 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i4.10056

Research on Fault Prediction and Diagnosis of 5G Base Station Based on AI

Lijie Zhang Yijin She Zhiqiang Yan Jinzhong Gong Fang Fu

China United Network Communications Co., Ltd. Changde Branch, Changde, Hunan, 415000, China

Abstract

Reducing base station failure rates is a core mission in communication network maintenance, crucial for ensuring network stability and enhancing user experience. By leveraging AI-powered operations and maintenance (O&M) technologies—including artificial intelligence (AI), big data analytics, machine learning (ML), and the Internet of Things (IoT)—traditional O&M models are being upgraded to achieve automation, intelligence, and efficiency, thereby addressing user dissatisfaction. Solutions such as deploying intelligent metropolitan area networks (MANs), AI-driven battery monitoring and scheduling for base stations, and AI-powered inspection systems are implemented to achieve the goal of reducing 5G base station failure rates.

Keywords

base station failure rate; intelligent operation and maintenance; artificial intelligence; intelligent metropolitan area network; Internet of Things

基于 AI 的 5G 基站故障预测与诊断研究

张丽杰 佘怡锦 晏志强 龚金忠 傅芳

中国联合网络通信有限公司常德分公司，中国 · 湖南 常德 415000

摘 要

降低基站故障率是通信网络维护的核心任务，对保障网络稳定性和提升用户感知至关重要。通过AI智能化运维，利用人工智能（AI）、大数据分析、机器学习（ML）、物联网（IoT）等先进技术，对传统运维模式进行智能化升级，实现运维过程的自动化、智能化和高效化，解决用户体验差的问题。部署智能城域网、基站蓄电池智能AI检测调度、部署AI智能巡检巡查系统等方案来解决，实现降低5G基站故障率的目标。

关键词

基站故障率；智能化运维；人工智能；智能城域网；物联网

1 引言

随着移动通信技术的快速发展，基站作为无线网络覆盖的核心基础设施，其数量和规模呈指数级增长。当基站发生故障时，可能导致网络中断、信号弱、通话掉线、数据传输缓慢等问题，进而引发用户投诉。基站故障率与用户投诉数量正相关，降低基站故障率是提升用户体验、减少投诉的关键。需要通过完善 AI 智能调度平台、实施故障预测、设备优化等手段，降低基站故障率，从而减少用户投诉，提升网络服务质量和运营商竞争力。

2 主要研究内容

目前通信行业的月均基站故障率是 22%，2024 年某地市联通月均基站故障率为 32.58%，与行业值相差较大，因此降低 5G 基站故障率，提升客户感知迫在眉睫。

2.1 影响基站故障率原因分析

对降低基站故障率进一步分析，拆分出可能导致基站故障的末端问题，如图 1 所示：

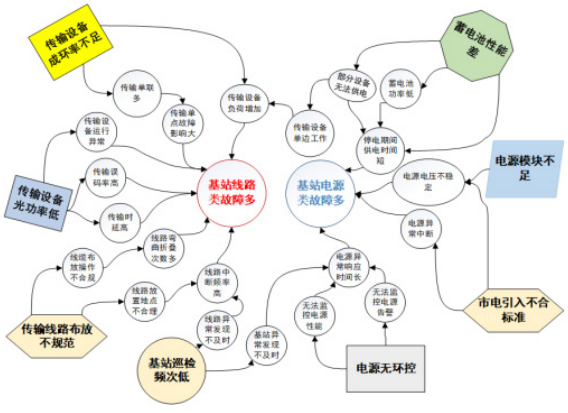


图 1 基站故障原因分析图

【作者简介】张丽杰（1981–），女，中国内蒙古人，本科，工程师，从事通信基站维护调度，大数据分析及云池，IDC相关维护研究。

2.1.1 电源无环控

取两组电源有环控和无环控的基站，每组包含 50 个基站，对比两组基站电源类故障次数，通过综合网管统计全网数据，存在电源无环控的基站有 87 个，全网基站共 3012 个。占比 87/3012<3%，占全网比例小，此项为非要因。

2.1.2 传输线路布放不规范

本次对比整改前后，基站线路故障次数变化情况。线路布放不规范是指线路裸露、浅埋、未架空等不规范问题，对于存在该问题的壶瓶山区域，统计整改前后一个月该区域基站线路类故障次数。如图 2 所示。

