
低空经济 5G 空中传输专网（“低空智联网”） 典型应用场景技术规范

1 范围

本标准规定了低空经济 5G 空中传输专网（“低空智联网”）典型应用场景。

本标准适用于低空经济的 5G 空中传输专网（“低空智联网”）。

2 术语和定义、缩略语

2.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.2 缩略语列表

下列缩略语适用于本文件。

| 缩略语 | 英文全名 | 中文解释 |
|--------|------------------------------------|--------------|
| AMF | Authentication Management Function | 认证管理功能 |
| UPF | User Plane Function | 用户平面功能 |
| SMF | Session Management Function | 会话管理功能 |
| PCF | Policy Control Function | 策略控制功能 |
| UAS | Unmanned Aerial System | 无人机系统 |
| UAS NF | UAS Network Function | 无人机系统网络功能 |
| QoS | Quality of Service | 服务质量 |
| UAV | Unmanned Aerial Vehicle | 无人机 |
| CAA | Civil Aviation Authority | 民航局 |
| AAU | Active Antenna Unit | 有源天线单元 |
| RTK | Real-time kinematic | 实时动态载波相位差分技术 |

福建省物联网网

3 低空信息服务需求

低空经济产业链涵盖低空生产制造、低空基础设施、低空行业应用上中下游全产业链，产业链条长，价值潜力大。信息服务是低空经济的重要组成部分，我国在信息通信行业具有全球领先优势，有助于带动低空经济产业由初期的生产制造为主向未来的数智化运营服务快速演进。下图 1 为低空信息服务支撑低空经济快速规模化发展示意图：



图 1 低空信息服务支撑低空经济快速规模化发展示意图

随着低空经济应用场景的多元化，低空的信息服务的的需求也日益增长，主要体现在以下三个方面：一是低空通信需求，主要是面向广域超视距的无人机数据和图像传输需求；二是飞行导航需求，主要是面向广域高精度的无人机定位需求；三是空域监管需求，主要是面向广域全类型的无人机感知与管控需求。这三大需求共同推动着低空信息服务行业不断发展，为低空经济的繁荣注入强大的动力与活力。

3.1 低空通信

通信构筑低空经济之基。在低空物流运输、城市巡检、安防监控等领域，对无人机网联通信有强烈需求，主要需求是在无人机与地面站间进行数据传输(简称数传)或图像传输(简称图传)。数传是指传输无人机飞行控制和飞行状态等信息，特点是小数传包，但对网络连续稳定覆盖、传输时延和可靠性要求高。通常飞控类数传的端到端时延需求小于 100ms，速率需求为百 Kbps。图传是指传输无人机摄像头采集到的图像和视频等信息，图传数据以上行为主，具有大上行的特点，对于 1080P 和 4K 分辨率视频的典型速率要求分别为 5Mbps 和 25Mbps。以下表 1 是低空通信典型应用场景及通信需求。

下表 1 为低空典型应用场景及通信需求：

表 1 低空典型应用场景及通信需求

| 低空覆盖 | 飞行高度 | 图传上行带宽需求 | 飞控类数传需求 |
|------|----------|-------------|----------------------|
| 外卖配送 | 120m以下 | 5Mbps@1080P | 时延<100ms, 速率百Kbps |
| 物流运输 | 120-300m | 5Mbps@1080P | |
| 城市巡检 | 300m以下 | 25Mbps@4K | |
| 安防监控 | 300m以下 | 25Mbps@4K | |
| 交通出行 | 300m以上 | 5Mbps@1080P | |
| 应急救援 | 300-600m | 5Mbps@1080P | |

3.2 飞行导航

导航引领低空经济之路。在物流运输、应急救援、农业植保、电力巡检等领域，对低空飞行器的定位和导航提出了更高要求，包括实时精确定位和复杂环境稳定导航等。一方面是低空飞行器在执行精细化作业时(如测绘、农业喷洒、电力巡检)，需要厘米级的高精

度定位，以确保飞行线路及作业点准确，提高作业效率和安全性。

另一方面是低空飞行器在飞行救援时，需要随时掌握自身位置和状态，以便在复杂地形和恶劣天气条件下能够安全飞行。进一步需求飞行器路线追踪、偏航警告、位移警告等增强能力，为飞行引导提供全面支撑。

3.3 空域监管

监管守护低空经济之序。随着低空空域的开放，公安、民航、军队、交通局等管理部门，对无人机监管的需求愈发强烈，主要需求场景包括低空空域监管要地安防、机场跑道入侵、物流航线监视等。一方面需要对合作类无人机进行监视与服务，检测已注册的合法无人机是否按规定路线合法飞行，感知无人机位置、高度、航向、速度等信息并反馈给管控平台，通过对各航线上无人机飞行状态信息的统计和分析，对无人机飞行路径进行实时调整，确保飞行有序可控。另一方面需要对非合作类无人机进行探测与反制，检测是否存在非法无人机入侵空域，及时发现并预警任何未经许可的

“黑飞”入侵。当探测到空域中存在“黑飞”物体时，快速反馈给相关管理部门进行应急处理，确保空域安全。以下表 2 是低空空域监管的感知指标需求。下表 2 为低空空域监管感知指标需求：

