

T/CAICI

中国通信企业协会团体标准

T/CAICI XXXX—2024

5G 网络质量测试及分析方法

5G network quality test and analysis methods

（送审稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2024 – XX – XX 发布

2024 – XX – XX 实施

中国通信企业协会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4、 5G 网络质量测试业务类型..... 2

 4.1 语音类业务..... 2

 4.2 数据类业务..... 2

 4.3 感知类业务..... 2

 4.4 新型业务..... 3

5、 5G 网络质量测试方法..... 3

 5.1 概述..... 3

 5.1.1 测试方式..... 3

 5.1.2 测试准备..... 3

 5.1.3 DT 测试路线规划和 CQT 测试地点选择..... 4

 5.2 语音类业务..... 4

 5.2.1 VoNR 主被叫互拨测试..... 4

 5.2.2 EPSFB 主被叫互拨测试..... 5

 5.2.3 VoNR 与 EPSFB 主被叫互拨测试..... 6

 5.3 数据类业务..... 7

 5.3.1 Ping 测试..... 7

 5.3.2 FTP 下载测试..... 7

 5.3.3 FTP 上传测试..... 8

 5.4 感知类业务 9

 5.4.1 互联网浏览测试..... 9

 5.4.2 流媒体测试..... 9

 5.4.3 视频通话测试..... 10

 5.4.4 APP 感知测试..... 11

6、 5G 网络测试质量分析方法..... 12

 6.1 概述..... 12

 6.1.1 分析流程..... 12

 6.1.2 问题发现..... 13

 6.1.3 分析定界..... 15

 6.1.4 解决评估..... 16

 6.2 语音类业务分析方法..... 16

 6.2.1 多维聚类分析方法..... 16

 6.2.2 问题定界分析方法..... 16

 6.3 数据类业务分析方法..... 18

6.3.1 下行速率优化..... 18

6.3.2 上行速率优化..... 23

6.4 感知类业务分析方法..... 23

6.4.1 指标关联分析..... 24

6.4.2 失败码定界法..... 25

参考文献 26

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国通信企业协会团体标准管理委员会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

5G 网络质量测试及分析方法

1 范围

本文件规范了5G网络质量测试方法用于指导5G网络日常优化中基于测试分析IT工具进行网络质量测试和分析工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

3GPP TS 38.508-1	5GS; User Equipment (UE) conformance specification
GB/T 13622-2012	无线电管理术语
YD/T 4608.1-2023	5G网络测试数据采集统一文件接口技术要求
YD/T 4552.1-2023	5G终端基于NR的语音解决方案（VoNR）测试方法
T/ZGTXXH 014-2022	5G网络干扰分类与测量方法
T/CAICI 76-2023	5G无线网络集中优化方法
T/CCSA 398-2022	基于用户体验的移动网络质量评估指标及测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

5G	第5代移动通信技术	The fifth Generation Telecommunication Technology
eMBB	增强移动宽带	Enhanced Mobile Broadband
NR	新空口	New RAT
RSRP	参考信号接收功率	Reference Signal Received Power
RRC	无线资源控制	Radio resource control
SINR	信噪比	Signal to Noise Ratio
SA	独立组网	Stand Alone
RAN	无线接入网络	Radio Access Network
NSA	非独立组网	Non Stand Alone

FTP	文件传输协议	File Transfer Protocol
CQI	信道质量指示	Channel Quality Indicator
PMI	预编码矩阵指示	Precoding Matrix Indicator
RI	秩指示	Rank Indicator
MCS	调制编码等级	Modulation and Coding Scheme
PRB	物理资源块	Physical Resource Block
PRACH	物理随机接入信道	Physical Random Access Channel
QAM	正交振幅调制	Quadrature Amplitude Modulation
5GC	5G核心网	5G Core Network

4、5G 网络质量测试业务类型

4.1 语音类业务

5G网络语音类业务包括VoNR、EPSFB两种业务类型，VoNR语音是NR部署下的语音目标方案，EPS fallback是指回落到4G通过VoLTE的方式实现语音业务。

VoNR和4G VoLTE的信令流程类似，同样依赖于IMS，不同的是语音VoNR承载在NR上，需要与5GC进行交互。EPS fallback则是在发起语音业务需求时，通过切换或者重定向的方式回落至LTE网络后进行VoLTE语音业务。

4.2 数据类业务

5G网络数据类业务主要是上传、下载两种业务类型，一般使用公网FTP服务器或自建FTP服务器，通过上传或下载指定大小的文件来测试5G端到端的数据业务性能。

此外，数据类业务还包括Ping测试，用于对指定网络服务的网络连通性、稳定性和服务能力进行测试评估。

4.3 感知类业务

5G网络感知类业务主要是指用户实际应用感知模拟测试，典型业务包括网页浏览，流媒体、视频通话、游戏等。

感知类业务涉及全流程端到端各环节。其评估的不仅是网络性能，内容源、终端也会对感知质量产生直接影响。

4.4 新型业务

除以上主要的语音类、数据类、感知类测试内容以外，随着网络应用的快速发展，也出现了更多新的测试内容，例如物联网测试、车联网V2X测试、AR/VR感知测试等，需要相应的测试软硬件升级支持，测试和分析方法也与常规测试有所不同，需后续进一步更新完善。

5、5G 网络质量测试方法

5.1 概述

目前的网络质量测试方法已逐步由电脑+手机的方式转变为一体化、自动化测试的方式。通过相应的管理平台对测试设备进行测试计划配置，远程控制测试过程，并能实现测试数据的自动回传。

5.1.1 测试方式

网络质量测试分为DT和CQT两大类场景：

- (1) DT场景是指城区道路网格、高铁、高速、高架、地铁等线状覆盖场景；DT场景测试一般乘坐交通工具进行。
- (2) CQT场景是指一定区域内的室内外，例如交通枢纽、高校、场馆、商场、景区、医院等热点场景。
- (3) 空域场景：此外随着低空经济等新质生产力的发展，目前也已经有低空无人机飞测系统等测试方案。例如针对低空航线的DT飞测，以及针对高层楼宇外部不同高度的CQT飞测。

5.1.2 测试准备

表 1 测试工具表

序号	工具	备注
1	测试仪表	建议使用 ATU 等一体化自动路测设备
2	FTP 服务器	参考配置，内存：48G，网卡：10G 网卡*2（备份一个），存储：2T（固态硬盘），CPU：多核 CPU（8 核以上）
3	后备电池 UPS	保证 UPS 功率满足测试要求，一般是支撑 8 小时测试。 计算方式：电池功率/（便携功率*2+CPE120W）>8。便

