多方面参数。除传统的信号强度外,还应将飞行器的移动速度、信道质量等纳入评估体系。采用基于预测的切换策略,依据飞行器的运动轨迹和当前网络状况,提前预判切换需求并触发切换流程,有效减少切换中断时间,保障通信的连续性。(3)引入软切换技术。在切换过程中,飞行器并非立即断开与原基站的连接,而是持续保持通信,直至与新基站建立起稳定可靠的连接后,再切断与原基站的联系,从而显著提升切换过程的可靠性,为低空飞行器的稳定通信提供坚实保障^[2]。

2.3 增强边缘节点部署与能力

在低空网络服务不断发展的进程中,针对低空应用密集区域,如繁华的城市上空以及物流枢纽周边等,增强边缘节点部署与能力显得尤为关键。(1)要在这些区域增设边缘计算节点与边缘基站,把核心网的部分功能下沉至边缘侧。边缘计算节点具备强大的数据处理和计算分析能力,能够就近为低空飞行器提供服务。当无人机执行任务时,对于实时控制、高清视频回传等对时延要求极高的业务,边缘计算节点可快速处理相关数据,避免了将数据长距离传输至远端核心网,从而显著减少了数据传输时延,确保业务的高效稳定运行。(2)边缘基站也发挥着重要作用。它能够根据区域内低空飞行器的数量变化,动态调整信号覆盖范围与发射功率。在飞行器密集时,扩大覆盖范围、增强发射功率,提升局部区域的网络容量,保障众多飞行器同时通信的顺畅性,为低空领域的各类应用提供更优质、高效的网络支持。

3 低空网络资源动态调度优化策略

3.1 基于业务需求的资源优先级分配

在低空网络服务不断拓展与深化的当下,为实现资源的高效利用与业务的精准保障,建立基于业务需求的资源优先级分配体系至关重要。(1)构建科学合理的低空业务分类机制是基础。依据业务的时延敏感性和可靠性要求等关键指标,对低空业务进行细致划分。具体可分为紧急类业务,像应急救援指挥中的信息传递、飞行器避障通信等,这类业务对实时性和可靠性要求极高,关乎生命安全与飞行安全;高优先级类业务,如无人机物流实时监控,需要及时获取物流状态信息以保障运输效率;普通类业务,例如低空旅游过程中的视频上传,对实时性和可靠性的要求相对较低。(2)针对不同优先级的业务,制定差异化的资源分配策略。为紧急类业务

预留专用信道资源,确保其在任何网络状况下都能优先传输,保障信息的及时准确送达;对高优先级业务优先分配优质信道和充足带宽资源;普通类业务则根据网络负载情况,动态分配剩余资源,从而实现资源的合理、高效利用。

3.2 基于位置的动态资源调度

在低空网络资源管理中,基于位置的动态资源调度堪称提升网络性能与服务质量的核心关键举措。(1)借助飞行器搭载的先进定位系统,如高精度 GPS、北斗导航等,能够实时且精准地获取其位置信息。将这些位置数据与详细精确的网络覆盖地图相结合,可构建一套科学且高效的资源调度模型。此模型具备强大的实时跟踪能力,能紧密捕捉飞行器位置的动态变化,并运用先进的预测算法,如基于机器学习的轨迹预测算法,精准预测其未来运动轨迹。基于这些预测结果,提前为飞行器规划沿途所需的网络资源,像信道、带宽等,有效避免因飞行器高速移动而导致的资源临时短缺问题,切实保障通信的连续性和稳定性。(2)以无人机执行跨城市物流任务为例,调度系统依据其预设的飞行路线,提前与沿途各基站进行高效协调沟通,精准预留充足的带宽资源,确保无人机在全程飞行中都能实现稳定通信。同时,系统还会实时分析区域内飞行器的密度分布情况,依据密度大小灵活调整资源分配策略,将更多资源向飞行器高密集区域倾斜,从而有效缓解信道拥堵状况,提升整体网络资源的利用效率^[3]。

3.3 信道资源复用与优化

在低空网络资源愈发紧张的当下,信道资源复用与优化成为提升网络性能、满足低空业务需求的关键环节。(1)动态信道分配技术发挥着重要作用。它能实时监测不同区域的信道使用状况,依据实际需求灵活且精准地分配信道资源。如此一来,可有效避免信道的闲置与浪费,大幅提高信道利用率,让有限的信道资源服务于更多低空通信需求。(2)空分复用技术的引入,进一步拓展了网络容量。借助多天线技术,在同一信道上能够为多个飞行器同时提供并行通信服务,打破了传统信道使用的限制,显著增加了可容纳的通信连接数量,提升了网络的整体承载能力。(3)考虑到低空信道易受各类因素干扰的特点,自适应调制编码技术不可或缺。该技术可根据信道质量的实时变化,动态调整调制方式与编码速率。在信道条件优越时,提升传输速率以实现高效通信;在信道状况不佳时,保障传输的可靠性,从而全方位实现信道资源的高效利用。