表 2 低空空域监管感知指标需求

| 类型 | 感知RCS | 漏检率 | 虚警率 | 感知高度 | 感知速度 | 距离分辨率 | 感知精度 (水平/垂直) |
|---------------|----------------------|-----|-----|------|-----------|-------|-----------------|
| 合作类 无人机监管 | 0.01-2m ² | ≤5% | ≤5% | 300m | ≥10km/h | 10m | ≤10m |
| 非合作类 无人机监管 | 0.01-2m ² | ≤5% | ≤5% | 300m | 5-100km/h | 10m | ≤20m |

福建省物联网行业协会

4 典型应用场景

面向广域和局域场景通信与感知的双重需求，按照 5G-A 通感一体的功能划分了 6 个应用领域，包括碰撞避免和航迹追踪、入侵检测、汽车操控和导航、公共安全和服 务、降雨监测、健康与运动监测。本报告依据 3GPP 所提出的应用领域，通过将 5G-A 通感一体的功能与实际应用场景结合，提出 5G-A 通感一体的六大潜在应用场景，分别为低空经济、智慧交通、江河湖海水域入侵检测、建筑微变形监测、气象服务、健康检测。本章节重点分析 5G-A 通感一体六大潜在应用场景及其需求，为 5G-A 通感一体化设备的设计和研发提供参考。

4.1 无人机运营监管应用场景及业务需求

4.1.1 应用场景

伴随着低空空域管理改革及技术创新的驱动，无人机运营监管将成为未来经济增长的重要引擎。推动无人机运营监管快速发展的关键因素，除了激发需求、开拓潜在市场；

有政策保障，促进规范发展外，还有一个重要维度，就是要构建低空的通信、感知基础设施，与人工智能、大数据等先进技术结合，加强对低空空域的有效、安全、合理管控和应用。

无人机的高效监管是无人机运营监管的重要支柱，由于无人机飞行对地理信息有着高精度和高动态更新的要求，传统的依靠部门

统计报送获取地理信息手段满足不了这一需求，需要实时的感知技术实时对航路的信息动态提取与深化处理呈现出良好的应用前景。

福建省物联网行业协会

同时，无人机运营管理在通信需求上同时需求广覆盖、低时延和大带宽的可靠网络。

具体无人机感知业务场景可归纳如下：①无人机非法入侵检测；②无人机航线保护；③无人机飞行轨迹跟踪；④无人机防碰撞。相关的感知场景可以组合使能环境监测、快递物流、大型安保活动等各个垂直应用场景，如表 3 所示。

表 3 无人机感知业务场景

| 序号 | 领域 | 应用 | 感知场景 |
|----|-----------|--|-------|
| 1 | 风力发电检测 | 无人机用于风力发电场的巡检和故障诊断，提高了检测效率和安全性。例如，中国国家电网使用无人机对风力发电场的叶片和机舱进行定期检查。 | ① ③ |
| 2 | 农业植保 | 无人机喷洒农药和施肥，提高农作物的生产效率。例如，中国的农用无人机公司 Ehang 农机推出了一款用于农业植保的 | ① |
| 3 | 环境监测 | 利用无人机进行空气质量、水质和土壤质量等环境监测。例环境监测如，中国南京大学的研究团队使用无人机对大气细颗粒物进行监测和采样。 | ① |
| 4 | 地质勘探 | 无人机用于地质勘探，包括地形测量和资源勘查。例如，中国石油天然气集团公司使用无人机进行石油勘探。 | ① |
| 5 | 建筑与基础设施巡检 | 无人机用于建筑物、桥梁和其他基础设施的巡检和检测。例如，中国南方电网使用无人机进行输电线路和变电站的巡检。 | ① ③ ④ |

| | | | |
|---|----------|---|------------|
| 6 | 建筑物测量和建模 | 无人机可以进行建筑物的三维测量和建模，用于规划和设计。例如，中国建筑工程公司中铁二十一局集团使用无人机进行建筑测量和设计。 | ① ③ ④ |
| 7 | 物流和快递 | 无人机用于物流和快递领域，提供快速、便捷的送货服务。例如，中国的无人机制造商顺丰速运使用无人机进行快递配 | ① ② ③ ④ |
| 8 | 搜索和救援 | 无人机用于搜救行动，提供空中搜索和监测功能。例如，中国的民航局使用无人机进行海上和山区的搜救任务。 | ① ② |

