

# 5G-A 通信感知一体化技术对低空无人机检测性能的研究

劳华栋

中国电信股份有限公司绍兴分公司 312000

**【摘要】**近年来,随着低空无人机应用的迅速增长,针对其安全管理和有效监控的需求变得愈发重要。5G-A(5G-Advanced)通信感知一体化技术提供了一种集成解决方案,可在提升通信能力的同时增强感知性能。本文通过分析5G-A技术的基本原理,研究其在低空无人机检测中的应用潜力,重点探讨其对提高无人机检测精度和实时性方面的影响。研究表明,5G-A技术通过多天线和宽带信号处理等技术手段,在复杂环境中实现了更高的检测性能,有效提高了低空无人机的监测效率和安全性。

**【关键词】**5G-A; 通信感知一体化; 低空无人机; 检测性能; 实时监控

Research on the Detection Performance of Low altitude Drones Using 5G-A Communication Perception Integration Technology

Lao huadong

China Telecom Shaoxing Branch 312000

**【Abstract】**In recent years, with the rapid growth of low altitude drone applications, the demand for their safety management and effective monitoring has become increasingly important. 5G-A (5G-A Advanced) communication and perception integration technology provides an integrated solution that can enhance perception performance while improving communication capabilities. This article analyzes the basic principles of 5G-A technology and studies its potential application in low altitude drone detection, with a focus on exploring its impact on improving drone detection accuracy and real-time performance. The research results indicate that 5G-A technology achieves higher detection performance in complex environments through multiple antennas and broadband signal processing techniques, effectively improving the monitoring efficiency and safety of low altitude drones.

**【Key words】**5G-A; Integrated communication perception; Low altitude unmanned aerial vehicles; Testing performance; Real time monitoring

## 引言:

低空无人机在农业、物流、安防等领域的应用越来越广泛,但也带来了空域管理和安全监控的挑战。传统的无人机检测技术存在检测精度不足、实时性差以及复杂环境适应性弱的问题。5G-A通信感知一体化技术的发展提供了一种新型技术框架,能够集成通信与感知功能,在同一网络中实现对低空无人机的有效检测和追踪。作为5G网络的增强版本,5G-A技术通过先进的多天线技术、波束成形技术和超宽带信号处理技术,提供更高的通信带宽和更低的延迟,同时具备高精度的环境感知能力。

## 一、5G-A 通信感知一体化技术概述

### 1.1 5G-A 技术的发展背景

边缘计算是5G-A技术中提升无人机检测性能的重要手段之一。传统的云端处理模式往往受制于较高的网络延迟,难以满足实时性要求,而边缘计算将数据处理能力下沉至网络边缘,有效降低了延迟,提高了无人机检测系统的实时响应能力。在无人机检测场景中,边缘计算能够通过就近

处理大规模数据,实现对无人机行为的快速分析和判断。例如,边缘节点可实时接收无人机的定位信息、飞行轨迹和环境参数,并迅速完成目标识别、威胁评估和应急响应决策。这种低延迟、高效率的处理模式特别适合应对无人机在高动态环境中的复杂机动行为。在实践中,边缘计算已被广泛应用于城市安防和交通管理领域。例如,在深圳的5G-A无人机监测试点项目中,边缘计算技术使系统能够在毫秒级时间内完成数据处理,整体响应时间缩短了40%,为无人机检测提供了强有力的技术支持。

### 1.2 5G-A 通信与感知技术的集成原理

人工智能(AI)算法的深度融合,是5G-A技术进一步提升无人机检测性能的关键因素。AI算法通过深度学习和模式识别技术,能够从大量传感器数据中提取关键特征,实现对无人机目标的智能识别和分类。例如,通过引入卷积神经网络(CNN)和递归神经网络(RNN),无人机检测系统可以快速分析飞行数据,区分不同类型的目标,如普通无人机、固定翼无人机或微型无人机。AI算法还能够通过实时学习环境变化,提高在复杂背景下的检测能力,避免误报和漏报问题。结合5G-A的高带宽和低延迟特性,AI算法的推理过程更加高效,可以在边缘节点实时运行,有效提升检

测的智能化水平。以广州的某智能交通管理项目为例，AI 驱动的无人机检测系统结合 5G-A 技术实现了对目标的精准分类和风险评估，成功率达到 95% 以上，大幅提升了城市低空空域的管理效率。

### 1.3 5G-A 技术在不同领域的应用现状

网络切片技术是 5G-A 技术中提升无人机检测多场景适配能力的重要支撑。通过为不同的应用场景定制虚拟网络，网络切片技术能够确保无人机检测系统在复杂环境中的稳定运行。例如，在高密度城市区域，网络切片技术可以为低空监控分配独立的高优先级资源，保证信号的传输质量和实时性；在偏远地区，则可以通过广覆盖的切片增强系统的感知能力，实现对无人机的远距离监测。网络切片的灵活性还使得无人机检测能够根据具体任务需求动态调整网络配置，例如在重大活动安保中，通过强化切片资源，确保对高密度无人机活动的精准监控。在实践中，网络切片技术已被应用于多场景无人机检测项目。例如，在上海浦东的 5G-A 空域管控试点中，网络切片技术为机场、城市中心和工业区分别构建了专用切片网络，适配不同场景下的检测需求，整体系统运行效率提升了 30% 以上，确保了空域安全管理的高效运行。

