 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i10.7892

Research on Improving NR CQI Excellence Rate Based on Beam Optimization

Ke Huang

China Telecom Co., Ltd., Baoding Branch, Baoding, Hebei, 071000, China

Abstract

CQI (Channel Quality Indication) is measured by the User Equipment (UE) and generally refers to the downlink channel quality, whose value directly reflects the quality of the downlink signal received by the UE. Since CQI is closely related to the channel quality of PDSCH (Physical Downlink Shared Channel)—the core channel for carrying user data in 5G NR networks, where key performance indicators such as transmission rate and bit error rate of PDSCH are all affected by CQI—and CQI comprehensively reflects the actual channel quality of all online users rather than that of a single user or a local area, the NR CQI excellence rate is regarded as an important indicator for evaluating 5G network coverage quality.This paper mainly studies two different coverage scenarios: open scenarios (e.g., outdoor squares, suburban areas with low obstruction) and building scenarios (e.g., urban office buildings, dense residential areas with high obstruction). It explores effective paths to improve the CQI excellence rate by adjusting configuration parameters of AAU (Active Antenna Unit), such as beam direction, gain, and coverage range. Practical verification shows that the proposed method has clear and practical significance for improving the CQI excellence rate, providing a reference direction for subsequent network optimization.

Keywords

Beam; CQI Excellence Rate; Scenario

基于波束优化提升 NR CQI 优良比的研究

黄科

中国电信股份有限公司保定分公司，中国 · 河北 保定 071000

摘　要

CQI是信道质量指示，英文全称 channel quality indication，由 UE测量所得，一般是指下行信道质量，其数值大小直接反映UE接收下行信号的优劣程度。由于CQI和 PDSCH的信道质量密切相关，PDSCH作为5G NR网络中承载用户数据的核心信道，其传输速率、误码率等关键性能均受CQI影响，且CQI能综合体现全部在网用户的实际信道质量，而非单一用户或局部区域情况，所以将NR CQI的优良率作为评估5G网络覆盖质量的一项重要指标。本文主要研究开阔场景和楼宇场景两种不同覆盖场景下，通过调整AAU（有源天线单元）的波束方向、增益、覆盖范围等配置参数，探索提升CQI优良比的有效路径。通过实际验证，对CQI优良比的提升具有明确且实用的意义，为后续网络优化提供了参考方向。

关键词

波束；CQI优良比；场景

1 引言

在 5G NR 网络商用深化阶段，NR CQI 优良率作为衡量网络覆盖质量与用户通信感知的核心指标，其稳定性直接影响运营商服务竞争力。某市 5G 网络自 7 月起，CQI 优良率从 97.88% 持续下滑至 97.68%，指标波动问题亟待解决。经初步分析，质差小区集中呈现两类典型场景特征：一是站间距较远、建筑低矮的开阔场景，二是站间距密集、高楼林立的楼宇场景，两类场景因无线信号传播环境差异，均面临覆盖适配性不足的问题。NR 系统的波束赋形技术可通过调整 AAU 波束参数优化信号覆盖，但当前缺乏针对两类场景的差异化配置方案。基于此，本文结合 5G 波束特性，深入剖析开阔与楼宇场景的信号传播规律，通过测试不同波束配置、倾角及方位角参数的优化效果，探索提升 NR CQI 优良率的有效路径，为 5G 网络分场景精准优化提供实践支撑。

2 问题描述

在 5G 网络运营过程中，NR CQI 优良率作为评估网络覆盖质量与用户下行通信体验的核心指标，其数值稳定性对运营商服务质量至关重要。某市 5G 网络近期监测数据显示，自 7 月起该指标呈现持续下滑趋势，具体数据如下图 1 所示：从 7 月 1 日的 97.8818% 逐步下降至 7 月 14 日的 97.6795%，短短两周内指标降幅超 0.2 个百分点，且无自然

【作者简介】黄科（1991–），男，河北定州人，硕士，工程师，，从事无线通信技术研究。

回升迹象，已对网络整体服务水平产生影响。

这一指标下滑现象并非随机出现，经对全市 5G 小区的初步排查发现，CQI 质差小区的分布呈现明显的场景聚集特征，而非分散于各类区域。这种场景化聚集规律为后续问题定位与针对性优化提供了关键方向——需先明确不同聚集场景的覆盖特点，才能制定适配的解决方案，因此下文将基于此规律展开深入分析，为后续优化措施的制定奠定基础。

