

doi: 10.7690/bgzdh.2022.04.012

5G 移动通信技术军事应用研究

韩松岳^{1,2}, 苗 恺², 田春元¹, 黄 伟¹, 李立甫¹

(1. 陆军工程大学通信士官学校, 重庆 400035;
2. 中国人民解放军 32705 部队, 西安 710086)

摘要: 为加速推进 5G 在军事领域的研究与应用, 细化研究方法和实现途径, 梳理分析 5G 技术发展现状、架构特点及关键技术。基于多视角梳理分析 30 份美国 5G 军事应用的政策文件; 梳理并评述了国内学术界 5G 军事应用研究的进展和焦点, 分析研究特点和短板弱项; 提出了 5G 军事应用的总体思路和整体框架, 并基于“映射法”对军事应用场景进行量化分析, 最后给出建议与展望。结果表明, 该研究可为 5G 在军事领域的战略顶层设计、应用优先级设置和建设研究实践提供参考。

关键词: 5G; 关键技术; 军事应用; 分析评述; 整体框架; 方法途径
中图分类号: TN929.5 **文献标志码:** A

Research on Military Application of 5G Mobile Communication Technology

Han Songyue^{1,2}, Miao Kai², Tian Chunyuan¹, Huang Wei¹, Li Lifu¹

(1. *Communication Sergeant School of Army Engineering University of PLA, Chongqing 400035, China;*
2. *No. 32705 Unit of PLA, Xi'an 710086, China*)

Abstract: In order to accelerate the research and application of 5G in the military field, the research methods and implementation approaches are refined. This paper analyzes the development status, architecture characteristics and key technologies of 5G technology, analyzes 30 policy documents of 5G military application in the United States from multiple perspectives, reviews the progress and focus of 5G military application research in domestic academia, and analyzes the research characteristics and weaknesses. The general idea and overall framework of 5G military applications are proposed, and the military application scenarios are quantitatively analyzed based on the "mapping method". Finally, suggestions and prospects are given. The results show that the study can provide a reference for the strategic top-level design, application priority setting and construction research practice of 5G in the military field.

Keywords: 5G; key technology; military application; analysis and review; overall framework; methods and approaches

0 引言

5G 是面向“人、机、物”互联的新一代移动通信技术, 其引入了 IT 领域虚拟化思想, 采用新型网络架构, 融合多种新型通信技术, 性能与效率指标较 4G LTE 实现了跃升。基于 5G 的开放架构和卓越性能, 其能够与物联网、人工智能、大数据分析等前沿技术深度融合, 赋能社会千行百业的数字化转型, 对未来抢占经济、科教、军事等领域的主动权至关重要。

美国《国防部 5G 战略》认为 5G 是关键战略性技术, 有助于国家在经济和军事竞争中取胜。5G 移动通信技术赋能现代军事, 增强了传统军事通信, 在军队现代化建设、军事应用场景赋能、新型作战样式生成以及战争形态变革等方面的潜力巨大。

1 5G 移动通信技术

1.1 能力指标和发展现状

5G 即第五代移动通信技术, 法定名称为 IMT-2020。其用户体验速率达 0.1~1 Gbps, 峰值速率达数十 Gbps, ms 级时延, 百万级连接数密度, 500 km/h 以上的移动性以及数十 Tbps/km² 的流量密度。相较于 4G, 频谱效率提升 5~15 倍, 能效和成本效率改善超百倍。5G 技术的研究和标准化工作于 2014 年起步, 我国 IMT-2020(5G) 推进组和 NGMN 先后于 2014 年 5 月和 12 月发布了白皮书^[1-2], 描述了 5G 的设计思想和关键技术, 进行了需求分析和应用展望等工作。2021 年世界移动通信大会上, 工信部刘烈宏副部长表示, 中国累计建成 5G 基站超过 71.8 万个, 约占全球 70%; 5G 终端连

收稿日期: 2021-12-23; 修回日期: 2022-01-28

基金项目: 信息通信事业费项目

作者简介: 韩松岳(1993—), 男, 陕西人, 硕士, 从事 5G 移动通信、军事通信研究。E-mail: 572041759@qq.com。

接数超 2 亿。笔者对 5G 移动通信技术(发展现状、网络架构和关键技术)和 5G 军事应用(国外研究现状及分析、国内 5G 军事应用的研究成果和 5G 军事应用的主要研究技术)进行论述,提出了 5G 军事应用研究方向、方法和建议。

