 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i6.6036

Research on optimization of wireless network coverage accuracy based on MR location distribution

Chao Tian[1] Yisheng Lv[1] Lei Jiang[1] Yuande Zhu[2]

1. China Unicom Anhui Branch, Hefei, Anhui, 230031, China
2. Beijing Zhongwang Huatong Design Consulting Co., Ltd., Beijing, 100000, China

Abstract

In today's rapidly evolving communication technology, users' expectations for network coverage quality are continuously rising. As user mobility increases and urban development progresses, the layout and form of urban buildings have significantly changed, making the wireless signal propagation environment more complex. This study focuses on improving the accuracy of communication network coverage. To address the limitations of traditional optimization methods, a strategy based on MR location distribution is proposed. By constructing a model to quantify user distribution characteristics and integrating antenna radiation theory, this approach enables precise adjustment of coverage directions. Implementation has shown that this solution effectively enhances cell coverage accuracy, improves network performance and user experience, and provides new insights for network optimization in complex scenarios.

Keywords

MR location distribution; coverage accuracy; azimuth optimization; network optimization

基于 MR 位置分布的无线网覆盖精准度优化研究

田超[1] 吕仪生[1] 江磊[1] 朱元德[2]

1 中国联通安徽省分公司，中国 · 安徽 合肥 230031
2 北京中网华通设计咨询有限公司，中国 · 北京 100000

摘　要

在通信技术快速发展的今天，用户对网络覆盖质量的期望不断攀升。随着用户移动性增强以及城市建设的持续推进，城市建筑物的布局和形态变化显著，这使得无线信号传播环境变得更为复杂。本研究聚焦通信网络覆盖精准度提升问题，针对传统优化方法的不足，提出基于 MR 位置分布的优化策略。通过构建用户分布特征量化模型，结合天线辐射理论，实现覆盖方向的精准调整。经实施验证，该方案有效提升了小区覆盖精准度，改善了网络性能和用户体验，为复杂场景下的网络优化提供了新思路。

关键词

MR位置分布；覆盖精准度；方位角优化；网络优化

1 引言

1.1 研究背景

部分站点原有的天线方位角设置难以适应这种变化，与实际用户覆盖需求出现较大偏差。传统的提升覆盖精准度的方位角优化方法，如规划仿真软件优化和现场工程师根据现场测试结合经验优化，在实际应用中暴露出诸多问题。规划仿真软件法依赖高精度电子地图和完整工程参数数据库，成本高昂且随着用户分布变化准确性降低；现场工程师经验法虽灵活准确，但耗时耗力、成本高，且在室内用户覆盖优化方面效果不佳。因此，探索一种更高效、精准且成本适宜的优化方法成为通信领域亟待解决的重要课题。

1.2 研究意义

本研究旨在借助创新方法，利用 MR（测量报告）位置分布信息优化扇区方位角，进而显著提升网络覆盖精准度。这不仅能够提高用户的网络使用体验，增强通信服务的稳定性和可靠性，还能为通信运营商降低运营成本，提升市场竞争力。同时，本研究成果对于推动通信网络优化技术的发展，以及为其他类似场景下的网络优化提供借鉴具有重要的理论和实践意义。

2 相关概念与理论基础

2.1 关键概念解释

2.1.1 MR 方位角

MR 方位角是表征用户空间分布的核心方向参数，通过解析基站服务区域内所有 MR 样本点的地理位置数据，

【作者简介】田超（1978–），男，中国安徽马鞍人，本科，工程师，从事无线网规划和建设研究。

用几何平均算法计算用户分布中心坐标位置，将该中心位置与小区天线位置相连，所形成的水平夹角即为 MR 方位角，它直观地反映了 MR 样本点相对于小区天线的方向，是衡量用户与天线位置关系的重要指标。

$$(x_c, y_c) = \left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i, \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i \right)$$

