

# 5G CQI指标优化方案的应用研究

徐运武

(广东松山职业技术学院, 广东韶关 512126)

**【摘要】**以A城市5G网络为例,从无线网络的告警、覆盖、参数配置三个维度进行分析,采用RF优化、CSI-RS PORT配置优化、公共搜索空间的DCI功率偏置最大值和功率控制偏置参数的调整等手段,消除相邻小区之间干扰和宏站、微站干扰,较好地改善了该城市5G网络CQI优良率。

**【关键词】**5G; CQI; RF优化; 参数优化

**【doi:10.3969/j.issn.2095-7661.2022.03.003】**

**【中图分类号】**TN929.5

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**2095-7661(2022)03-0008-05

## Application Research of 5G CQI Index Optimization Scheme

XU Yun-wu

(Guangdong Songshan Polytechnic College, Shaoguan, Guangdong, China 512126)

**Abstract:** Taking the 5G network of City A as an example, this paper analyzes the alarm, coverage, and parameter configuration of the wireless network from three dimensions. RF optimization, CSI-RS PORT configuration optimization, DCI power offset maximum in the public search space and power control offset parameter adjustment are adopted to eliminate the interference between neighboring cells and the interference between macro and micro stations. The CQI excellent and good rate of the city's 5G network is improved.

**Keywords:** 5G; CQI; RF optimization; parameter optimization

5G 信道质量指示(CQI)指标是通过用户终端 UE 对下行 CSI-RS 波束信噪比 SINR 值的测量,直接反映出下行信号的质量,并通过 CQI 指标指示 PDSCH 的下行调制阶数和层数,能够间接地反映出用户下行的感知情况,为分组调度和链路适配等无线资源管理算法提供信道质量信息<sup>[1]</sup>,链路适配算法则基于 CQI 来选择最有效的调制和编码机制(MCS)。

### 1 5G CQI影响因素

UE 根据所测量的 SINR 值来确定可用 CQI 并上报到 5G 基站,因此 CQI 值主要与下行参考信号的 SINR 有关。除此之外,CQI 还与 UE 接收机的灵敏度、MIMO 传输模式和无线链路特性有关。如图 1 所示,可归纳网络中 CQI 的影响因素包括覆盖、干扰、负荷及系统参数等几大类<sup>[2]</sup>。

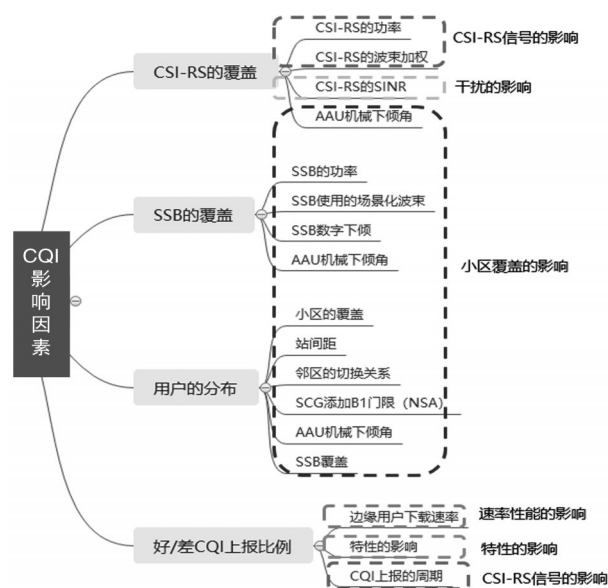


图1 5G CQI影响因素示意图

**【收稿日期】** 2022-08-05

**【作者简介】** 徐运武(1979—),男,湖南邵阳人,广东松山职业技术学院高级实验师,硕士,研究方向:电子与通信工程。

**【基金项目】** 2020年广东省教育厅重点领域专项项目“基于人工智能的网络优化研究与应用”(项目编号:2020ZDZX3113);2021年广东省教育厅普通高校特色创新项目“新型微型雷达在智能停车场中的应用”(项目编号:2021KTSCX225)。

