聚知刊出版社
JZK publishing

基于室分 eDAS 系统的 RI 智能切换技术的研究

董康辉

中国电信石家庄分公司，河北石家庄，050000；

摘要：随着 5G 网络的不断完善，室分建设也初具规模。目前作为成熟的传统 DAS（Distributed Antenna System，分布式天线系统）网络，eDAS（Enhancement mode Distributed Antenna System，增强型分布式天线系统）可以有效利用多通道 RRU（Remote Radio Unit，射频拉远单元）设备开通多通道小区，形成 1+1 或 2+2 等错层覆盖效果，极大提升了传统 DAS 网络的覆盖和系统性能。但是由于楼板等介质穿损过大、无源器件老化等问题，各通道间信号有可能出现不平衡情况，导致用户占用室分信号时终端对信号的调制解调方式较低，在信号覆盖良好区域却感知不佳。通过室分通道 RI（Rank Indicator，秩指示符）智能切换功能，无需对现场进行排查及室分改造，系统智能判断用户所在位置是否存在通道不平衡情况，使用户在单双路之间自由切换，从而改善终端编码方式，提升终端下载速率，改善用户感知。

关键词：DAS 室分系统；RI 智能切换；室分通道不平衡

DOI:10.69979/3029-2727.24.03.050

1 背景

室分建设经过通信行业几十年的发展，运营商积累了庞大的存量传统 DAS 分布系统，5G 设备合路现有的 DAS，可快速补充 5G 覆盖，利用 eDAS 系统对于多通道 RRU 设备开通多通道小区，形成 1+1 或 2+2 等错层覆盖效果，极大提升了传统 DAS 网络的覆盖和系统性能。但是由于楼板等介质穿损过大、无源器件老化等问题，各通道间信号有可能出现不平衡情况，导致用户占用室分信号时信道质量差，下载速率较低，影响用户感知，导致用户投诉。为此，本文针对室分小区通道不平衡导致的用户感知差问题的解决方案展开研究。

2 具体问题分析

在日常处理移动网络投诉过程中，发现用户在某住宅小区存在下载速率低、感知差的问题。通过现场测试，在问题区域，用户终端占用某室分信号，室分为 DAS 系统，如图 1 所示[1]。覆盖电平及无线信号质量良好。但是下行 MCS(Modulationand coding Scheme，调制与编码策略)很低，下行信道编码使用低阶 QPSK（Quadrature Phase Shift Keying，正交相移键控），下载速率低。

图 1 DAS 分布式天线系统

通过进一步分析发现，用户位置处于 eDAS 系统中两通道交叠覆盖区域，如图 2 所示，该问题由于用户终端使用双通道收发，占用的双流效果，但两通道不平衡，引起 MCS 较低，导致终端对信号的调制解调方式较低，最终导致在信号覆盖良好区域确感知不佳的问题。[2]

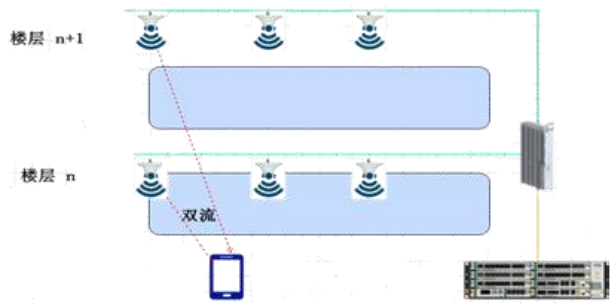


图 2 eDAS 系统错层覆盖示意图

通过现网分析排查，当前网络中存在该问题的场景主要有两种，一种是 eDAS 系统用于跨楼层-单流实现双流场景，即现有 DAS 仅部署单路。此场景可以实现在上下楼层重叠覆盖区域组成支持 2×2 MIMO（multi-input multi-output，多个发射和多个接收天线）的网络；另一种是同楼层-双流场景，即现有 DAS 部署双路天线，此场景在覆盖区域均可以实现 2×2MIMO 的网络。如图 3 所示[3]。