福建省物联网行业协会

| | | | |
|----|-----------|--|---------|
| 9 | 建筑物清洁和维护 | 无人机用于高层建筑物的清洁和维护，提高工作效率和安全性。例如，中国的清洁服务公司海鸥无人机使用无人机进行高层建筑的外墙清洗。 | ① ③ ④ |
| 10 | 电力巡线 | 无人机用于电力线路的巡线和故障检测。例如，中国电力公司使用无人机进行电力线路的巡检和维护。 | ①④ |
| 11 | 环境保护监测 | 无人机用于自然保护区、湿地和海洋等环境的监测和保护。例如，中国的自然保护区管理部门使用无人机进行野生动物监测和研究。 | ① |
| 12 | 景区拍摄和推广 | 无人机用于景区的航拍和推广，提供美丽的航拍影像。例如，中国的旅游景区张家界使用无人机进行风景拍摄和推广。 | ① |
| 13 | 媒体报道和新闻采访 | 无人机用于新闻报道和采访，提供独特的视角和影像素材。例如，中国的新闻机构使用无人机进行新闻现场报道。 | ① |
| 14 | 地理测绘和制图 | 无人机用于地理测绘和制图，生成高精度的地图和地理信息数据。例如，中国的测绘局使用无人机进行地理测绘工作。 | ① |
| 15 | 电视和电影制作 | 无人机用于电视和电影制作，提供精彩的航拍镜头。例如，中国的电影制片公司使用无人机进行电影拍摄。 | ① |
| 16 | 旅游和观光 | 无人机用于旅游和观光业，为游客提供空中观光体验。例如，中国的旅游景区杭州西湖使用无人机进行空中观光服务。 | ① ② |
| 17 | 森林火灾监测 | 无人机用于森林火灾的监测和预警。例如，中国的森林防火部门使用无人机进行火情监测和烟雾探测。 | ① |
| 18 | 城市规划和交通管理 | 无人机用于城市规划和交通管理，提供城市数据和交通流量监测。例如，中国的城市规划部门使用无人机进行城市规划和交通研究。 | ① ② ③ ④ |
| 19 | 无线信号覆盖测试 | 无人机用于无线信号的覆盖测试和网络优化。例如，中国的电信运营商使用无人机进行移动网络覆盖测 | ① ② ③ ④ |

| | | | |
|----|------------|---|-----|
| | | 试。 | |
| 20 | 大型活动 安保 | 无人机用于大型活动的安保监测和应急响应。例如，中国的警察部门使用无人机进行大型活动的安保监控。 | ③ ④ |

4.1.2 业务需求

基于无人机感知的四类感知场景，本报告定义了三档无人机探测感知级别的需求，总结如表 4 所示。

福建省物联网行业协会

表 4 无人机运营监管应用场景通感业务需求指标

| 关键动作 | | 目标检测与跟踪 | | |
|------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| 感知级别 | | Level 1 30~100 米级 | Level 2 10 米级 | Level 3 米级 |
| 感知服务区域 | | ① 日常低空监管 ② 非法无人机/非法无人机入侵探测 | ① 商用航路及所属空间 路线防护 ② 非法入侵探测 | 重点区域防护和无人机起降引导, 例如跟踪 无人机飞行, 防碰撞的检测和告警 //无人机的典型尺寸(长 x 宽 x 高)为 1.6 米 x 1.5 米 x 0.7 米/ |
| 置信度 [%] | | 95 | 95 | 95 |
| 位置精度 | 水平[m] | ≤100 | ≤10 | ≤1 |
| | 基于置信度 垂直[m] | ≤30 | ≤5 | N/A |
| 速度精度 | 水平 l[m/s] | N/A | N/A | 1 |
| | 基于置信度 垂直[m/s] | N/A | N/A | N/A |
| 感知分辨率 | 位置分辨率[m] | 10 为了检测无人机单体的存在 | 10 为了检测无人机的单体 存在 | ≤1 ① 无人机的 KPI 值来自[25]和[40]; ② 为了跟踪无人机飞行, 如用于碰撞检测和警告, 距离的传感分辨率为 1 米 |
| | 速度分辨率(水平 /垂直) [m/s x m/s] | 10 为了检测无人机的存在, 速 度的传感分辨率为 10m/s | 10 为了检测无人机的存在, 速度的传感分辨率为 10m/s | 1 x 1 要跟踪无人机飞行, 速度的传感分辨率为 1m/s |
| 最大业务时延[ms] | | ≤500 | ≤500 | ≤500 |
| 刷新率[s] | | ≤1 | ≤1 | ≤1 |
| 漏检率[%] | | ≤5 | ≤5 | ≤2 |
| 虚警率[%] | | ≤2 | ≤5 | ≤2 |
| 通信时延[ms] | | 不涉及 | 不涉及 | 20 |
| 通信带宽[Mbps] | | 不涉及 | 不涉及 | 5 |
| 感知场景 | | 无人机入侵检测 | 无人机飞行路线入侵检测 | ① 无人机飞行轨迹跟踪 ② 无人机防碰撞 |

4.2 水域入侵检测应用场景及业务需求

4.2.1 应用场景

通感技术在内河和海洋监管使能上, 主要场景是水域的入侵检测, 包括了轨迹跟踪和电子围栏两类应用, 主要包括海事监管、渔业监管、安防缉私、非法采砂治理四个业务场景。

海事监管业务归属海事局，管理区域为内河与海洋。海事监管包括航行安全、锚地管理和海上风电三个子类业务。航行安全主要是轨迹跟踪类应用。锚地管理以及海上风电主要是电子围栏类应用。

渔业监管业务归属渔业渔政管理局，管理区域为内河与海洋。渔业监管包括渔港航行安全、水产养殖、非法捕捞治理三个子类业务。渔港航行安全和非法捕捞治理是轨迹跟踪类应用、水产养殖是电子围栏类应用。

