

5G-A 无人机空域通感及 F-SUL 上行大带宽特性验证研究

冀金英

(中国移动通信集团河北有限公司雄安新区分公司 河北 雄安 071000)

摘要 5G-A(5G-Advanced)是5G网络在功能和覆盖上的部分升级,5G-A与5G并行工作,支持部分有较高要求的应用场景,5G-A在网络速度、延迟、连接数等方面得到了显著提升。文中对无人机空域通感一体、上行大带宽两个新特性进行了验证,其是5G-A引入协议的新技术,能更好地匹配人联、物联、车联、高端制造、感知等场景。

关键词: 5G-A;无人机空域通感一体;F-SUL上行大带宽

中图分类号 TN929.5

Research on Verification of 5G-A UAV Airspace Sensing and F-SUL Uplink Large Bandwidth Characteristics

Ji Jinying

(Xiong'an New Area Branch of China Mobile Communications Group Hebei Co.,Ltd.,Xiong'an,Hebei 071000,China)

Abstract 5G-A (5G-Advanced) is a partial upgrade of 5G network in terms of functionality and coverage. 5G-A works in parallel with 5G and is responsible for supporting some application scenarios with high requirements. 5G-A has achieved significant improvements in network speed, latency, connection numbers, and other aspects. This paper validates the two new features of unmanned aerial vehicle (UAV) airspace sensing integration and large uplink bandwidth, which are new technologies introduced by the 5G-A protocol and can better match scenarios such as the Internet of Things, the Internet of Vehicles, high-end manufacturing, and perception.

Key words 5G-A, Unmanned aerial vehicle airspace sensing integration, F-SUL uplink large bandwidth

1 5G-A的特性

5G-A 3GPP 首个标准版本(R18)将在2024年冻结,5G-A将以物联、视频为基础,以控制为核心推进应用及产业,5G-A确定性体验将加速移动互联网从2D走向3D。在车联市场,5G-A将推动车、路、云、网协同共享,从辅助驾驶加速走向自动驾驶、无人驾驶。在垂直行业市场,5G-A将加速工业互联网应用从辅助生产环节到核心生产环节升级,以超低时延和超高可靠的网络性能来满足行业要求。2021年12月,3GPP在R18标准中分别在RAN和SA全会立项28个5G-A课题,包含MC-CJT,ELAA-MM,毫米波增强,绿色节能,MBSC,FSA,XR Layered QoS,LPHAP,端到端确定性,Redcap增强等,标志着5G-Advanced技术研究和标准化进入实际性阶段。本文主要探索了5G-A的两个新特性,即上行速率从百兆提升到千兆,其可以实现更高速的数据上传能力。通感一体即融合通信与感知功能,使网络能同时进行信息传输和环境感知。本次实验的主要目标为验证实际组网情况下的无人机空域感知能力及上行感知速率提升能力。

2 验证方案

2.1 无人机空域通感验证方案

2.1.1 无人机空域通感验证场景

空域通感一体是5G-A引入协议的新技术,其通过处理通信电磁波照射在物体上产生的回波,可以识别出物体的形状、大小、位置、速度等信息^[1]。通感一体化基站可以实现低空目标的识别、定位等,且在站间距合理的情况下,可达10 m级95%以上的识别精度,是目前社会各界广泛关注的低空安防领域热门新兴技术。《条例》规定,空高120 m以上空域,空中禁区、空中限制区以及周边空域,军用航空超低空飞行空域划设为管制空域。

随着无人机技术的发展,低空飞行的“低、小、慢”无人机目标,对社会安全乃至国防安全都产生了一定的威胁,而传统的感知方案乳雷达、TDoA等,对于300 m以下低空无人机等“低、小、慢”目标的识别存在虚警率高等问题,缺乏有效的低空目标管控手段。3GPP协议定义了6类应用,32个Use Case,其中4个无人机Use Case分别为无人机入侵检

作者简介:冀金英(1972—),本科,工程师,研究方向为移动网络通信。

测、智能电网无人机检测、无人机飞行轨迹跟踪、无人机防碰撞。当前,国内无人机空域通感应用主要包含以下4个场景。

(1)无人机非法入侵检测。公安等监管机构检测非合作无人机在管制空域的“黑飞”行为基站,并主动发现目标空域无人机位置、高度、速度、飞行方向等。

(2)无人机航线保护。城市低空末端配送、货物运输、城市/城际低空载人等低空经济应用场景。

(3)无人机轨迹跟踪。快递、航拍、环境监测、公共安全等预定义飞行轨迹的应用。机载传感器可能因环境光线、气象条件无法精准工作而导致偏航。

(4)网络辅助无人机免碰撞。单个UAV视野有限,需要广域上帝视角提供飞行环境态势感知,此场景要求无人机上有机载UE,并能与基站配合感知无人机周边环境,综合各种其它信息,实现类似民航飞机的空中交通导航服务。

