

# 基于AI+大数据的4G/5G无线基站智能协同节能系统的研究和应用

## Research and Application of 4G/5G Wireless Base Station Intelligent Cooperative Energy Saving System Based on AI+Big Data

卜寅,孙宏,周瑜,陶永峰,毛北航,朱天成(中国联通江苏分公司,江苏南京210019)

Bu Yin, Sun Hong, Zhou Yu, Tao Yongfeng, Mao Beihang, Zhu Tiancheng (China Unicom Jiangsu Branch, Nanjing 210019, China)

### 摘要:

提出了一种利用AI算法和无线网络性能数据,建立了一整套4G/5G无线小区的业务量评价及MR覆盖评估体系,实现在线识别低价值的小区,并在不影响用户感知的前提下,对其实施小区关断、深度休眠等综合节能管控措施。

### 关键词:

智能预测;大数据;4G/5G协同节能;无感知保障  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.01.001  
文章编号:1007-3043(2023)01-0001-06  
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:

A set of traffic evaluation and MR coverage evaluation system for 4G/5G wireless cell is proposed by using AI algorithm and wireless network performance data, which can realize online identification of low-value cells, and can implement comprehensive energy-saving control measures such as cell shutdown and deep sleep on the premise of not affecting user perception.

### Keywords:

Intelligent prediction; Big data; 4G/5G collaborative energy saving; No perceptual guarantee

引用格式:卜寅,孙宏,周瑜,等. 基于AI+大数据的4G/5G无线基站智能协同节能系统的研究和应用[J]. 邮电设计技术, 2023(1): 1-6.

## 1 概述

随着5G网络建设规模逐年增加,通信设备对能源的需求与日俱增,通信设备能耗占运营商能耗的85%(见图1),无线网的能耗在运营商的运营成本(OPEX)占比已高于15%。经过5G试商用网络的测试验证,5G单站功耗是4G单站功耗的3~4倍,运营商面临基站设备能耗大幅增加,从而OPEX费用大幅增加的运营压力。当通信行业迈入5G时代,通信设备的智能节能对降低5G网络运营成本,实现通信行业节能减排目

标具有重要意义。

## 2 传统节能面临的挑战

传统基站的节能手段主要为粗放式的关断,如在凌晨针对小区等场所进行关断等。随着时代的发展,话务场景日趋复杂,闹市区即使在凌晨可能也会存在较高话务,交通枢纽在凌晨也存在高铁等车辆的运营,一刀切的关断已经无法满足多样化场景的业务需求。如果针对每个站点进行话务分析制定相应的节能策略,又需要投入大量的运维人力,人员的投入与产出比不高。在此背景下,电信运营企业亟需引入AI技术,实现节能减排AI化,达到一站一策,在节能的同

