

DOI: 10.19416/j.cnki.1674-9804.2024.04.018

5G 技术在民用飞机设计运营领域的应用分析

肖 君*

(中航西飞民用飞机有限责任公司,西安 710089)

摘 要: 5G 通信技术在民用飞机领域开展了一定的应用探索,通过分析民用飞机无线数据通信的现有状态,结合 5G 通信技术的优点,对 5G 通信技术在民用飞机设计、运营领域的应用可行性进行了研究。重点对《中国民航新一代航空宽带通信技术路线图》中的 5G-ATG、5G AeroMACS2.0 技术特性做了分析,论证了其在民用飞机运营领域应用的必要性,并详细分析了 5G 技术应用在机载系统和地面设备设计中应关注的主要问题,对后续 5G 技术在民用飞机运营和设计领域中的应用提供一定的工程参考价值。

关键词: 5G;无线数据通信;民用飞机;设计运营

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

OSID:



0 引言

随着通信技术的发展,自 2019 年开始,5G(5th Generation)通信技术正式开始在国内商业应用。5G 相对于过去的移动蜂窝通信(如 3G、4G 等)具有高速率、超大容量、超低时延的特点,因此,基于 5G 的通信技术逐步在国内民用航空各领域推广应用。2021 年 4 月,中国民航局组织发布了《中国民航新一代航空宽带通信技术路线图》。文件指出:“新一代航空宽带通信技术”主要包括 5G AeroMACS2.0(aeronautical mobile airport communication system,航空机场场面宽带移动通信系统)、5G LDACS2.0(L-band digital aeronautical communication system,L 频段航空宽带通信系统)、5G-ATG(air to ground,地空通信系统)及 5G 公共网络等通信技术,这为民用航空各领域应用 5G 通信技术提供了参考依据。尤其是飞机设计领域的机载系统和地面设备网络在使用 5G 通信技术时,需参考路线图中提出的 5G 通信技术应用场景,有针对性地对机载系统进行适应性的设计,开展民用飞机设计运营场景分析。

1 无线通信技术在飞机设计运营领域的应用历史和现状

民用飞机通信系统主要有高频通信系统(high frequency,简称 HF)、甚高频通信系统(very high frequency,简称 VHF)、飞机通信寻址报告系统(aircraft communications addressing and reporting system,简称 ACARS)、卫星通信系统、甚高频数据链系统等。其中,民用飞机在飞行过程中进行数据交互时,主要采用甚高频数据链系统和卫星通信系统两种方式。甚高频数据链系统存在无优先级选择,重要数据信息可能存在延迟的问题,传输的时效也存在延时的可能。而卫星通信系统也存在数据信息传输速率慢、延时长、费用高的缺点。因此,随着移动通信技术的发展,业内开始考虑在飞机运营过程中采用 5G 通信技术的无线数据传输方式。

目前,民用飞机进行数据传输,通常在空中采用具有卫星通信、甚高频数据链功能的机载系统实现数据的实时传输功能,在地面时,则使用具有无线 WIFI、移动蜂窝通信(如 3G、4G 等)的机载系统实现数据的实时传输功能。因此,出于整合飞机平台机

* 通信作者。E-mail: happystarxy@163.com

引用格式: 肖君. 5G 技术在民用飞机设计运营领域的应用分析[J]. 民用飞机设计与研究,2024(4):113-117. XIAO J. 5G technology in commercial aircraft design and operation field application analysis[J]. Civil Aircraft Design and Research,2024(4):113-117(in Chinese).

载系统资源的需要,设计一款满足飞机运营全过程的机载信息系统,作为数据传输的通道,成为近些年民用飞机机载系统设计的发展方向。近几年,随着 5G 通信技术的成熟,航空运营服务领域推出了 5G-ATG、5G AeroMACS2.0 等技术概念。这些技术旨在满足民航飞机运营时全过程的数据传输覆盖需求。这不仅避免了卫星通信系统使用时带宽不够、费用贵的情况,同时也规避了普通移动蜂窝通信和无线 WIFI 只能在低空使用、易出现信道干扰的缺点。