### 1.1 影响业务告警

由于小区故障导致的小区不可用、断站等告警,会使得原本不该覆盖此区域的5G小区产生越区覆盖,从而降低服务小区的CQI。

### 1.2 覆盖

覆盖是CQI的重要影响因素,站间距及站点下倾角都会影响到小区覆盖,弱覆盖、越区覆盖、重叠覆盖等问题直接影响SINR,SINR差CQI优良率也就相应差。

### 1.3 参数配置

根据CQI的产生原理分析,影响覆盖的信道状态信息(CSI)资源配置参数、CSI上报周期参数、功率控制偏置参数等都会对CQI优良率产生影响。

## 2 优化方案及效果验证

在对A城市CQI优化提质专项中,发现存在弱覆盖、重叠覆盖、干扰和故障等问题,针对具体原因采用RF优化调整、重叠覆盖优化、CSI-RS配置、DCI功率调整配置、CSI上报周期配置进行分析和优化,得到以下参数。

### 2.1 覆盖优化

#### 2.1.1 优化参数

CQI反映的是小区的覆盖情况,对于质差的小区,如果平均定时提前量TA较大,可以考虑控制小区的覆盖,控制小区的覆盖优先使用电子或机械下倾角。

#### 2.1.2 优化效果

网络TA值大于975米且用户采样点占比大于20%可判定为越区,共修改223个小区,优化后效果如图2所示,5G CQI优良比从88%左右提升至90%以上。调整命令:MOD NRDUCELLTRPBEAM:NRDUCELLTRPID=X, COVERAGE SCENARIO =DEFAULT, TILT=X。

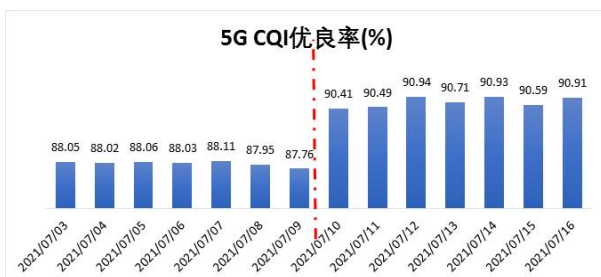


图2 覆盖优化对5G CQI提升的影响

### 2.2 CSI-RS Port配置优化

#### 2.2.1 优化参数

该参数需要统一配置,否则邻区间CSI Port数不对齐,存在干扰,导致CQI差。协议没有规定CSI-RS的发送位置,CSI-RS的发送位置由各厂家

自制算法实现,通过重配消息携带高层参数指示UE在相应位置解调。3I测量时,若CSI-RS Port配置不拉齐,会导致小区间发送CSI-RS的RE干扰发送数据的RE,因此拉齐CSI-RS Port,小区间在相同的时频域发送CSI-RS,避免干扰<sup>[3]</sup>。

该参数用于配置小区CSI测量的最大Port数,即CSI-RS天线端口数。邻区间CSI Port数需要配置相同避免干扰。该参数配置越小,小区支持Port数越小,覆盖越好,但是测量准确性低,测到高RANK的概率越小;该参数配置越大,小区支持Port数越大,覆盖越差,但是测量准确性高,测量高RANK的概率越大。2修改至0表示4Port测量改为8Port测量,从而增加Port数,提升CSI测量准确性,改善CQI。

当参数取值为0时,TDD低频的CSI-RS为固定8Port测量;当参数取值为1时,CSI-RS为固定2Port测量;当参数取值为2时,CSI-RS为固定4Port测量;当参数取值为3时,CSI-RS为固定8Port测量;当参数取值为4时,CSI-RS为固定16Port测量<sup>[4]</sup>。