收稿日期:2022-12-16

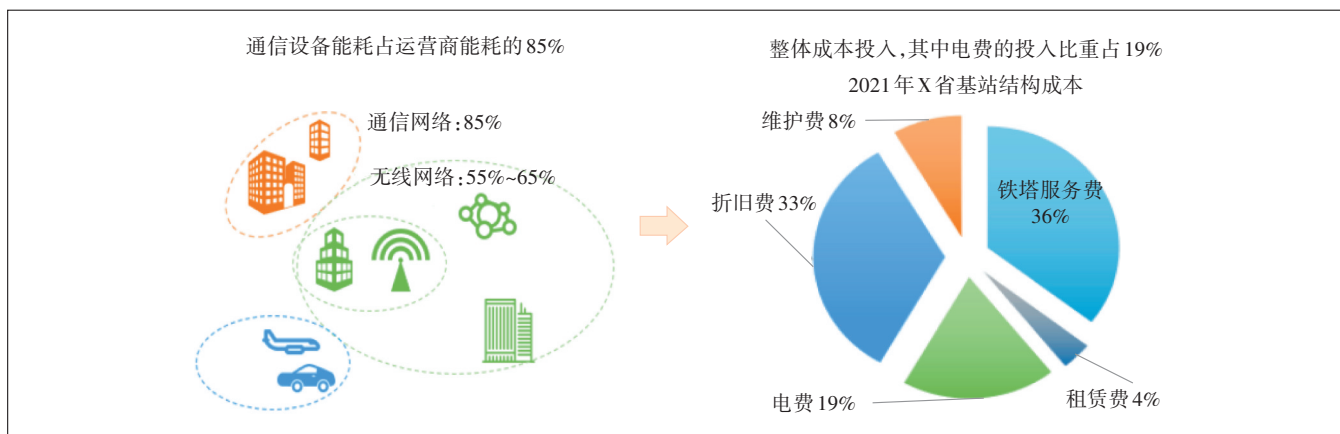


图1 通信设备能耗情况

时兼顾KPI与用户感知,并减少运维人员的投入。

通过对某省现网小区的PRB利用率分析发现,基站小区在各个时段,都存在PRB利用率低的情况,能耗存在很大的浪费(见图2)。

部分负荷不高的小区,如:

- a) 负载随时间呈现周期性波动的多载波小区。
- b) 长期维持低水平负载的小区。
- c) 负载不高、邻区覆盖完善的L900小区。
- d) 低用户量的5G小区。

综上,提出了一种利用AI算法和无线网络性能数据,建立一整套4G/5G无线小区的业务量评价及MR覆盖评估体系,实现在线识别低价值的小区,并在不影响用户感知的前提下,对其实施关断、深度休眠等综合节能管控措施。

### 3 功能架构

AI节能系统依托技术中台及数据中台进行功能

开发,以微服务及容器技术作为软件开发技术底座,以大数据技术完成网络域数据采集及能力开放。产品以人为中心构建对网络全生命周期进行管理的个人工作台,以网元为对象构建网络规划、网络优化及网络自动化功能。规划和优化部分,实现网络规划仿真及网络性能异常根因分析,建设部分实现网络全维度价值评估,维护部分以AI人工智能技术实现网络业务预测及网络节能。

节能系统基于分层解耦、微服务架构设计思路,通过对接数据中台,采集CM/PM性能数据、小区覆盖数据、用户话单数据等,利用AI算法来实现对大数据资源的自动处理预测,在线推理低价值度小区,并对接指令中台,纳入指令通道中执行相应的节能策略。为了保障整个节能环节的高效稳定以及保障用户感知,系统还通过监控用户感知KPI和投诉数据对节能策略进行调整(见图3)。