安防缉私业务归属公安局，管理区域为内河与海洋。安防缉私包括安防和缉私两个子类业务。安防是电子围栏类应用，缉私是轨迹跟踪类应用。

非法采砂治理业务也归属公安局，管理区域主要为内河。该业务主要是针对非法采砂船的巡查和执法监管，主要应用为电子围栏类应用和轨迹跟踪类应用。感知技术在水域的应用不仅是在入侵检测方面，感知基站能够提供主动感知服务，在航行安全应用中可以取代 VTS 雷达，与 AIS 和 CCTV 组成航行安全感知系统。该系统具有以下特性：

1. 全天候。不受雨雪雾的影响，实现船只的识别和跟踪；
2. 自动报警。船舶的轨迹异常或进入预设禁航区域可自动报警；

3. 电子巡航。可在电子江图平台上设定巡航路线和时间，系统根据设定的路线时间自动依次调取巡航路线上的摄像机画面，记录

福建省物联网行业协会

巡航内容；

4. 联合感知。感知基站、AIS、CCTV 视频、光电扰动、警示标志等多种监控技术结合使用，降低漏报警概率，并将联合感知结果通过 VHF 按需提供给航行船只保障航行安全。

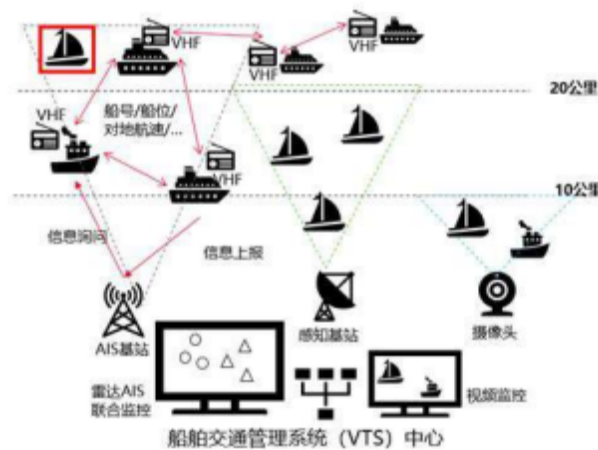


图 2 航行安全业务场景

4.2.2 业务需求

江河湖海等水域入侵检测应用场景的感知对象主要是各类船舶，相关的通感业务需求指标如下：

表 5 水域入侵检测应用场景通感业务需求指标

| | | |
|---------------|------------------------------|-------|
| 置信度 [%] | | 95 |
| 位置精度 基于置信度 | 水平[m] | ≤20 |
| | 垂直[m] | NA |
| 速度精度 基于置信度 | 水平[m/s] | ≤2 |
| | 垂直[m/s] | NA |
| 感知分辨率 | 位置分辨率[m] | 40 |
| | 速度分辨率 (水平/垂直) [m/s x m/s] | 1 |
| 最大业务时延[ms] | | ≤1000 |
| 刷新率[s] | | ≤1 |
| 漏检率[%] | | ≤5 |
| 虚警率[%] | | ≤5 |
| 通信时延[ms] | | 100 |
| 通信带宽[Mbps] | | 5 |

4.3 智慧交通应用场景及业务需求

4.3.1 应用场景

通感一体技术在智能交通中的应用主要表现为使用 5G 网络作为通信基础，并与 V2X 车联网、D2D 等技术相结合，提升车、路、行人以及交通设施之间的通信效率，同时扩充交通系统的感知手段，从而实现更安全、有效的智能交通管理和控制。5G-A 通感一体技术在车联网市场中具有广阔的应用空间，在道路监管、车路协同等领域得到广泛应用。

1) 道路监管——车辆信息统计

在道路监管场景中，包括车辆信息统计和入侵检测两大子场景。智能交通系统中，车辆信息统计包括车流量检测和车速检测。其中，车流量检测主要包括对城市交通道路中的车辆、行人等进行信息采集和监控，实时地对道路当前的拥堵情况、紧急交通事故等

进行智能化调度管理，从而实现缓解交通阻塞和提高交通服务质量的作用。

2) 道路监管——入侵检测

5G-A 通感一体技术在高速公路或高铁入侵检测场景的应用可实现对高速公路或铁路轨道周边环境的全天候实时感知，定位并跟踪高速或轨道入侵的行人、动物、抛洒物等异物，实现全天候的入侵检测。同时，还可以第一时间通知交管单位进行执法，保障高速公路和高铁的安全行驶环境，提升高速公路和铁路轨道的安全管理。

3) 车路协同

5G-A 通感一体技术在车路协同场景的应用可有效解决路侧感知设备性能受限，硬件成本高等难题，通过利用通感基站可实现在黑夜环境和雨雾特殊天气情况下对人员和车辆的实时定位、速度感知和轨迹感知，弥补车载传感器的感知缺陷和遮挡盲区，提供低成本、低时延、高可靠、连续广域无缝覆盖。同时通过实时监测路侧信息和车辆信息，以及感知周围环境的数据，有效实现全局环境感知，为车辆安全运行提供超视距辅助，高效实现车路信息共享和协同控制。此外，利用 5G 网络将人、车、路、云连接起来，形成一张可融合通信、实时计算、及时决策的智能网络，更好的为车路协同各类业务场景实现辅助预警和决策控制，提供安全、高效、便捷的交通服务。