1.2 网络架构

如图 1 所示,5G 采用无线接入网、承载网及核心网的端到端 3 层网络架构。无线侧有 4 种架构:集中式无线接入网 CRAN、分布式无线接入网 DRAN、云化无线接入网 Cloud RAN 和基站直连。CRAN 下 AAU 通过光纤或波分设备与 BBU 相连,多个 BBU 可通过堆叠或交换单元互联,实现资源集约高效,站点快速部署,但对机房配套设备要求高,功耗大;DRAN 下,BBU 与 AAU 或 RRU 同站部署,基于光纤或微波回传,系统冗余性高;Cloud RAN 采用 CU/DU 分离架构, CU 基于 NFV 技术云化部署, DU 保留传统硬件形态在 BBU 中,网络架构更加灵活,资源控制、利用和分配更加高效,业务上线周期大幅缩短,且网络具备一定感知能力。承载网分为接入环、汇聚环及核心环,带宽较 4G 实现了扩容演进;同时,将波分设备下沉到承载网,更好地支持大带宽和低时延场景。核心网是基于 SBA 架构的分布式云化核心网,分为中心、区域、边缘数据中心,分布式架构确保网元功能按需部署,例如:CU 可以部署在边缘数据中心,对 RAN 侧 DU 实现资源统管;UPF 下沉到边缘或区域数据中心,以支持低时延业务。

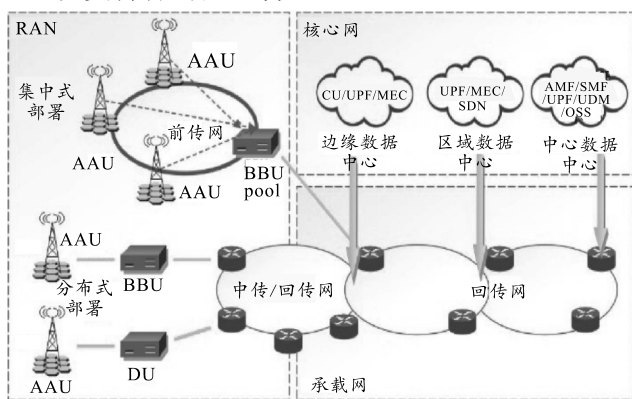


图 1 5G 端到端网络总体架构

1.3 关键技术

1.3.1 无线传输类

1) 全双工技术。

全双工技术能够在相同的时域和频域资源上进行双向通信,理论上能够提高频谱利用率一倍,实

现灵活高效的频谱利用,但是收发信号之间的自干扰一直是制约该技术发展的关键问题。文献[3]中对全双工技术的研究现状和关键技术作了评述,指出了局限性:①并非所有条件下都能得到理想增益,目前相关实验缺乏在基站和终端数量较大情况下的测试验证;②系统容量分析缺少对多小区、大用户数的研究。

2) massive MIMO。

该概念于 2010 年由贝尔实验室 Marzetta 提出^[4]。实质是空间复用和波束赋形的结合,利用十到上百根天线,构成大规模 MIMO 矩阵,利用波束赋形技术将天线能量在 3 维空间聚焦传输,用户间信道趋于正交,信号间干扰低,从而实现频谱资源的复用。该技术解决了传统研究的若干问题,并且对信息方向有全新的进展及研究方向^[5]。优势有:①有效提升能量、频谱效率以及小区容量;②扩大传输距离,相较于传统 MIMO,同功率下信号能够有效覆盖到更远的距离;③提升多场景用户体验。文献[6]对该技术标准化进展做了梳理,并指出了其当前面临信道估计、多流配对及算法执行效果不理想以及小区容量实际增益不理想等问题挑战。

3) 非正交多址技术。

非正交多址技术(non orthogonal multiple access, NOMA)的原理是在发送端主动引入干扰信息进行调制,以不同功率将多个信息流在时、频、码域资源重叠传输,在接收端通过串行干扰消除技术进行解调,从而提升频谱效率,为多用户同时提供无线业务,能够满足未来 5G 物联网应用需求。