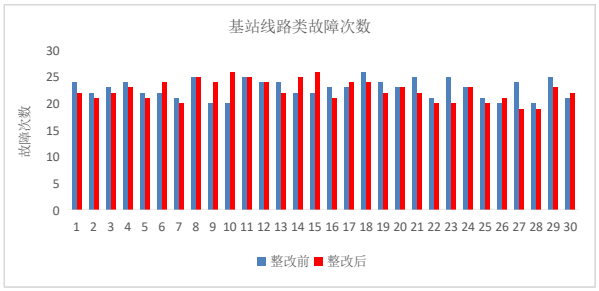


图 2 基站线路故障次数对比图

由计算可知，整改前该区域基站线路类平均故障次数为 22.8 次，实验后为 22.4 次，下降了约 0.4 次，影响幅度小。

结论：传输线路布放不规范对基站线路类故障次数影响较小，为非要因。

2.1.3 传输线路成环率低

传输线路成环率，指的是成环的传输设备和全网设备的比值 [4]。若传输设备成环率低，一旦发生光缆故障，就会导致业务卡顿、中断等。

现将 8 组成环率低于 70%，与成环率高于 80%、90% 网络结构进行统计 100 次光缆中断，对比业务中断及恢复情况。如图 3 所示。

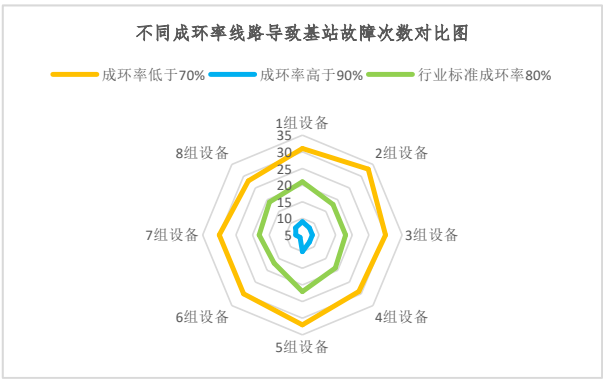


图 3 不同成环率故障次数对比图

结论：基站线路成环率增高，基站故障率明显降低。传输设备成环率对症结影响较大，确认为要因。

2.1.4 蓄电池性能差

统计不同性能蓄电池造成的基站故障情况。统计全网 700 个基站，分析 7 组不同性能蓄电池造成的基站故障情况，涉及的基站故障为 448 次 / 月均。在蓄电池性能下降的分组中，基站电源类故障快速增加，蓄电池性能和基站故障次数呈现强关联性。

结论：蓄电池性能对基站电源类故障影响大，则蓄电池性能为基站故障的要因。实验对比市电引入整改前后基站电源故障次数变化情况。选择 50 个存在市电引入不规范情况的基站，进行对比实验，对比市电整改前后基站电源故障次数。

2.1.5 市电引入不合标准

结论：结果显示，在进行市电引入整改后，基站电源类故障次数变化小，即市电引入不规范对基站电源类故障次数影响小，为非要因。

2.1.6 传输设备光功率低

统计对比同型号传输设备不同光功率情况下，接入的基站线路类故障次数。抽取 100 台型号相同的传输设备，对比不同光功率传输设备在同一段时间内，基站线路类故障次数如图 4 所示：

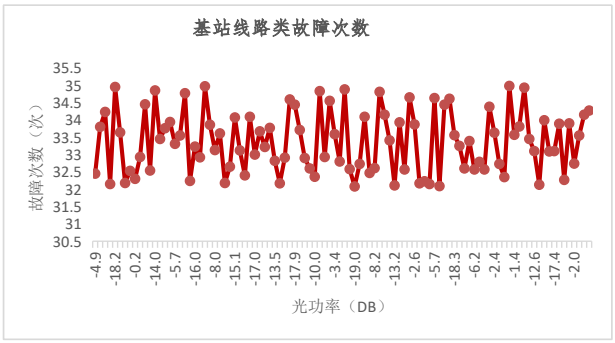


图 4 基站线路类故障次数

基站线路类故障次数期望值 X=（a1+a2+a3+...+a100)/100=33.37%,a1、a2、...a100 分别是第 1、2、...100 台传输设备的光功率数值，方差 D=[(a1-X)2+(a2-X)2+...+(a100-X)2]/100=0.76, 方差值结果为 0.76，说明传输设备光功率引起的数据变化幅度小。

结论：传输设备光功率对基站线路类故障次数影响小，为非要因。

2.1.7 基站巡检频次低

调研某地市使用传统人工巡检，已部署 AI 智能巡检，澧县区域基站巡检频次 30 次 / 月，石门区域基站智能巡检频次 120 次 / 月。统计分析两区域内一年的基站故障率，澧县的故障率是 33%，石门的故障率是 21%。

结论：由上图可知基站巡检次数增加，故障率明显降低。基站巡检频次低对症结影响较大，确认为要因。

2.1.8 电源模块不足

抽取 50 个电源模块不足的基站，与标准电源模块基站对比故障次数，发现电源模块不足基站的基站电源类故障次数，相比标准电源模块基站较大，说明电源模块对基站电源

类故障次数影响大。全网电源模块不足的基站为 58 个，仅占全网基站数的约 2%。

结论：电源模块不足基站占比小，因此为非要因。

2.1.9 要因确认结果

由上文分析得出，最终确定了 3 个要因：传输设备成环率低、蓄电池性能差、基站巡检频次低。

2.2 降低 5G 基站故障率技术方案

采用智能城域网承载业务，将 IPRAN 承载的业务割接上智能城域网，智能城域网成环率 100%，业务中断率大大降低。

蓄电池性能差，更换高性能蓄电池，通过正交实验优选 AI 智能基站蓄电池调度方案参数，基站 AI 智能调度准提升至 95% 以上，蓄电池性能差导致的故障率大幅下降。

