

民用航空互联网通信发展趋势及 网络架构分析

Analysis on Development Trend and Network Architecture of Civil Aviation Communication

王俊杰¹,李福昌¹,张琳¹,王迪²(1. 中国联通研究院,北京 100048;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)
Wang Junjie¹, Li Fuchang¹, Zhang Lin¹, Wang Di²(1. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China; 2. China Information
Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China)

摘要:

总结分析了我国民用航空宽带通信的网络架构,探索了面向民用航空宽带通信网络的发展思路与解决方案。目前,民用航空机载通信主要有基于空地通信(ATG)的民用航空机载通信方式与基于地球同步轨道卫星的民用航空机载通信方式。随着低成本、大容量低轨卫星星座的部署,未来可以采用低轨卫星星座与ATG协同组网的方式构筑空天地一体化的民用航空宽带通信网络。

关键词:

卫星星座;地空通信;航空通信

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.12.006

文章编号:1007-3043(2021)12-0028-04

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

It analyzes the architecture of civil aviation broadband communication network in China, and explores the development and solutions for civil aviation broadband communication network. At present, civil aviation airborne communication mainly includes air ground communication (ATG) based civil aviation airborne communication mode and Geosynchronous orbit satellite based civil aviation airborne communication mode. With the deployment of low-cost and high-capacity low earth orbit satellite constellation, the low earth orbit satellite constellation and ATG can be used to build a air-space-ground integrated civil aviation broadband communication network.

Keywords:

Satellite constellation; Air to ground; Aeronautical communication

引用格式:王俊杰,李福昌,张琳,等. 民用航空互联网通信发展趋势及网络架构分析[J]. 邮电设计技术,2021(12):28-31.

1 航空互联网通信市场前景及发展趋势

航空市场发展前景巨大,根据国际航空运输协会(IATA)发布的航空市场预测,预计航空运输在未来20年内的复合年增长率约为3.5%,旅客空运数量或可达到82亿次,全球航空业的中心将逐步向亚太、中东地区转移。2019年,中国民航局首次明确提出了新一代宽带技术的系统性实施路径,持续推进航空网络升

级,推进机上无线网络服务。目前,我国民航客机总数为3 800~4 500架,共计400多条国内航线。2022—2025年,中国将超过美国成为全球最大的单一航空市场,2022年中国旅客吞吐量会达到9.8亿人次,未来20年内,中国还将需要约450个机场,届时中国的民航旅客吞吐量将占到全世界的25%^[1-3]。航空互联网通信业务将迎来爆发式的增长^[4-5]。飞机的前舱场景和后舱场景都有着强烈的应用需求,飞机前舱可承载ToB类型的数据安全传输业务,如飞行数据回传、电子飞行包、智能化空管、气象云图实时更新等业务,飞机后舱可承载ToC类型的数传业务,如远程会议、高清游戏、实时VR、远程医疗等业务。

基金项目:国家重点研发计划项目(2020YFB1808001与2020YFB1808004)

收稿日期:2021-10-15

目前,航空互联网解决方案主要有基于地球同步轨道卫星(Geosynchronous Orbit Satellite, GEO)的航空机载通信方案与地空通信(Air to Ground, ATG)的航空机载通信方案2种。基于GEO的航空机载通信方案以地球同步轨道卫星作为接入与中继转发节点,GEO卫星对信息再生转发至地面信关站,实现互联互通。基于ATG的航空机载通信方案采用地面宏基站作为专用基站,飞行器通过空中接口与专用基站相连,实现一体化的网络数据处理与传输。2020年,国内运营商已完成了相关ATG技术验证并开始部署建设ATG通信骨干网络。然而,受制于地面网络建设,ATG网络目前只能部署于陆地及近海区域,跨海国际航线普遍采用基于GEO卫星的方式提供航空互联网通信业务^[6-7]。