图 3 两通道联合接收的典型场景

跨楼层-单流实现双流组网场景，即 eDAS 系统由于楼板等介质穿损过大、源器件老化等问题，在两通道交叠区域双通道链路不平衡。同楼层-双流组网，即 DAS 系统由于无源器件存在老化、某一路天馈系统故障等问题，在覆盖区域极易引起双通道链路不平衡。此类问题不容易发现，测试时会发现覆盖电平正常，但实际使用感知较差。

解决此类问题时需要对现场进行详细的扫楼测试，通过测试发现问题区域，通常问题区域集中在该室分系统下的双路错层覆盖区域，或者连续的某一块区域，并非全部都存在该问题，测试花费时间较长。当找到问题区域后结合现场室分分布情况后需进行问题排查定位，而室分分布通常在吊顶、弱电井、走线槽内，室分系统走线较复杂，不易发现及定位问题点，室分排查困难。最后排查到室分问题后，对室分元器件更换或整改分布时费用成本也较高。

3 解决方案研究

目前 5G 室分的 eDAS 场景普遍存在通道收发不平衡问题，为了规避两通道不平衡，引起 MCS 较低，导致终端对信号的调制解调方式较低的问题，特提出 RI 智能切换解决方案，更智能快速地定位和改善问题，省时省力省成本。 RI 智能切换技术主要是根据非周期性调度结果的统计进行 RI 试探，使调度 RI 匹配较高的 MCS，进而使终端使用适合的高阶调制解调方式，提升用户速率。 RI 智能切换技术流程，如图 4 所示：

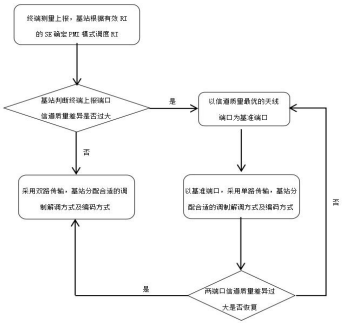


图 4 RI 智能切换流程

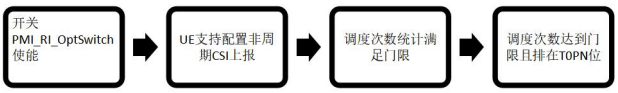
RI 智能切换功能，基站判断终端上报的两个端口信道质量是否存在不平衡，如果偏差不大，则使用两端口进行传输，基站分配合适的调制解调方式；如果两端口偏差过大，则使用单端口进行传输，以质量最优的端口作为基准，基站分配合适的调制解调方式。具体如下：

（一）、两端口信道质量偏差不大：根据有效 RI 的 SE（Spectral efficiency，频谱效率）确定 PMI（Precoding Matrix Indicator；预编码矩阵指示）模式调度 RI，即总是选择 RI 滑窗(PMI 上报 RI 的统计窗）中频谱效率最大的 RI 作为最终调度的 RI。

（二）、两端口信道质量偏差过大：统计 512 次下行调度的 RI,根据 SE 判决出试探 RI 集合，集合非空且满足试探条件，则开始离散 RI 试探。 如果进行 RI 试探，基站需要知道不同 RI 下信道测量信息，此功能依赖非周期 CSI-RS（Channel State Information Reference Signal，信道状态信息参考信号）来获取试探 RI 下的 PMI/CQI(CQI-Channel Quality Indication，信道质量指示）。