		携参考功率 70W。
4	测试车辆	路测车辆（根据测试场景）
5	SIM 卡	开户速率要求大于 1Gbps

5.1.3 DT 测试路线规划和 CQT 测试地点选择

对于DT测试来说，路测路线决定测试是否全面能够反映网络实际情况，后期的优化会围绕此路线进行。在路线规划中，应考虑以下因素：

- (1) 测试路线必须涵盖主要街道、高架道路和重点场景区域。
- (2) 为了保证优化效果，测试路线应尽量涵盖所有小区。
- (3) 考虑到后续整网优化，测试路线应包括网络区域边界部分。
- (4) 往返双向测试有利于问题的暴露。基于风险及工作量考虑，一般路段可以采用单向测试，VIP路段建议采用双向测试。
- (5) 车速要求，一般DT测试建议车速平均车速在20公里/小时以上，高速测试在保证安全的前提下尽量模拟实际用户车速。
- (6) 在规划线路中会不可避免的出现重复情况，重复线路占比应控制在10%以内。

对于CQT测试来说，网络测试位置应合理分布，选取人流量大的地点。对于特定时段用户高聚集的场所，建议分别选取忙时/闲时进行测试。重点测试的区域场所包括：

- (1) 行政中心、商圈建筑物内的顶楼、楼中部位、底层。例如大楼出入口、电梯口、楼梯口、地下停车场和建筑物内中心位置等；
- (2) 景点公园选取停车场、购票处、典型景点等；
- (3) 高校重点选取宿舍区、会场、食堂、行政楼等人群聚集活动场所等；
- (4) 地铁测试包含地铁线路与地铁站两部分，包括全程往返和首尾两个站点候车站台；

5.2 语音类业务

5.2.1 VoNR 主被叫互拨测试

表 2 VoNR 主被叫互拨测试

测试项目：语音类业务
测试内容：VoNR主被叫互拨测试

测试目的：验证 VoNR 终端在5G网络下的语音业务能力
测试条件： 1) 5G网络支持 VoNR 功能 2) 主被叫终端均支持VoNR功能 3) 主被叫终端插入已开通VoNR高清通话功能的USIM卡
测试步骤： 步骤1：配置测试计划，设定主叫终端端口，添加被叫终端号码，配置呼叫时长、间隔时长、等待时长、呼叫次数等 步骤2：终端A和终端 B在 5G覆盖区开机，分别注册成功，进入空闲态 步骤3:开始测试； 步骤4:观察测试结果；
预期结果： 1) 测试计划执行成功； 2) 被叫终端接到主叫终端的呼叫并正常接通，保持期间通话质量清晰，通话正常释放； 3) 相关指标统计正确，如 接通时延、接通率、掉话率、MOS等
可选：如配置MOS盒，可配置增加MOS测试

5.2.2 EPSFB 主被叫互拨测试

表 3 EPSFB 主被叫互拨测试

测试项目：语音类业务
测试内容：EPSFB主被叫互拨测试
测试目的：验证 EPSFB 终端在5G网络下的语音业务能力
测试条件： 1) 5G网络不支持VoNR功能 2) 主被叫终端均支持5G 3) 主被叫终端插入支持VoLTE通话功能的USIM卡
测试步骤： 步骤1：配置测试计划，设定主叫终端端口，添加被叫终端号码，配置呼叫时长、间隔时长、等待时长、呼叫次数等 步骤2：终端A和终端 B在 5G覆盖区开机，分别注册成功，进入空闲态 步骤3:开始测试；

步骤4:观察测试结果;
预期结果: 1) 测试计划执行成功; 2) 主叫终端起呼后回落4G, 被叫终端接到主叫终端的呼叫后回落4G, 并正常接通, 保持期间通话质量清晰, 通话正常释放, 终端挂机后自动返回5G网络; 3) 相关指标统计正确, 如 接通时延、接通率、掉话率、MOS等
可选: 如配置MOS盒, 可配置增加MOS测试 备注: EPSFB回落方式可能是基于切换、基于测量的重定向、盲重定向, 测试时不区分

5.2.3 VoNR 与 EPSFB 主被叫互拨测试

表 4 VoNR 与 EPSFB 主被叫互拨测试

测试项目: 语音类业务
测试内容: VoNR与EPSFB主被叫互拨测试
测试目的: 验证 VoNR终端与EPSFB 终端在5G网络下的语音业务互通能力
测试条件: 1) 5G网络VoNR功能 2) 主被叫终端均支持5G, 主叫终端开启VoNR功能, 被叫终端关闭VoNR功能 3) 主被叫终端插入支持VoNR通话功能的USIM卡
测试步骤: 步骤1: 配置测试计划, 设定主叫终端端口, 添加被叫终端号码, 配置呼叫时长、间隔时长、等待时长、呼叫次数等 步骤2: 终端A和终端 B在 5G覆盖区开机, 分别注册成功, 进入空闲态 步骤3:开始测试; 步骤4:观察测试结果;
预期结果: 1) 测试计划执行成功; 2) 主叫终端在5G发起呼叫并保持驻留在5G网络, 被叫终端接到主叫终端的呼叫后回落4G, 并正常接通, 保持期间通话质量清晰, 通话正常释放, 被叫终端挂机后自动返回5G网络; 3) 相关指标统计正确, 如 接通时延、接通率、掉话率、MOS等
可选: 如配置MOS盒, 可配置增加MOS测试 备注: 被叫EPSFB回落方式可能是基于切换、基于测量的重定向、盲重定向, 测试时不区分

5.3 数据类业务

5.3.1 Ping 测试

表 5 Ping 测试

测试项目：数据类业务
测试内容：Ping测试
测试目的：Ping指定IP地址一定数量的固定大小数据包，能得到响应并能统计相关指标
测试条件： 1）测试软硬件运行正常 2）测试终端正常驻留5G网络 3）Ping目的地址正常可访问
测试步骤： 步骤1:设置测试计划：Ping的次数为n次，超时时间1s; 步骤2:发送包大小支持手动设置，且支持默认包选择，如32bytes，1500bytes等，进行m轮测试： 步骤3:开始测试； 步骤4:观察测试结果；
预期结果： 1) 测试计划执行成功； 2) Ping目的地址成功； 3) 相关指标统计正确，如 Ping 平均时延、最大时延、最小时延、ping业务执行次数以及 Ping成功率、用户面时延统计正确等

5.3.2 FTP 下载测试

表 6 FFTP 下载测试

测试项目：数据类业务
测试内容：FTP下载测试
测试目的：FTP下载业务成功，相关指标统计正确
测试条件： 1）测试软硬件运行正常

2) 测试终端正常驻留5G网络
3) FTP 服务器可正常访问，能够支持文件的上传与下载操作
4) 测试SIM卡状态正常，签约速率大于1Gbps
测试步骤： 步骤1:配置FTP下载测试计划，包括FTP地址、端口、用户名、密码、下载文件路径、文件名，设置业务测试次数、间隔时间设置为15s、超时时间设置为 30s、下载线程数设置为10、下载文件大小至少5GB； 步骤3: 执行测试计划并记录日志： 步骤3:开始测试； 步骤4:观察测试结果；
预期结果： 1) 测试计划正确执行， 2) 按计划完成文件下载若干次 3) 相关事件解析正确； 4) 能正常统计到如下载尝试次数、成功次数、应用层下载数据量、下载时长、掉线率等