4.3.2 业务需求

智慧交通场景的感知对象主要是车、路、行人，涉及到的通感

福建省物联网行业协会

业务需求如下。

福建省物联网行业协会

表 6 智慧交通场景通感业务需求指标

| | | |
|---------------|------------------------------|-------------------------|
| 置信度 [%] | | 95 |
| 位置精度 基于置信度 | 水平[m] | ≤4 |
| | 垂直[m] | ≤4 |
| 速度精度 基于置信度 | 水平 l[m/s] | ≤2 |
| | 垂直[m/s] | ≤2 |
| 感知分辨率 | 位置分辨率[m] | 4 区分车道, 车道宽度按照 4m 计算 |
| | 速度分辨率 (水平/垂直) [m/s x m/s] | 2 |
| 最大业务时延[ms] | | ≤1000 |
| 刷新率[s] | | ≤1 |
| 漏检率[%] | | ≤5 |
| 虚警率[%] | | ≤5 |
| 通信时延[ms] | | 20 |
| 通信带宽[Mbps] | | 20 |

4.4 建筑微变形监测应用场景及业务需求

4.4.1 应用场景

随着中国交通、城市建设的发展，公路桥梁的数量和总里程

数、高层建筑的数量都在飞速增长。截止 2022 年 7 月，根据国家地理局的统计，全国共有 73.53 万座公路桥梁，总长度 3977.8 万米。桥梁结构在车辆等负荷、雨雪等自然气候因

素的长期影响下，不可避免地出现损伤与破坏，桥梁的微变形检测是运行维护阶段的重要控制指标，当变形量超过自身挠度容许范围，容易发生倒塌等危险事故，因此针对桥梁的微变形监测是必要的。

随着我国城市化的高速发展，以高层建筑迅速发展，仅 200 米以上的超高层建筑达到了 1472 座，建筑使用过程中都会出现或多或少沉降与变形。在一定限度的变形量是正常的，但当变形量超出了建筑构造的允许限度，将会危及建筑物安全，因此在建筑物施工和使用过程中的微变形监测是必要的。

5G-A 通感一体化基站利用分米波、毫米波感知技术，可以实现桥梁、城市建筑的毫米级监测感知，并通过 5G 网络将感知测量数据实时传递至云侧的建筑结构安全检测平台，实现感知实时化、在线预警及时化、结构评估高效化。

4.4.2 业务需求

建筑微变形检测场景的感知对象主要是各类桥梁、城市建筑，相关的通感业务指标如下：

表 7 建筑微变形检测场景通感业务需求指标

| | | |
|---------------|---------------------------|--------|
| 置信度 [%] | | 95 |
| 位置精度 基于置信度 | 水平[m] | ≤0.002 |
| | 垂直[m] | ≤0.002 |
| 速度精度 基于置信度 | 水平 [m/s] | NA |
| | 垂直[m/s] | NA |
| 感知分辨率 | 位置分辨率[m] | 0.002 |
| | 速度分辨率 (水平/垂直) [m/s x m/s] | NA |
| 最大业务时延[ms] | | ≤1000 |
| 刷新率[s] | | ≤1 |
| 漏检率[%] | | ≤5 |
| 虚警率[%] | | ≤5 |
| 通信时延[ms] | | 不涉及 |
| 通信带宽[Mbps] | | 不涉及 |

4.5 气象服务应用场景及业务需求

4.5.1 应用场景

日常的生产和生活中，天气的影响无处不在。从每天的出行计划到农业种植、高铁飞机运行等，都需要对天气有准确的了解。而气象雷达则是我们监测天气的重要工具。气象雷达通过向空中发射电磁波，然后接收这些电磁波在空气中传播时的反射信号，从而确定云层、雨滴等气象目标的位置和运动状态，为短时天气预报和灾害性天气的预警提供重要依据。

传统的气象雷达受限于成本和位置的影响，不能够实现天气的高精度实时预报，而 5G-A 感知一体化技术利用通信基站的成片组网及雷达感知技术，实现天气的实时预报和短期预测。

4.5.2 业务需求

气象服务应用场景的感知对象主要是云层、雨滴等气象目标的位置和运动状态，相关的通感业务指标如下：

福建省物联网行业协会

表 8 气象服务应用场景通感业务需求指标

| | | |
|---------------|---------------------------|--------------|
| 置信度 [%] | | 90% |
| 位置精度 基于置信度 | 水平[m] | ≤ 0.003 |
| | 垂直[m] | ≤ 0.003 |
| 速度精度 基于置信度 | 水平 l[m/s] | NA |
| | 垂直[m/s] | NA |
| 感知分辨率 | 位置分辨率[m] | 0.003 |
| | 速度分辨率 (水平/垂直) [m/s x m/s] | NA |
| 最大业务时延[ms] | | ≤ 1000 |
| 刷新率[s] | | ≤ 1 |
| 漏检率[%] | | ≤ 10 |
| 虚警率[%] | | ≤ 10 |
| 通信时延[ms] | | 200 |
| 通信带宽[Mbps] | | 2 |