系统基于中国联通中台架构进行建设,实现了一

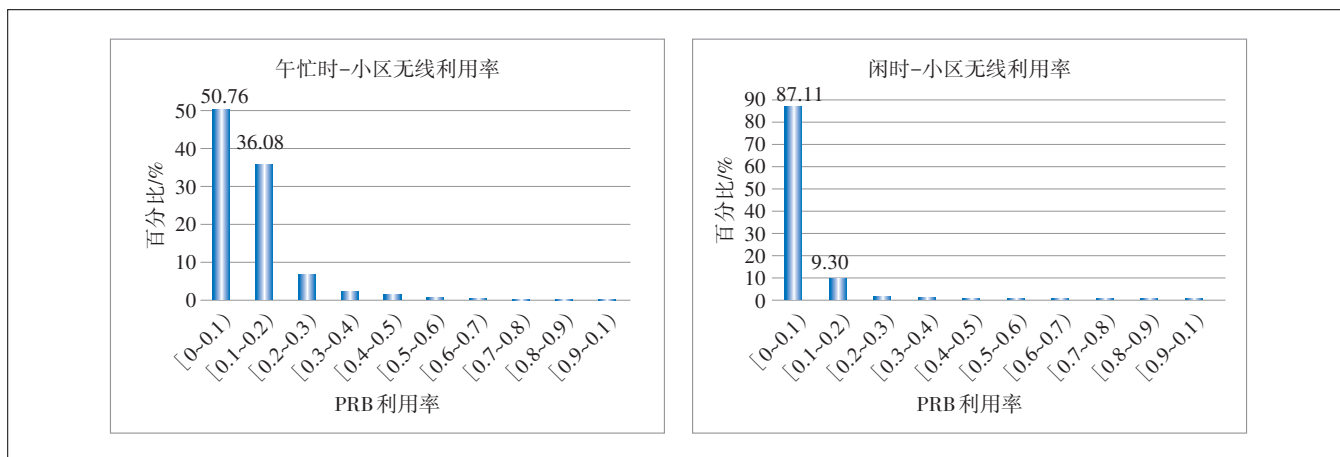


图2 忙闲时小区无线利用率

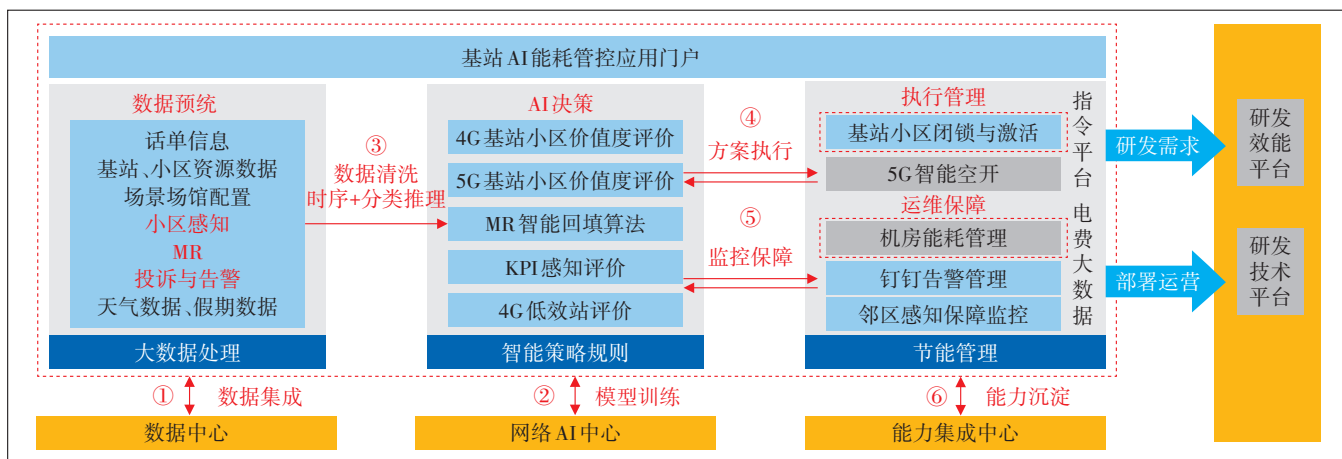


图3 AI节能系统架构

点覆盖、全国接入。同时为了保障运营的高效,通过对钉钉,利用自动机器人实现自动告警与派单到人。系统自动化程度高,减少了人工干预。

网络规划。构建网络SSP(Sunset & Sunrise planning)网络效能评估体系,利用规划工具及人工智能完成网络规划方案的智能化支撑。

网络优化。利用流程化优化分析平台及智能化专题分析平台构建集中化智能网络优化整体解决方案。以人工智能手段建立网络优化专享分析模型,建设网络问题根因分析的智能化能力。

网络运维。通过人工智能自动进行数据关联和模式匹配,通过机器学习提供自动分析决策功能。通过近乎实时的监控,在数据噪声中发现不太明显的异常模式。

## 4 AI节能实现思路

### 4.1 数据指标及价值评估

依托数据中台,接入的数据涵盖了O域、B域、投诉等各类数据,建立了涵盖小区话务量、小区用户体验2个维度的用户画像,从预测小区的价值度的角度出发,结合用户保障,实现对小区的全方位维度评估,进而实现对关断建议的判断。系统涉及到的部分指标如表1所示。