4) 毫米波。

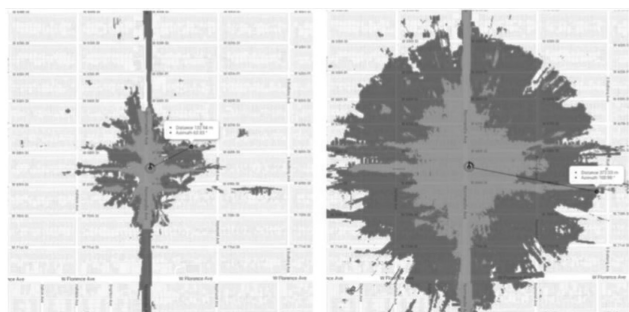
当前 5G 部署主要有我国主推的 Sub-6 中低频段和美、日、韩主推的毫米波高频段 2 个方向;此外,日、韩两国也同时研究部署 Sub-6 波段技术。毫米波波长短、频率高,信号波束窄,传输速率快,基站设备体积小、集成度高,信号传输安全性高;但是传输距离小、信号衰减大。如图 2 所示^[7],是美国洛杉矶一处相对平坦地区进行的 Sub-6 和毫米波网络覆盖质量对比图,外层(深色)表示 100 Mbps 速率,内层(浅色)表示 1 Gbps 速率。

1.3.2 无线网络类

1) SDN。

软件定义网络(Software)是美国斯坦福大学 Clean slate 研究组提出的新型网络架构^[6]。通过网络软件化,实现网络设备的集中控制与数据面分

离，以期灵活控制网络流量，便于不同运营商对网络基础设施的共享，在精简网络管理、降本增效及业务快速上线具有重要作用。



(a) 毫米波网络覆盖质量 (b) Sub-6G 网络覆盖质量

图2 洛杉矶街区 Sub-6 和毫米波网络质量对比^[7]

2) NFV。

网络功能虚拟化(network function virtual, NFV)的目标是实现电信设备的软硬件解耦,通过将传统网元虚拟化成为独立应用的虚拟软件包,使其可以灵活部署在通用服务器上,从而摆脱电信设备对传统专用硬件的依赖,实现网络功能的快速缩/扩容。NFV 是设备的虚拟化,而 SDN 是一种全新的网络架构,二者互补而不依赖。

3) 超密集异构组网技术。

未来 5G 网络将包含多制式的无线接入技术,低频段频谱资源大多被占用,5G 高频通信将通过增加小区密度来保障业务需求。其次,缩小小区半径能够带来频率资源空间复用的增益,现实中通过小区分裂和增加低功率节点数量的方式提升频谱效率和系统容量。

除以上 7 种关键技术外,还有新型调制编码技术、全频谱技术、D2D、编码与链路自适应技术等值得关注。

2 5G 军事应用问题研究

2.1 国外研究现状及分析

2.1.1 国外研究现状

当前,美、法、日、韩等军事强国高度关注 5G 技术在军事领域转化应用的相关问题,其中美国 and 法国在试验验证和工程实践层面已有成功实例。

2020 年 6 月 3 日,美国国防部公布了 7 个军事实验基地用于开展 5G 技术动态频谱共享测试,加上 2019 年美国商务部选定的 4 个以及 2020 年 5 月美国国防部选定的 1 个军事基地,共有 12 个军事基地用于 5G 军事应用的原型设计和试验测试^[8];2018 年 9 月,法国进行了高空气球军用平流层 4G/5G 技

术测试。

2.1.2 美国 5G 军事应用分析

笔者基于文献分析法,通过梳理美国白宫、国防部及官方组织公开发表的文件资料,区分时间和领域 2 个维度,以数量量化和领域映射 2 种方式,分析美国军事应用问题的研究重点、发展现状和未来趋势,以不同维度的视角剖析美军的战略意图和内在规律。图 3 是自 2018—2020 年美国关于 5G 军事应用公开的政策文件数量统计;图 4 是按照战略研究、组织保障、网络安全、军地协同、频谱管控、应用验证 6 个方面统计的文件数量雷达图,能够直观反映美国 5G 技术在军事领域不同方向的数量特征,可以得出美国政府在 5G 军事应用的主要注意力聚焦在战略研究和组织保障层面。