2.1.2 无人机空域通感验证方案

无人机空域通感实验基站选址原则如下。试点站点高度25 m以上,站点正前方水平 $\pm 45^\circ$ 方向800 m内没有楼宇和树木等遮挡,覆盖区域楼高控制在10 m内、周边不能有成片的树林(感知区域飞鸟潜在影响对于真实目标的检测),抱杆或塔站有空间建立间隔4 m以上的两个模块,站点附近尽量没有较多车辆的主干道和马路,需要根据工参确认周围10 km内是否有4.9G部署(建站时再用扫频仪double check)。

无人机空域通感实验基站搭建方案如下。实验基站采用4.9G频段,规划建设方向角 307° ,下倾角 -7° ,挂高40 m,通过无人机进行相应的轨迹测试验证,组网拓扑包含网络侧、接入侧两个部分。其中,网络侧的5G核心网侧包含AMF/LMF/GMLC及下联网管系统;感知AS包含低空无人机识别航空系统LADIES、感知SF。接入侧包含通信单板、感知单板,及无线AAU系统等设备。

2.2 F-SUL上行超带宽验证方案

UE在两个载波(通常是低频+高频)进行上行传输时,

通过时分的方式复用低频载波和高频载波,兼具低频穿透性好、全时隙可进行上行传输以及高频大带宽的优势,进而更加充分地利用上行资源,提升上行覆盖和吞吐率的技术^[2]。

F-SUL超级上行可有效支撑单用户上行1 Gbps的传输速率,一方面可以满足AI训练数据上云、云拍照、云会议等交互类沉浸式业务的需求,另一方面在工业生产中可以应用AI质检、安全监控、远程控制等大上行业务。本次试点计划以农村区域为样本,作为本次F-SUL超及上行功能验证场景,通过对测试场景、干扰场景、话务模型进行评估。

2.2.1 干扰分析

本文采用商用终端在测试站天面处测量邻区信号强度,隔离区干扰F频段干扰3~5 km干扰基站数为3个,超出5 km干扰基站数为4个;A频段3~5 km干扰基站数为1个,5 km干扰基站数为6个;10 km隔离区干扰在采用华为新功能MBFSN抑制后通过测评。

2.2.2 话务分析

当前,试点区域4G流量逐年下降,相对最高峰已下降至50~60%。在闲时凌晨0~8点模拟FA退频(闭站)后,对周边区域流量承载及信令面KPI影响进行评估。其中,周边3 km,FA站点去激活后,流量正常波动无损失,KPI指标基本无影响;周边10 km,站点KPI指标正常波动。

通过分析可知,本次试点基站以乡村农田平原覆盖场景为主,为塔型基站,站高30 m,新装部署4.9G双光纤160 M基站1套,同时共BBU开通F-SUL全上行一体化模块机1套,配置3个小区,组网方案包含灌包服务器下联无线侧核心网下联无线接入网BBU设备、4.9G160M带宽AAU设备及FA SUL一体化通信模块,测试终端为MATE60 PRO。

2.2.3 测试计划

在站点建设好后进行测试计划,清频和现网KPI观测一周,测试三周,完成的3个测试用例如表1所列。

序号	用例名称	前置条件	用例步骤	预期
1	4.9G+F SUL无干扰下定点FA峰值验证	(1)4.9G 160M带宽和F小区正常,通道校正正常。 (2)支持4.9G+F SUL能力终端正常。	(1)关闭周边LTE干扰站点,构造无干扰场景。 (2)用户接入,上行满灌包,寻找峰值点,并记录点位和峰值。	预期为700 Mbps以上
2	4.9G+F SUL无干扰下拉网测试	(1)4.9G 160M带宽和F小区正常,通道校正正常。 (2)支持4.9G+F SUL能力终端正常。	(1)关闭周边LTE干扰站点,构造无干扰场景。 (2)用户接入,上行满灌包,由近点逐步拉远至掉话。	拉网速率平均约500 Mbps
3	4.9G+F SUL无干扰下覆盖性能测试	(1)4.9G 160M带宽和F小区正常,通道校正正常。 (2)支持4.9G+F SUL能力终端正常。	(1)关闭周边LTE干扰站点,构造无干扰场景。 (2)仅激活4.9G小区。 (3)用户接入,上行满灌包,用户从近点移动到远点至掉话。 (4)激活4.9G小区和F小区。 (5)用户接入4.9G配置F SUL,上行满灌包,用户从近点移动到远点至掉话。	上行性能约15 Mbps,覆盖提升

