

5G 环境下广播电视无线信号发射融合技术创新分析

姜培华

烟台市融媒体中心，山东烟台，264000；

摘要：随着5G技术规模化商用与迭代，广播电视行业迎来从传统单向传输到双向互动、从单一业态到多元融合的转型拐点。5G大带宽、低时延、广连接特性为广电无线信号发射技术创新升级提供支撑。本文立足5G背景，结合广电700MHz频段标准化、5G NR广播等实践成果，系统剖析5G环境下广电无线信号发射融合技术核心创新方向，包括传输、网络架构、业务应用融合等维度；探讨其在直播、车载音视频、应急广播等场景的应用价值；剖析当前融合发展面临协同机制不完善、技术瓶颈未突破、安全风险难管控等问题；并提出优化路径，为广电行业数字化转型和新型广电网络构建提供理论与实践指导。

关键词：5G；广播电视；无线信号发射；融合技术

DOI：10.69979/3041-0673.26.03.016

引言

在数字经济加速发展背景下，广播电视作为主流媒体传播核心载体，技术形态与服务模式正深刻变革。传统广播电视无线信号发射技术以单向广播传输为主，存在频谱利用低、移动性弱、交互服务缺等缺陷，难满足用户多元需求。数据显示，广电网络频谱储备丰富但利用率不足50%，移动通信频谱稀缺却利用率超80%，资源错配制约行业发展。5G商用为破局提供关键路径，广电获5G牌照、700MHz频段许可，联合通信主体共建共享5G网络，开启广播电视与移动通信融合新篇章。5G NR广播技术实现移动通信与广播服务深度融合，构建创新服务范式。因此，深入研究5G环境下广播电视无线信号发射融合技术的创新路径与应用场景，对广电转型、提升传播效能、满足群众精神文化需求有重要意义。

1 5G 环境下广播电视无线信号发射融合技术创新方向

5G环境下广播电视无线信号发射融合技术创新，核心在于将广电行业的广播基因深度融入5G通用通信技术体系，实现频谱资源、网络架构、业务服务的全方位深度协同。其核心创新方向主要体现在传输技术融合、网络架构融合与业务应用融合三个关键维度。

1.1 传输技术融合：5G NR 广播与传统广电技术的协同演进

传输技术融合是无线信号发射创新的基础支撑，核心目标在于突破传统广电与移动通信技术的行业壁垒，实现频谱资源的高效利用与传输效率的显著提升。广电领域主导推动的5G NR广播技术是该领域的标志性创新成果，其将广播技术核心特性与5G通信技术深度融合，采用5G技术架构通过移动蜂窝基站发射广播电视信号，

可实现所有通信运营商5G用户、通用5G终端的广泛接收，无需对现有核心网、基站、手机终端硬件进行改造，仅需升级驱动程序即可完成服务落地，显著降低了产业规模化推广的成本与实施难度。

在频谱资源利用层面，广电领域在3GPP国际标准制定过程中实现多项关键性突破，其提出的700MHz 2×30/40MHz大带宽技术提案已获3GPP采纳并写入5G国际标准，成为全球首个低频段大带宽技术标准，有效提升了低频段频谱的资源利用效率。700MHz频段具备覆盖范围广、信号穿透力强的黄金特性，与移动通信高频段形成高低频互补格局，通过载波聚合、双连接等上行增强技术的应用，可实现无线信号发射广覆盖与高带宽的协同兼顾，有效解决传统广电传输移动性不足与移动通信广覆盖成本过高的双重难题。

此外，语义通信技术的融入为传输质量提升提供了全新技术路径。行业内通过将视频信源与5G广播信道进行联合编码处理，从语义层面提取核心视频信息并开展传输，智能终端可高效接收并恢复原始信号，有效解决了因频率资源约束导致的视频卡顿问题，为超高清视频传输提供了可靠的技术保障。

1.2 网络架构融合：大塔小塔模式与共建共享机制的创新实践

传统广播电视依赖广播电视塔（简称大塔）实现广域覆盖，覆盖范围可达100km以上，但存在移动性支撑能力不足的缺陷；移动通信则依赖通信基站（简称小塔）提供双向通信服务，具备高灵活性优势但广覆盖成本居高不下。5G环境下的网络架构融合创新，核心在于构建大塔+小塔的混合组网模式，实现两种网络核心优势的互补融合。

在3GPP标准演进进程中，这一融合路径得到明确

界定:Release14版本发布的FeMBMS技术首次将大塔纳入移动通信标准体系,标志着移动通信与广播技术实现实质性融合;Release16版本完成EnTV标准制定,实现无卡接收、高速移动(120-250km/s)、大覆盖(站间距100km)等核心特性的技术支撑;Release17版本则聚焦基于小塔的混合广播(MixedMode)标准研发,实现单播、多播、广播的智能动态切换。该架构融合模式既保留了广电大塔广覆盖的核心优势,又借助移动小塔提升了网络的移动性与交互性,为多场景服务开展提供了坚实的网络支撑。