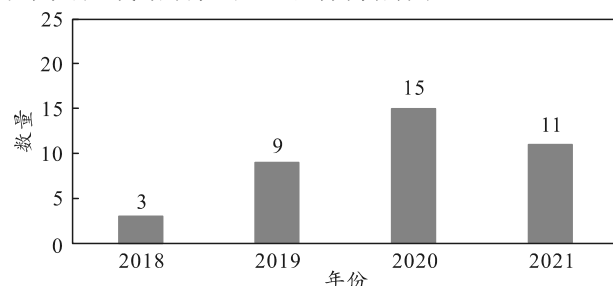


图3 2018—2021 年美国 5G 军事应用文件资料时域数量

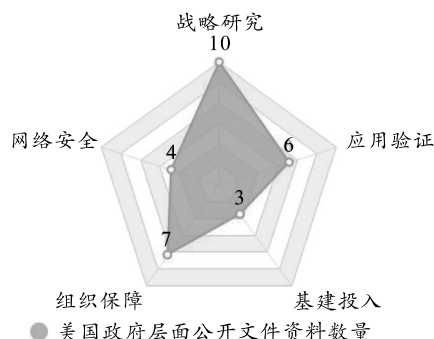


图4 2018—2021 年美国 5G 军事应用文件资料分域雷达

美国多数民间分析机构认为当前美国决策者的 5G 战略存在偏差,重视物理层基础设施而忽略了 5G 本质,即 5G 是一系列复杂技术和生态系统的本质;其次是将 5G 专利数量与技术整体领先度挂钩的错误观点。

通过对上述图表中涉及的 30 份关于“美国 5G 军事应用问题”的文件资料进行比较分析,可得出如下结论:1) 美国政府极端重视 5G 技术,将其上升到国家战略层面,认为 5G 技术与国家安全、经济引领、未来工业和科技发展联系紧密;2) 美国政府和军方高度关注 5G 安全和风险控制,重点在 5G 设备供应链和物理层基础设施安全的控制,通过对

竞争对手采取科技、经济、贸易等全方位打压的方式限制其发展；同时，国防部对其民间的通信供应商和科技创新企业进行干涉，为其提供安全保密强度更高的专用网络，用于军品的开发研制；3) 美国政府层面已经意识到 5G 技术战略布局的失误以及逐步丧失领先地位的危机，转而将研发重点放在 5G 毫米波和 6G 技术的预研上；4) 美国政策层面已经开始监督参与并影响 3GPP 对于 5G 技术的需求和标准制定工作，谋求美国的利益最大化；5) 美军已在多个军事基地和设施开展 5G 军事应用验证测试，其军事应用场景的开发已有工程层面的实践；6) 美国国会相关文件显示，美国在 5G 频谱管理，平衡军用和商用需求，以及作战概念、力量架构、条令条例都作出了适应性调整；7) 美国存在政府、军方和民间对 Sub-6 频段的重新划分和共享共建方面相互角力的现象，军方仍坚持毫米波技术路线为主，政府层面鼓励民间及其盟友开发使用 Sub-6 技术。

2.2 5G 军事应用问题争论焦点

当前国内关于 5G 技术军事应用存在以下观点。

1) 宏观架构和场景构设层面。

不同学者介绍了关键技术，给出了 5G 军事应用的整体架构，构设了几种典型军事应用场景，并对军事应用可能面临的困难挑战做了分析。徐全盛等^[9]指出了 5G 技术军事化应用面临“安全、连续覆盖、机动性、抗干扰、抗毁顽存”5 个方面的障碍，并给出了对策分析；同时，采用对比映射的思路，从“指挥所局域网、情报侦察、数据链”3 个场景进行了 5G 军事应用的可行性分析，最后提出了“接入网、骨干网、中继网”3 层架构的 5G 一体化战术通信网；该网络架构与 2014 年罗明新等^[10]提出的“基于 LTE-A 系统一体化战术移动通信网”架构类似，但其显著区别是在卫星中继层，借鉴 5G NFV 思想，采用用户面分离的思路，能够实现信令信息的卫星广域传输及业务的本地基站承载，有望在解决实战条件下 5G 网络的广域覆盖问题的同时，保证业务质量。孙柏林等^[11]分析了 5G 技术的 3 种军事应用潜力，即赋能更有弹性的战争网络、物联网应用和对战争形态的影响，从科技带来经济效益角度分析了 5G 在 AR 人机协同、数字孪生仿真预测、降低制造业成本、工业自动化、AI、VR/AR 6 方面的行业应用价值，为 5G 技术赋能军事场景提供了借鉴参考。郭超等^[12]分析了 5G 军事应用的战略意义，从理论层面分析了 5G 军事应用