福建省物联网

4.6 健康检测应用场景及业务需求

4.6.1 应用场景

由于工作、学习压力等外界因素，当前社会亚健康人群急速膨胀，据研究表明，世界上约 80% 的人群长期处于亚健康状态，很多人时常会感到精神紧张、身心疲惫。长时间久坐、用眼过度等工作生活习惯使得出现颈椎病、焦虑症、重度肥胖等疾病的人群日益庞大，体育锻炼和健康监测的重要性逐渐成为现代居民关注的重点。

传统的体育锻炼和健康监测依赖各类接触式的可穿戴设备采集用户手部的动作信息以及心率数据来分析，无法探测到用户的肢体动作、胸腹部呼吸运动等其他身体部位的体动，这些数据维度上的缺失影响了用户身体健康监测分析的精确程度。

5G-A 通感一体化技术可实现非接触的毫米波感知，可精确收集到用户的呼吸律、心律、全身体动、心跳 R-R 间期、心率变异性、呼吸暂停事件等数据提供了健康全方位的监测功能。

4.6.2 业务需求

健康监测场景的感知对象主要是人体的肢体动作、呼吸动作的微变形，相关的通感业务需求指标如下：

表 9 健康监测场景通感业务需求指标

| | | |
|---------------|---------------------------|--------|
| 置信度 [%] | | 90% |
| 位置精度 基于置信度 | 水平[m] | ≤0.003 |
| | 垂直[m] | ≤0.003 |
| 速度精度 基于置信度 | 水平 I[m/s] | NA |
| | 垂直[m/s] | NA |
| 感知分辨率 | 位置分辨率[m] | 0.003 |
| | 速度分辨率 (水平/垂直) [m/s x m/s] | NA |
| 最大业务时延[ms] | | ≤1000 |
| 刷新率[s] | | ≤1 |
| 漏检率[%] | | ≤10 |
| 虚警率[%] | | ≤10 |
| 通信时延[ms] | | 不涉及 |
| 通信带宽[Mbps] | | 不涉及 |

4.7 园区监测应用场景及业务需求

4.7.1 应用场景

随着国内智慧园区建设步伐加快以及企业对自身智能化管理需求的提升，需要更加泛在、智能、精准的园区感知监测管理手段。

传统的园区监测依赖于摄像头视频监控、红外探测感知、各类传感器数据统计分析等，但以上方案存在不足。首先，需要部署大量的监测传感设备，成本较高；其次，传统的摄像头等设备服务范围有限，难以对园区进行全方位、无死角的监测管理；最后，对于近年来兴起的低空无人机等应用，传统的监测手段也难以进行有效的监测和管理。

5G-A 通感一体化技术可通过 5G-A 基站对园区进行大范围、长距离、快速的信号扫描，结合电子围栏，智能算法等技术，感知特

定区域的人、车、无人机等各类物体的入侵事件、进行定位监测、轨迹跟踪，并可进一步统计基站服务范围内的物体数量、分布，监测异常事件等。被测量目标无感知，也不必连接网络，无需终端设备配合，且可利旧现有 5G 基站，无需重复投资部署，为园区提供全天候、全覆盖、高精度的智能监测管理能力。

4.7.2 业务需求

园区监测场景的感知对象主要是园区内的人员、车辆、无人机，相关的通感业务指标如下：

表 10 园区监测场景通感业务需求指标

福建省物联网行业协会

| 业务指标 | | 人员 | 车辆 | 无人机 |
|---------------|---------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------------|
| 置信度 [%] | | 95% | 95% | 95% |
| 位置精度 基于置信度 | 水平[m] | ≤0.5 | ≤4 | ≤100 |
| | 垂直[m] | ≤0.5 | ≤4 | ≤30 |
| 速度精度 基于置信度 | 水平 I[m/s] | ≤2 | ≤2 | 10 |
| | 垂直[m/s] | ≤2 | ≤2 | 10 |
| 感知分辨率 | 位置分辨率[m] | 0.5 | 4 区分车道, 车道宽度按照 4m 计算 | 10 为了检测无人机单体的存在 |
| | 速度分辨率 (水平/垂直) [m/s x m/s] | 2 | 2 | 10 为了检测无人机的存在, 速度的传感分辨率为 10m/s |
| 最大业务时延[ms] | | ≤1000 | ≤1000 | ≤1000 |
| 刷新率[s] | | ≤1 | ≤1 | ≤1 |
| 漏检率[%] | | ≤5 | ≤5 | ≤5 |
| 虚警率[%] | | ≤5 | ≤5 | ≤5 |
| 通信时延[ms] | | 不涉及 | 不涉及 | 不涉及 |
| 通信带宽[Mbps] | | 不涉及 | 不涉及 | 不涉及 |

4.8 矿山边坡监测应用场景及业务需求

4.8.1 应用场景

露天矿山边坡稳定性一直是影响其安全生产的最重要因素，随着开采深度的增加，其边坡高度也在加大，滑坡等失稳现象逐年增多，边坡失稳造成的灾害风险与矿山经济效益的提升矛盾日益突