### 4.2 预测可节能小区

系统采用时序算法和梯度提升决策树(GBDT)分类算法相结合的算法方案预测可节能的低价值小区。算法架构如图4所示,基于数据层提供的大量业务数据以及天气、节假日、时序信息数据,利用多种数据处理手段对其进行数据清洗和特征工程处理,得到可用

表1 节能小区数据评价指标

指标类型	业务指标	指标注释
业务量	PRB利用率	包含基站小区的上下行PRB利用率
	流量	包含基站小区的上下行流量
	通话时长	通过采集XDR话单,统计单一小区在每个小时内的2G、VoLTE通话时长
	请求发起量	通过采集XDR话单,统计单一小区在每个小时内的HTTP请求发起参数
用户数	VIP用户	通过采集XDR话单,统计单一小区在每个小时内接入的VIP用户
	高价值用户	通过采集营账信息,统计单一小区在每个小时内接入的高arup用户数
	4G用户数	通过采集XDR话单,统计单一小区在每个小时内接入的4G用户
资源特性	带宽	小区带宽
	载频	中心载频的信道号
	地域	小区行政区划
	厂家	小区所在基站的设备供应商
	天线	小区发送和接收模式
其他	电平	最小接收电平
	天气	基于互联网采集的地域天气信息

于算法训练的数据。

算法层分别利用时序模型和GBDT分类模型对所有基站小区进行价值度预测,并对两者结果进行合并,合并方法可采用取低价值小区结果的交集、并集,也可根据模型查准率对两者输出的价值度进行加权生成新价值度的方式,基于最后输出的低价值小区即可执行节能操作。

### 4.3 用户无感知保障

为了保障用户的无感知节能,系统设计了异常小区纳入反例进行算法自学习、去激活小区纳入KPI智能监控、激活流程纳入钉钉告警等环境,以实现节能

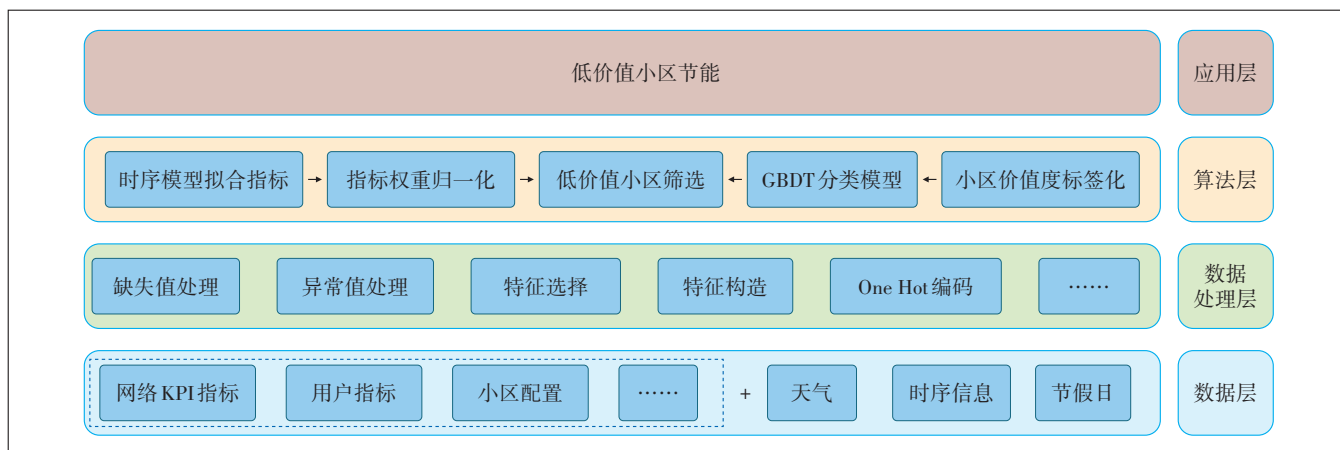


图4 可节能低价值小区预测

期间网络的整体功能稳定可靠。

a) 算法自学习。通常纳入反例的小区存在如下可能:节能后感知异常、节能后邻区小区业务突增、验证阶段价值度激增等。上述可能均纳入误判案例,作为算法训练的反例进行持续学习,提升算法的准确率。在实际节能业务中实测,算法的查准率整体保持在95%以上。

