



关于5G-A无线AI能力验证及规划组网方案

张珩, 蔡杰, 王德安, 谢宇晨, 谢丹卉, 陈亮, 郑菁如
(中国移动通信集团设计院有限公司福建分公司, 福建 福州 350001)

摘要: 目前5G无线网络面临流量增长饱和与运维复杂度倍增的挑战, 因此需要验证无线AI技术能力, 通过其流量激发、网络节能及高效运维的技术特性, 进行无线AI技术与5G-A网络深度融合的组网方案研究。通过制定多场景多时段比对方案, 系统性验证了无线AI在无线网中的技术能力及可能影响其能力的关键因素, 制定了基于三大原则的规划组网策略方案及智能板连片部署算法, 并结合验证结果及投资效益分析证明了该策略的可行性。同时提出了基于节能运维及差异化体验经营的创新方案, 最终给出了针对无线AI实践应用方案的建议。

关键词: 5G-A; 无线AI; 规划组网; 效益分析; 差异化体验

中图分类号: TN929

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2025297

0 引言

当前, 无线网络发展正经历深刻变革。一方面, 5G技术向着5G-A持续演进, 其在上下行速率、时延、连接密度和定位精度上的能力跃升, 为各类新应用奠定了基础。另一方面, 人工智能(AI)技术的爆发式增长正驱动全社会智能化转型。在此背景下, 中国移动积极推动5G-A与AI技术的深度融合, 释放“连接+智能”的倍增效应, 以应对培育新质生产力、深化精益管理的更高要求。

然而, 当前无线网面临严峻挑战: 其一, 客户规模、上网时长、流量增速饱和, 导致传统流量经营模式增长乏力, 云手机、网红直播等新兴业务对网络时延和上行带宽提出极致要求, 需要探索差异化体验保障新途径; 其二, 网络复杂度倍增, 频段数、逻辑站点数、平均故障修复时间

(MTTR)显著提升, 在运维人员不增反降的背景下, 依靠传统手段难以实现运维的提质增效, 能耗与体验难以兼优。

为解决上述问题, 本文聚焦于5G-A无线AI能力验证及规划组网方案研究。与现有研究多侧重于单点技术应用不同, 本文的创新点在于系统性验证了无线AI的技术能力及可能影响其能力的因素, 基于此提出了一套具备可操作性的科学部署策略, 并创新性提出关于网络节能及简化运维的工程实践, 打造出端到端差异化体验经营的全流程拉通模式。其工程价值在于为业界提供了经过现网系统验证的、可复用的无线AI规模化部署方案与商业闭环模式, 对推动5G-A网络向智能化演进具有重要参考意义。

1 无线AI关键技术及研究总体框架

无线AI技术通过将AI算法引入无线网络底



层，其核心在于利用机器学习模型对海量网络数据（如MR、业务流特征、用户行为）进行实时分析、预测与决策，从而实现资源的精准调度、问题的主动预防和体验的个性化保障，构建了一个实时、预测性、多维立体的智能保障体系，从根本上超越了传统依赖核心网网元（如NWDAF）基于门限和周期上报的响应式保障模式，如图1所示。

1.1 内生智能与实时感知

传统网络依赖网管系统以分钟级粒度采集性能指标，决策滞后。无线AI智能板通过深度嵌入基站内部，具备毫秒/秒级的实时数据采集与处理能力。它直接参与分析空口物理层、MAC层及用户面数据包，实现对业务流（如TCP/UDP流）、信道质量（如SINR、CQI）、PRB利用率、用户分布及移动轨迹等海量多维特征的瞬时感知和深度透视，为精准决策提供实时数据基础。

1.2 预测性保障与主动干预

无线AI智能板内置的机器学习（ML）模型（如时间序列预测、深度神经网络）对实时感知到的数据进行在线化感知分析。其业务质差预测模型可实时识别导致用户体验质差的空口性能指标（如空口误码率陡增、TCP重传加剧），而非等待质差发生后再上报。这使得系统能够在用户

感知到质量下降之前就预测到潜在风险；其主动资源预留机制可根据业务质差预测模型预测结果，主动触发预调度策略，在预测到保障用户的业务即将进入高干扰区域时，提前为其预留专用的空口资源。