3 测试结果

3.1 无人机空域通感测试结果

3.1.1 测试用例的测试说明

(1)飞行角度。即为水平面飞行轨迹的角度,以正北为 0° ,且相对正北、顺时针为正。

(2)飞行方向。测试由不同飞行角度,远离和靠近站点的用例两两组合。

(3)飞行距离。即从用例起点,按照飞行方向飞行的距离。

(4)飞行速度。为用例规划的飞行速度,实际速度受飞手操作影响。

(5)飞行高度。为用例规划的飞行高度,实际高度受飞手操作影响。

3.1.2 测试用例示例

无人机飞行角度 307° ,飞行方向为远离站点,飞行距离为800 m,飞行速度为4 m/s,飞行高度为70 m,采集了飞行轨迹、水平方向飞行航迹。本次验证发现,空感探测方向与无人机自带内置导航航线方向一致,空感探测符合预期;水平方向飞行方向与距离:分析日志LOG本次验证空感设备可探测到无人机300 s内相对基站运行距离达800 m。此外,探测无人机飞行速度与设置速度4 m/s基本一致,飞行高度与设置高度70 m基本一致,符合实验预期。

3.2 F-SUL验证结果

5G_A上行大带宽完成相关测试验证,测试上行峰值速率可达600 Mbps,上行均值速率550 Mbps,测试单站覆盖距离690 m。

3.2.1 速率原因

当理论峰值为1.16 Gbps时,用户无法同时利用F和A(协议约束),吞吐率预期下降183 Mbps,由于Mate60 F频段仅支持1T,且SwitchingTime非0,轮发过程中会损失可用符号,吞吐率下降277 Mbps。上行干扰及干扰场景存在如下问题,F频段速率进一步下降,影响了峰值达成,在1 885~1 915的频域范围内,存在50 dB的干扰抬升(从-120 dBm抬升到-70 dBm @200 Khz),折算到30 MHz的干扰如式

(1)所示:

$$-70+10*\text{LOG}_{10}(30\text{ MHz}*1\ 000/200)=-70+21.7=-48\text{ dBm}$$

(1)

这已接近射频启控水平,会导致AAGC启控后,接收灵敏度恶化测试速率进一步下降。考虑干扰的SLIV调整优化,与Mate60适配存在问题,因此未能有效避开干扰的符号,影响了性能。

3.2.2 覆盖原因

区域A近中点,4.9G 160MHz+F频段的拉网速率明显优于4.9G 160MHz Only。F频段对于用户上行速率改善明显,约为10%,区域B与区域A的速率几乎相同,远点F频段未能充分发挥其作用,这是因为测试进入区域B时,F频段UL SRS SINR小于-9 dB,发生了SUL小区释放。如果在低干扰场景下,预估远点/弱覆盖场景覆盖扩展为3~5 dB,则覆盖未达预期的主要原因仍为系统内干扰。

4 结语

今年以来,飞行汽车等热门概念不断发展,低空经济成为新兴产业具有巨大的增长潜力,同时面临着低空通信、感知、导航等保障能力不足的问题。5G-A标准中的通感一体技术验证可以为低空飞行器提供飞行监管、全生命周期管理等服务,通过对空域通感一体设备组网,探测能力进行验证,积累通感一体低空网络覆盖建设方案,形成低空通感建设及测试标准将有力支撑低空经济发展。5G时代因手机发射功率远远弱于基站发射功率而面临上行覆盖受限的难题,进入5G-A时代,通过采用超级上行技术,新增F频段与4.9G大带宽频段融合,既满足了5G大带宽的特性,又通过低频频段的引入延伸了上行覆盖能力扩大了5G覆盖范围,可对更多上行高带宽应用进行有效支撑。

参考文献

- [1] 杨艳,张忠皓,李福昌.通感一体化融合架构及关键技术[J].移动通信,2022,46(5):52-55.
- [2] 陈光瑞.5G“超级上行”解决方案浅析[J].中国新通信,2020,22(21):3.

(上接第6页)

4 结语

随着现代科技的不断进步,通信工程中的有线传输技术也在不断创新和改进,为现代通信事业提供了更加可靠和高效的网络基础设施,为人们的工作和生活带来了极大的便利。但在有线传输技术不断发展和创新的同时,也不可避免地存在一些问题,需要不断地进行分析和研究,在保证通信系统稳定运行的基础上,更好地满足人们的通信需求。

参考文献

- [1] 王强.探究通信工程中有线传输技术的应用及改进方式[J].科学与信息化,2021(12):34,38.
- [2] 司绍伟,李书日.浅谈通信工程中有线传输技术的改进[J].数字通信世界,2020(6):122,128.
- [3] 王祎.通信工程中的有线传输技术应用[J].商品与质量,2020(28):116,209.
- [4] 程宇佳.浅谈通信工程中有线传输技术的改进[J].数码设计(下),2020,9(8):11.