应当遵循的原则和面临的现实问题。

2) 军事应用场景层面。

当前主要聚焦军兵种和多样化军事任务场景的应用问题研究。胡金锁等^[13]从作战概念升级、作战样式转变、指挥方式变革、现有系统制约 4 个方面对 5G 军事应用进行了需求分析，以 5G 技术 3 大应用场景向军事应用场景进行了映射分析，基于多样化军事任务，结合 5G 技术提出了移动办公、战备执勤等 6 种典型军事应用场景。林丽娜等^[14]基于海军担负的职能使命，从有基础设施和战术通信系统 2 个层面进行了军事需求分析，提出了军事化应用途径，结合海军建设应用需求，提出了 5 种海军 5G 军事应用场景的构想。

3) 关键技术移植转化层面。

王珂玮等^[15]从卫星通信、隐蔽军事行动、战术区域通信 3 个方面分析了非正交多址技术在军事领域应用的可能性。

2.3 5G 军事应用的主要研究

当前国内关于 5G 技术军事应用问题的研究与讨论，主要集中在战略价值研究、军事需求分析、整体架构设计、应用场景构想、安全风险分析、未来技术展望 6 方面。

2.3.1 战略价值研究

战略价值研究是结合 5G 国际化进展及外军的研究发展现状和观点，从未来新型经济、工业制造、科技引领和国家安全 4 方面进行定性分析。着眼进行以数据支撑的定量分析，力求得出可靠结论以供战略研判；同时，应下沉到垂直行业进行分析研究，为不同行业领域提供前瞻性的分析；其次，应避免“孤岛效应”的单方面结论，将经济、工业、科技、军事等领域通盘考虑，重视不同领域之间的相互作用和依赖关系，并把它们之间的“集成效益”纳入到战略层面研究中。

2.3.2 军事需求分析

军事需求分析是指出现有军事通信的短板弱项，结合世界范围军事领域新兴的军事形态、军事概念以及指挥方式变革等方面进行分析。从缺乏信息系统需求工程方法的分析，5G 技术与军事信息系统结合的不够紧密，有些分析观点单纯站在 5G 能力反向映射军事需求，有些则是结合传统军事通信短板，基于 5G 能力正向提需求，实战条件下训练、演习和评估结合的较少。应当将联合作战、全域战

等新型作战概念和外军新型作战样式纳入军事需求分析,让军事需求的提出更加精准,靶向性更强,避免资源浪费和重复建设。

2.3.3 整体架构设计

整体架构设计主要在战术通信网络整体架构和不同军事应用场景下网络架构的设计,战术通信网的设计在基于4G LTE的战术网络架构基础之上演进而来,结合了部分5G理念和关键技术,采用3层网络架构。军事应用场景的网络架构,能够结合场景任务。接下来可以考虑军用场景下网络架构的进一步优化设计,区分民用技术的直接应用,或是经过升级改造,布设满足军队安全保密需求的专用网关,研究不同军兵种,区分战时作战、平时建设的多种典型军事场景应用,细化需求,下沉细节,促成军事应用场景的样板间。

2.3.4 应用场景构想

现有的军事应用场景构想多区分军队平时和战时2个层面,有移动办公、战备执勤、应急保障、军事训练、综合保障、作战指挥以及海军等具体场景。下一步在构造军事应用场景时,完成一个场景的构造后,应当进行适当的仿真推演,结合联合作战背景,在一个场景中为其他可能的场景预留接口。

2.3.5 安全风险分析

安全风险分析主要集中在5G网络架构、新型业务应用、未来网络泛在开放特性、5G设备安全可靠4方面;此外还应当关注5G技术标准中的安全策略和风险机制,分析论证典型军事场景的数据安全保密等级,基于5G原生技术设计满足差异化安全保密需求的加密和鉴权技术,形成具有弹性的成体系的密码安全机制,避免“一刀切”的硬切分思路。其次,应当重视美国及其盟友对我国信息科技企业关键技术的封锁和打压,严控物理层基础设施的安全可控,长远布局,最大限度规避“卡脖子”的风险。

2.3.6 未来技术展望

未来技术展望的讨论主要集中在关键技术和军事应用前景的展望,关键技术主要是谈论了与军事应用相关的,诸如抗干扰、基站核心网设备小型化、移动性管理以及多接入手段融合等;军事应用场景展望多为5G的3大场景和垂直行业的映射移植,