1.3 多维立体化资源调度

区别于核心网仅能通过建立GBR专载的单一手段，无线AI智能板实现了在时、频、空、功率域的联合优化，手段更丰富。其基于业务语义的调度策略通过深度包检测（DPI）及业务指纹库，实时识别出应用类型（如抖音短视频、云游戏等），通过5QI调度等级策略及MCS调制编码策略为其匹配最优的无线参数集。其多用户公平性保障调度算法可在优先保障VIP用户的同时，兼顾普通用户的感知体验平衡，保持网络整体的公平性与稳定性，实现无线资源价值最大化。

2 研究方法与实验设计

2.1 无线AI能力验证方法论

为科学评估无线AI效能，本文设计了严谨的验证方法。

2.1.1 流量激发测试方案

根据每月业务模型，日均流量呈现月初增

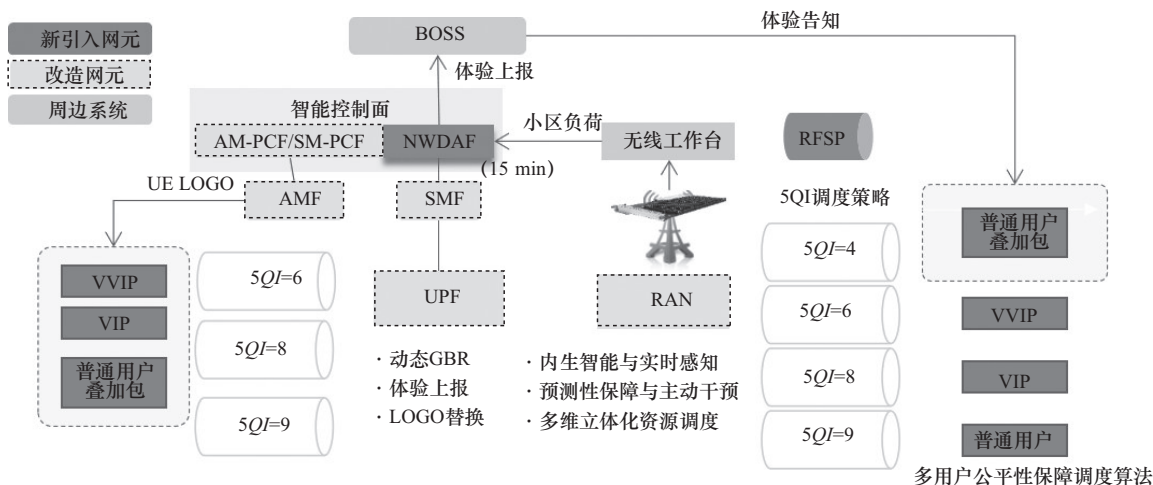


图1 无线AI协同NWDAF网元融合保障流程

加、月末下降趋势，为剔除流量自然变化带来的影响，流量激发效果未按照同区域在不同时间段分别开启、关闭情况进行对比，而是采用无线AI部署区域与未部署无线AI的参考区进行对比。其中，参考区按照同场景、业务量接近原则进行选取，同时区域内涵盖轻、中、重载不同业务量站点。测试区域为福建省福州市8个不同类型场景，验证覆盖高校、医院、CBD、景区、居民区、高铁、高速、机场八大场景，确保结果的全面性与代表性，其对比场景及其基础网络性能见表1。