4 低空网络安全防护与服务适配优化策略

4.1 健全多层次安全认证体系

在低空网络应用不断拓展的当下，健全多层次安全认证体系是保障其安全可靠运行的关键。（1）要建立一套完善的低空网络身份认证机制，对飞行器、地面控制站以及网络节点等所有参与通信的主体进行统一身份标识，为每个主体赋予独一无二的“数字身份证”。采用基于数字证书的双向认证技术，在通信连接建立时，通信双方通过交换和验证数字证书，相互确认身份的合法性，防止非法主体接入网络，从源头上保障通信安全。

（2）考虑到飞行器高速移动的特性，为防止身份信息被窃取滥用，需采用动态认证策略，定期更新认证信息，让攻击者难以利用固定身份信息进行恶意操作。（3）在数据传输层面，运用加密传输技术，对传输的控制指令、业务数据等进行端到端加密，确保数据在传输过程中不被泄露和篡改，为低空网络通信提供全方位的安全防护。

4.2 强化干扰监测与抗干扰能力

在低空网络运行中，电磁环境复杂多变，强化干扰监测与抗干扰能力是保障通信稳定的关键。（1）需在低空网络覆盖区域合理部署先进的干扰监测设备，这些设备如同敏锐的“电子哨兵”，能够实时监测电磁环境，精准识别恶意干扰信号的类型、强度以及来源方向等关键信息，为后续的抗干扰处理提供准确依据。（2）针对不同类型的干扰，要采取针对性的抗干扰措施。对于窄带干扰，可运用跳频通信技术，让信号在多个频段间快速跳变，巧妙避开干扰频段；面对宽带干扰，则采用扩频通信技术，将信号频谱扩展，增强信号的抗干扰能力。（3）还应建立完善的干扰应急响应机制。一旦检测到严重干扰，能迅速调整网络参数，如发射功率、调制方式等，或及时切换通信链路，确保核心业务不受影响，维持低空网络的稳定可靠运行。

4.3 定制化场景服务适配优化

低空领域应用场景丰富多样，为满足不同场景的差异化需求，定制化场景服务适配优化至关重要。（1）在

无人机物流场景里，物流信息的实时更新和飞行器的精准控制是关键。需着重优化数据传输的可靠性与时延，通过采用更高效的数据编码和传输协议，确保物流数据准确无误且快速传达，保障物流运输的高效与安全。

（2）低空旅游场景中，游客对高清视频、图像的实时直播与回传需求强烈。要提升相关数据的传输速率，利用先进的视频压缩和传输技术，让游客能及时分享旅途美景。（3）应急救援场景下，时间就是生命。需构建专用通信链路，保障救援指挥指令优先传输，实现多部门协同通信的无缝对接。（4）开发轻量化网络服务协议，适配小型无人机等终端设备有限的计算与存储能力，降低设备功耗，延长其续航时间，提升低空网络服务的整体效能^[4]。

结束语

综上所述，面向低空的网络信息服务虽前景广阔，但现存问题不容忽视。通过构建空地一体化网络协同架构、优化网络接入与切换机制、增强边缘节点部署与能力，可提升网络基础性能；借助基于业务与位置的资源调度以及信道资源复用优化，能实现资源的高效利用；健全多层次安全认证体系、强化干扰监测与抗干扰能力，可筑牢安全防线；开展定制化场景服务适配优化，能满足多样化需求。未来，需持续创新与完善相关策略，推动低空网络信息服务朝着更高效、安全、智能的方向发展，为低空经济的蓬勃兴起提供坚实有力的网络支撑。

参考文献

- [1]陈俊.智慧城市背景下5G无线网网络的规划研究[J].通讯世界,2021,28(8):31-32
- [2]韩清娜.智慧城市与5G无线网络的规划设计研究[J].长江信息通信,2022,35(12):217-219
- [3]李培东.论通信工程项目中的网络优化技术[J].数字通信世界,2021,(08):103-104.
- [4]周翔.通信工程项目中的网络优化技术研究[J].中国新通信,2021,23(02):17-18.