网络共建共享机制的创新进一步降低了融合发展成本。广电领域与通信运营主体签订5G共建共享合作框架协议,明确共建共享700MHz5G无线网络资源,通信运营主体有偿开放2.6GHz以及3G/4G/5G网络共享权限。该合作模式有效减轻了广电领域5G网络从零建设的压力,通信运营主体则借助该模式实现偏远地区的低成本连续覆盖和上行增强,显著提升了5G网络覆盖效率,降低了建网与运营成本。在海南地区已完成业界首个5G NR广播示范网的规模化验证,在海口部署300多个5G NR广播站点,实现大范围连续网络覆盖。

1.3 业务应用融合:从单一服务到多元场景的价值延伸

技术融合的最终目标在于实现业务应用的创新升级。5G环境下,广播电视无线信号发射融合技术打破了传统广电大屏服务的局限,实现人人通、终端通、移动通的服务延伸,在多个重点场景形成创新应用模式。

在直播服务场景,5G NR广播可支持直播频道、互动视频、VR视频、360度全景视频等多元形态,有效解决传统网络直播在并发用户规模过大时出现的卡顿、延迟等问题。在博鳌亚洲论坛等重大活动期间,广电与通信领域相关主体通过5G NR广播基站实现活动核心区域全覆盖,参会嘉宾可实时接收主流媒体高清节目,为重大会议服务保障树立了行业新标杆。

在车载音视频服务场景,基于现有国产芯片的PAD、笔记本已完成预装5G NR广播功能的样机开发,该技术可快速部署至车载音视频场景中,成为唯一跨运营商、终端到车的可行方案,为车联网服务提供了全新的内容传输路径。

在应急广播与公共安全场景,广电领域联合相关行业机构、技术企业完成公共安全服务功能增强技术方案研发,依托5G NR广播实现应急信息的快速播发与广泛覆盖。同时,基于5G NR广播的北斗地基增强高精度位置服务技术验证已顺利完成,为应急救援、灾害预警等场景提供精准化服务支撑。此外,5G NR广播技术通过无

SIM卡接收方式可进一步扩展至卫星覆盖领域,突破传统卫星传输视频内容的限制,构建空中+地面+海洋的立体传播网络体系。

在农村与偏远地区服务场景,5GFWA(固定宽带接入)技术潜力巨大。该技术能够简化最后100米入户网络,通过无线网络移动接入实现家庭业务融合发展,有效解决农村地区与老旧小区的宽带覆盖问题,助力缩小数字鸿沟。

2 5G环境下广播电视无线信号发射融合技术发展面临的问题

尽管5G与广播电视无线信号发射融合技术已取得阶段性成果,但在实践推进过程中仍面临协同机制不完善、核心技术瓶颈未突破、安全风险管控难度大等多重问题,制约了融合技术的规模化应用与高质量发展。

2.1 协同机制不完善,跨领域合作存在壁垒

广播电视与移动通信分属不同监管体系,存在条块分割的体制性问题,导致政策执行与资源协调效率偏低。例如,在部分地区的5G共建共享试点工作中,因跨部门协调机制缺失,广电频谱资源划拨出现明显延迟,导致项目整体进度滞后。同时,利益分配机制不明确也严重影响合作积极性,移动通信基站共建过程中需广电领域承担部分投入,但在车联网、超高清视频等新兴业务的收益分配标准尚未形成统一规范,引发合作主体间的利益失衡与博弈,阻碍了融合技术的深入推进。

2.2 核心技术有瓶颈,性能提升受限

频谱动态共享技术不成熟是当前面临的核心技术瓶颈之一。高低频段协同运行需实时感知网络负载并动态调整资源分配,但现有算法响应时延偏高,无法满足超高清视频、车联网等超低时延业务的需求。相关城市实测数据显示,动态分配模式下频谱利用率提升效果未达预期,远低于理论设计标准。此外,跨系统互操作性难题突出,广电DVB标准与5G NR的信令协议存在兼容性问题,需额外部署网关设备,导致单基站建设成本显著增加,且终端适配率偏低,制约了融合技术的规模化推广应用。

2.3 安全风险难管控,网络防护面临挑战

融合网络打破了传统广电与移动通信网络的独立边界,使安全风险呈现跨域扩散的显著特征。融合网络涵盖核心网、基站、终端等多个关键环节,任一环节出现安全漏洞都可能引发连锁反应。例如,在某广电与通信联合测试过程中,因边界防护机制缺失,导致核心网数据泄露风险显著上升。同时,应急广播等场景的信号