另一方面,随着卫星通信技术的创新和发展,空天地一体化通信作为通信系统的未来发展方向,越来越受到人们的重视,高通量低轨卫星(Low Orbit Satellite, LEO)不断兴起,星地融合网络方兴未艾。地面通信系统与卫星互联网已开始融合发展,并逐步进入“全球全域的宽带互联网”时期。卫星通信不仅是地面网络的有效补充,而且在地面网络不可通达的区域或者场景中发挥重要作用^[8-9]。卫星通信系统在基站回传、数据中继、移动载体应用、应急通信、偏远地区宽带接入、专网及跨境组网以及海上作业、泛在物联、远程医疗、远程教育、内容分发与组播、数据采集等诸多场景中发挥重要作用^[9-12]。未来6G网络将构建空、天、地泛在的移动通信网络,“空天地一体化”网络将成为未来通信网络的重要发展趋势。与地面移动通信系统相比,空天地一体化网络系统不易受地形地貌与建筑物对无线电波传播的影响,可以实现真正意义上的全球覆盖。上述因素为构建空天地一体化网络的民用航空互联网通信发展方向奠定了基础。

2 航空宽带通信网络架构

ATG网络采用宏基站作为专用基站,飞行器通过空中接口与专用基站相连,实现一体化的网络数据处理与传输,提供航空互联网服务,其组网架构如图1所示。

ATG网络包含天基测控系统、地面测控系统和信息传输链路3个部分。天基测控系统和地面测控系统都采用宏基站作为专用基站,飞行器和用户终端通过空中接口与专用基站相连。而天基测控系统和地面

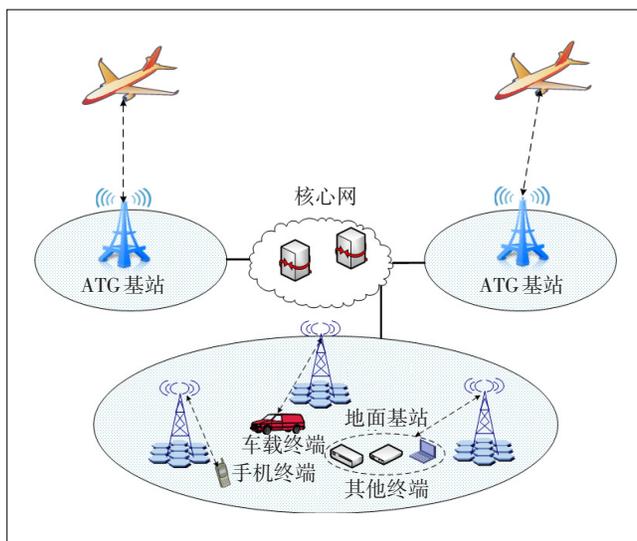


图1 基于ATG方式的航空互联网架构

测控系统的专用基站都连到同一个核心网,通过一体化传输、一体化处理来完成空地一体化信息传输。通过定制化的5G基站系统与协议,ATG网络的地面专网基站大小覆盖半径达300 km,支持1 200 km/h超高移动速率,上下行峰值速率为50 Mbit/s与800 Mbit/s,能够支持偏远和近海航线场景覆盖^[6-7]。