5.3.3 FTP 上传测试

表 7 FTP 上传测试

测试项目：数据类业务
测试内容：FTP上传测试
测试目的：FTP上传业务成功，相关指标统计正确
测试条件： 1) 测试软硬件运行正常 2) 测试终端正常驻留5G网络 3) FTP 服务器可正常访问，能够支持文件的上传与上传操作 4) 测试SIM卡状态正常，签约速率大于1Gbps
测试步骤： 步骤1:配置FTP上传测试计划，包括FTP地址、端口、用户名、密码、上传文件路径、文件名，设置业务测试次数、间隔时间设置为15s、超时时间设置为 30s、上传线程数设置为5、上传文件大小至少500MB； 步骤3: 执行测试计划并记录日志： 步骤3:开始测试； 步骤4:观察测试结果；

预期结果： 1) 测试计划正确执行， 2) 按计划完成文件上传若干次 3) 相关事件解析正确； 4) 能正常统计到如上传尝试次数、成功次数、应用层上传数据量、上传时长、掉线率等
--

5.4 感知类业务

5.4.1 互联网浏览测试

表 8 互联网浏览测试

测试项目：感知类业务
测试内容：互联网浏览测试
测试目的：HTTP业务成功，相关指标统计正确
测试条件： 1) 测试软硬件运行正常 2) 测试终端正常驻留5G网络 3) 存在可用的 HTTP 地址，能够正常访问
测试步骤： 步骤1:配置测试计划，设置HTTP网址（如www.sina.com.cn），测试n次； 步骤2:执行测试计划并记录日志： 步骤3:开始测试； 步骤4:观察测试结果；
预期结果： 1) 终端能进行 Http 页面访问， 完整显示测试接收的页面 2) 相关事件解析正确 3) 相关指标统计正确

5.4.2 流媒体测试

表 9 流媒体测试

测试项目：感知类业务
测试内容：流媒体测试
测试目的：流媒体正常访问播放，相关指标统计正确
测试条件： 1) 测试软硬件运行正常 2) 测试终端正常驻留5G网络 3) 存在可用的 流媒体服务器，流媒体内容能正常访问
测试步骤： 步骤1:配置测试计划，设置流媒体URL，测试n次； 步骤2:执行测试计划并记录日志： 步骤3:开始测试； 步骤4:观察测试结果；
预期结果： 4) 终端能正常访问流媒体URL并流畅播放流媒体文件 5) 相关事件解析正确 6) 相关指标统计正确

5.4.3 视频通话测试

表 10 视频通话测试

测试项目：感知类业务
测试内容：视频通话主被叫互拨测试
测试目的：验证 VoNR 终端在5G网络下的视频通话业务能力
测试条件： 1) 5G网络支持 VoNR 功能 2) 主被叫终端均支持VoNR功能 3) 主被叫终端插入已开通VoNR高清视频通话功能的USIM卡
测试步骤： 步骤1：配置测试计划，设定主叫终端端口，添加被叫终端号码，配置呼叫时长、间隔时长、等待时长、呼叫次数等 步骤2：终端A和终端 B在 5G覆盖区开机，分别注册成功，进入空闲态

步骤3:开始测试;
步骤4:观察测试结果;
预期结果: 1) 测试计划执行成功; 2) 被叫终端接到主叫终端的呼叫并正常接通, 保持期间语音质量清晰, 视频流畅无卡顿, 通话正常释放; 3) 相关指标统计正确, 如 接通时延、接通率、掉话率、vMOS等
可选: 如配置vMOS盒支持VMOS评估, 可配置增加VMOS打分

5.4.4 APP 感知测试

表 11 APP 感知测试

测试项目: 感知类业务
测试内容: 主流APP（直播、游戏等）使用感知测试
测试目的: 验证主流APP在5G网络下的业务感知
测试条件: 1) 5G网络覆盖区域 2) 测试终端需要支持软件调用相应APP的功能 3) 测试终端USIM卡签约上传速率大于100Mbps
测试步骤: 步骤1: 配置测试计划, 设定测试目标APP, 配置测试时长、间隔时长、等待时长、测试次数等 步骤2: 终端A在 5G覆盖区开机, 注册成功, 进入空闲态 步骤3:开始测试; 步骤4:观察测试结果;
预期结果: 1) 测试计划执行成功; 2) 测试终端正常调用APP, 并能正常完成相应业务过程, 测试正常结束; 3) 相关指标统计正确, 如 时延、卡顿等
注意: 直播测试在测试期间应保证测试终端只有一个应用线程运行

6、5G 网络测试质量分析方法

6.1 概述

5G网络质量测试可以认为是对用户真实感知的一种抽样检测。通过5G网络质量测试，可以发现影响用户使用感知的网络问题。同时测试数据记录了大量相关信息和数据，对网络优化也有不可忽视的价值。

5G网络质量测试优化也逐步由人工专家经验向智能化自动分析系统演进，并逐步与大数据、AI等新技术结合，实现分析效率和精确性的全面提升。

6.1.1 分析流程

5G网络质量测试分析是个全流程的闭环质量管理过程，涉及到省市两级管理、生产部门。传统的管理方式和手段已不能适应和满足目前的测试分析管理需求，需在明确流程各环节的责任部门基础上，依托IT和大数据等技术手段，建立测试质量管理生产管理体系平台，实现常态化的问题发现、定位分析及处理验证的闭环流程。基于平台的测试质量分析流程可参照下图：