传输涉及公共安全核心信息，一旦遭受恶意干扰或攻击，可能引发重大社会风险，对网络安全防护能力提出了更高层次的要求。

2.4 成本投入压力大，区域发展不均衡

5G与广播电视融合技术的落地实施需投入大量资金用于基础设施改造与设备升级，中小广电企业面临较大的资金压力。农村地区因基础设施薄弱，融合改造成本偏高且投资回收周期较长，企业投资积极性不足；而城市区域密集部署又面临电磁干扰、站点选址困难等问题，导致区域发展不均衡现象突出，进一步加剧了数字鸿沟问题。

3 5G环境下广播电视无线信号发射融合技术优化路径

针对当前融合技术发展面临的突出问题，需从机制构建、技术研发、安全防护、政策支持等多个维度协同发力，推动融合技术实现高质量发展。

3.1 完善协同机制，打破跨领域合作壁垒

一方面，应建立健全跨部门协调机制，由行业主管部门牵头统筹广电、通信行业的资源配置与政策制定工作，明确频谱资源划拨、网络共建共享的流程规范与技术标准，提升跨领域协调效率。另一方面，需完善利益分配机制，基于风险共担、收益共享的核心原则，结合不同业务的投入比例、用户规模、收益贡献等关键因素，制定科学合理的收益分成方案，充分调动广电与通信领域主体的合作积极性。此外，应强化行业协会的桥梁纽带作用，推动企业间的技术交流与标准协同，凝聚融合发展的行业合力。

3.2 突破核心技术，提升融合网络性能

聚焦频谱动态共享、跨系统互操作等核心技术瓶颈，加大研发投入力度。推动高校、科研机构与企业开展深度产学研合作，优化频谱动态分配算法，降低响应时延，提升频谱利用效率；研发兼容广电与5G标准的统一信令协议，减少网关设备部署需求，降低建设成本与终端适配难度。同时，加快5G-A技术在广电领域的应用部署进程，依托5G-A更高传输速率、更低时延的技术特性，支撑超高清视频、VR/AR等新兴业务发展。部分地区已开展5G-A三载波聚合共建共享网络部署试点，实测下行速率表现优异，显著提升了场景化用户体验。

3.3 构建安全体系，强化网络风险管控

构建多层次、全方位的融合网络安全防护体系。在

技术层面，部署边界防护、入侵检测、数据加密等核心安全技术，加强核心网、基站、终端等关键环节的安全监测，建立安全漏洞实时发现与快速处置机制；在管理层面上，制定完善融合网络安全管理制度与应急响应预案，明确各主体的安全责任，定期开展安全演练，提升应急处置能力。针对应急广播等特殊场景，建立专用安全传输通道，采用抗干扰、抗攻击技术，确保公共安全信息的可靠传输。

3.4 加大政策支持，促进区域均衡发展

政府应出台针对性政策支持措施，加大对广电5G融合技术研发与基础设施建设的资金投入力度，设立专项补贴资金，降低中小广电企业与农村地区的改造实施成本。鼓励地方政府结合区域发展实际，制定差异化发展规划，在农村地区与老旧小区优先推进5GFWA技术部署，提升宽带覆盖质量；在城市热点区域重点打造5G NR广播示范场景，形成可复制、可推广的应用模式。同时，加强跨领域人才培养，建立完善的跨领域人才培养体系，为融合技术发展提供坚实的人才支撑。

4 结论

5G技术发展为广播电视无线信号发射技术创新升级带来机遇，5G NR广播等融合技术创新成果，突破传统广电与移动通信行业壁垒，实现频谱资源高效利用与服务场景多元延伸。融合技术在直播服务等领域的应用，为广电行业数字化转型注入动力。当前，融合技术发展面临协同机制不完善、核心技术有瓶颈、安全风险难管控等问题，需完善协同机制、突破核心技术等加以解决。未来，随着5G-A、AIGC等新技术融入，广播电视无线信号发射融合技术将向更智能、更高效、更安全方向发展，构建新型广电网络体系，实现终端到人、服务到家目标，支撑数字经济高质量发展。

参考文献

- [1] 徐作文. 5G技术下广播电视信号传输的几点思考[J]. 辽宁广播电视技术, 2022(4): 34-35.
- [2] 孔延. 5G时代下的广播电视无线传输覆盖技术研究[J]. 电视技术, 2025(7).
- [3] 舒钰纯, 胡琨. 5G通信技术在广播电视工程领域的价值运用[J]. 新潮电子, 2024(11): 13-15.

作者简介：姜培华（1991.08.23），男，汉族，山东烟台，大专，职称：初级，研究方向：广播电视信号转播。