b) KPI感知监控(见图5)。纳入感知监控的指标上下行流量、上下行PRB利用率、上下行时延和上下行速率,通过监控小区的上述感知指标,利用异常检

测算法,对于存在突增的情况,均需要及时取消节能。

c) 钉钉激活告警。为了保障小区激活成功率>99.9%,系统通过主动上报断站信息、激活失败小区持续监测重启等手段,确保小区及时激活,不影响日常业务。

#### 4.4 4G/5G协同节能

系统提供了基于节能策略的多措施协同和基于4G/5G无线网络的协同2种能力。针对4G小区,系统提供了小区关断、符号关断、RF通道关断3种节能方式;针对5G小区,系统提供了小区关断、深度休眠、符

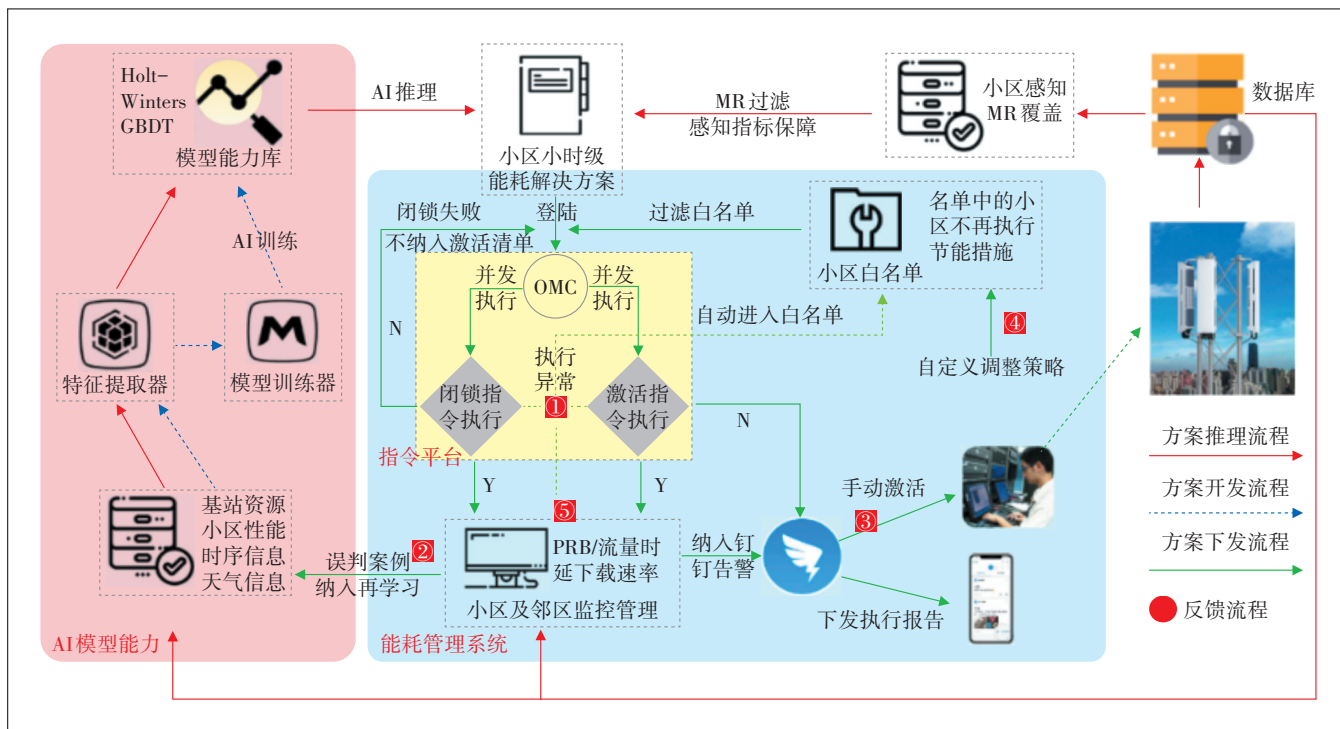


图5 KPI感知监控流程

号关断、RF通道关断、硬件空开等5种节能方式。针对不同的节能方式,系统以感知优先、效益最大化的原则,在具备覆盖条件的区域,4G小区在闲时段优先考虑小区关断,辅之以通道关断;在忙时通过全面评估小区的全天候价值度,合理分配符号关断的License。对5G小区则以效益优先、4G覆盖为主的方式,在闲时优先进行小区关断、深度休眠、硬件空开三者相结合的方式节能。通过建立分时段节能方式的优先级,以保障业务感知为前提,实现了基于AI的智能协同节能。