2 5G 通信技术在民用飞机运营领域的应用前景分析

2.1 5G-ATG 特点

5G-ATG 基于 5G 公众移动通信技术,通过沿飞机航线设置符合相应国际规则和国内规定的特殊基站及波束赋形天线,在地面与飞机机舱间建立地空通信链路,不仅能够使飞机的发动机数据、飞行品质数据、视频监视数据等实时产生的数据通过具备 5G-ATG 功能的机载系统与地面实现数据的交互,而且使乘客可以在机舱内通过无线局域网接入方式访问互联网。5G-ATG 技术通过沿航线部署地面专用基站,并结合机载通信设备(customer premise equipment,简称 CPE)与 ATG 基站,实现了飞机与地面之间的双向通信,如图 1 所示。ATG 系统的架

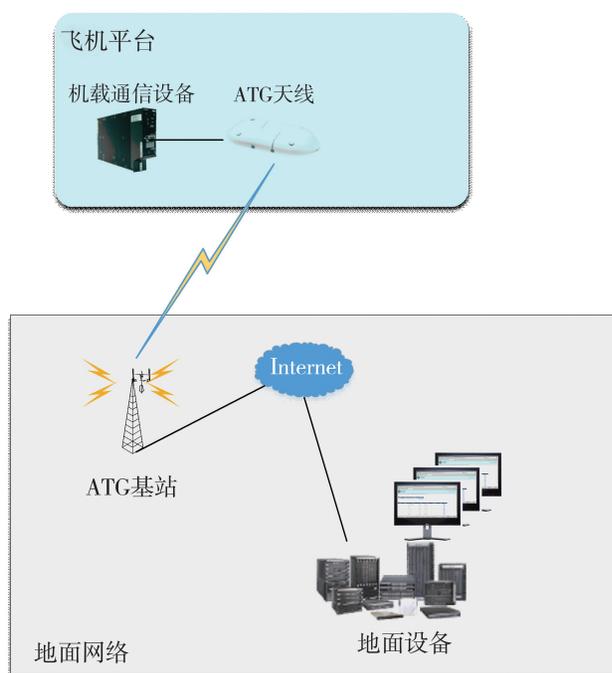


图 1 5G-ATG 空地数据通信网络架构

构类似于地面基站网络。地面基站信号通过 ATG 天线引入机舱,再经 CPE 接收后,转换为 WIFI 信号供乘客使用。与卫星通信方案相比,5G-ATG 在通信效率、稳定性、成本效益、技术升级的灵活性等方面具有显著优势。然而,由于地面基站很难实现跨洋部署,ATG 还是存在一定的局限性,不适用于国际航班使用。对于越洋飞行,卫星通信仍然是首选的通信解决方案。

2.2 5G AeroMACS2.0 特点

5G AeroMACS2.0 是一种通信技术的革新,它基于航空地面移动通信系统(AeroMACS)行业专网进行升级。Aero MACS 最初采用 IEEE 802.16e 宽带无线通信技术。为满足民航飞机在地面运营期间对无线数据传输和数据共享的需求,5G AeroMACS2.0(航空 5G 机场场域宽带移动通信系统)在原有的 AeroMACS 专网基础上针对民航机场场域管理进行了专门的开发。5G AeroMACS2.0 采用专用航空频率 5 091-5 150 MHz,不仅保留了 AeroMACS 原有的无线通信技术优势,还融合了 5G 通信技术的核心特点,包括低延时、高可靠性、大宽带和多点接入等。面对航班数量不断增长带来的挑战,民航公司和机场管理方对飞机与地面之间、地面设施之间的飞行数据、运营数据、飞机加载数据(如数据库数据、飞行管理数据、客舱服务数据等)的实时、安全传输提出了更高要求。5G AeroMACS2.0 所具备的无线数据组网能力,能够有效提升机场场域内的数据共享和数据安全水平。该系统为航空公司的运营、机场的运行管理提供了高速通信支持,实现了机场场域内地面民航运营各部门之间的宽带无线数据通信。此外,5G AeroMACS2.0 还在机场场域范围内实现了地面无线系统设备与运营飞机之间的宽带无线数据通信。

2.3 5G-ATG、5G AeroMACS2.0 通信技术在民用飞机运营中应用的必要性

在民用飞机的商业运营中,民航公司和机场管理者对飞机的实时状态给予了极高的关注,这包括但不限于发动机的燃油状况、潜在的机械故障、空域内的飞机密度以及突发的应急事件等。为了满足这些飞机运营相关方的实际需求,必须对飞机生成的海量飞行数据和机载设备数据等进行实时分析,5G 通信技术与 ATG 基站的结合正能够满足这一需求。2020 年,中国商飞在 C909 飞机上开展了