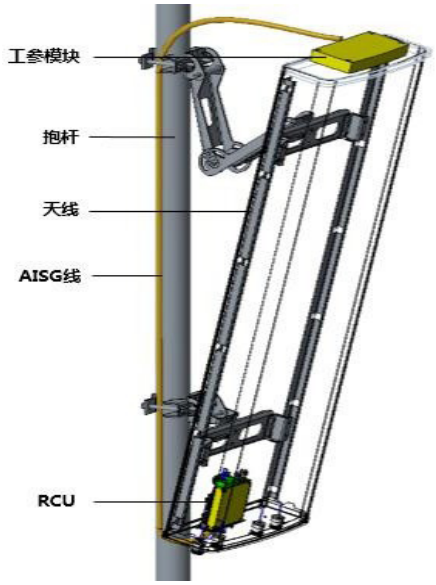
其中 (x_i,y_i) 为第 i 个 MR 样本点的经纬度坐标，n 为样本总量。将该中心点与基站天线地理位置连线，形成的水平夹角即为 MR 方位角，其物理意义反映当前天线覆盖区域内用户群体的空间聚集特征。

2.1.2 工参方位角

工参方位角是基站天线安装时预设的机械覆盖方向基准参数，由天线工参感知模块实时测量获得。该模块集成高精度电子罗盘（精度 ±0.5° ）与北斗定位系统，通过三维直角坐标系定义水平辐射方向。

$$\theta_{工参} = \arctan\left(\frac{y_A - y_{BS}}{x_A - x_{BS}} \right)$$

其中（*xbs, ybs*）为基站地理坐标，为（$x_A y_A$）天线相位中心投影坐标。作为网络规划的初始参数，工参方位角直接决定天线主波瓣的水平辐射模式，是覆盖优化算法的基准参照系。



2.1.3 用户 MR 分布集中度

用户 MR 分布集中度是表征基站扇区内用户空间分布聚集程度的量化指标，定义为用户实际方位角与扇区工参方位角的样本方差：

$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(\theta_i - \theta_{工参})^2$$

该指标用于描述扇区内用户位置的离散程度，可通过计算扇区内所有用户实际方位角与扇区方位角的方差来表示。方差值越小，意味着扇区内用户分布越集中；而方差值越大，则表示用户分布越分散。用户 MR 集中度的提高可用于预测方位角调整后可能带来的增益大小。在相同的条件下，用户集中度更高的小区，在进行方位角优化后通常会获得更大的增益。

2.2 理论依据

研究发现，当小区下的 MR 方位角与天线主覆盖方向的偏差超过 30 度时，用户接收功率会相应降低约 1.5dB，小区的 RSRP（参考信号接收功率）均值也会随着 MR 方位角和天线工参方位角之差的增大而呈现下降趋势。（本结果是基于现网主力使用的 65 度波瓣角的天线的结论）