#### 4.5 智能化脚本编排

对小区节能是高风险操作,为了应对在极端环境下的极小概率故障,系统提供了智能化脚本编排功能,以协助运维工程师登陆网管执行批量脚本。即对于分批次节能的小区,在节能策略下发之前,系统会优先完成激活脚本编排,并上传远程服务器备份。对于执行阶段的未激活小区,系统也提供在线的脚本编排,供用户选择使用。

指令执行模块能够根据AI检测出的低业务量小区,自动编排节能指令、自主调度网管进行指令执行,对失联网管、异常网元进行智能规避,避免对现网用户感知的影响。

节能指令涵盖载波关断、通道关断、符号关断、深

度休眠4种场景,覆盖主流设备厂家,兼容现网中主流的网管型号,兼容4G和5G网络。相关指令应统一通过指令中台下发,由指令中台做好指令白名单和安全性管控。

支持对大批量小区进行在线节能调度,提供指令自编排的能力,满足统一区域多种节能场景的复杂节能需求。单一网管节能指令的调度效率应不低于3小区/s,小区指令整体执行成功率应不低于90%,小区节能恢复的成功率不应低于99.9%。

#### 5 技术架构

节能系统的上层为能力展示层,主要提供节能策略自定义制定、节能策略执行监控、节能可视化报表、ftp文件服务等四大功能点。上层应用界面采用Vue+ElementUI组件,应用后台使用SpringBoot2.0技术架构,整合SpringSecurity进行安全和权限管控,使用redis高可用集群架构,实现session分布式共享以及数据缓存,提高页面响应速度。系统涉及到的技术栈如图6所示。