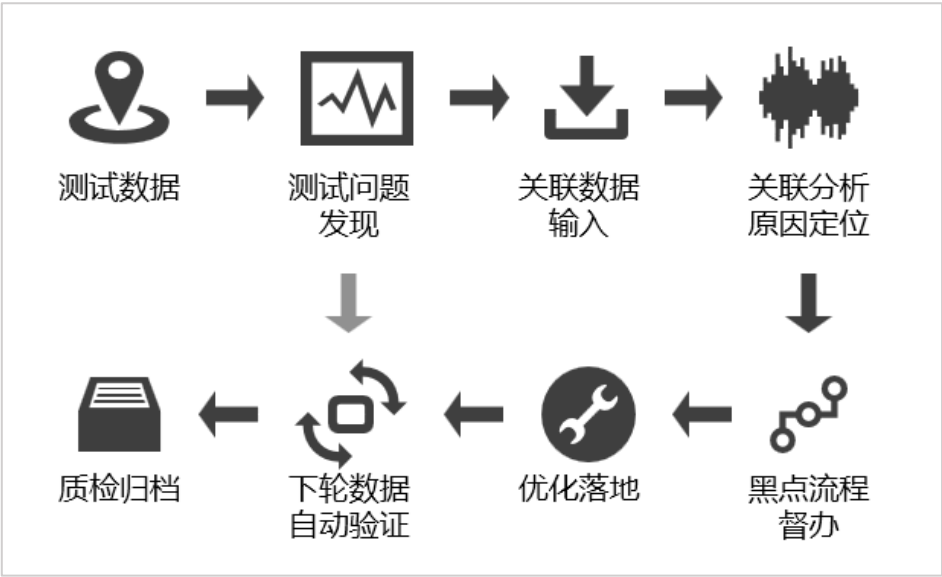


图1 基于平台的测试质量分析流程图

流程中的各过程如下：

- (1) 测试数据获取：使用测试设备（仪表/商用终端等）进行城区道路、交通干线、重要场景地点等网络质量和感知测试，平台通过人工上传或自动拉取方式获取测试log数据；
- (2) 测试问题发现：基于一系列问题点提取算法和规则，使用平台进行测试log的解码、问题点提取；
- (3) 关联数据输入：除了测试log数据外，还可以获取无线网络小区工参、性能、告警、网络参数等其他数据，以便进行关联分析定位原因；

- (4) 关联分析定位原因：基于网络协议规范、业务逻辑、专家经验，结合AI模型，设计不同类型问题点分析流程算法，并合理配置各类算法参数；结合测试log数据和关联数据，进行问题点原因定位分析，定位问题根因和优化建议；
- (5) 黑点流程督办：将提取的问题点按照一定规则汇聚生成测试问题工单，纳入日常生产流程，进行测试问题工单派发处理；
- (6) 优化落地：测试分析平台可以对接生产管理平台派单，优化责任人接单并进行优化处理，问题解决后提交发起质检；
- (7) 下轮数据自动验证：通过复测或使用MR/MDT等手段，获取质检数据后，按照一定的质检规则，对提交质检的测试问题工单进行质检，并反馈质检结果；
- (8) 质检归档：当测试问题工单质检合格后，工单全生命周期流程结束，整个测试问题处理流程闭环。

6.1.2 问题发现

问题发现环节是测试质量分析的首要环节，应能从业务、区域、网元等多种维度统计并发现性能问题。对于用户而言，其直接关注的是具体业务的使用感知，因此，分析的重点应是基于业务维度的KQI指标。

通用问题点规则可参照以下规则表定义：

表12 通用问题点规则表

网络制式	场景	规则名称	问题采样点规则	持续性规则
5G	道路 DT/干线 DT/场景 CQT	无覆盖路段	服务小区 SS RSRP≤-128dBm 或脱网	相邻采样点距离≤50 米，100 米≤累计距离≤1000 米，持续时间≥5 秒，问题采样点数量≥25 个，问题采样点占比≥50%
5G	道路 DT/干线 DT/场景 CQT	弱覆盖路段	-128dBm<服务小区 SS RSRP≤-95dBm	相邻采样点距离≤50 米，100 米≤累计距离≤1000 米，持续时间≥5 秒，问题采样点数量≥25 个，问题采样点占比≥50%
5G	道路 DT/干线 DT/场景 CQT	低 SINR 路段	SS SINR≤-3	相邻采样点距离≤50 米，100 米≤累计距离≤1000 米，持续时间≥5 秒，问题采样点数量≥25 个，问题采样点占比≥50%
5G	道路 DT/干线 DT/场景 CQT	重叠覆盖路段	满足“邻区 SS RSRP-服务小区 SS RSRP≥-6dB”的同频邻区数量≥3	相邻采样点距离≤50 米，100 米≤累计距离≤1000 米，持续时间≥5 秒，问题采样

	场景 CQT		个	点数量≥25 个，问题采样点占比≥50%
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	下载低 速率路 段	FTP MAC 层下载速率≤500Mbps	相邻采样点距离≤50 米，100 米≤累计距 离≤1000 米，持续时间≥10 秒，问题采 样点数量≥5 个，问题采样点占比≥50%
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	上传低 速率路 段	FTP MAC 层上传速率≤50Mbps	相邻采样点距离≤50 米，100 米≤累计距 离≤1000 米，持续时间≥10 秒，问题采 样点数量≥5 个，问题采样点占比≥50%
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	MOS 质 差路段	MOS 值≤3	相邻采样点距离≤50 米，100 米≤累计距 离≤1000 米，持续时间≥10 秒，问题采 样点数量≥2 个，问题采样点占比≥50%
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	疑似同 频邻区 漏配	同一目标小区的 A3 事件上报≥3 次，未发生向目标小区的切换	
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	切换不 及时	A3 事件上报到切换的时延≥ 1000ms	
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	乒乓切 换	连续两次系统内切换的源小区和 目标小区对换（A→B→A）	时间窗口≤10 秒
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	频繁切 换	连续切换次数≥3 次	时间窗口≤10 秒，累计距离≤100 米
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	EPSFB 接通时 延大	主叫 SIP invite Request 信令到 SIP invite Ringing 180 信令之 间的时延>4.0 秒（被叫为 VOLTE）；主叫 SIP invite Request 信令到 SIP invite Ringing 180 信令之间的时延>5.0 秒（被叫为 EPSFB）	
5G	道路 DT/ 干线 DT/	EPSFB 未接通	主叫 Outgoing Blocked Call 事件	

	场景 CQT			
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	EPSFB 掉话	主叫 Outgoing Dropped Call 事件 或被叫 Incoming Dropped Call 事件	
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	FTP 掉 线	FTP Download Drop 事件或 FTP Upload Drop 事件	
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	SA 接 入失败	NR RRC Setup Failure 或 NR Service Failure 或 PDU Session Establishment Reject	
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	SA 切 换失败	NR handover Failue	
5G	道路 DT/ 干线 DT/ 场景 CQT	SA 无 线链路 失败	NR Radio Link Failure	

问题规则中的各类参数支持分场景个性化自主配置。

在通用规则以外，应支持用户新增自定义规则。

6.1.3 分析定界

针对各类测试问题，一般应对覆盖、质量等共性基础数据进行分析，平台应内置相应的分析算法和流程引擎，基于可供使用的各类数据，并按需使用AI等技术手段，对影响基础覆盖质量的规划问题、切换问题、参数问题、干扰问题、故障问题、无线环境等进行自动化和智能化分析。其中的关键分析参数、门限等应支持用户按需设置。