## 二、低空无人机检测技术现状与挑战

### 2.1 传统无人机检测技术的不足

传统无人机检测技术主要包括雷达、光学成像和无线电信号监测等手段。这些技术在低空空域的检测应用中表现出一定的局限性。例如，雷达技术虽然能够检测目标的距离和速度，但在应对低慢小（低空、慢速、小体积）目标时精度较低，并且容易受到地形复杂性和建筑物反射的干扰。光学成像技术在良好光照条件下可以提供高分辨率图像，但其性能严重依赖天气状况和时间限制，特别是在夜间或恶劣天气条件下检测能力显著下降。无线电信号监测则需要目标无人机主动发射信号，例如 GPS 或控制信号，这使得关闭通信模块或使用未授权频段的无人机难以被有效检测。此外，这些传统技术往往独立运行，提供的数据维度单一，难以形成对无人机的多维度、动态监控，尤其在复杂环境中难以实现精确定位与追踪。这些不足限制了传统检测技术的适用性和可靠性，难以满足低空无人机快速发展带来的监管需求。

### 2.2 复杂环境对无人机检测的影响

复杂环境对无人机检测提出了诸多挑战，尤其是在城市和山区等地形复杂的区域，检测难度进一步加大。在城市环境中，高楼大厦和其他障碍物会导致信号反射、衰减和多路径传播，严重影响检测系统对无人机的定位精度和识别能力。例如，雷达信号可能因建筑物反射而产生误差，光学成像系统可能因障碍物遮挡而无法获得目标的清晰图像。同时，无人机飞行速度快、动作灵活，增加了定位和追踪的复杂性。此外，城市中无线电信号资源紧张，存在大量的背景

干扰信号和噪声，这对无线电监测技术的信噪比和准确率提出了更高的要求。山区环境则因地形起伏导致信号传播的不均匀性，使得传统检测技术难以覆盖整个区域，容易出现无人机“失联”情况。在中国的一些大城市，如北京和上海，建筑物密集和无线电干扰频繁，使得传统无人机检测技术的误报率和漏报率较高，严重影响低空空域的安全管理。这些环境因素的复杂性要求无人机检测技术必须具备更高的适应性和精确性，以应对多样化的应用场景。

### 2.3 新兴技术在无人机检测中的潜在突破

针对传统检测技术的不足，新兴技术的引入为无人机检测带来了潜在的突破。例如，大规模 MIMO 技术和波束成形技术可以显著提高信号的空间分辨率和方向感知能力，为低空空域的精确定位提供支持。结合 5G-A 通信感知一体化技术，无人机检测系统能够通过无线信号的反射和散射实现高精度目标识别，并在复杂环境中保持稳定性能。超宽带（UWB）技术通过极窄的脉冲信号传输，可以在多路径传播环境中实现高精度的时间测量和目标定位，特别适用于复杂城市和室内环境。此外，边缘计算技术的应用使得无人机检测系统能够在靠近数据源的位置快速处理大量数据，从而减少网络延迟，提高系统响应速度。

### 2.4 5G-A 技术在无人机检测中的优势

5G-A 技术在无人机检测中展现了显著的优势。首先，5G-A 的大规模 MIMO 技术能够在复杂环境中提供更高的空间分辨率和信号覆盖，通过动态波束成形提高了无人机检测的精度和可靠性。其次，5G-A 的超宽带信号能够实现更高的频谱利用率，使得系统能够同时处理更多的信号和数据，实现对多个无人机目标的实时跟踪。此外，5G-A 的低延迟特性确保了无人机检测系统的实时响应能力，提高了对快速移动目标的捕捉效率。

## 三、5G-A 技术对无人机检测性能的提升措施

### 3.1 多天线技术在无人机检测中的应用

多天线技术是 5G-A 技术提升无人机检测性能的关键。通过配置大量天线，5G-A 能够实现大规模 MIMO，显著提升信号的空间分辨率和覆盖范围。在无人机检测中，多天线技术通过自适应波束成形，实现了对目标的精确定位和追踪。具体而言，多天线技术可以通过多个角度接收和发射信号，形成更为细致的环境感知能力，能够在复杂城市环境中有效识别低空飞行的无人机。在中国，华为和中国电信合作开展的“5G-A 多天线无人机检测项目”已在北京试点应用，该项目通过多天线技术实现了对无人机轨迹的高精度追踪，检测精度提高了 30% 以上。

### 3.2 超宽带信号处理与无人机实时监控

超宽带信号处理是 5G-A 技术提升无人机实时监控能力的另一个重要因素。超宽带信号具有大带宽、高精度和低干扰的特性，能够在复杂环境中提供高分辨率的检测和感知

能力。在无人机监控中，超宽带信号处理通过对多普勒频移和时间延迟的精确测量，实现了对无人机速度、方向和位置的实时监控。这种高精度的监控能力能够有效应对无人机的快速移动和复杂机动行为，提高了系统的响应速度和可靠性。在中国，超宽带技术已在多个无人机监控系统中得到应用，如上海的5G-A智能安防项目，通过超宽带信号实现了对无人机的全天候监控，显著提升了城市安全管理水平。