#### 2.2.2 优化效果

对某市5G网络CQI差小区进行优化调整,修改参数“CSI-RS Port数”(从2修改至0),修改站点9个,小区45个,优化后效果如图3所示,修改后CQI优良率无明显变化。执行命令:MOD NRDUCELLRSVDPARAM:NRDUCELLID=X,RSVD-U8PARAM47=0。

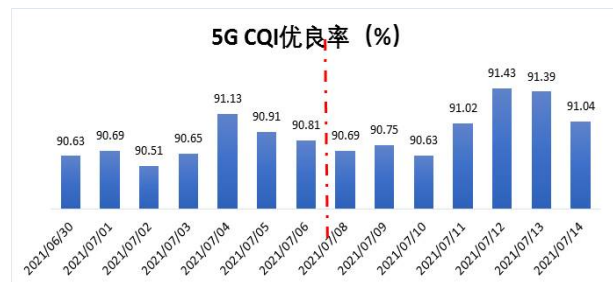


图3 CSI-RS Port配置优化对5G CQI提升的影响

### 2.3 DCI功率偏置最大值配置优化

#### 2.3.1 优化参数

该参数表示小区公共搜索空间的DCI功率汇聚后,小区公共搜索空间的DCI功率相对于基准功率的功率偏置最大值,该参数越大,公共搜索空间的DCI覆盖范围越大,CQI优良率越高,但其他DCI调度失败的概率增加,小区吞吐率降低<sup>[5]</sup>。

#### 2.3.2 优化效果

选取5G CQI优良率小于90%的160个小区,优化后如图4右侧所示,5G CQI优良比有所提升,

但RLC层下行感知速率从61.56 Mbps下降至50.26 Mbps,对用户感知影响较大。

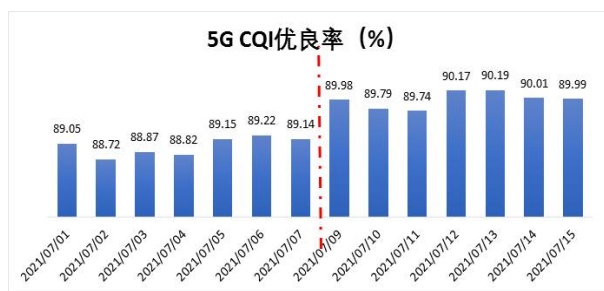


图4 DCI功率偏置优化对5G CQI提升的影响

从验证结果看,该参数优化方案会导致感知速率有所下降,全网推广时建议慎重使用。执行命令:MOD NRDUCELLCHNPWR:NRDUCELLID=X,MAXCOMMONDCIPWROFFSET=10。

## 2.4 控制偏置powerControlOffset配置优化

### 2.4.1 优化参数

该参数用于设置空口RRC CONN RECFG信令中用于CSI-RS信道测量的信元powerControlOffset取值的基准值,该参数取值越大,用户上报的测量结果比真实信道质量越高。

参数含义:该参数控制空口RRC CONN RECFG信令中用于CSI-RS信道测量的参数powerControlOffset取值,参数powerControlOffset的含义可参考3GPP TS 38.331协议,取值范围为0~24。UE需要反馈下行链路的CQI辅助基站进行PDSCH调度AMC和MIMO,但是PDSCH是共享信道、基站动态分配的,UE只能对CSI-RS做测量。powerControlOffset这个参数指的是PDSCH的EPRE减CSI-RS的EPRE。举个例子,如果这个参数等于3,那么PDSCH的发射功率比CSI-RS高3个dB,然后UE测量的CQI是基于CSI-RS的SINR得到的,也就是CSI-RS的接收功率/(干扰+噪声),但是PDSCH的EPRE高3个dB,所以UE在上报CQI的时候要考虑进去,因为UE报的CQI是用于PDSCH调度的,所以CQI会提升。