在基础分析流程基础上，对各种业务类问题点，平台应具备相应的信令分析、测量分析、多维数据分析等综合分析能力。

通过问题分析定界环节，最终应能准确的定位问题产生的原因，并给出相应的优化建议，以辅助优化人员快速定位原因，解决问题。

6.1.4 解决评估

测试问题的解决效果评估，一般应以月粒度进行测试问题的常态化派单，并对已派单问题的解决情况进行质检评估，统计分析包括问题解决率、问题重复发生比例、平均解决时长等指标，实现测试问题的有效解决闭环。

6.2 语音类业务分析方法

6.2.1 多维聚类分析方法

- (1) 小区维度汇聚分析过程：VoNR选取VoNR网络接通率、VoNR建立平均时延、VoNR掉话率、VoNR系统内切换成功率、VoNR系统内切换平均时延、RTP上行丢包率等，EPS Fallback选取回落成功率、回落时延、接通率、接续时延、掉话率等进行小区级指标汇聚呈现，实现质差小区的捕捉。
- (2) 分段时延分析过程：针对VoNR/EPS FB语音的重要过程，结合信令进行分段分析。VoNR可按照承载、注册、接续、保持和语音通话（质量）5个分段进行分段，可评估在各个阶段的时延情况，进行快速的定界和优化。EPS FB可按照承载、注册、回落、接续、保持和语音通话（质量）6个分段进行分析，实现分段定界的功能，确定不同阶段时延的短板问题并进行优化。

6.2.2 问题定界分析方法

语音质量指标引入编解码类型、编解码速率、抖动、丢包、时延5个关键因素进行评估，再通过关联分析、聚类分析、根因分析，定界到各维度。

1) 异常事件问题定界方法

失败码分析适用于信令面类成功率类指标，如果是SIP失败码，可进一步钻取分析warning_text（可选）或Reason_text（可选），结合失败字典定界。

根据问题的现象结合对失败场景的理解给出失败场景的分析结论，将问题逐步聚类分析归属到失败域和域内的具体节点。

失败码分析示例：

表13 失败码表

失败码（SEQ）	现象	原因	定界
580	终端返回 580 资源预留失败	基站未发起切换或重定向流程	无线侧
580	终端返回 580 资源预留失败	用户未完成 5 到 4 切换，未收到	无线侧

		HANDOVER NOTIFY 消息	
580	终端返回 580 资源预留失败	基站在回落时，先进行切换，切换失败后 2 秒进行重定向流程（带 41 原因码），该消息和 SMF 的重传几乎同时达到 AMF, AMF 认为流程冲突	无线侧
503	主叫 PSBC 发 503（RAR 等待超时）	回落完成后，SMF/PGW-C 未发起专载建立流程	核心网
127 Interworking Unspecified	关口局返回 500 错误	对端号码基本为外运营商号码，与 5G 无关	核心网
Create Bearer 超时	建立专载时，MME 找 AMF 下更新用户数据时，AMF 返回用户鉴权失败	需要 PS 组定位	核心网
BEARER_RELEASED	建专载时，MME 返回 Context Not Found (64)	需要 PS 组定位	核心网
94 Request rejected (reason not specified)	建专载时，MME 返回 Request rejected (reason not specified)	需要 PS 组定位	核心网

由于在5G语音业务分析非常复杂，涉及跨域无线/核心网，同一失败码一般对应多类失败场景，仅仅给出失败码给出粗定界往往不足以帮助业务分析人员给出准确的分析结论。可将专家经验固化到平台上，系统应内置解耦可在线更新迭代的典型失败经验专家分析库，收集典型失败场景特征描述和处理建议，帮助运维人员可以准确快速定位问题。

2) VoNR时延分析方法

5G语音分段时延分析将时延一级分段选择靠近主叫UE的Gm和Mw口的四个关键消息SBC收Invite、P-CSCF发Invite、P-CSCF收183、P-CSCF发PRACK、SBC发180作为分割点，把主叫UE从发起呼叫请求到振铃的全过程分成4个阶段，具体如下，针对性进行分段时延优化。

表14 VoNR端到端时延分段表

分段	分段含义	分段打点位置
T1	主叫 SBC/P-CSCF 转发 INVITE	主叫 Gm 口 SBC 收 INVITE 到主叫 Mw 口 P-CSCF 发 INVITE
T2	INVITE 到 183	主叫 Mw 口 P-CSCF 发 INVITE 到主叫 Mw 口 P-CSCF 收 183
T3	183 到 PRACK	主叫 Mw 口 P-CSCF 发 183 到主叫 Mw 口 P-CSCF 收 PRACK
T4	PRACK 到 180	主叫 Mw 口 P-CSCF 收 PRACK 到主叫 Gm 口 SBC 发 180

另外，可关联N1/N2、N26接口等多接口，实现VoNR全流程时延端到端分析能力。

3) EPS Fallback时延分析方法

用户对EPS Fallback语音的接续时延感知具有一定的敏感性，时延分区间从一定程度上体现了接续的情况，可统计接续时延在不同区间内的分布情况。

可结合N1/N2、N26接口、S1MME关于PDU修改，承载释放回落，专载建立等阶段实现时延分段的分域定界分析能力。

针对接续时延在不同区间内的接续时延，制定相应的劣化门限，并统计劣化占比，识别时延的短板，通过区间归属的网元或小区，对存在时延异常的问题进行定界。

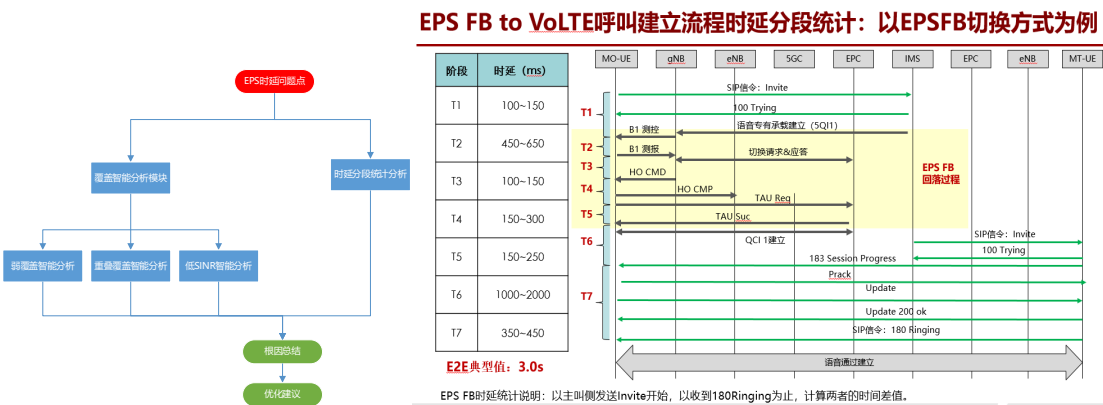


图2 EPSFB时延分析流程图

6.3 数据类业务分析方法

6.3.1 下行速率优化

上传/下载速率是数据业务优化中的主要指标，本节以下行速率为例介绍问题定界定位的流程和基本排查方法。

1) 下行速率问题定界定位流程

日常优化中通常以FTP下载/TCP下行灌包等方法测试网络管道能力，下行速率是否达标通常会受到终端、空口、GNodeB、传输、核心网和服务器等节点的影响，所以要完全解决速率问题，需要进行端到端定界和各节点的优化。由于抓包定界操作耗时长，考虑到数据获取的便利性和交付效率，出现下行速率问题时，通常先做无线侧分析排查，然后再对无法定位到无线原因的问题点/小区进行定界。下行速率分析优化基于该分析思路的流程如下：