如智慧城市、智慧交通、智慧物流等在军事场景下的展望。

除了以上6方面,当前5G军事应用问题的研究还有以下不足:1)公开文献大多重具体领域场景构造,轻系统体系的规划设计;2)多数研究停留在军事需求提出、技术移植可行性分析、军事场景构造等宏观层面,没有向具体关键技术改造升级、专用网关设计实验、网络架构优化设计、工程应用实践、效能评估分析等更深层面下沉,定性分析和宏观构想多,定量分析和实验数据剖析少;3)以军兵种或军队具体行业领域的应用问题研究多,缺少基于5G技术,融入诸如联合作战、全域战等新型作战概念的研究;4)军事应用场景构想存在“烟囱现象”,不同军兵种间、不同军事场景间的相互作用、逻辑关联研究较少;5)现阶段5G军事应用研究对国内民用技术、产业链、工业制造、市场运维等现状的关注较少,应当通盘考虑,把握我国5G技术总体的优势和短板,在军事应用研究和实践环节做到有的放矢;6)对军队平时建设研究较多,民用技术移植多,实战条件下的军事需求、安全保密、成本控制、效率能耗、作战环境适应性研究较少。

3 5G军事应用研究的方法和建议

3.1 总体思路和阶段划分

当前学术界关于军事应用的核心问题集中在场景构造,5G军事应用问题应当正向和逆向思路相结合,正向思路是基于军事学和当前世界战争发展实际,向技术提出需求,寻求解决方案;逆向思路是由当前诸如5G、AI、VR/AR、大数据分析、区块链等前沿技术向军事场景赋能。2个方向应当相互结合,从而验证技术应用的可行性以及需求分析的科学性。阶段划分应当以军队宏观规划为牵引,结合5G技术标准化进展、国内技术进展以及运营商基础设施建设规划等多方因素,划分不同的阶段。初期阶段可以采用购买服务,或非核心领域直接移植应用民用技术的方式,同时为研制军队专用网关设备积累技术和资源储备;中期阶段采用专用设备进行专网搭建测试;后期实现全寿命周期自主可控。

3.2 研究方法和实现途径

5G军事应用研究应当立足于技术应用层面,同时兼顾民用领域通用技术向军事领域专用技术的升级改造和转化应用。可以按照“分域映射”的总体思路,由民用领域向军用领域映射;按照“由一般

到具体”的方法，分别将民用领域的使能技术和军用领域的应用需求细分出来，再一一对应。

在民用领域，由成熟的民用场景抽象提炼出其关键支撑技术，再对关键技术进行“解剖麻雀”，分析具体技术的能力及使能军事应用的潜能，由具体关键技术的能力向典型军事场景下的具体应用映射，初步确定使能该军事应用的支撑技术。在军用领域，按照军队编制体制改革和备战打仗实际需求，区分平时建设和战时作战 2 大方向，设计基于 5G 技术的典型军事场景，如“智慧军营、智慧军交、智慧仓储、战术通信网、应急通信保障、海上区域战术通信网”等；其次，借鉴网络切片模板的思路，切分典型军事应用场景中应当包含的具体应用，如“智慧军校”中应包含“智慧教室”“VR/AR 教学应用”等。同时，基于军队安全保密等特殊需求，按照不同安全等级和权限，分析具体应用对通信网络性能的需求，形成能力矩阵；该能力矩阵可作为 5G 军事应用规划时的参考，区分需求大小集中研制

军队专用技术和网关设备，加速应用实践落地。

具体实现时，军方应当全程参与具体技术标准的制定，如 V2X、D2D 等，在相关技术的标准化进程中，预置军队需求，为后期相关技术的军事应用做先期准备。前期可以通过购买服务，无保密要求的可以直接应用民用领域终端设备；中期，研发军队专用网关，实现供应链和网络基础设施的全程安全可控，以满足安全保密需求的特定场景；后期，产业链发展成熟，基本摆脱对国外厂商的依赖，在安全隔离和加密鉴权的技术及终端层面实现完全自主可控，进而实现军地网络融合组网和单向鉴权通联。

3.3 总体框架和映射分析

图 5 是基于“分域映射”思路的 5G 军事应用整体框架图，在军用领域划分的军队平时建设和战时作战 2 大领域，按照由民用领域向军用领域映射的思路，构设典型军事场景，再对各场景包含的具体应用进行细分和映射。