当界面配置值为0时,空口信元powerControlOffset基准值为0。若界面配置为1~24时,空口信元powerControlOffset基准值按照本参数减9的差值计算下发。当界面配置值超过0~24时,按照0值处理。该参数取值为0时对网络性能无影响。该参数取值为其他值时,不同协议版本的终端对空口信元powerControlOffset算法处理有差异,该参数取值越匹配终端侧算法,下行吞吐率越优,否则下行吞吐率越差<sup>[6]</sup>。

### 2.4.2 优化效果

对某市5G网络CQI差小区进行优化调整,修改参数“功率控制偏置”(从0修改至2),修改站点9个,小区52个,优化后效果如图5右侧所示,CQI优良率提升明显。执行命令:MOD NRDUCELLCSIRS:NRDUCELLID=X,POWERCONTROLOFFSET=2。



图5 控制偏置配置优化对5G CQI提升的影响

## 2.5 CSI上报周期优化

### 2.5.1 优化参数

CSI上报周期:该参数表示CSI上报周期的配置。仅在参数CsiResoureAlgoSwitch的子开关CSI\_REPORT\_PERIOD\_ADAPT\_SWITCH关闭时生效。对于TDD和FDD小区,CSI上报周期按照该参数配置值与CSI-RS测量周期NRDUCellCsirs.CsiPeriod中较大值生效。CSI上报周期配置越大,周期性CSI反馈越稀疏,下行吞吐率越低,但支持的用户个数越多,需要的PUCCH的RB也越少。

CSI上报周期自适应开关:该开关用于控制CSI上报周期自适应的打开和关闭。当开关打开时,根据RRC用户数自适应调整CSI上报周期,支持周期CSI上报用户数规格,调整期间会出现少量用户的RRC重配;当开关关闭时,需根据参数NRDUCellPucch.CsiReportPeriod配置的CSI周期确定可支持的周期CSI上报用户数规格。

CSI周期:该参数用于控制周期CSI-RS的下载周期。该参数配置越小,CSI-RS发送越频繁,但是下行资源开销越大;该参数配置越大,CSI-RS发送越稀疏,但是下行资源开销越小。

配置约束关系:当NR DU小区CSI-RS配置中的CsiPeriod配置为SLOT10时,NR DU小区CSI-RS配置中参数CsirsCellResourceNum不能配置为4\_RESOURCE或2\_RESOURCE;当NR DU小区CSI-RS配置中的CsiPeriod配置为SLOT20时,NR DU小区CSI-RS配置中参数CsirsCellResourceNum不能配置为4\_RESOURCE。

CSI-RS小区资源个数:该参数用于表示小区发送周期CSI-RS的资源个数,当参数取值4个资源时,小区覆盖较好,但是小区内的RRC重配次数较多,增加掉话概率;当参数取值2个资源时,小区覆盖一般,但是小区内的RRC重配次数较少,减小掉话概率;当参数取值1个资源时,小区覆盖最差,



但是没有由于该功能引起的小区 RRC 重配<sup>[7]</sup>。

### 2.5.2 优化效果

选取 5G CQI 优良率小于 92% 的 38 个小区, 优化后效果如图 6 所示, 修改小区的 5G CQI 优良比无明显变化, 修改区域整体的 5G CQI 优良率略有提升。

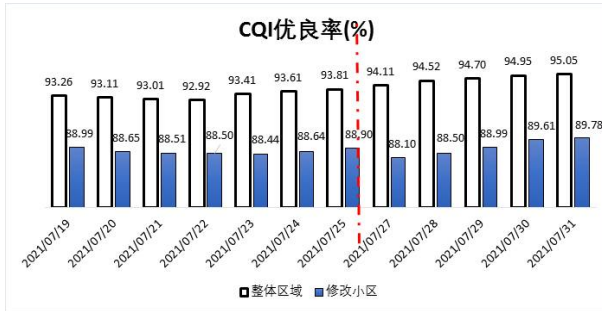


图6 CSI上报周期优化对5G CQI提升的影响

## 3 某市优化后应用效果

根据多种优化方案的验证效果看, 覆盖优化、

参数优化都能一定程度提升 CQI 优良率, 但各种优化方案的实施难易程度以及效果体现存在差异, 如告警处理、覆盖优化一般体现在日常优化过程中, 持续时间长, 且不具规模效应, 因此整网效果提升上较难评估, 而参数优化则相反, 因此在全网优化提升过程中以参数优化方案为主。