- (1) 速率评估：根据路测log对速率进行评估，可以统计下行速率均值，低速率占比等指标；

- (2) 测试规范核查：可在测试前进行。对测试终端、服务器、开户速率、测试软件等与速率相关的测试检查项进行核查；
- (3) 异常事件分析：根据路测log进行异常事件的分析，包括掉话、变更失败、锚点和NR频繁切换等；
- (4) 基础核查：包括根据参数基线进行参数核查、PCI混淆/冲突核查、邻区/X2漏配核查等；
- (5) 覆盖分析：分析空口存在的覆盖问题，包括邻区漏配、弱覆盖、无主服、变更不及时等；
- (6) 干扰分析：分析空口存在的干扰问题，包括越区、重叠覆盖等；
- (7) 高误码分析：对问题路段的ibler高问题进行分析；
- (8) 调制和Rank分析：分析MCS低和Rank低问题；
- (9) 调度与RB分配不足无线侧排查：分析是否是gNodeB配置和无线空口问题导致的调度和RB分配不足问题；
- (10) 抓包定界：利用抓包数据进行定界，确定问题所在的域。
- (11) 传输/核心网优化：如果定界结果显示上游存在问题，则需要核心网和传输团队进行具体问题定位并执行优化建议；

2) 覆盖分析

该阶段的弱覆盖分析主要针对低速率问题路段的覆盖分析和优化。目前路测打点有两种覆盖指标：

- (1) SSB RSRP：即PBCH的DM-RS RSRP，接收到的广播消息，空闲态可测量；
- (2) CSI RSRP：确定CSI-RS序列下的RSRP，连接态可测量；

在覆盖问题定位中需要注意：目前业务覆盖使用CSI RSRP衡量，广播覆盖使用SSB RSRP衡量，CSI RSRP直接影响下行速率。因CSI 无邻区电平测量结果，所以在速率问题分析中以主服CSI RSRP来判断弱覆盖，但弱覆盖的具体原因则需要利用SSB测量结果进行分析。低速率的判断阈值不同，对应的弱覆盖判断门限也不同。在室外FTP拉网路测场景，以100M的边缘速率要求下，通常要求CSI RSRP要大于-90dB（经验值）以上。覆盖问题的具体原因及处理建议如下：

表15 覆盖问题原因分析

覆盖问题	定义	处理建议
无主服	存在CSI弱覆盖，且邻区的SSB电平与主服电平差异在3dB以内。说明存在覆盖强度相近的邻区，且主服/邻区电平都较弱	根据问题路段和各小区的位置关系，确定要作为主服的小区，加强拟作为主服小区的覆盖强度。 主服小区的选择可从如下方面考虑： 1、小区与问题路段之间的距离相对其他小区较近且电平相对高； 2、问题路段与小区间没有明显的遮挡； 3、该小区还有最大发射功率/机械方位角/机械下倾角的调整空间；

		增强覆盖的可选手段如下： 1、增加小区最大发射功率（MaxTransmitPower） 2、调整机械方位角让AAU主瓣覆盖问题路段（要注意避免在其他位置造成弱覆盖）； 3、减小机械下倾角；
普通弱覆盖	存在CSI弱覆盖，且测量不到邻区或邻区电平低于主服电平3dB以上	因测量不到其他邻区或邻区电平低于主服较多，所以通常只能选择增强主服的覆盖强度，增强覆盖的可选手段如下： 1、增加小区最大发射功率（MaxTransmitPower） 2、调整机械方位角让AAU主瓣覆盖问题路段（要注意避免在其他位置造成弱覆盖）； 3、减小机械下倾角；
NR邻区漏配	存在强邻区，且有A3测量报告上报，在配置表中无法查到相应的邻区关系	增加相应的邻区关系
其他原因导致的不能切换问题	存在强邻区，有A3测量报告上报且在配置表中能够查到相应的邻区关系	上报A3且有邻区关系，但是不能进行切换的原因可能如下： 1、缺少当前锚点站到目标NR站点的X2链路； 2、PCI混淆，外部小区中存在与上报小区同PCI的其他小区； 解决方案如下： 1、增加X2链路，X2链路的配置较为复杂，现在产品支持X2自建立功能，建议打开该功能； 2、若PCI混淆的小区距离较近，说明PCI复用距离过短，需要重新规划混淆小区的PCI。若PCI混淆的小区距离较远，属于冗余外部小区，可以删除混淆的外部小区信息。
切换参数配置问题	存在大于主服3dB以上的强邻区，终端没有收到A3测量配置且终端未上报A3事件	如果gNodeB没有下发测量配置，可以核查gNodeB配置的测量参数组，查看是否存在A3测量配置，若gNodeB配置正常，复测后出现同样情况，建议提单；

3) 干扰分析

干扰会导致SINR下降，当UE进入干扰区域或路段后，会出现下载速率的陡降或者持续质差，进而影响整体路测结果。目前直接影响速率的干扰指标为CSI SINR，但是因CSI暂无邻区测量结果，所以在进

行越区覆盖、重叠覆盖等问题定位时，仍然使用了SSB 的电平参与判断。在新建场景，低负载邻区对测试终端的CSI干扰通常较小，室外路测场景的CSI SINR通常要求25dB（经验值）以上。干扰问题的具体原因及处理建议如下：