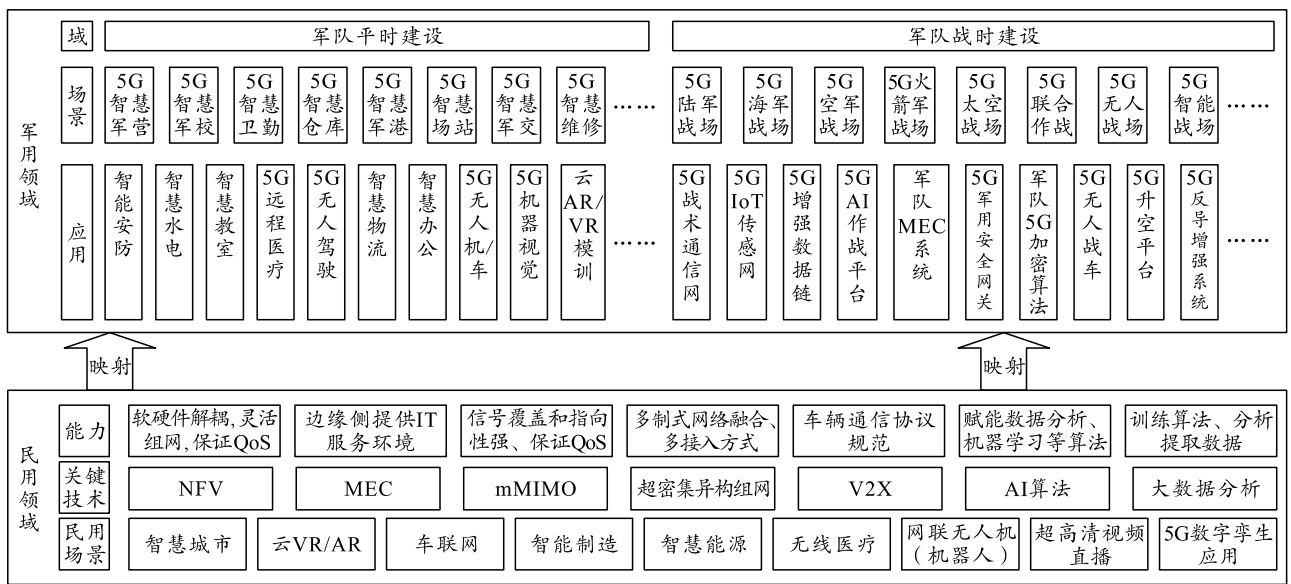


图 5 5G 军事应用整体框架

基于图 5 可得出如图 6 和 7 所示的 5G 在军事建设和作战应用的映射数量统计图，从而量化直观地确定 5G 军事应用发展的优先级。图中横坐标为图 5 军事领域细分应用由左向右的顺序，纵坐标为典型军事场景向细分应用的映射次数，可知在军队平时建设领域，应用最多的是智能安防、智慧水电、云 VR/AR，在军队战时作战领域，应用最多的是 5G AI 作战平台、5G 军队安全网关、5G 军队加密算法、5G 升空平台。通过分析不难发现，当前 5G 军事应用发展的重点应是 5G 赋能的安防、后勤、