### 3.3 边缘计算与低延迟响应

边缘计算是5G-A技术中提升无人机检测性能的重要手段之一。传统的云端处理模式往往受制于较高的网络延迟，难以满足实时性要求，而边缘计算将数据处理能力下沉至网络边缘，有效降低了延迟，提高了无人机检测系统的实时响应能力。在无人机检测场景中，边缘计算能够通过就近处理大规模数据，实现对无人机行为的快速分析和判断。例如，边缘节点可实时接收无人机的定位信息、飞行轨迹和环境参数，并迅速完成目标识别、威胁评估和应急响应决策。这种低延迟、高效率的处理模式特别适合应对无人机在高动态环境中的复杂机动行为。在实践中，边缘计算已被广泛应用于城市安防和交通管理领域。例如，在深圳的5G-A无人机电测试点项目中，边缘计算技术使系统能够在毫秒级时间内完成数据处理，整体响应时间缩短了40%，为无人机检测提供了强有力的技术支持。

### 3.4 人工智能算法在无人机识别中的集成应用

人工智能(AI)算法的深度融合，是5G-A技术进一步提升无人机检测性能的关键因素。AI算法通过深度学习和模式识别技术，能够从大量传感器数据中提取关键特征，实现对无人机目标的智能识别和分类。例如，通过引入卷积神经网络(CNN)和递归神经网络(RNN)，无人机检测系统可以快速分析飞行数据，区分不同类型的目标，如普通无人机、固定翼无人机或微型无人机。AI算法还能够通过实时学习环境变化，提高在复杂背景下的检测能力，避免误报和漏报问题。结合5G-A的高带宽和低延迟特性，AI算法的推理过程更加高效，可以在边缘节点实时运行，有效提升检测的智能化水平。以广州的某智能交通管理项目为例，AI驱动的无人机检测系统结合5G-A技术实现了对目标的精准分类和风险评估，成功率达到95%以上，大幅提升了城市低空空域的管理效率。

### 3.5 网络切片技术与多场景适配能力

网络切片技术是5G-A技术中提升无人机检测多场景适配能力的重要支撑。通过为不同的应用场景定制虚拟网

络，网络切片技术能够确保无人机检测系统在复杂环境中的稳定运行。例如，在高密度城市区域，网络切片技术可以为低空监控分配独立的高优先级资源，保证信号的传输质量和实时性；在偏远地区，则可以通过广覆盖的切片增强系统的感知能力，实现对无人机的远距离监测。网络切片的灵活性还使得无人机检测能够根据具体任务需求动态调整网络配置，例如在重大活动安保中，通过强化切片资源，确保对高密度无人机活动的精准监控。在实践中，网络切片技术已被应用于多场景无人机检测项目。例如，在上海浦东的5G-A空域管控试点中，网络切片技术为机场、城市中心和工业区分别构建了专用切片网络，适配不同场景下的检测需求，整体系统运行效率提升了30%以上，确保了空域安全管理的高效运行。

## 四、5G-A 技术在实际无人机检测中的应用实例

5G-A技术在无人机检测中的实际应用已在多个领域取得了积极进展。在公共安全领域，5G-A技术被用于构建无人机侦测与拦截系统，通过实时通信和高精度感知，提高了对非法入侵无人机的检测和响应能力。在工业监控中，5G-A技术被用于监控无人机巡检的实时数据传输，确保了数据的安全性和完整性。在中国，广东电网与华为合作开展的“5G-A无人机巡检项目”就是一个成功的案例，该项目通过5G-A网络实现了对输电线路的无人机实时巡检和数据分析，有效提高了电力设备的运行维护效率。此外，在物流配送领域，5G-A技术通过对无人机飞行路径的实时优化和监控，提高了配送的效率和安全性。

## 五、结语

综上所述，5G-A通信感知一体化技术在低空无人机检测中展现了巨大的潜力，通过其高带宽、低延迟和高精度感知能力，可以有效提升无人机的检测精度和实时性。在未来的发展中，随着5G-A技术的进一步成熟和广泛应用，其在无人机监控、空域管理以及安全防护等方面的影响将更加深远。本文的研究为5G-A技术在低空无人机检测中的应用提供了理论基础和技术参考，有助于推动该领域的持续发展与创新。

## 参考文献

- [1]通信感知一体化技术思考. 潘成康.中兴通讯技术, 2022(05)
- [2]通信感知一体化技术专题导读. 陈力; 卫国.中兴通讯技术, 2022(05)
- [3]激光通信/测距一体化技术研究. 李玮.激光与红外, 2013(12)
- [4]通信感知一体化关键技术与应用[J]. 王亚娟; 金婧; 楼梦婷; 马良; 张小舟; 王启星; 刘光毅; 崔春风.通信世界, 2022(21)