基站巡检频次低，部署 AI 智能巡检监控系统，采用创新智能化隐患采集方式，采用 AI 智能巡检人工补充巡检，人机协作模式。

2.2.1 部署智能城域网

传输设备与线路在业务承载中占据了重要的地位。承载网络的质量好坏，直接影响用户的感知。针对承载网络成环率不足问题，小组对谋区域先部署了智能城域网，并且将该区域内的业务逐步割接上智能城域网，并部署了智能保护机制，启用 SRv6+FlexE 技术实现：50ms 级故障检测、智能算路动态迂回、带宽资源弹性调整。

2024 年 1-3 月，某地市智能城域网已建成 552 台，2024 年 3-9 月，某地市联通 QC 小组将承载的业务逐步割接至智能城域网。线路故障数未有明显减少的情况下，由于成环保护，基站业务中断率下降了 48.85%，明显提高了用户的感知。

2.2.2 基站蓄电池智能 AI 检测调度

针对蓄电池性能差导致基站故障频发的问题，通过 AI 建模与正交试验优化蓄电池智能调度方案。选取电池健康度、基站等级、GIS 地理位置、电力停电时长四项核心参数，设置三水平位级开展正交试验，筛选最优参数组合。

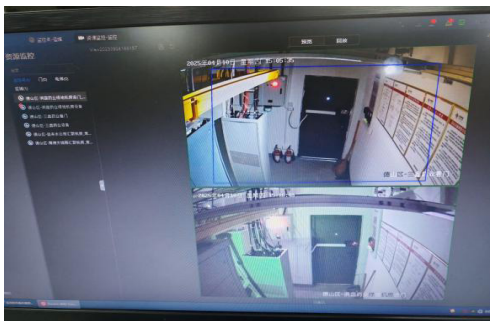


图 5 AI 智能监控系统

2.2.3 部署 AI 智能巡检巡查系统

全市部署 AI 智能巡检巡查系统，创新智能化隐患采集方式，传统的隐患收集主要依赖巡检人员电话上报，值班人员记录，专人汇总等方式。传统流程较复杂，且往往记录杂乱无章，隐患处理过程跟踪困难，不利于统一管理。

AI 智能化巡检数据采集主要包含隐患上报、隐患管理、及结果反馈等模块。隐患上报模块，实现了一键上传照片、自动定位和在线审核等功能。隐患管理模块，方便管理人员统计和跟踪隐患处理进度，落实隐患处理结果等。智能化隐患管理，让设备维护工作更有价值，实现隐患整治闭环管理。

平台会根据 AI 智能评估结果，提供专业化服务解决方案，智能匹配维护人员。平台会进行故障等级，匹配就近人员，维护人员根据方案情况，迅速定位故障，并快速解决问题。

2024 年 3 月 -2024 年 7 月，小组完成了 3012 个基站巡检智能覆盖。通过智能工单系统实现隐患 2 小时内定位、4 小时修复闭环。AI 智能巡检较传统模式效率提升了 8 倍，基站故障率下降了 11%，工单处理效率提升了 55%。

2.3 效果评估

全部对策实施后，分析统计指标，实施前故障率为 32.58%，实施后为 20.5%，目标达成。QC 活动后，统计三个月数据，全网有 9367 个故障，基站电源和基站线路故障数下降 16%。

3 结语

本文以降低 5G 基站故障率为目标，从故障成因、运维优化、技术创新三方面开展系统研究。实践表明，所提综合方案可显著提升基站运行稳定性，减少故障次数、缩短修复时长，降低运维成本，有效保障用户通信体验与网络服务质量。

未来随着 5G-A 与 6G 技术发展，基站架构更趋复杂，网络切片、毫米波等应用对网络可靠性提出更高要求。后续研究将重点聚焦数字孪生深度应用、AI 算法优化升级、全域协同运维建设三大方向，持续提升基站故障预测与自愈能力。

参考文献

[1] 杜红,唐倩,刘香倩,等.认知无线电中的频谱感知技术及其应用综述[J].通信技术,2025,58(10):1029-1039.

[2] 李永飞,刘庆涛.提升VoLTE客户感知的优化分析方法浅析［J］.中国新通信，2019，21（13）：82.

[3] 王鹏,薛凌云.传输时延问题研究和解析［J］.江苏通信,2018,34(04):34-37.