VR/AR、空天立体组网以及 5G 安全保密方向。

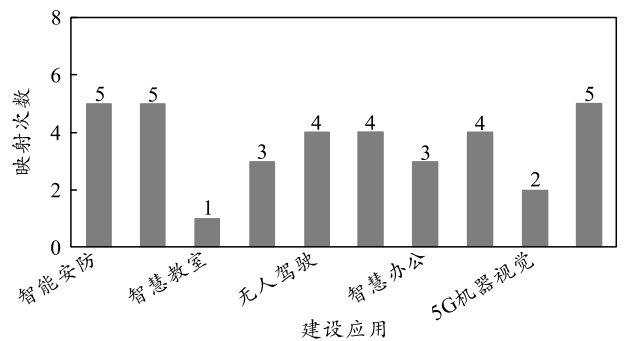


图 6 5G 军事建设应用映射数量统计

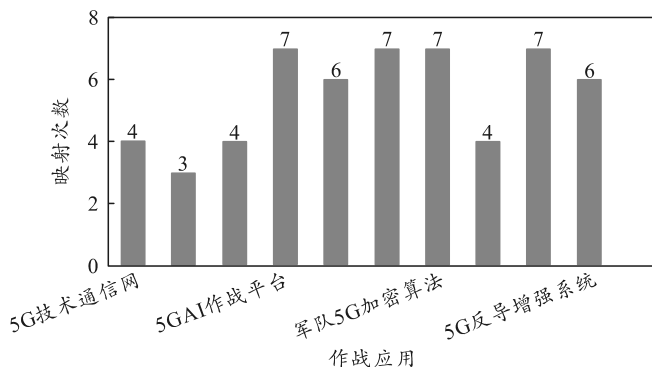


图7 5G 军事作战应用映射数量统计

4 发展方向初探

通过分析国内外军民领域 5G 技术研究和应用现状,可以从技术、应用和产业链 3 方面研判其重点发展方向。技术研究方面,重点关注 5G 诸多创新技术中,在军事领域可行性、可用性较高的使能技术,如 5G 非地面网络、多跳中继及自组网、覆盖增强、网络切片、多接入边缘计算、网络安全增强、无线自回传等。应用研究方面,主要区分典型军事应用共性需求场景、军兵种个性需求场景及不同应用场景间的相互协同与作用。产业链方面,随着全球化和 5G 竞争日益激烈,上中下游产业链将逐步整合资源,朝自主可控方向发展。

应当把握战略机遇期,结合军队移动通信发展的历史经验,加强军地沟通协作,在国家技术标准成型的关键期,预置军队资源和需求,充分利用国家 5G 技术储备和优势,实现军队各领域信息化转型重塑。为此,应当把握以下 3 方面:使能技术验证测试;避免割裂设计军事应用场景;军用 5G 技术内生安全和设备安全。

5 结束语

5G 技术的军事化应用是一项长期、复杂和巨大的系统工程。应当把握我国在 5G 技术方面的技术优势,加快推进军事场景下 5G 技术的实验论证工作,抢占未来军事、科技、安全及经济领域的制高点。笔者通过对国内外 5G 军事应用相关文献资料的梳理分析,提炼了当前学术界关于 5G 军事应用的主要观点、研究重点以及发展展望,指出了下一步科研与实践,需集智攻关的短板弱项,提出了

体系化研究思路,设计了 5G 军事应用整体架构,可为 5G 技术在军事领域的应用实践提供参考。

参考文献:

- [1] IMT-2020(5G) Promotion Group. 5G Vision and Requirements, white paper [EB/OL]. [2014-05-28]. <http://www.IMT-2020.cn>.
- [2] NGMN Alliance. NGMN 5G White Paper[EB/OL]. [2015-02]. https://ngmn.org/wp-content/uploads/NGMN_5G_White_Paper_V1_0.pdf.
- [3] 尤肖虎,潘志文,高西奇,等. 5G 移动通信发展趋势与若干关键技术[J]. 中国科学: 电信科学, 2014, 44(5): 551-563.
- [4] MARZETTA T L. Noncooperative cellular wireless with unlimited numbers of base station antennas[J]. IEEE Transaction on Wireless Communications, 2010, 11(9): 3590-3600.
- [5] 方汝仪. 5G 移动通信网络关键技术及分析[J]. 信息技术, 2017(1): 144.
- [6] 王庆扬,谢沛荣,熊尚坤,等. 5G 关键技术与标准综述[J]. 电信科学, 2011(11): 113.
- [7] The 5G Ecosystem: Risks and Opportunities For DoD[R]. https://media.defense.gov/2019/Apr/03/2002109302/-1/-1/0/DIB_5G_STUDY_04.03.19.PDF.
- [8] Defense Department Press Briefing on 5G Communications Technology Testing and Experimentation[Z]. <https://www.defense.gov/Newsroom/Transcripts/Transcript/Article/2208939/defense-department-press-briefing-on-5g-communications-technology-testing-and-e/>.
- [9] 徐全盛,邹勤宜,葛林强. 基于 5G 的天空地一体化战术通信研究[J]. 通信技术, 2016, 49(2): 205-210.
- [10] 罗明新,常俊杰,周徽. 4G 移动通信技术及其军事应用[J]. 指挥信息系统与技术, 2014, 5(2): 56-61.
- [11] 孙柏林. 5G 赋能现代军事[J]. 计算机仿真, 2020, 37(1): 1-6.
- [12] 郭超,于川信,王景芳. 对第五代移动通信技术军事应用的几点认识[J]. 国防, 2019(1): 27-29.
- [13] 胡金锁,张迎,冷伟峰,等. 面向 5G 的多任务场景军事应用研究[J]. 通信技术, 2020, 53(8): 1934-1942.
- [14] 林丽娜,宋越明. 海军 5G 军事化应用研究[J]. 通信技术, 2020, 53(11): 2699-2704.
- [15] 王珂玮,徐震龙,周凌宇,等. 浅谈 5G 非正交多址接入技术的军事应用[J]. 数字通信世界, 2020(4): 30-31.