基于GEO的航空通信解决方案以GEO卫星为中转转发节点,通过卫星信关站接入地面网络,提供航空互联网通信服务,其网络架构如图2所示。

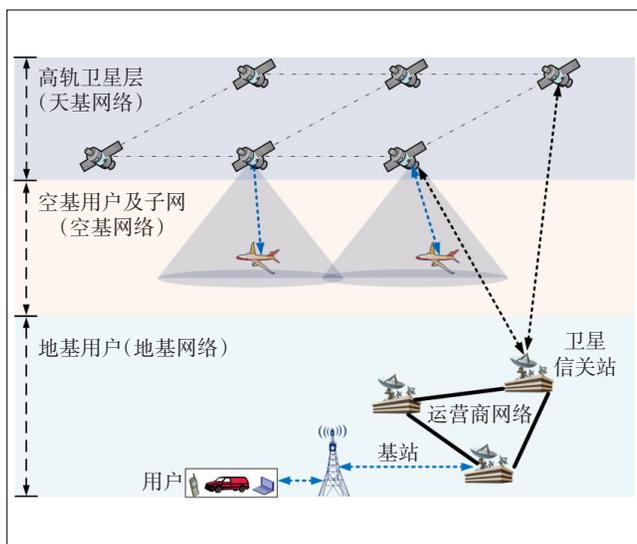


图2 基于GEO的航空通信网络架构

基于GEO的航空通信解决方案利用卫星多播功能,将卫星链路直接连接到信关站,卫星在用户与地

基接入网之间起到一个透明弯管传输的功能,实现数据的高效回传。

基于 GEO 的航空通信解决方案与基于 ATG 的航空通信解决方案优劣势对比如表 1 所示。

表 1 2 种通信方式对比

类别	基于 GEO 的航空通信	基于 ATG 的航空通信
覆盖性	全球	陆地、近海
成本	卫星租赁费用高,机载设备尺寸与重量较大	一次建站,独享带宽,机载设备重量、体积小
性能	时延 500 ms,速率低	时延≤50 ms,速率高
部署	部署复杂,周期长	部署简单,周期短
运维	复杂	简便

相较于基于 GEO 的航空通信方案,基于 ATG 的航空通信方案的优势主要体现在以下几点。

a) 改装成本低,周期短。在改装成本方面,基于 GEO 方案的单颗卫星租赁成本约为 15 万元/MHz/年,飞机机载系统改装成本约为 400 万元/架,ATG 方案的飞机机载系统改装成本约为 200 万元/架。对于国内航线而言,ATG 网络规模按照东部区域全覆盖,西部航线全覆盖的方案估算,全国需新建 ATG 基站约 500 个,单站建设成本约为 100 万,新建专网核心网一套按 2 000 万计算,ATG 方案的地面网络基础设施建设成本约为 5.2 亿。在改装周期方面,基于高轨卫星的机载通信方案单架飞机离场改装时长约为 1 周,基于 ATG 的机载通信方案的单架飞机离场改装时长为 2~3 天^[6,7,13]。

b) 通信时延小。卫星方案多基于 GEO 卫星,GEO 方案网络时延为 1~2 s,而 ATG 方案网络时延则不高于 100 ms。

c) 技术迭代优势。卫星方案技术迭代升级困难(卫星无法回收),ATG 方案技术迭代升级快(LTE 可升级 5G NR)。

d) 流量资费低。综合考虑有限的高轨通信卫星资源与 ATG 网络建设成本,卫星方案多基于 GEO,其流量资费要高于 ATG 方案。

e) 用户体验速率高。据调研,现有的 ATG 5G 地空通信平台能够实现下行峰值速率 800 Mbit/s,上行峰值速率 150 Mbit/s。ATG 方案的用户体验速率远高于基于 GEO 的方案。

相较于基于 GEO 的通信方案,ATG 方案的劣势主要包括以下几方面。

a) 限定陆地区域。卫星方案可覆盖全球区域,ATG 方案仅限于陆地与近海区域。

b) 航空频率问题。卫星通信频段已获得监管部门许可,ATG 方案地面与飞机间通信频率获取难度则较大。

c) 审批流程问题。卫星运营商已获得基础电信业务经营许可,电信运营商的经营许可审批流程复杂,审批流程周期较长。

目前,我国正加紧谋划基于 LEO 卫星星座全球移动通信与空间互联网建设。构建天地一体化信息网络,建成空间基础设施体系,将有助于形成面向全球连续稳定的卫星互联网业务服务能力。另一方面,3GPP 组织开展了卫星通信的系统架构和空口接入技术的研究,根据其所提出的非地面网络(Non Terrestrial Network, NTN)网络架构,GEO/MEO/LEO 星座将成为未来新型天基网络重要的基础设施^[14-15]。故未来可采取 LEO 星座网络与 ATG 专网并存的空天地一体化通信网络部署方式,其网络架构如图 3 所示。