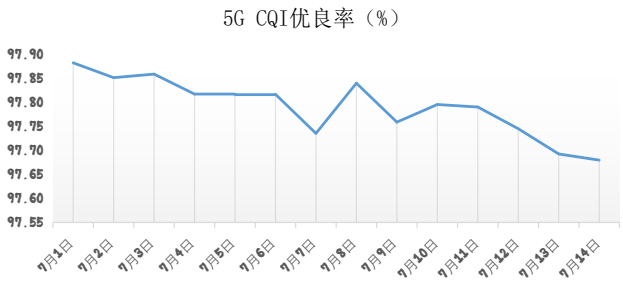


图 1

3 分析过程

上文已明确某市 5G CQI 优良率下滑且质差小区集中于开阔、楼宇两类场景，要制定针对性优化方案，需先厘清“指标定义、数据来源、场景特征”三大核心前提——既要明确 CQI 优良率的统计标准以确保分析基准统一，也要掌握 UE 上报机制以理解数据有效性，更需结合两类场景的指标走势与 5G 波束技术特性，找到“场景问题”与“技术适配”的关联点。因此，本部分将从 CQI 优良比定义、NR CQI 上报规则、场景指标特征、波束特性适配性四个维度展开分析，为后续差异化优化措施的设计提供数据支撑与技术依据。

3.1 CQI 优良比定义

CQI 优良率定义：统计时段内， gNB 小区内 UE 上报的“4-bit CQI Table 表下 UE 上报的 CQI”大于等于 10 的次数与“4-bit CQI Table 2 表下 UE 上报的 CQI”大于等于 7 的次数数量之和在整个 CQI 上报数量中的比例。

CQI 优良率统计公式：(4-bit CQI Table 表下 UE 上报的 CQI 大于等于 10 的次数 +4- bit CQI Table 2 表下 UE 上报的 CQI 大于等于 7 的次数)/(4-bit CQI Table 表 UE 上报的 CQI 次数 +4-bit CQI Table2 表 UE 上报的 CQI 次数) × 100%

编码方式越高（QPSK ＜ 16QAM ＜ 64QAM ＜ 256QAM），依赖的信道条件需要越好。CQI 和 PDSCH 调制方式的对应关系如下，其中 CQI 在 1~3 之间，对应 QPSK，在 4~6 的时候，对应 16QAM， 在 7~11 时候对应 64QAM,12~15 对应于 256QAM。

3.2 NR CQI 周期性上报

UE 在上报 CQI 时候，有周期上报和非周期上报之分。周期 CQI 上报时，按照 eNodeB 分配的 CQI 周期进行周期性上报，非周期 CQI 上报时候，eNodeB 特别指示 UE 上行数据传输的资源插入 CQI 上报。

3.3 CQI TOP50 小区分析

在 CQI 优良比质差小区分布上看 CQI 质差小区呈现两种规律，第一种是站间距较远的站点覆盖区域较开阔的场景，第二种是站间距较小同时覆盖区域楼宇较密集的楼宇场景。

3.4 两种不同场景下 TOP 小区指标走势

为了达到较为优良的测试速率，基站必须处于较为优良的运行状态，主要表现在如下几个方面：

开阔的场景：将郊区以及农村覆盖范围的道路、低层住房等为主的小区定义为开阔的场景小区。

楼宇场景：将城镇区域覆盖范围为楼宇为主的小区定义为楼宇场景小区。

通过 CQI 优良比 TOP50 指标的初步分析如下图 2 所示，影响指标的主要原因为覆盖问题，开阔场景小区有 36 个，楼宇场景小区有 14 个。

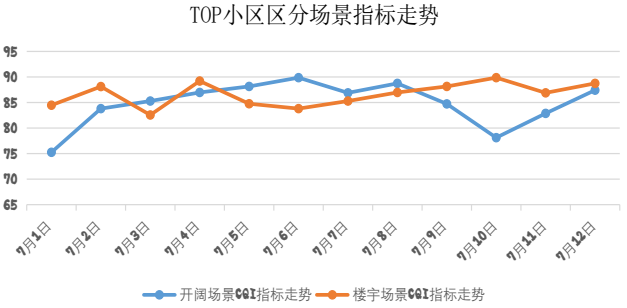


图 2

3.5 基于场景分析的 5G 波束特性适配性介绍

NR 系统采用波束赋形技术，对每类信道 / 信号都会形成能量更集中，方向性更强的窄波束。但是相对宽波束，窄波束的覆盖范围有限，一个波束无法完整的覆盖小区内的所有用户， 也无法保证小区内的每个用户都能获得最大的信号能量。所以引入波束管理， 基于各类信道 / 信号的不同特征，gNodeB 对各类信道 / 信号分别进行波束管理，并为用户选择最优的波束，提升各类信道 / 信号的覆盖性能及用户体验。Massive MIMO AAU 通过修改射频通道的相位权值，调整天线波束倾角。

3.6 波束特性原理描述

立体覆盖波束仅用于广播波束，为了增强不同组网场景下广播信道、同步信号的覆盖范围，更好的匹配小区覆盖范围和用户分布，gNodeB 支持多种覆盖场景的波束。运营商可以选择适合自身覆盖需求的波束场景，解决不同组网场景下小区覆盖受限以及邻区干扰问题。