### 3.1 优化实施过程

第一轮参数优化: 2021 年 7 月 17 日完成 NR 网络 CQI 优良率  $\leq 93\%$  的小区参数修改, 涉及 1019 个基站 BBU, 2671 小区。第二轮参数优化: 2021 年 7 月 23 日完成 NR 网络 CQI 优良率  $\leq 96\%$  的小区参数修改, 涉及 1236 个基站 BBU, 3660 个小区。第三轮参数优化: 2021 年 7 月 27 日完成全网剩余功率控制偏置未调整的小区参数修改, 涉及 483 个基站 BBU, 1265 个小区。第四轮参数优化: 2021 年 8 月 1 日完成 NR 网络 CQI 优良率优化, 共优化站点 1490 个, 小区 7699 个。四轮优化前后对比如表 1 所示。

表1 四轮优化前后对比表

参数	分段	优化前	优化后	小区数	是否影响业务
保留参数	全网	11	12	6815	否
功率控制偏置(分贝)		2	3	884	否
CSI-RS 小区资源个数	4T4R 以上	1_RESOURCE	4_RESOURCE	24	是
	含 4T4R 及以下	4_RESOURCE	1_RESOURCE	1383	是
CSI 周期	4T4R 以上	80	40	1311	否
	含 4T4R 及以下	80	10	1419	否
CSI 上报周期	CQI 优良率 $< 94\%$	80	320	2147	否
	$94\% \leq$ CQI 优良率 $\leq 96\%$	80	160	1367	否
	CQI 优良率 $> 96\%$	80	80	3183	否
	CQI 优良率无指标	80	320	858	否
CSI 资源算法开关 & CSI 上报周期自适应开关	CQI 优良率 $< 94\%$	1	0	1709	否
	$94\% \leq$ CQI 优良率 $\leq 96\%$	1	0	1099	否
	CQI 优良率 $> 96\%$	1	1	3183	否
	CQI 优良率无指标	1	0	613	否

### 3.2 优化效果

CQI 优化过程中, 需对覆盖盲区和明显弱覆盖等区域进行规划建站提升覆盖。将目前配置的固定 80 ms 周期上报, 修改为结合频选功能开启自适应周期上报, 减少周期性 CQI 上报, 增加非周期 CQI 上报, 优化提升 CQI 优良比, 采取 RF 优化、功率控制、站点整改替换等手段, 进行覆盖优化调整。如图 7 所示, 通过四轮参数优化, 全网 5G CQI 优良率提升效果显著。从各阶段提升比例来看, 全网 CQI 优良率在第四批次增幅最大, 达到 1.84%。