#### 6 应用效果

基于AI+大数据的4G/5G基站智能协同节能系统主要实现基站节能的数字化、智能化的全流程端到端

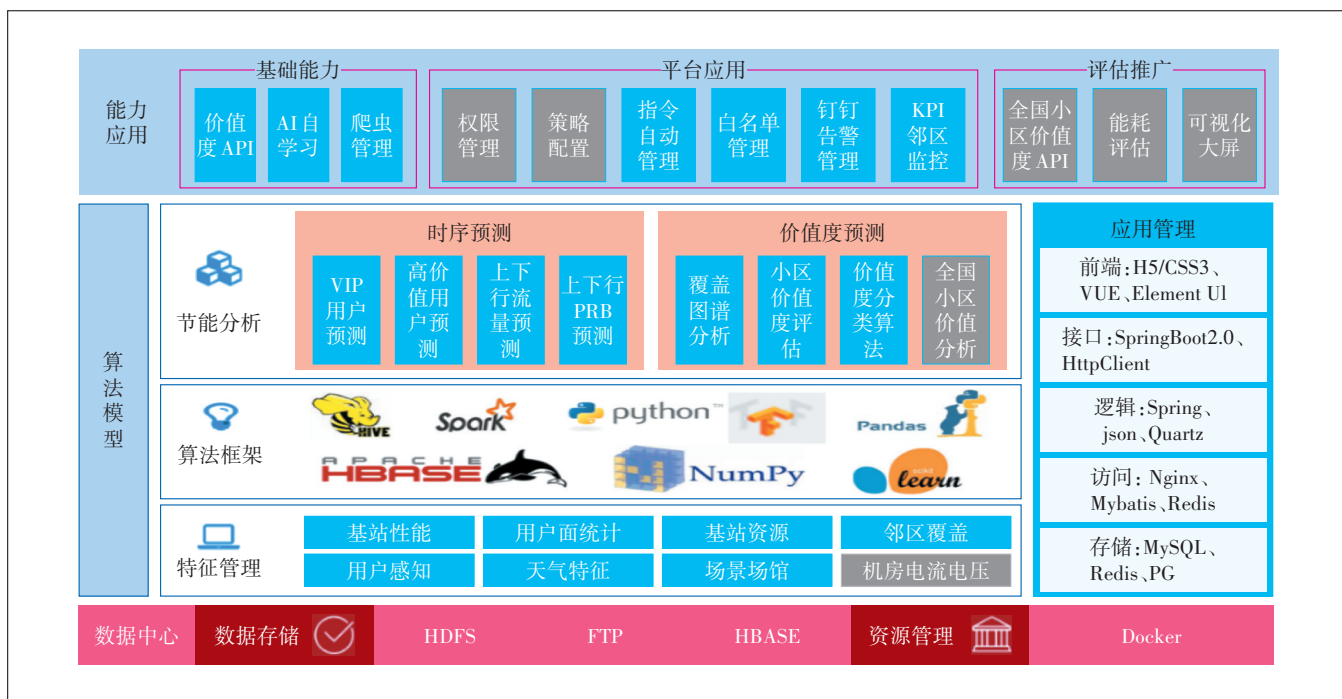


图6 节能系统各层技术架构

管控体系;面向多网协同、软硬关断协同,用户感知保障无感的基站节能模式,替代传统的人工节能作业模式,持续提升节能精细化管控程度,节省网络运营成本及碳排放。

经济效益显著。基站智能协同节能系统自2018年12月份在某省上线运营以来,通过在线识别低价值小区自动关断、及时开启,并自行下发告警派单的方式,运行稳定,期间未产生投诉事件,运行范围覆盖了2个不同厂家的4G/5G无线小区,算法查准率保持在95%以上;日关断小区20 000个(含4G、5G),每月可实现节电80+万kW·h,平均月节能64余万元。该系统经过在某省的充分验证、稳定运行,并在全国进行了推广,目前已在27个省稳定运行,日关断小区10万+,每月可实现节电500万kW·h。预计全年可实现节电1亿kW·h,降本6 000万元。

推进网络节能的深度落地。当前各省分主要借助于专家经验和省分积累的一些流量数据,筛选出低业务的时刻,进行批量的节能。但是受制于网络动态变化、大数据处理能力限制、运维人员持续投入等因素,整体节能规模无法得到大的突破。智能节能场景通过AI能力的应用,给出适合各省分的自定义节能方案,协助省分把节能工作做深做透,实现规模价值。

推动节能效果落地,完成价值闭环。节能效果量化和节能状态监控是节能管理的痛点难点问题。智能节能系统通过大数据的手段,采集全网的4G/5G能耗数据,给出大数据级别的节能基线,并实时监测网络的功耗变化情况,给出相对准确的节能效能评估情况。智能节能系统通过全流程监控看板,GIS展示和量化全国节能管理状态,实现全国小区级、站址级节能活跃状态、节能措施、节能时长、平台执行效率、网络影响情况的精准统计。