出。我国是矿业大国，有各类露天矿山 1500 余处，不稳定边坡占边坡总量的 15%~20%左右，如何利用新技术实现露天矿边坡智能监测

福建省物联网行业协会

预警及快速应急响应成为了亟待解决的问题，对于提高我国露天矿生产安全具有重要意义。

现有的边坡监测技术在一定程度上满足了边坡滑动监测要求，但尚存在监测信息不全面、应急响应滞后、抗干扰性差、覆盖范围有限、功能单一、成本较高等问题，极大地制约了边坡监测预警的实时性和科学性。

5G-A 通感一体技术可以有效解决矿山行业大范围面状全覆盖监测、实时监测、精准预警的难题，实现对监视区域全天时、全天候、非接触、高精度的远程监测及滑坡预警，实现矿区边坡智能监测、安全管控与应急通信的无缝集成。

4.8.2 业务需求

矿山边坡监测场景的感知对象主要是边坡表面形变，相关的通感业务指标如下：

表 11 矿山边坡监测场景通感业务需求指标

| | | |
|---------------|---------------------------|-------|
| 置信度 [%] | | 95 |
| 位置精度 基于置信度 | 水平[m] | ≤0.15 |
| | 垂直[m] | ≤0.15 |
| 速度精度 基于置信度 | 水平 l[m/s] | NA |
| | 垂直[m/s] | NA |
| 感知分辨率 | 位置分辨率[m] | 0.15 |
| | 速度分辨率 (水平/垂直) [m/s x m/s] | NA |
| 最大业务时延[ms] | | ≤1000 |
| 刷新率[s] | | ≤1 |
| 漏检率[%] | | ≤5 |
| 虚警率[%] | | ≤5 |
| 通信时延[ms] | | 不涉及 |
| 通信带宽[Mbps] | | 不涉及 |

5 低空物联网现状及挑战

为满足以上三大低空经济信息服务需求，低空物联网应运而生。低空物联网是依托空天地一体化网络基础设施，以先进的信息通信、人工智能、大数据等技术手段，构建的网联化、数字化、智能化网络体系，旨在实现低空通信、导航、监管一体化服务。

5.1 技术内涵

第一，低空网联化，空地一体的网联化变革。通过整合地面蜂窝网、卫星系统等多种通信设施资源，确保低空网络全方位立体覆盖。进一步依托地面蜂窝网实现探测感知与通信的协同作业，构建无缝连接、高度集成、功能丰富的低空网络，为无人机网联化管理提供稳定可靠的网络环境。

第二，低空数字化，空域与航线的数字化转型。借助先进的数字化技术，将低空空域转化为多层次、清晰可见的“数字道路”，为无人机飞行提供精准导航与规范指引，显著提升飞行的效率与安全性。

第三，低空智能化，感知与决策的智能化升级。利用智能感知技术，精准识别并区分不同飞行物，有效避免潜在冲突风险。同时，结合大数据分析和人工智能算法，实时分析和处理飞行数据，为用户规划并优化飞行路径，展现未来低空交通的智能化管理与服务能力。

5.2 发展现状

我国低空经济发展刚刚起步，低空通信、导航、监管等技术发展尚不完善，传统点对点通信、卫星定位、低慢雷达等技术存在覆盖距离短、连续组网难、定位精度低、监管能力弱等问题。

传统无人机通信技术主要是点对点通信，采用WiFi等通信制式，仅能局域传输，无法连续组网，业务速率受限；部分企业新建私有广域通信网络，成本高，业务速率低，且无法服务其他企业；而网联通信可通过整体网络覆盖优势，实现广域超视距传输，能够满足高清视频等各类业务传输要求。

传统无人机导航技术主要是卫星导航，定位精度相对低，约 10-30 米；而基于网络级 RTK(Real-time kinematic，实时动态载波相位差分

技术)的高精定位技术，定位精度可达厘米级。主要通过地基增强基准站网，接收处理全球卫星导航系统数据，并利用高精度定位平台计算

福建省物联网行业协会

出误差信息，向服务请求用户实时播发位置修正值，从而在用户终端上实现动态高精度定位。

传统低空探测技术主要包含低慢雷达、光电探测、频谱探测等,产业相对成熟但存在城区难覆盖、连续组网难、可靠性不高、产业生态分散等痛点问题;而通感一体技术,感知与通信共用资源、硬件、站址,具有可连片组网、性价比高的优势,但当前还处于初期发展阶段,存在技术标准空白、产业不成熟等问题。

5.3 面临挑战

通信网联化、定位高精化、通感一体化是低空物联网未来技术发展方向。面向未来发展,构建网联通信、高精定位、通感一体的低空物联网,还面临网络覆盖待增强、核心技术待突破、商业模式待探索三大挑战。

一是网络覆盖待增强。无人机飞控数据传输需要连续稳定的网络覆盖,图传业务对上行速率有较高要求,基于网络级 RTK 的高精定位需依托蜂窝网承载差分数据传送,仅靠现有的地面蜂窝网,较难满足低空网络立体覆盖要求;与地面蜂窝网相比,卫星系统具有覆盖广、成本低、可覆盖所有高度空域等优势,但存在通信容量低、产业尚不成熟的问题。低空丰富的业务场景和不同高度的覆盖需求、自由传播引起的强干扰等,导致低空网络覆盖方案异常复杂。