表16 干扰问题原因分析

干扰问题	定义	处理建议
CSI 信道干扰问题	CSI 电 平 良 好 但 CSI SINR较低	在工程网优阶段，因邻区没有用户，CSI不受邻区干扰，通常在电平良好的位置CSI SINR都处于良好水平，若出现该定位结果，通常是存在外部干扰。如需具体定位，需要进行扫频定位。
重叠覆盖	存在2个以上的邻区，且邻区电平与主服电平在5dB以内	重叠覆盖会导致小区间形成干扰，可以通过调整邻区信号强度来降低重叠覆盖情况，主要手段如下： 1、调整SSB的数字下倾/数字方位/场景化波束来降低邻区电平； 2、调整机械下倾/机械方位角来降低邻区电平； 3 、 调 整 AAU 发 射 功 率 （ MaxTransmitPower ） 或 功 率 偏 执 （MaxSsbPwrOffset）来降低邻区电平； 注意：调整过程中要关注所调整小区的主服覆盖情况，避免在其他区域形成弱覆盖
越区干扰	存在与主服电平在5dB以内的邻区，且该邻区在主服小区的间隔在3层及以上，形成了越区干扰	越区干扰可以调整邻区信号强度来降低干扰，解决越区问题： 1、调整SSB的数字下倾/数字方位/场景化波束来降低邻区电平； 2、调整机械下倾/机械方位角来降低邻区电平； 3 、 调 整 AAU 发 射 功 率 （ MaxTransmitPower ） 或 功 率 偏 执 （MaxSsbPwrOffset）来降低邻区电平； 注意：调整过程中要关注所调整小区的主服覆盖情况，避免在其他区域形成弱覆盖

4) DL/UL Grant不足

调度次数直接影响下行速率，30k子载波网络在8:2或4:1子帧配比场景，下行满调度次数为1600次，7:3子帧配比场景下行满调度次数为1400。如果调度次数低于满调度次数的85%，通常认为存在调度不足问题。FTP/TCP灌包测试中影响调度次数的可能因素有：终端能力受限或开户速率受限、存在残留误码导致的TCP窗口收缩、存在背景用户、gNodeB参数配置问题等。覆盖良好（大于-90dB）且ibler收敛情况下，仍存在下行调度不足，续做如下排查：

- (1) gNodeB参数核查：与调度相关的参数主要有相应QCI的PDCP参数组、RLC参数组、下行CCE参数等；

- (2) 进行后台信令跟踪来查看开户速率；
- (3) 灌包测试进行空口问题隔离：对问题路段进行定点复测，通过服务器下行UDP灌包（不推荐，需在客户授权、风险可控条件下实施）。观察基站入口流量是否小于测试要求。若基站入口流量小于灌包流量，且终端收到的流量与基站入口流量相当，则可认为调度问题是gNodeB以上的问题。

5) 下行RB分配不足

根据站点配置的带宽和子载波间隔能够计算出网络能够用于业务传输的RB梳理，如果存在连续的RB数低于理论最大RB数*80%的场景，则说明存在RB分配不足问题。RB分配不足的可能原因有：

- (1) 配置问题：当前gNodeB配置的带宽和RB数是否存在限制；
- (2) 小区下有较多数据业务用户；

6) iBler高

通用场景下，iBler收敛目标值设置为10%。正常状态下，gNodeB会调整MCS来使得终端接收到的数据包在设置值附近如果出现连续的iBler大于15%，可能如下：

- (1) 核查iBler收敛目标及MCS相关参数是否设置异常；
- (2) PDSCH上存在严重干扰，该干扰可能在CSI SINR上没有体现出来，该种情况需要进行扫频定位

7) Rank低

目前5G终端最大支持Rank4。gNodeB会根据SRS测量值（SRS权，近点）、UE上报的PMI（PMI权，远点）和UE上报的RI及MCS情况共同决定下行调度所用的Rank。除gNodeB的相关算法和特性外，UE所处环境是否有多径条件，也是能够进行高Rank的必要条件。低Rank的排查思路如下：

- (1) 弱覆盖导致的Rank低，统计显示CSI电平低于-90dB，终端基本难以达到Rank3，甚至会低于Rank2。
若存在Rank和CSI同时较低的场景，可优先进行CSI RSRP的优化；
- (2) 影响Rank的因素主要有gNodeB配置，终端所处位置的信道相关性、gNodeB的发射通道问题和终端的接收通道问题。信道相关性目前无有效方法解决。在覆盖良好的位置，但是Rank低，可以从如下几个方面排查：
 - ① gNodeB参数配置问题，如小区最大MIMO层数等参数，可以根据参数基线进行核查；
 - ② 终端接收通道问题，可以在近点测试下终端各天线的接收天平情况，是否存在较大的差异，如存在10dB（经验值）左右的差异，可能终端天线有异常
 - ③ 核查基站是否存在通道校正失败，驻波等告警

8) MCS低

NR网络支持的最大下行MCS为27阶，gNodeB具体分配的MCS由空口质量（CQI）、iBler等共同决定。MCS低的排查思路如下：

- (1) 空口质量差导致的MCS低：如果终端上报的CQI较差，则可以优先进行覆盖干扰的优化；

(2) MCS相关参数核查：ibler目标值设置过小等参数会影响MCS的分配值；

6.3.2 上行速率优化

上行速率优化流程和方法基本与下行速率优化相同，区别主要在：

- (1) 不同的是需要根据网络时隙资源配比、终端MIMO能力来确定不同的质差门限；
- (2) 对于TDD系统来说，上下行信道可认为具有互易性，对于上行覆盖、干扰可一定程度参考下行相关指标；如果分析后发现无法定位原因，还需要通过基站侧进行统计或跟踪来确定是否存在上行弱覆盖或干扰的问题。
- (3) 对于FDD系统来说，由于上行覆盖干扰指标只能从基站侧统计得到，如果怀疑上行速率问题与上行覆盖、干扰有关，则有必要通过基站侧统计或跟踪来进行上行覆盖干扰分析定位。

6.4 感知类业务分析方法

感知指标用于评估用户使用5G端到端业务实际感知。用户发起一项数据业务时会同时产生大量的HTTP请求，计算感知指标时需要基于用户、时间、业务特征等筛选出归属于同一次业务的所有请求，进行重新整合计算，模拟实际用户行为，分析当前网络状况是否能够提供较好的用户业务体验，发现基础KPI指标无法反映的问题。针对视频、浏览、即时通信、游戏、高清视频、VR等业务大类及相应业务小类，定义具体业务KQI指标。以下指标体系可供参考：

表17 感知业务KQI指标

类别	指标	类别	指标
视频	视频播放成功率	即时通信	上行图片发送速率
	视频平均每次播放卡顿次数		下行图片接收成功率
	视频播放卡顿时长占比		下行图片接收速率
	视频播放等待时长		上行音频发送成功率
	视频下载速率		上行音频发送速率
	视频平均码率		下行音频接收成功率
	视频速率码率比		下行音频接收速率
浏览	页面响应成功率		上行视频发送成功率
	页面响应平均时长		上行视频发送速率
	页面显示成功率		下行视频接收成功率
	页面显示平均时长		下行视频接收速率

	页面下载速率		异常中断率
即时通信	接入成功率	游戏	游戏登录成功率
	接入平均时长		游戏登录平均时长
	上行文本发送成功率	高清视频	平均最大上行包间隔
	上行文本发送速率		平均最大上行包抖动
	下行文本接收成功率		高清视频下载速率
	下行文本接收速率	VR 业务	M2P 上游平均时延
	上行图片发送成功率		M2P 下游平均时延