兼顾用户感知,减少使用影响。基于动态调整的节能规则不会影响用户正常使用。在用户使用量低时保留4G网络,能够满足用户的需求,从而使5G设备处于低功耗运行状态。随着接入5G网络的用户增加,系统会逐渐缩短休眠时间,避免影响使用感知。本系统自上线使用以来,未造成用户大规模集中投诉。

## 7 结束语

基于AI+大数据的4G/5G无线基站智能协同节能系统,通过引入AI,实现了智慧判断、自动节能、自动感知监控的全流程闭环。显著降低了4G/5G无线网络

的能耗水平,促进节能减排,助力国家实现碳中和。基于AI+大数据的4G/5G无线基站智能协同节能系统,释放了节能工作中运维人力的投入。该系统通过集中建设方式,建设成本低,经济效益明显,且能够实现31省集中运维,持续OPEX投入低。

## 参考文献:

- [1] 李露,李福昌. 4G/5G基站协同智能节能方案研究[J]. 信息通信技术,2021,15(5):52-57.
- [2] 王耀祖,蔡宗平,张洪伟. 基于AI的4G/5G基站节能解决方案应用[C]//5G网络创新研讨会(2020)论文集. 北京:中国电子科技集团公司第7研究所,2020:103-108.
- [3] 王仔强,徐永杰,魏宁宁. 基于物点的网络覆盖评估体系研究[J]. 电信工程技术与标准化,2020,33(4):71-76.
- [4] 郭建春. 高价值楼宇无线信号覆盖方案的探讨[J]. 电脑与电信,2020(Z1):44-48.
- [5] 权笑,戴鹏程,辛潮,等. LTE网络高价值区域识别与分析方法研究[J]. 电信工程技术与标准化,2018,31(5):18-21.
- [6] 张志荣,许晓航,朱雪田,等. 基于AI的5G基站节能技术研究[J]. 电子技术应用,2019,45(10):1-4.
- [7] 张化,李鹏,鲁娜,等. 5G基站节能技术性能评估研究[J]. 电子技术应用,2020,46(10):20-24.
- [8] 吕婷,张猛,曹亘,等. 5G基站节能技术研究[J]. 邮电设计技术,2020(5):46-50.
- [9] 王荣,吴永俊,张健. 一种基于MR大数据的频谱重耕网络覆盖性能评估方法与应用[J]. 江苏通信,2022,38(3):16-17,30.
- [10] 朱朝晖. 5G基站节能技术研究[J]. 数字通信世界,2022(5):41-45.
- [11] 詹勇,唐雪. 5G基站智能节能解决方案[J]. 信息通信技术,2022,16(4):23-29,36.
- [12] 王金明. 基站节能降耗实践探讨[J]. 邮电设计技术,2022(1):63-66.
- [13] 邓金荣,李陵. 基于大数据分析的基站效益评估建模与应用[J]. 广东通信技术,2022,42(2):30-33.
- [14] 苟坤. 5G基站节能技术及应用研究[J]. 电信快报,2021(10):44-46.
- [15] 丁金仁. 关于价值小区的研究[C]//2011年通信与信息技术新进展——第八届中国通信学会学术年会论文集. 武汉:中国通信学会学术工作委员会,2011:188-190.

### 作者简介:

卜寅,高级工程师,学士,主要从事网络IT系统的规划与设计工作;孙宏,毕业于南京邮电大学,学士,主要从事网络IT系统的规划与设计工作;周瑜,毕业于重庆邮电大学,硕士,主要从事网络IT系统架构设计与研发工作;陶永峰,毕业于河海大学,硕士,主要从事移动网大数据分析工作;毛北航,毕业于大连海事大学,硕士,主要从事数据分析工作;朱天成,毕业于南京邮电大学,学士,主要从事网络IT系统的规划与设计工作。