2.1.2 网络节能测试方案

选取同流量激发测试的八大场景，按照同区域在不同时间段分别开启、关闭情况进行对比，并剔除节假日、大型活动期间的相关数据，避免节能效果受业务波动影响。

2.2 基于三大原则的站点优先级组网规划方案

为充分发挥无线AI流量激发及网络技能的技术优势，通过制定三大规划原则，进行无线AI智能板的部署策略，给出可系统化复用的规划组网方案。

2.2.1 根据三大规划原则锚定总体清单

(1) 面向降本增收的基准规划，通过导入现

有站点网络工参、日均流量、漫入流量、超套流量、用电能耗等参数，构建站点清单库。

(2) 面向高价值区域的聚焦规划，通过导入网络工参、重点场景图层，VIP用户聚集度、投诉次数、升格场景图层，构建部署区域栅格。

(3) 面向无线内生智能的精选规划，优先在5G-A示范区和特定5G-A用户驻留率较高广域场景构建站址库。

2.2.2 根据总体清单锚定规划站点

上述整体清单存在小区站点不连续的问题，需要根据智能板连片部署算法，对整体清单进行再次筛选，输出可连片部署的小区级站点清单，完成站点确定，算法如图2所示。

(1) 小区栅格化，计算栅格级小区总收益、总成本以及ROI和总小区数。

(2) 根据栅格级的ROI（总价值收益）和小区数，筛选出高价值栅格。

(3) 相邻高价值栅格连片，图中黄色、绿色、蓝色栅格分别连为不同的片。

(4) 判断当前连片内小区数是否小于上限要求，对于过大的连片内的栅格进行价值从低到高排

表1 八大对比验证场景网络基础性能

对比项	场景名称	场景类型	平均利用率	单站日均流量/GB
测试区	仓山师大区域	高校	15.07%	636.58
	则徐大道居民区	居民区	8.26%	292.89
	金牛山直播基地	公园	7.43%	134.2
	东街口	商业区	9.83%	345.72
	长乐国际机场	交通枢纽	10.31%	271.69
	福泉高速	高速	5.46%	82.95
	三坊七巷	商圈	9.72%	305.06
	上下杭&烟台山	商圈	8.46%	302.34
参考区	农林大学区域	高校	12.48%	671.05
	仓山金山居民区	居民区	8.16%	296.48
	西湖公园	公园	8.32%	142.97
	东二环泰禾	商业区	8.78%	344.69
	福州北站	交通枢纽	13.08%	306.15
	机场高速	高速	4.32%	72.85
	仓山万达	商圈	9.50%	290.89
	宝龙万象	商圈	9.03%	325.71

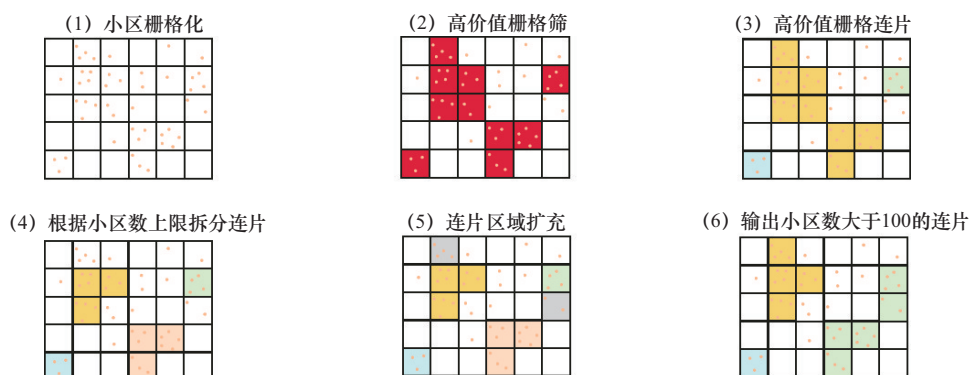


图2 智能板连片部署算法

序，依次剔除，直到连片内小区数满足上限要求。

(5) 未纳入连片的栅格根据价值由高到低排序，依次遍历：若栅格与连片区域邻接，且栅格纳入连片后连片仍满足小区数上限要求和价值阈值要求，则将其纳入连片。

(6) 保留小区数大于100的连片；输出各连片内的小区数、总收益、总成本、ROI等数据。

3 方案结果分析与讨论

3.1 无线AI能力验证结果

通过八大典型场景试点验证，无线AI流量激发及网络节能的能力得到充分验证，从整体看，八大场景平均流量激发效果4.3%，网络节能效果11%，如图3所示。

从站点看，进行站点级聚类分析验证，影响

流量激发的最大变量为网络利用率，两者呈现正相关趋势，在网络利用率达到18.5%时，流量激发效果可达到5%左右，激发效果达到最佳，说明网络利用率的提升是流量激发效果的关键因素，如图4所示。