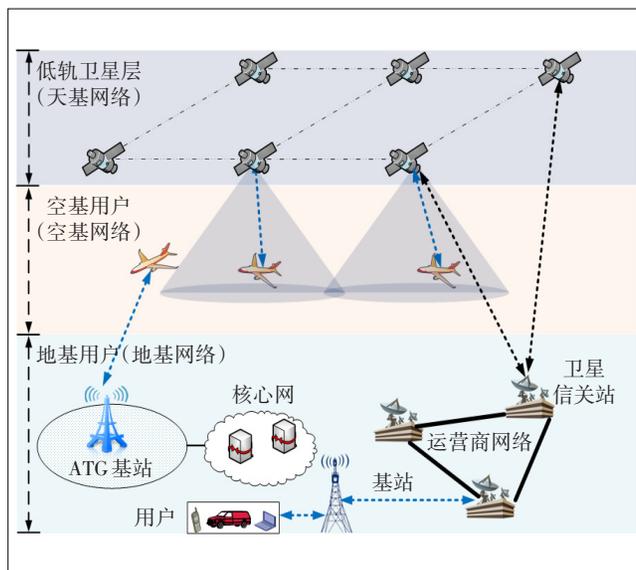


图 3 空天地一体化航空通信网络架构

相较于基于 GEO 的航空通信解决方案,基于 LEO 的航空通信解决方案能够有效减少传输时延,提升用户体验速率与覆盖性能。相较于基于 ATG 的航空通信解决方案,基于 LEO 的航空通信解决方案能够实现全球覆盖,避免航空频率使用许可问题。然而,需要说明的是,部署具备全球覆盖商用能力、技术成熟的 LEO 星座尚需要一定时间。在其部署的窗口期内,对于航空通信业务需求大的陆地航线而言,可以优先考

考虑基于ATG的航空通信解决方案,对于跨海域的国际航线则应采用基于GEO的航空通信解决方案。

3 结束语

本文对我国的民用航空宽带通信的网络架构与发展趋势进行了总结分析,并探索了面向民用航空宽带通信网络的解决方案。与现有的基于GEO的机载通信方案相比,基于LEO的机载通信方案虽然拥有更好的网络覆盖性能,然而部署具备全球覆盖商用能力、技术成熟的LEO星座尚需要一定时间。在LEO星座部署完成之前,基于ATG的航空通信解决方案对于国内航线而言仍具有显著优势。在国家政策方面,已确定在“十四五”期间基本完成LEO星座的全球布局,LEO星座互联网已经成为空天地一体化网络发展的必然趋势^[10,12]。未来,航空通信解决方案将基于LEO星座,故ATG解决方案很可能成为一个过渡性的航空通信解决方案。在此过渡期内,ATG网络共建共享的维护成本、投资收益比和回收周期需要进一步统筹规划。民用航空通信网络发展可以归纳为以下3个阶段。

a) 2025年前后,开展非地面网络标准化工作布局、面向5G公网/专网融合化服务的ATG网络建设与推广以及高频偏场景下的LEO通信试验验证工作。

b) 2030年前后,主要开展非地面网络标准化体系完善工作、面向5G/6G公网/专网融合化的ATG网络服务和运营以及基于LEO星座的机载通信网络测试与验证。

c) 2035年后,开展面向6G的空天地一体化的国际标准化工作,实现LEO与ATG的异构网络融合,建设空天地一体化协同组网的机载宽带无线通信网络。

未来,随着空天地一体化网络的发展,卫星通信系统与地面信息通信系统将持续融合,建设LEO星座与ATG网络融合的空天地一体化航空宽带通信网络,实现民航行业应用全覆盖,为航空用户提供覆盖全球的通信网络服务。

参考文献:

[1] 裴郁杉,张忠皓,王婷婷. 空天地一体化通信网络发展愿景与挑战[J]. 邮电设计技术, 2020(4): 15-20.
[2] VANELLI-CORALLI A, GUIDOTTI A, FOGGI T. 5G and beyond 5G non-terrestrial networks: trends and research challenges [C]// 2020 IEEE 3rd 5G World Forum(5GWF). IEEE, 2020.
[3] ZHANG J. Aeronautical mobile communication: the evolution from

narrowband to broadband[J]. Engineering, 2021, 7(4): 431-434.
[4] 国家航天局. 《2016中国的航天》白皮书[EB/OL]. [2021-09-27]. <http://www.cnsa.gov.cn/n6758823/n6758841/c6778346/content.html>.
[5] 中国民用航空局. 中国民航新一代航空宽带通信技术路线图[EB/OL]. [2021-09-27]. http://www.caac.gov.cn/XXGK/XXGK/TZTG/202105/t20210518_207630.html.
[6] 王靖,黄曜明,谢宁,等. ATG地空通信业务分析与策略研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2019, 32(2): 70-74.
[7] 李宗林,骆润,郭世伟,等. 基于5G的ATG实现方式及网络部署规划[J]. 移动通信, 2020, 44(9): 14-18.
[8] WU B T, XU Z F. Research on integrated space-air-ground TT&C and communication network based on space tracking ship [C]// 2017 16th International Conference on Optical Communications and Networks (ICOON). IEEE, 2017.
[9] 李福昌,裴郁杉,王俊杰,等. 基于“7·20郑州特大暴雨”对空天地一体化通信的思考[J]. 移动通信, 2021, 45(5): 81-85.
[10] 中国联通网络技术研究院. 中国联通空天地一体化通信网络白皮书[R/OL]. [2021-09-27]. http://www.360doc.com/content/21/0419/17/57557960_973101320.shtml.
[11] 中国联合网络通信有限公司研究院. 中国联通6G白皮书(V1.0)[R/OL]. [2021-09-27]. <https://www.doc88.com/p-66016039339462.html?r=1>.
[12] 张乃通,赵康健,刘功亮. 对建设我国“天地一体化信息网络”的思考[J]. 中国电子科学研究院学报, 2015, 10(3): 223-230.
[13] SCHNELL M, EPPEL U, SHUTIN D, et al. LDACS: future aeronautical communications for air-traffic management [J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(5): 104-110.
[14] 3GPP. Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks: 3GPP TR 38.821[S/OL]. [2021-09-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
[15] 3GPP. Solutions for NR to support Non-Terrestrial Networks (NTN): 3GPP TR 38.821[S/OL]. [2021-09-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
[16] 裴郁杉,苗守野,张忠皓,等. 空天地一体化通信网络中地面运营商的挑战与机遇[J]. 移动通信, 2020, 44(9): 7-13.
[17] CCF互联网专委会. 天地一体化网络研究进展与趋势[C]// CCF2014-2015中国计算机科学技术发展报告会论文集, 2015.
[18] 刘显著,丁莹,胡源,等. 天地一体化信息网络的几点思考与建议[C]//第二十八届全国通信与信息技术学术年会论文集, 2013.
[19] 任成功. 宽带卫星通信技术的现状与发展[J]. 数码设计(下), 2019(5): 217.

作者简介:

王俊杰,毕业于西安电子科技大学,工程师,博士,主要从事空天地一体化通信网络融合、泛低空通信网络和多目标优化及其整定方法研究工作;李福昌,毕业于哈尔滨工程大学,教授级高级工程师,博士,目前研究方向为无线通信、网络技术创新、5G网络架构设计与标准化;张琳,毕业于北京工业大学,工程师,硕士,主要研究方向为空天地一体化通信、高低空通信;王迪,毕业于西安电子科技大学,工程师,硕士,主要研究方向为网络大数据分析、数字化运营、云网一体化行业市场创新产品研发。