RI 试探算法主要过程包括以下几步：

1）触发非周期 CSI-RS 的用户选择，流程如下：



2）周期、非周期 CSI 上报有效 RI 滑窗，不同 RI 下 PMI 更新（不区分周期非周期，维护最新值即可）。

3）调度 RI 确定（根据周期、非周期 RI 窗确定有效 RI 的等效 SE,取最大 SE 的 RI 即为最终调度 RI）。

4）试探 RI 集合确定，需要考虑 UE 能力级，候选 RI 集合需小于等于终端最大支持的 RI;试探 RI 集合必须包含在候选 RI 集合内。

5）重配非周期 CSI 上报限制 RI 为试探 RI。

6）试探 RI 下外环更新，当收到试探 RI 的非周期 CSI 上报后，更新对应 RI 下外环（第一包非周期 CSI 上报，只更新一次），统计试探 RI 下调度次数，达到门限则比较试探 RI 与基准 RI SE，进行是否发起重配判断或者特殊流程定时器超时，退出 RI 试探流程。 应用效果验证

在投诉问题区域测试，占用室分小区进行下载测试，如图 5 所示，覆盖 SS-RSRP(Reference Signal Received Power，参考信号接收功率）：-61.69dBm， SS-SINR

（Singal to Interference Noise Ratio，信号与干扰加噪声比）：30dB，无线环境良好。但是下行 MCS 很低为 4，下行编码使用 QPSK 低阶调制，下载速率 24M，下载速率较低，感知较差。用户位于 eDAS 系统中两通道交叠覆盖区域，占用双流，双通道不平衡引起。通过修改 RI 智能切换，基站以信号强度最高的天线端口为基准端口，识别信号强度较低的无效天线端口，不使用无效天线端口来进行下行传输。功能部署后，现场测试如图 6 所示，终端 RI 为 1，解调信道质量较好，MSC 为 26，调制解调方式为 256QAM（Quadrature Amplitude Modulation，正交振幅调制）高阶调制，下行速率 86Mbps，用户感知较好。

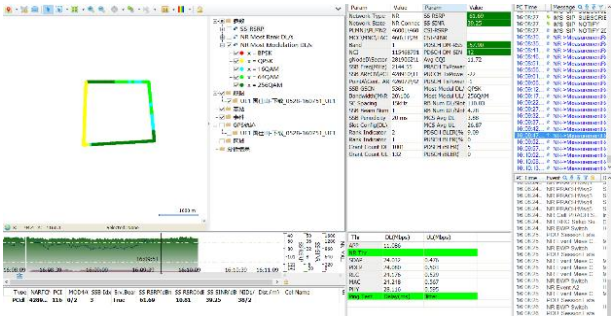


图 5 修改前测试图

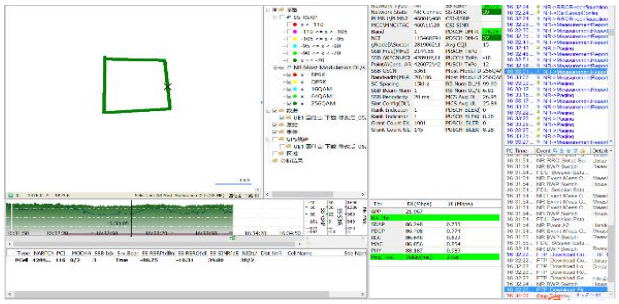


图 6 修改后测试图

通过以上单点验证可知，RI 智能切换能有效规避 eDAS 室分两通道链路不平衡，导致用户占用室分信号时终端对信号的调制解调方式较低，在信号覆盖良好区域却感知不佳的问题。

为了进一步验证 RI 智能切换的网络提质效果，在某市开发区区域内共计 505 个存在 eDAS 室分覆盖场景的小区进行 RI 智能切换功能批量部署，对筛查出有问题的 37 个小区通过后台指标观察，功能部署后的小区信道调制有明显改善，下行感知速率有明显提升。

功能部署前后下行 QPSK 编码比例明显降低，由原来的 80%占比降到 40%左右，降幅 40%，16QAM、64QAM、256QAM 的编码方式明显增加，64QAM、256QAM 编码方式增加到 20%以上，16QAM 增加到 10%以上，如图 7 所示。