5G-ATG 技术的第一阶段应用测试,该测试实现了 200 Mbps 的稳定地空通信速率。5G 技术以其高速度、大容量、低延时的固有优势,结合 ATG 基站,有效解决了民用飞机在数据传输过程中最关心的两个问题:实时通信和数据传输带宽的稳定性。因此,将 5G 与 ATG 基站相结合的解决方案应用在民用飞机上是有必要的。

在民用飞机的商业运营中,飞机在地面的时间占据了相当大的比例。在这一阶段,使用 5G-ATG 网络来处理地面数据并不十分适宜。首先,飞机在地面的维护和过站时间受限,若直接通过空地链路获取数据,可能会导致各方数据获取不同步,并且数据未经专业人员确认,存在缺陷。其次,飞机在地面时若开放过多的数据处理权限,可能会对数据安全和飞机安全构成威胁。因此,机场场域内的各单位可使用 5G AeroMACS2.0 网络实现数据的安全共享和快速处理。在航班任务所需的数据(如制定飞行计划、更新机载系统数据库及机载娱乐数据、发布客舱广告信息等)准备就绪后,可以通过地面无线网络进行汇总编辑,然后使用专用的地面设备无线传输给飞机。采用 5G AeroMACS2.0 网络可有效缩短航班过站时间,并提升飞机在地面的安全性,因此在机场场域内构建 5G AeroMACS2.0 网络显得尤为必要。

通过以上分析可以得出,民用飞机在运营过程中的无线数据使用是一个复杂的问题。当飞机在空中飞行时,采用 5G-ATG 技术进行空地数据交互是确保无线数据安全的有效手段。然而,当飞机处于地面时,为保障多用户数据的同步性和实时性使用需求,应采用 5G AeroMACS2.0 技术来实现机场场域内的无线数据通信。

2.4 基于 5G-ATG、5G AeroMACS2.0 的民用飞机运营总体架构

在民用飞机的商业运营中,为了缩短维修过站时间、提高飞行器的使用效率以及提升乘客乘坐飞机的体验感,消除空中飞行时的信息真空,实现万米高空及机场场域的数据实时传输变得至关重要。航空公司和机场管理者对飞机数据的实时获取及互通提出了更高的要求。如图 2 所示,基于 5G-ATG 和 5G AeroMACS2.0 的组网技术,能够形成空地数据的有效传输。飞机在运营过程中产生的数据,如发动机数据和飞行品质数据,通过 5G-ATG 无线链

路进行空地数据交互,传输至地面,同时将空勤关心的各类数据(包括飞管信息、气象信息、地面信息等)传输回飞机平台。在机场场域活动时,5G AeroMACS2.0 的地面网络实现飞机、机场、空管和航空公司之间的动态信息互动,从而精准运营管理,减少因人为因素造成的飞行空域混乱。飞机的发动机数据和飞行品质数据的无线实时传输,使得民航公司能够在过站维护时提前准备,缩短故障诊断时间,提高工作效率。适度开放 5G-ATG 无线链路资源,使乘客能够在飞行过程中进行电话通话、上网等娱乐活动,有效缓解乘客的飞行焦虑。因此,5G 技术的应用,不仅可以有效解决飞机在商业运营中的数据实时传输问题,还能提高飞机的营运水平。