表 1 方位角偏差和用户接收 RSRP 关系



3 研究方法与过程

3.1 实验设定

3.1.1 单小区验证

选定一个问题小区 A 基站三小区开展相关验证工作。该小区 MR 方位角为 259.7 度，工参方位角 229 度，方差为 3.51。

通过网优平台查看，该小区覆盖下 260 度方向存在较多弱覆盖栅格。

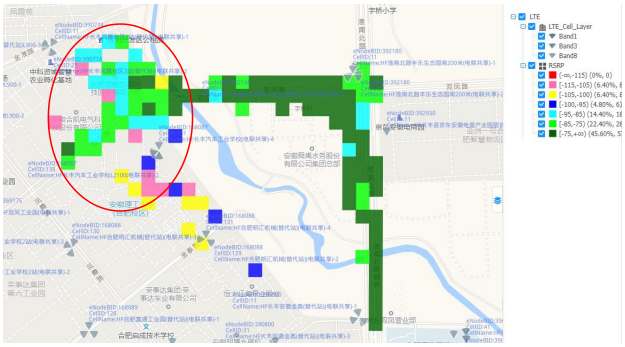


图 1、优化前 RSRP 指标地理化

通过对现场无人机实勘，发现该区域有多家企业办公楼和公租房住宅区。

将 A 基站 -3 小区方位角调整至 260 度，对比调整前后小区 RSRP、流量、样本数。

3.1.2 覆盖情况

调整后 11 月第四周（11 月 20 日至 2023 年 11 月 26 日），观察该小区覆盖图层，改善明显。



图 2、现场实勘图

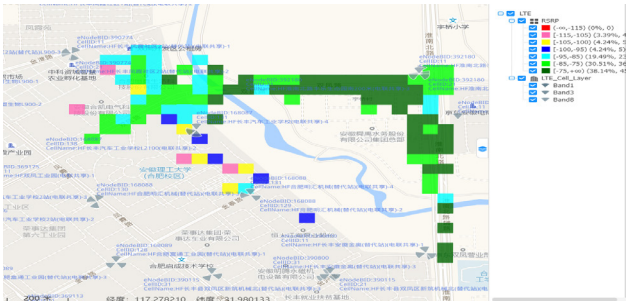
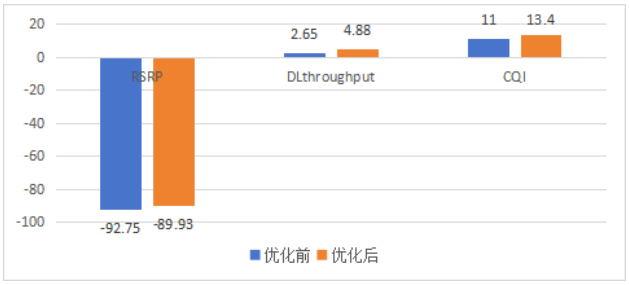


图 3、优化后 RSRP 指标地理化

3.1.3 指标前后对比

该小区下 MR RSRP 和速率等指标，和调整前对比，RSRP 均值提升 2.82dB，下行速率提升 2.23Mbps，CQI 提升 2.4。



对比第一周和第四周流量变化，增加 1693MB，提升比例 12.74%。

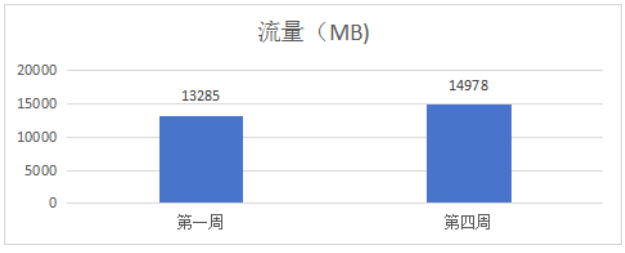
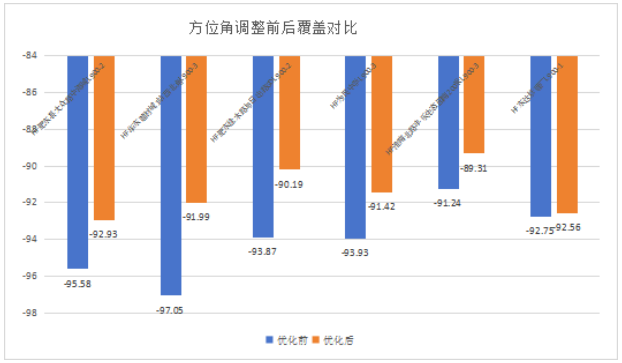


图 3、优化前后流量对比

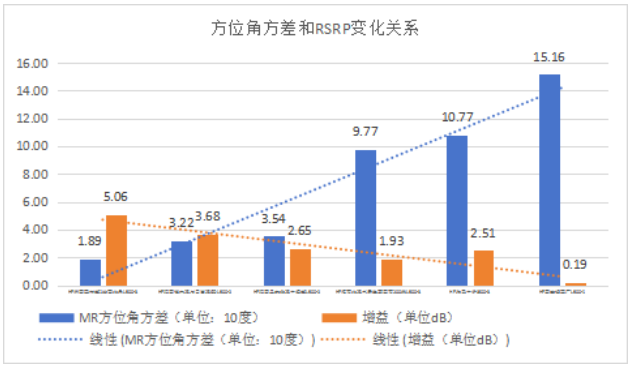
3.1.4 多场景验证

为了进一步验证实验效果，在本地网的 L900 小区中筛选出 6 个不同场景的问题小区进行调整。

从网优平台查看该小区覆盖指标，MR 样本数从 195882 增加至 346665 个，RSRP 均值提升约 3.4dB。表明优化措施取得了显著成效。



但具体到单个小区，发现不同小区的提升效果存在差异，进一步分析发现，用户 MR 集中度高（即 MR 方位角方差小）的小区，调整方位角后 RSRP 变化更明显。例如，建材城 1 站西北角 L900-3 小区 MR 方位角方差为 1.890950（单位：10 度），调整后 RSRP 增益达 5.06dB；而 修理厂 L900-1 小区 MR 方位角方差为 15.163185（单位：10 度），增益仅为 0.19dB。

