

# 端到端视频业务 感知分析及优化研究

Research on End-to-end Video Service Experience Analysis and Optimization

刘瑞强(中国电信集团有限公司,北京 100033)

Liu Ruiqiang(China Telecom Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China)

## 摘要:

针对视频业务感知的评估与优化的重要性日益增加,从面向业务和用户感知的角度出发,研究端到端视频业务感知的分析评估体系。同时研究了视频业务的播放流程机制、数据加载和解析过程,分析了影响视频业务感知的网络因素和服务器因素等,从无线网络参数优化、服务器优化等角度给出优化建议以提升视频用户的业务感知。

## 关键词:

5G;LTE;视频业务感知;参数优化;视频用户感知;评估体系

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.11.009

文章编号:1007-3043(2022)11-0049-07

中图分类号:TN919

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Abstract:

The importance of analysis, evaluation and optimization of video service experience is increasing. From the perspective of service and user-oriented experience, it studies the analysis and evaluation system of end-to-end video service experience. It also studies the playback process mechanism, data loading and resolving process of video service, analyzes the network factors and server factors affecting video service experience, and gives optimization suggestions from the perspective of wireless network optimization and server optimization, so as to improve the service experience of video users.

## Keywords:

5G;LTE;Video service experience;Parameter optimization;Video user experience;Evaluation system

引用格式:刘瑞强. 端到端视频业务感知分析及优化研究[J]. 邮电设计技术,2022(11):49-55.

## 1 概述

随着抖音、快手、虎牙、斗鱼等一众短视频应用及平台的快速发展,人们使用移动网络观看视频业务的习惯已逐渐养成,视频流量的占比越来越高,视频业务已成为推动运营商流量增长的最关键因素,给运营商LTE和5G网络带来巨大机遇的同时,也带来了前所未有的挑战和冲击,视频用户的感知分析、评估与优化问题也越来越突出。

为了更好地保障用户在移动网络下观看视频业

务的感知,中国电信从端到端的角度出发,开展了视频业务的行为分析,并完成了视频业务感知分析、评估体系与优化方案的研究,主要目的是围绕视频业务播放流程机制、感知分析评估方法、视频优化方法等多个方向,总结经验,为电信视频用户感知分析、评估与优化提供参考。

## 2 视频业务感知现状

随着视频业务的快速发展,对视频业务的感知分析、评估与优化提出了新的要求和挑战,当前视频业务存在问题定位效率低、缺少统一的分析评价方法、监控分析困难等诸多问题,概括起来主要包括以下几

收稿日期:2022-10-16

个方面。

a) 指标较少。当前可用的视频业务感知指标较少,且无法反映用户的真实体验,没有真实反映用户和业务感知的评价体系。

b) 问题定位较为困难。网元数量多,网元类型多,网元接口多,对故障处理人员要求高,问题定界定位准确率低下,投诉处理难度大。

c) 终端差异大。由于当前终端的多样性,各终端的差异较大,且性能难以把控。

d) 服务器侧难以把控。当前视频业务受服务器影响大,而运营商对服务器控制能力弱。

e) 缺少统一管控平台,监控分析困难,且主动保障能力弱,处理难度大,其体验不可视,不能主动保障用户体验等。

因此,亟需进行面向视频业务的用户感知(Quality of Experience, QoE)<sup>[1]</sup>分析、评估体系与优化方案的研究,围绕视频业务的播放流程机制、感知分析评估方法、视频优化方法等多个方向进行总结,以期作为视频业务的用户感知分析、评估与优化提供参考。

### 3 视频业务播放流程及行为分析

#### 3.1 视频播放流程简述

视频业务的播放流程如图1所示,主要包含无线侧的连接建立过程、DNS服务器查询过程、TCP连接建立过程、视频下载播放过程等阶段。

#### 3.2 抖音播放流程和数据加载流程

根据全网数据统计分析,当前电信数据业务流量分布如图2所示,其中55%为视频业务,而抖音业务占据视频业务流量的69.22%,因此本次选择抖音作为主要研究对象,首先详细研究抖音业务的行为,通过详细了解其行为,以期更好地研究评估、优化和提升用户感知的方法。