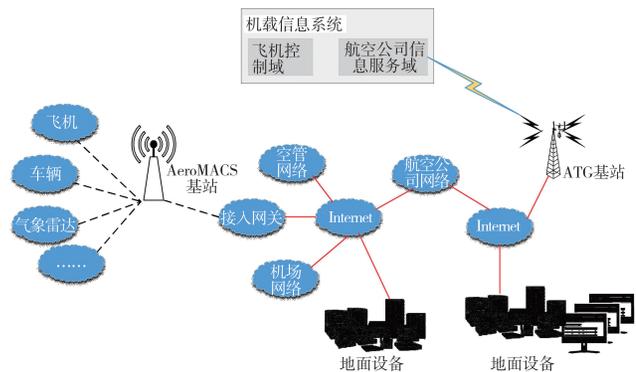


图 2 5G-ATG、5G AeroMACS2.0 总体运营架构图

3 基于 5G 技术的机载系统和地面设备设计重点问题分析

3.1 基于 5G-ATG 通信技术的机载系统设计重点问题分析

目前,大多数民用飞机上装配的移动通信系统还停留在 4G 或更低标准。由于信道干扰问题,在确保飞行安全的前提下,飞机在飞行过程中通常禁止使用这些通信系统。为了实现飞机运营过程中的数据实时交互,并响应民航局的路线图规划,考虑在民用飞机上加装或改装具备 5G 通信能力的机载系统是一个值得认真考虑的方案。同时,为了提供必要支持,地面也需要部署相应的 ATG 移动基站。在前期,部分民用飞机已经尝试加装了 5G 通信系统,但在此过程中出现了对其他机载系统(例如无线电高度表)的干扰问题。通过对比 5G 的工作频段与无线电高度表的工作频段,发现 5G 的中波段与无线电高度表的工作频段非常接近,具体对比数据如表 1 所示。

表 1 5G 频段与无线电高度表频段对比

5G	欧洲标准	北美标准
低波段	700 MHz	600 MHz
中波段	3.3~3.8 GHz	3.7~3.98 GHz
高波段	26 GHz	28 GHz
无线电高度表频段	4.2~4.4 GHz	4.2~4.4 GHz

美国联邦航空管理局 (FAA) 针对此种情况专门发布了 AD2021-23-12 适航指令, 并提出了相关要求。基于 5G-ATG 的通信模式是未来商用飞机的发展方向, 在设计搭载 5G 通信功能的机载系统时, 需充分考虑飞机作为一个复杂的机电产品所具有的高集成度、高密度度和复杂电磁环境等特点。因此, 设计基于 5G 功能的机载系统需重点考虑以下几个问题:

1) 机载系统中 ATG 天线布置的问题

飞机本身能安装天线的位置并不多, 同时, 机载系统中各个天线之间必须满足特定的电磁隔离要求。在将 ATG 天线安装到飞机平台上时, 如将天线安装在飞机蒙皮外, 需重点考虑电磁隔离要求; 如安装在机体内, 则需重点考虑安装后的使用功能是否满足。总之, 天线的合理布置需权衡考虑。

2) 机载系统重量增加的问题

商用飞机对空载重量和商载重量限制颇多, 这对于希望与地面 ATG 基站建立有效连接的具有 5G 功能的机载系统来说, 是一个设计挑战。为此, 必须开发相应的无线接口单元。如果现有的系统中已包含这样的模块, 那么就需要进行适应性升级。由于升级的 5G 制式向下兼容性不足, 可能无法充分支持或完全不支持 4G、3G、2G 网络, 这使得直接升级现有机载系统无线功能模块变得非常困难。但直接增加具有 5G 制式功能的无线接口单元则会增加机载系统重量, 从而影响飞机平台的重量控制。因此, 需综合考虑平衡重量与机载系统功能的适用性。

3) 机载系统安装位置的问题

为了实现 5G 通信功能, 机载系统需要配备专用的 ATG 天线。为了减少天线馈线 (射频线) 的重量和信号衰减, 无线通信设备必须安装在飞机的特定区域, 例如客舱或行李舱等开放空间。然而, 在民用飞机设计中, 尤其是对于民用支线飞机, 出于经济性的考量, 已经牺牲了大量空间。因此, 在飞机上找到合适的位置安装这些机载系统设备需慎重考虑。

4) ATG 基站建设问题

ATG 基站对于实现飞机与地面之间的实时数据交互至关重要。然而, 在建设 ATG 基站时, 我们会面临建设成本高、选址困难等现实问题。如考虑利用现有移动基站进行升级, 可能会遇到与已有基站的兼容性问题。为了满足飞机实时地空移动通信的需求, ATG 基站需要在机场周边和航路经过区域进行建设。因此, 无论是在选址还是维护方面, 都需要进行仔细的考量。

3.2 基于 5G AeroMACS2.0 通信技术的地面设备设计重点问题分析

1) 地面设备与机载系统的兼容性问题

在机载系统实现空地数据无线通信的过程中, 地面需设有专用 ATG 基站。ATG 基站接收有效空地数据后, 需与 AeroMACS2.0 网络进行数据传递。因此, 数据的压缩打包方式和传输的数据响应形式需提前规划, 并提前考虑无线通信中的组网架构、技术不同等可能出现的兼容性问题。