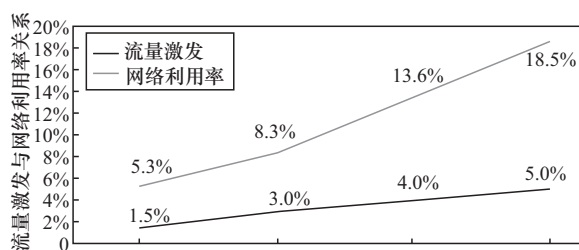


图4 影响流量激发效果的关键因素

无线AI仅针对5G生效，故网络节能效果主要受单双模设备类型比例影响，与设备通道数、连接用户数、干扰水平等关联性较小。经测试验

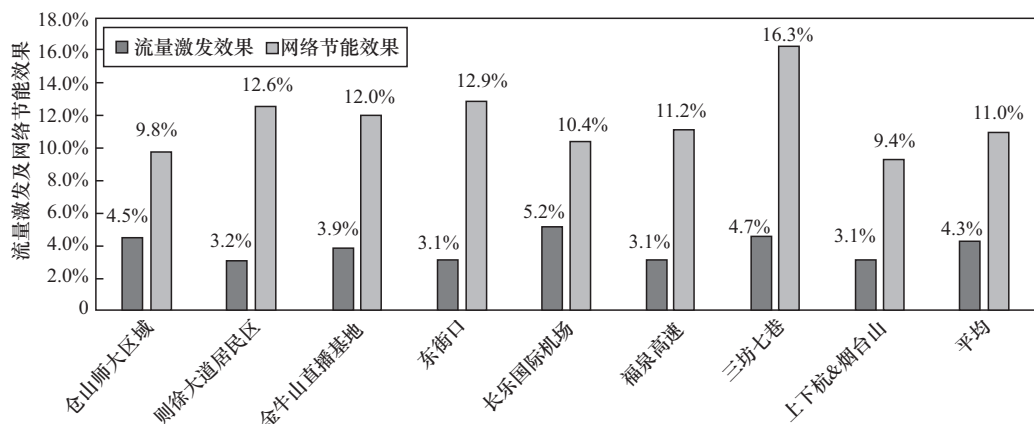


图3 基于八大场景的流量激发级网络节能效果

证,影响网络节能的最大变量为5G单模设备比例,5G单模设备节能效果优于4G/5G双模设备,且5G单模设备比例越高,节能效果越佳,说明5G单模设备比例是网络节能效果的关键因素,如图5所示。

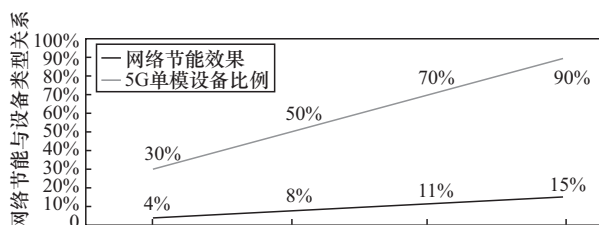


图5 影响网络节能效果的关键因素

综上,实验测试结果表明,流量激发主要受网络利用率影响,网络节能主要受单双模设备类型影响(无线AI仅针对5G生效,5G单模节能效果优于4G/5G双模),与设备通道数、连接用户数、干扰水平等关联性较小。

3.2 投资效益分析及部署策略建议

3.2.1 单站投入资源

无线AI智能板单板投资约3.86万元,考虑后续2.6 GHz二载波扩容需求,单板按照下挂18个小区规划(最大24个小区),单小区投资约2 145元。

3.2.2 流量激发投资效益分析

试点单小区流量由103.14 GB/天提升至108.48 GB/天,根据跨省漫游流量结算方式(漫入流量按照1.35GB/元进行跨省结算,漫入流量占比约20%),单小区流量激发收益为526元/年。

3.2.3 网络节能投资效益分析

试点区域单小区平均耗电量由7.53千瓦时/天压降至6.48千瓦时/天(扣除智能板功耗增加,单小区约0.12千瓦时/天),单小区网络节能收益为230元/年。考虑电费按照单物理点载波数量占比方式进行各运营商间分摊结算,无线AI带来的节能收益进一步下降。