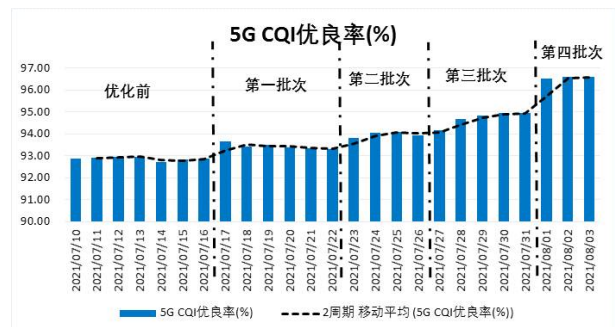


图7 全网优化后对5G CQI提升的影响

#### 4 结束语

通过对5G NR无线网络环境的指标分析,确定网络覆盖类指标和5G CQI指标之间的联系,以便对5G CQI指标质差问题进行定界分析和优化。通过对故障小区的处理,对越区覆盖、重叠覆盖基站的RF优化,以及参数CSI上报周期、CSI周期配置、CSI-RS Port数的优化,消除相邻小区之间干扰和宏站微站干扰。通过公共搜索空间的DCI功率偏置最大值和功率控制偏置参数的调整,对CSI-RS信号的功率进行控制,分别对质差区域参数修改前后的网管性能数据的5G CQI指标变化趋势和其他网络关键指标的变化趋势进行对比分析,以确定不同优化方案下对5G CQI指标提升的有效性和可行性,提升A城市5G网络的CQI优良率。

#### 【参考文献】

- [1]王浩,赵伦.5G无线网络优化系统的设计与实现[J].湖南邮电职业技术学院学报,2022(2):5-8.
- [2]优橙教育.CQI影响因素与优化思路[EB/OL].<https://www.ictyc.com/message/182.html>,2021-2-25.
- [3]廖溢宏.有效提升5G/4G移动通信无线网络效能的策略研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2021(1):9-11.
- [4]陈永朝,邱世阳,沈楚钦.4G/5G干扰协同优化策略研究[J].湖南邮电职业技术学院学报,2022(2):9-11.
- [5]黄智瀛,白锡添,杜安静.5G双频组网策略研究与应用[J].电信工程技术与标准化,2021(5):45-48.
- [6]陆立.5G网络对运营商的挑战[J].广东通信技术,2020(5):2-6.
- [7]张文刚.基于深度学习的交通预测技术及其在通信中的应用研究[D].成都:西南交通大学,2018.

(上接第3页)

EagleEye智能模块:对于鹰眼模块,一个图像帧的平均PiH检测处理延迟为38.27 ms。这样的延迟,如果只用一个鹰眼检测子模块来进行PiH探测,将无法获得实时的PiH探测。为达到实时检测要求,对于每秒30帧的视频,每个图像帧的处理延迟应低于33 ms。因此,为保证实时PiH探测,本设计采用3个EagleEye探测子模块进行并行部署。

#### 5 总结

本文提出了一种支持无人机救灾系统的5G移动边缘基础设施的端到端部署方案。对空中无人机、移动网络、移动边缘智能模块的部署建议选项被证明能够顺利处理救灾任务场景的运行。5G移动网络比4G移动网络有更高的上下行链路带宽,当增加无人机数量时,执行搜索和救援任务更有效。未来,随着5G移动网络由NSA升级到SA,上行和下行带宽的增加,同时通过运行多架无人机,搜索和救援任务的执行将更高效。

#### 【参考文献】

- [1]余韵,连晓灿,朱宇航,谭国平.增强现实场景下移动边缘计算资源分配优化方法[J].计算机应用,2019(1):22-25.
- [2]安亚宁.边缘计算中多节点协作任务卸载与资源分配研究[D].兰州:兰州理工大学,2021.
- [3]张祥.无人机辅助边缘计算网络的资源优化技术研究[D].南昌:南昌大学,2020.
- [4]张建敏,谢伟良,杨峰义,武洲云,谢亮.移动边缘计算技术及其本地分流方案[J].电信科学,2016(7):132-139.
- [5]施巍松,孙辉,曹杰,张权,刘伟.边缘计算:万物互联时代新型计算模型[J].计算机研究与发展,2017(5):907-924.
- [6]王金栋,刘亮,李岳.5G+MEC商业综合体的UPF组网及业务部署方案[J].信息与电脑(理论版),2020(21):153-154.
- [7]陈云斌,王全,黄强,白云龙.5G MEC UPF选择及本地分流技术分析[J].移动通信,2020(1):48-53.
- [8]孔德瑾,姚晓玲.面向5G边缘计算的Kubernetes资源调度策略[J].计算机工程,2021(2):32-38.