2) 机载系统的安保性问题

机载系统如需实现直接通过 AeroMACS2.0 网络查看机场场域信息, 就需在飞机平台增加相应的无线模块, 这不仅会增加系统的重量, 还会增加一个无线链路接入点, 造成信息暴露, 从而加大飞机安保的难度。因此, 在选择飞机直接连接 AeroMACS2.0 网络时, 需慎重考虑。

3) 地面设备与现有机场场域的设备兼容性问题

目前, 大多数机场都有用于飞机营运的数据网络, 有些还同时具备无线网络。5G AeroMACS2.0 有着民航授权的专用频谱, 在使用现有机场设备进行组网时, 需对现有的地面无线组网设备进行适应性升级, 同时增加必要的专用地面基站设备, 来解决应用 5G AeroMACS2.0 后的兼容性问题。

4) 新技术应用的成本问题

由于 5G AeroMACS2.0 技术在无线数据通信中具有更高的安全性、更高的带宽和更多的接入资源, 这就对现有的机场场域地面设备的性能提出了更高的要求, 因此需要大量的经费进行升级。同时, 5G AeroMACS2.0 技术又具有专用性, 在机场组网时, 因国内机场数量众多, 需大量增加新的专用地面基站来满足无线数据通信的需求, 故在考虑机场场域 5G AeroMACS2.0 部署时, 应结合费用尽可能优化方案的适用性。

4 结论

利用5G通信技术的民用飞机机载系统,能够实现数据地空交互以及地面机场场域无线通信专网的应用,这不仅能够有效地解决乘客互联网应用、飞行动态管理、飞行品质监控和视频监视等实时需求,还提升了飞行体验和运营效率。然而,这一过程中也伴随着无线交互数据的安全性问题以及飞机运营中多方协调融合的挑战。在未来的实践应用中,必须进一步考虑5G航空专网产业链中涉及的各方主体,包括航空公司、机载系统供应商、电信运营商、机场和空管等,如何实现有效协调。同时,确保相关无线交互数据的网络安全也是至关重要的。

参考文献:

- [1] 王洪超,李奕霖. 5G扬帆,天地互联:5G+ATG地空宽带产业链解析[J]. 中国信业,2021(11):30-34.
- [2] 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.
- [3] 张少伟,侯继江,王骏彪,等. 基于5G的ATG组网形

式及容量研究[J]. 移动通信,2020,44(7):2-6.

- [4] 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.
- [5] 李子艺. 美国5G部署航空安全争议及其启示[J]. 空运商务,2022(7):60-64.
- [6] 李宗林,骆润. 基于5G技术的民航AeroMACS行业专网发展展望[C]//5G网络创新研讨会(2022)论文集. 北京:中国电子科技集团公司第七研究所《移动通信》杂志社,2022:169-172.
- [7] 左晋南. 机场航空地面移动通信系统AeroMACS探究[J]. 电信技术,2019(11):58-60.
- [8] 寇明延,赵然. 现代航空通信技术[M]. 北京:国防工业出版社,2011:1-15.
- [9] 左跃. 基于LTE的ATG通信系统仿真研究[D]. 西安:电子科技大学,2018.
- [10] 李哲. 地空无线宽带通信系统及其应用研究[D]. 南京:南京邮电大学,2014.
- [11] 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[R]. 北京:中国民用航空局,2022:1-28.

作者简介

肖君 男,硕士,高级工程师。主要研究方向:航空电子。
E-mail: happystarxy@163.com

5G technology in commercial aircraft design and operation field application analysis

XIAO Jun *

(AVIC XAC Commercial Aircraft Co., Ltd., Xi'an 710089, China)

Abstract: 5G communication technology in the field of commercial aircraft has carried out some application exploration. By analyzing the existing state of commercial aircraft wireless data communication, combined with the advantages of 5G communication technology, the feasibility of 5G communication technology in the field of commercial aircraft design and operation is studied. The technical characteristics of 5G-ATG and 5G AeroMACS2.0 in "CAAC New Generation Aviation Broadband Communication Technology Roadmap" are analyzed, and the necessity of its application in the field of commercial aircraft operation is demonstrated; and the main problems that should be paid attention to in the design of airborne system and ground equipment for 5G technology application are analyzed in detail. It provides a certain engineering reference value for the application of 5G technology in the field of commercial aircraft operation and design.

Keywords: 5G; wireless data communication; commercial aircraft; design and operation

* Corresponding author. E-mail: happystarxy@163.com