3.2.4 无线AI部署策略建议

部署场景上,由于网络节能主要针对小包业

务进行攒包实现资源精细化调度,在非高负荷场景(利用率<50%)效果基本相当,同时从投资效益角度出发,流量激发收益明显高于网络节能,后续建议基于三大原则的规划组网策略方案及智能板连片部署算法,优先以高流量区域业务保障及流量激发为目标部署无线AI,兼顾起到网络节能作用。考虑无线AI分用户分业务保障和快速定位问题能力,可在高价值场景、用户保障需求场景针对性部署。

组网方案上,以高流量2.6 GHz宏基站及高价值场景站点为锚点绘制连片区域,将区域内其他站点同步纳入,充分发挥板卡资源效率。

与NWDAF网元协同上,根据当前实验结果,见表2。当前网元建设方案可按照签约速率为保障用户提供稳定可靠的连接服务,并通过UE logo、短信通知让用户显性化感受到保障服务,针对高业务、弱覆盖等质差场景NWDAF存在的保障用户GBR业务影响普通用户资源使用问题,可部署无线AI实现资源精细化调度提升整体用户感知,并精准分析网络扩容需求(该类型区域与上述无线AI部署场景优先级基本匹配)。

表2 无线AI与NWDAF网元协同效果

指标	仅NWDAF	NWDAF+无线AI
每分钟质差转换次数	0.134次/分钟	0.067次/秒
1080P高清占比	63.33%	94.88%
1080P初始缓冲时延	2.2 s	0.96 s
游戏卡顿率	15.20%	1.31%

3.3 讨论与局限性

本文验证了无线AI在5G-A阶段的巨大应用潜力,但也存在一些局限性。首先,流量激发效果在不同区域存在差异,其与网络负荷、业务模型的定量关系需进一步深入研究,以构建更精确的预测模型。此外,本文的商用实践目前主要聚焦于toC场景,无线AI在行业应用(ToB)中的价值挖掘需进一步探索。



4 结束语

本文系统性地验证了无线AI在5G-A网络中具备的流量激发、差异化保障、能效智绿和高效运维四大核心能力。针对网络面临的现实挑战，本文提出并实践了一套涵盖精准规划、组网部署、节能新机制、运维新模式和端到端商用实践的完整技术方案。

实践结果表明，无线AI技术能有效应对运营商传统经营模式收益饱和的挑战，通过体验变现开辟新的收入增长点；同时，其智能化、自动化能力也是应对网络复杂度攀升、实现运维降本增效的关键。创新的基于三大原则的规划组网策略方案及智能板连片部署算法具有重要的行业借鉴意义。

未来，研究工作将围绕提升AI模型精度、扩大自动化闭环范围以及深化ToB场景应用等方面持续展开，推动5G-A网络向更高阶的自智能化水平演进，持续为通信技术与AI技术融合发展和行业进步注入新动能。

参考文献：

[1] 孙晓文, 王强, 李强. 5G-Advanced关键技术演进及网络架构

研究[J]. 邮电设计技术, 2023(5): 1-6.

[2] 孙雷. 人工智能技术在5G网络中的应用研究[J]. 移动通信, 2022, 46(7): 32-37.

[3] 3GPP. 3GPP TR 21.916 2023 Evolution of 5G system; Release 18[S].

[4] Zhang H, Liu Z, Wang Y. A survey on AI-driven management in 5G and beyond networks[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2022, 24(1): 464-488.

[作者简介]

张珩（1999-），男，中国移动通信集团设计院有限公司福建分公司工程师，主要研究方向为无线通信。

蔡杰（1986-）男，中国移动通信集团设计院有限公司福建分公司高级工程师，主要研究方向为无线通信。

王德安（1991-）男，中国移动通信集团设计院有限公司福建分公司高级咨询设计师，主要研究方向为4G/5G无线通信网络规划设计、网络发展战略等规划咨询。

谢宇晨（1999-），男，中国移动通信集团设计院有限公司福建分公司工程师，主要研究方向为无线通信。

谢丹卉（2000-），女，中国移动通信集团设计院有限公司福建分公司工程师，主要研究方向为无线通信。

陈亮（1985-），男，中国移动通信集团设计院有限公司福建分公司咨询设计师，主要研究方向为无线通信。

郑菁如（1998-），女，中国移动通信集团设计院有限公司福建分公司助理咨询设计师，主要研究方向为无线通信。