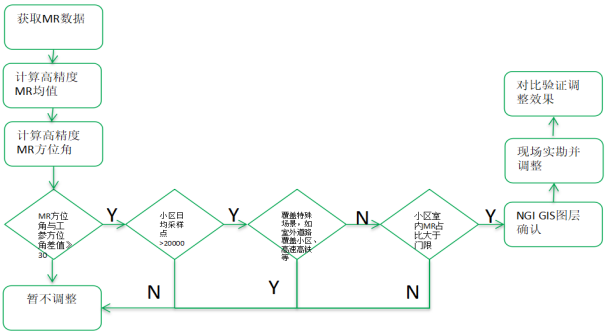


3.2 实验结论

从实验情况来看，基于用户 MR 样本分布的方位角优化方案能够有效提升网络覆盖精准度，主要原因在于其充分利用了小区所有 MR 点的数据，综合考虑了用户的分布情况，在公平性、效益性和稳定性方面实现了较好的平衡。同时，通过准确调整天线方位角，使更多用户位于天线主波瓣覆盖范围内，从而提高了信号强度和网络性能。

4 优化流程确定

对于 MR 方位角和工参方位角之差大于 30 度的这部分小区，可以通过调整天线方位角进行优化，减少两者差别，增加用户覆盖。优化流程步骤如下：



方案对策流程图

- 计算出小区下天粒度的高精度 MR 经纬度均值；
- 计算出小区下高精度 MR 方位角；
- 比较 MR 方位角和工参方位角差值绝对值 (绝对值大于 30 度)；
- 过滤小区日均样本点数（>20000 个），室内 MR 占比大于平均值；

5 效益评估

经网优平台数据统计分析，当前具有天线工参感知模块 L900 小区中，MR 方位角与工参感知模块方位角大于 30 度的小区共有 179 个。如果对这些小区进行优化，预期可以提升 179 个小区的覆盖增益约 1.52dB。1.52dB 增益可以等效成发射功率提升 40%。可认为在 179 个小区的基础上新增了 40% 的小区 60 个，对覆盖带来的增益相当于新建了 20 个 L900 站点，显著提升运营商的投资效益。

6 总结

本研究成功提出并验证了基于用户 MR 样本分布的方位角优化方案，有效解决了部分小区 MR 方位角与工参方位角偏差过大导致的覆盖问题。通过优化，提升了小区的 RSRP 均值，增加了 MR 样本数，改善了网络覆盖效果，为用户提供了更好的网络体验。

本研究主要针对合肥地区的 L900 小区进行优化，不同地区的网络环境、用户分布和建筑物布局存在差异，研究成果在其他地区的适用性需要进一步验证。此外，研究过程中虽然考虑了多种因素，但对于一些复杂的无线信号干扰情况，以及与其他网络优化技术的协同应用方面，还有待深入研究。

未来研究可拓展到不同频段、不同地区的网络优化，探索基于 MR 位置分布的优化方法在更广泛场景下的应用。同时，加强与其他先进网络优化技术的融合研究，如结合人工智能算法实现更智能的方位角优化，进一步提升网络覆盖质量和性能，以满足不断增长的用户需求和日益复杂的通信网络环境。

参考文献

[1] 张婧,杨占春,唐俊,等.融合大数据技术的4G/5G MRO数据挖掘与应用研究[J].信息通信技术.2024,18(4).

[2] 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.

[3] 沈楠,赵春阳,余飞.LTE原始MR数据挖掘及在网络优化中的应用[J].科技与创新.2019,(9).D