二是核心技术待突破。低空物联网面临低空广域连续覆盖需求强、飞控数据可靠性要求高、导航定位精度要求高、通感一体标准空白、实时监管难度大等挑战，空地一体的立体覆盖技术、低时延高可靠的

福建省物联网行业协会

飞控传输保障、空地间干扰抑制、通感一体新硬件、通导融合定位、低空探测反制等技术待突破。

三是商业模式待探索。低空技术的发展涉及信息通信、航空、飞行器等多个产业，包括硬件、平台、应用、服务等技术领域。目前，产业发展处于百花齐放的初期阶段，产业间的创新技术、产品、接口等尚未实现有效的协同融合。如何打破行业壁垒，构建高效的合作机制和可持续发展的商业模式，共同研制低空物联网新技术、新产品，激发产业生态，已成为当下亟待解决的重要问题。

6 低空物联网技术体系架构

5G-A 是对 5G 能力的增强和拓展，一方面增强传统连接能力，另一方面拓展通信能力边界。5G-A 不仅完美契合低空飞行对高速率、低时延、大连接数等基本需求，还具有通感融合、高精定位等先进的技术能力，有助于推动低空物联网向更高层次、更广领域发展。

6.1.端到端网络架构

基于 5G-A 的低空物联网架构可以分为六大部分：包括网联终端、5G-A 无线网、卫星系统、5G-A 核心网、5G-A+北斗、监管服务运营平台。下图 3 为 5G-A 低空物联网端到端架构：

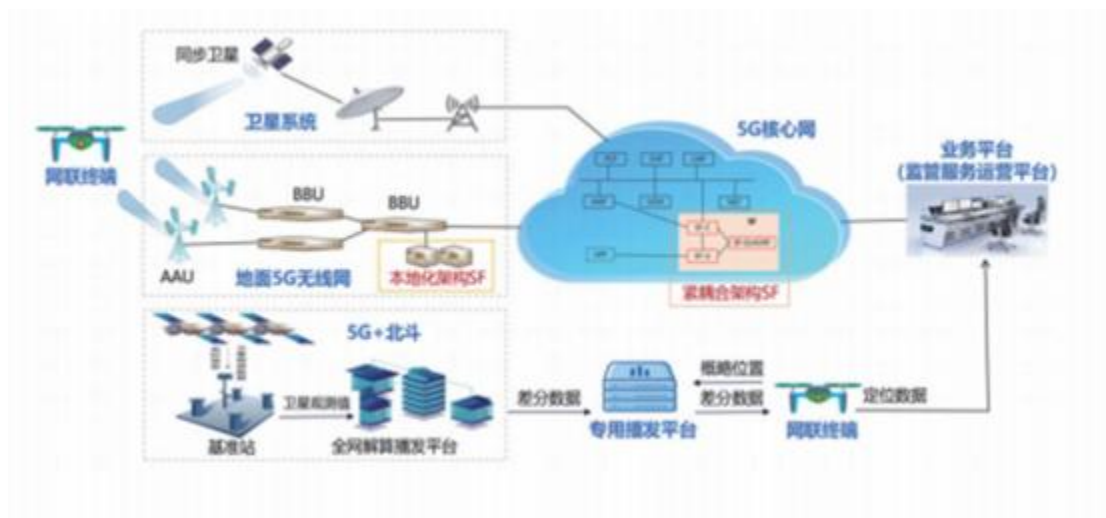


图 3 5G-A 低空智能网联端到端架构

(1) 网联终端:

通过 5G-A 无线网或卫星系统进行通信和控制的无人机。

(2) 5G-A 无线网:

提供 5G-A 公网和 5G-A 专网，依托地面网络基础设施，通过优化地面公网或建设对空专网，为一定高度下的低空网联终端提供优质的通信或通感服务。

(3) 卫星系统:

通过卫星网络技术，尽可能实现低空全域覆盖，特别适用于偏远地区、海洋、沙漠等地面基础设施网络难以覆盖的区域，为低空网联终端提供通信服务。

(4) 5G-A 核心网:

网络功能实体 AMF、UPF、SMF、PCF 等提供基础通信服务，为了支持无人机的身份识别、认证授权和飞行监控等，引入 UASNF/NEF 网元。

(5) 5G-A+北斗:

北斗定位解算播发平台提供高精定位计算服务, 5G-A 基站提供高精定位数据传输服务。

(6) 监管服务运营平台:

负责整个低空互联网的监管、服务和运营:包含飞行数据管理、角色权限管理、系统扩展等功能, 实现对无人机等低空飞行器的实时监控、管理, 支撑客户开展航线规划及对无人机进行控制, 确保飞行安全和合规性。

基于 5G-A 低空互联网端到端架构和“空地协同、通感融合、安全可信”的核心理念, 从网络、平台、应用三大方向构建“通、感、管、导”一体的 5G-A 低空互联网技术体系, 为实现低空全域可靠的“通”、多维立体的“感”高效可控的“管”、智能精准的“导”奠定重要技术基础。下图 4 为 5G-A 低空互联网技术体系示意图:



图 4 5G-A 低空互联网技术体系示意图

6.2.通信关键技术

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。
。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/748023060034006134>

福建省物联网行业协会