6.4.1 指标关联分析

以视频业务为例，对于视频业务感知问题，需要根据业务流程，进行业务KQI劣化原因定界分析，总体思路分为以下3步：

- (1) 根据KQI、KPI的关联关系，查找KQI对应的相关KQI/KPI是否异常。
- (2) 对异常KQI/KPI定界，找出导致根因是DPI信令采集点（N3）以上（以下简称“接口以上”）还是DPI信令采集点（N3）以下（以下简称“接口以下”）；
- (3) 通过不同维度的对比分析定位问题。

1) 视频播放成功率关联分析

视频播放成功率是视频业务播放质量的关键指标，视频播放成功率劣化时，其KQI、KPI关联关系、拆分方法以及定界方法如下图所示：

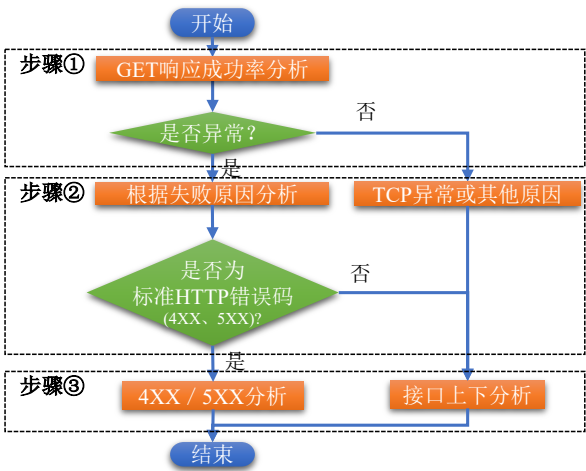


图 4 视频播放成功率分析流程

2) 视频播放等待时长关联分析

视频播放等待时长指标反映了从用户点击播放到开始播放这个业务流程的时延类质量,这个业务过程包括了TCP握手阶段和HTTP业务阶段。视频播放等待时长KQI、KPI关联关系和拆分方法以及定界方法如下:

步骤①: 分析视频播放等待时长相关联的KPI包括TCP建链时长、GET响应时长是否异常;

步骤②: 若为TCP建链时长异常,则进入下一步第一步握手时长(TCP建立平均时延(核心网))、第二步握手时长(TCP建立平均时延(无线侧))异常分析;如为GET响应时长异常,则进入关联指标首事物请求时延、首包响应时延(HTTP响应时延)异常分析;如以上指标都无异常,则对视频播放等待时长进行接口上下分析,查找质差故障点;

步骤③: 根据各个KPI关联的业务指标判定接口上还是接口下原因。如为接口上原因,则进行接口上分析;如为接口下原因,则进行接口下分析;如业务指标都无劣化或接口以上及接口以下劣化同时存在,则需要对“视频播放等待时长”进行接口以上分析及接口以下分析,查找质差故障点。

3) 视频播放卡顿次数关联分析

视频播放卡顿次数反应视频播放过程中的流畅程度,是视频业务质量的一个关键指标。视频平均卡顿次数KQI、KPI关联关系和拆分方法以及定界方法如下:

步骤①: 分析视频平均卡顿次数关联的指标,包括KPI指标首包响应时延(HTTP响应时延)、首事物请求时延、终端窗口是否异常,若异常则进入步骤②;如以上指标都无异常,则对“视频平均卡顿次数”进行接口上下分析,查找质差故障点。

步骤②: 如为首包响应时延异常,则进行接口上定界;如为首事物请求时延异常或终端窗口异常,则进行接口下分析;若首包响应时延与首事物请求时延同时劣化则需要进行接口以上分析及接口以下分析;若无关联指标劣化,则需要对视频平均卡顿频次进行接口以上分析及接口以下分析。

6.4.2 失败码定界法

用户的上网流程主要包括控制面接入了(初始注册、PDU会话建立、移动性注册更新)和业务接入(DNS解析、TCP握手、HTTP请求)等多个环节,当发生成功率问题时,首先通过信令过程确定业务失败在哪个环节,然后根据这个过程中出现的错误码对问题进行判断,关联定界到终端、无线网、核心网、内容源的问题。

参 考 文 献

- TR 28.837 跟踪/最小化路测管理研究 (MDT) 第2阶段 Study on management of trace/Minimization of Drive Tests (MDT) phase 2 2023-6-22
- TR 36.880 E-UTRAN最小化路测 (MDT) 的进一步改进研究 Study on further enhancements of Minimization of Drive Tests (MDT) for E-UTRAN 2015-9-23
- TR 38.810 NR; 测试方法研究 NR; Study on test methods 2023-6-29
- TS 26.132 语音和视频电话终端声学测试规范 Speech and video telephony terminal acoustic test specification 2024-3-26
- TS 37.320 最小化路测 (MDT) 的无线测量采集; 综述; 第2阶段 Radio measurement collection for Minimization of Drive Tests (MDT); Overall description; Stage 2 2024-4-3
- TS 38.508-1 5GS; 用户设备 (UE) 一致性规范; 第1部分: 公共测试环境 5GS; User Equipment (UE) conformance specification; Part 1: Common test environment 2024-4-11
- GB/T 26256-2010 2.4GHz 频段无线电通信设备的相互干扰限制与共存要求及测试方法 Interference, coexistence and corresponding measurement methods of 2.4GHz wireless telecommunications equipment 2011-1-14
- YD/T 4608.1-2023 5G网络测试数据采集统一文件接口技术要求 第1部分: 文件基本结构要求 2023-12-20
- YD/T 4552.1-2023 5G终端基于NR的语音解决方案 (VoNR) 测试方法 第1部分: 功能和性能测试 2023-12-20
- YD/T 3361-2018 TD-LTE单模终端路测 (DT) 和呼叫质量测试 (CQT) 记录技术要求 Technical requirement of DT and CQT record file in TD-LTE radio access network 2018-12-21
- YD/T 2784-2014 TD-LTE路测系统的测试方法 Test method of drive test system for TD-LTE 2014-12-24
- YD/T 2783-2014 TD-LTE路测系统的技术要求 Technical requirement of drive test system for TD-LTE 2014-12-24
- T/ZGTXXH 014-2022 5G网络干扰分类与测量方法 2022-3-25
- T/CAICI 76-2023 5G无线网络集中优化方法 2023-11-23
- T/CAICI 67-2023 4G/5G干扰排查与优化方法 2023-9-18
- T/CCSA 398-2022 基于用户体验的移动网络质量评估指标及测试方法 Metrics and methods for mobile network quality evaluation based on user experience 2022-8-26