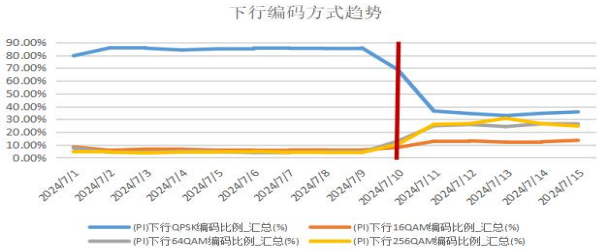


图 7 下行编码方式趋势图

功能部署前后下行双流占比比例明显降低，由 90%降到 10%，降幅 80%，下行单流占比比例明显增加，由 15%增加到 90%，增幅 75%。同时下行平均 MCS 明显增加，由功能部署前的 4 增加到 12 左右，增长 3 倍，如图 8 所示。

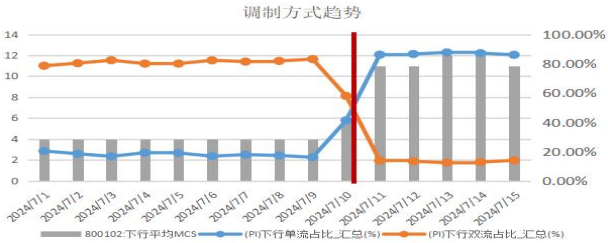


图 8 调制方式趋势

功能部署后下行频谱效率及下行平均感知速率有明显的提升，下行平均感知速率由功能部署前的 20Mbps 提升到功能部署后的 50Mbps，提升一倍以上，如图 9 所示。

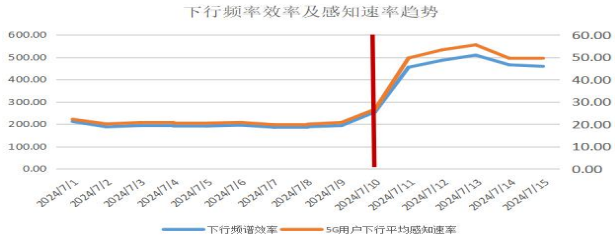


图 9 下行频谱效率及感知速率趋势

功能部署后无线接通率、CQI 优良比、上下文异常掉线率等 KPI 无明显波动，如图 10 所示。

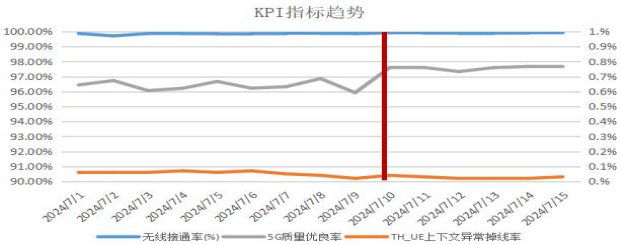


图 10KPI 指标趋势

4 应用前景展望

对于室分通道不平衡问题，传统解决方法需要测试确定问题，然后进行室分排查定位问题根因，最后通过整改分布系统或者更换设备硬件解决，不仅耗时耗力处理周期长，而且成本较高，无法批量全网处理。

通过研究，本文提出的 RI 智能切换技术，通过后台指标能及时发现疑似室分通道不平衡问题小区，并且通过部署该功能，能有效解决室分通道不平衡问题导致的用户感知差问题。完美避免了传统处理方法成本高、处理周期长的弊端。而且该功能部署省时省力，节约成本的同时降低用户投诉风险，具备极高的推广价值。

参考文献

[1]徐法禄.5G 室内分布：数字化转型之道[J].中兴通讯技术,2020.

[2]滕建军.5G eDAS 室内分布低成本建设方式[J].通信电源技术,2022,39(21):145-147.

[3]张维,于吉涛,刘重军.跨层 5G 多通道联合收发技术算法研究[J].长江信息通信,2022(008):035.