举例：AAU 为 32T32R 的模块，每列天线对应 2 个独立射频通道。通过调整射频通道相位权值 K1、K2，同时配合移相器，实现天线波束倾角调整。

3.7 波束的倾角和方位角

小区覆盖范围与天线的倾角和方位角有关，调整倾角或方位角后，小区的覆盖半径和覆盖形状会发生变化。为了匹配不同组网场景下的广播波束覆盖，本文同时考虑水平面和垂直面下不同覆盖范围需求。

为了降低选站规划和站点优化难度，节约优化成本和人力协调成本，以及更好的解决小区间干扰问题，用户可以通过波束特性远程设置天线的倾角与方位角。gNodeB 支持以 1° 为粒度，调整广播波束的倾角和方位角。通过调整倾角和方位角可以实现更多的波束指向，满足不同覆盖要求，实现灵活的组网。

4 解决措施

如上文介绍的 5G 波束特性结合现网因覆盖问题造成的 CQI 优良比低的两种场景，分别采取不同的参数配置进行验证。每种波束配置各配置十天时间，然后取天级指标对比。在调整波束配置同时要打开场景化波束算法开关 MaxSsbPwrOffset 减少小区间覆盖场景不一致时引起的邻区间相互干扰。

4.1 开阔场景波束配置验证

由于开阔场景下一般站间距较远，覆盖的建筑较低分别采取 SCENARIO_1；SCENARIO_2；SCENARIO_6；SCENARIO_7；SCENARIO_12，几种配置进行指标验证通过参数配置验证在开阔场景下波束配置为 SCENARIO_2 为最佳。

4.2 楼宇场景波束配置验证

由于楼宇场景下站点密集，同时覆盖的建筑较高所以分别采取 SCENARIO_2； SCENARIO_3；SCENARIO_7；SCENARIO_8；SCENARIO_13，几种配置进行指标验证，通过参数配置验证在楼宇场景下波束配置为 SCENARIO_3 为最佳。

4.3 整体优化效果

在验证了不同波束配置后，再结合倾角与方位角的调整来优化 TOP 小区的覆盖。考虑到具体每个小区的覆盖情况不同倾角与方位角的调整也不同，需要具体分析，大致选取倾角 5~8° 方位角 -10~10 度，见表 1。优化后，5G CQI 由 97.68% 提升到 97.87%，提升幅度约 0.2% 左右，见图 3。通过总结 5G 波束特性优化的方法，总结出针对不同场景通过不同的波束配置提升 5G CQI 优良比，为后续 5G CQI 优良比指标的稳定提升提供一个相应优化手段。

表 1

不同场景	波束配置推荐	倾角与方位角推荐	场景化波束算法开关
开阔场景	SCENARIO_2	倾角 5~8° 方位角 -10~10	开
楼宇场景	SCENARIO_3	倾角 6~12° 方位角 -5~5	开

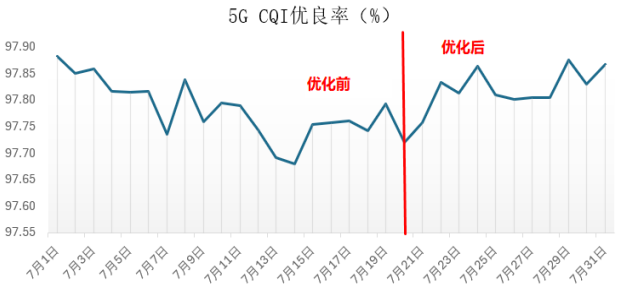


图 3

5 结语

本文针对某市 5G CQI 优良率下滑问题，聚焦开阔与楼宇两类核心质差场景，以 AAU 波束配置优化为核心手段开展实证研究。通过对比多组波束配置方案，明确开阔场景最优配置为 SCENARIO_2、楼宇场景为 SCENARIO_3，并结合 5~12° 倾角与 -10~10° 方位角调整，同时开启场景化波束算法开关 MaxSsbPwrOffset，最终使全市 5G CQI 优良率从 97.68% 回升至 97.87%，实现约 0.2% 的有效提升，成功解决两类场景的覆盖适配问题。

此次研究形成的“场景 - 波束配置 - 参数”对应方案，为 5G 网络 CQI 指标优化提供了可复制的实践模板。后续可进一步拓展高铁、地下车库等复杂场景的波束优化研究，结合 AI 技术实现波束参数动态自适应调整，持续提升 5G 网络覆盖的精准度与智能化水平，为用户提供更稳定的通信体验，助力 5G 网络高质量发展。

参考文献

[1] 城市地区广播电视无线覆盖问题与解决方案. 龚崇立.电视技术,2024(05)

[2] 密集区域的无线覆盖技术. 石雷.科技风,2017(02)

[3] 一种室外无线覆盖方案的设计与实现. 令晓静.数字通信世界,2022(02)

[4] 面向5G毫米波通信中基于深度图搜索的波束干扰协调[J]. 张雨亭;徐少毅.北京交通大学学报,2023(02)

[5] 面向5G毫米波通信的波束选择机制[J]. 陈发堂;曾勤;骆维扬.计算机应用研究,2021(09)