抖音播放流程如下。

a) 客户端启动后,会自动加载并播放首个视频。

b) 当前一个视频播放完成后,用户向上滑屏,此时可以看到下一个视频首帧画面从屏幕底部滑动到顶端。

c) 下一个视频开始播放。

根据统计分析发现,抖音业务的加载流程如图3所示。

a) 数据首先加载首帧高清图,然后加载第1个视频头部,加载第1个视频剩余部分,加载第2个视频

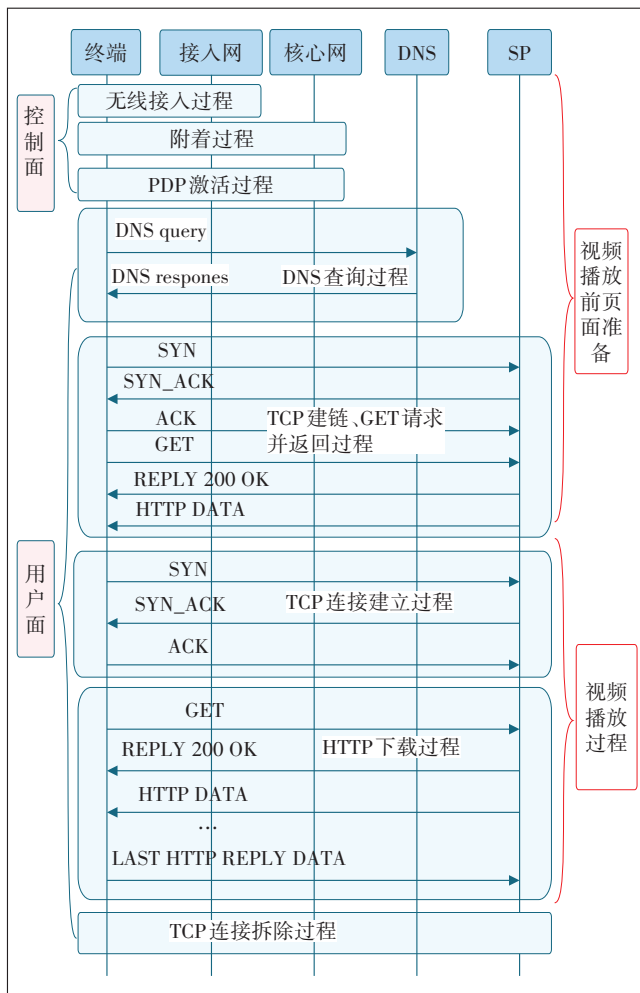


图1 视频播放流程

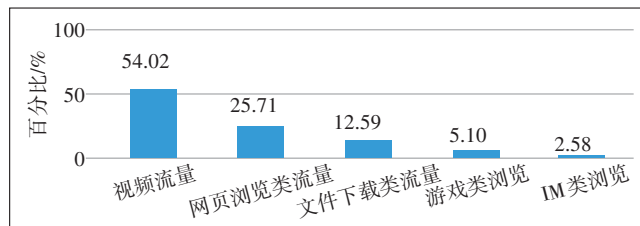


图2 数据业务流量分布

首帧高清图,预缓存第2个视频头部,预缓存第3个视频头部,加载首帧高清图。

b) 加载第2个视频剩余部分,预缓存第4个视频头部,以此类推。

#### 3.3 抖音业务数据解析流程

第1步:DNS解析,先发起图片域名的DNS解析,并返回对应域名的IP地址。

第2步:TCP建链客户端的同时向DNS查询返回的地址并发起TCP建链请求。

第3步:HTTP请求,图片HTTP请求完成后才会发

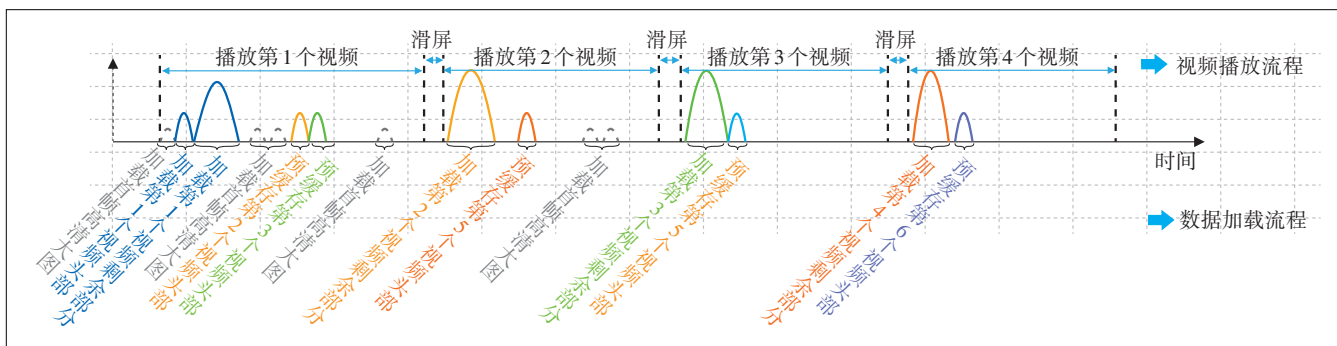


图3 抖音加载流程

起视频的请求。

### 3.4 抖音业务行为分析

#### 3.4.1 抖音业务特征分析

通过数据分析,抖音业务文件大小分布如图4所示,其中50.17%视频文件大于10 MB。

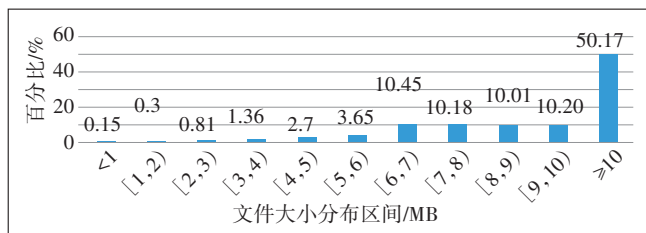


图4 抖音业务文件大小分布

抖音业务视频码率分布如图5所示,抖音业务分辨率以360P/480P为主,属于典型的短视频业务。

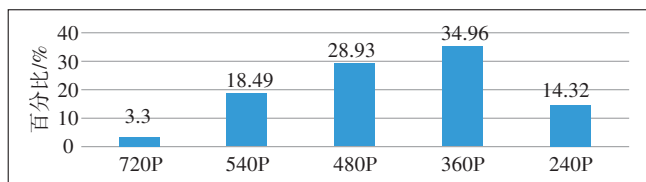


图5 抖音业务视频码率分布

#### 3.4.2 抖音业务体验与网络速率关系

如表1所示,抖音业务的主要体验受网络速率影响,根据拨测结果验证网络速率在6.4 Mbit/s时,抖音感知较好,当网络速率低于3 Mbit/s,卡顿较明显。

表1 抖音业务体验与网络速率关系统计

网络速率/(Mbit/s)	播放次数	用户体验
6.4	30	连续滑动5个无卡顿现象 播放流畅 缓冲时延短 用户察觉不到
4.6	30	正常播放时流畅,连续播放5个偶尔卡顿
4.0	30	正常播放时无卡顿,连续播放每个都有0.5~1 s 初缓时间
3.0	30	卡顿较明显
1.0	30	无法正常使用

业务感知评估视频质量情况。

### 4.2 视频业务端到端评价体系

无线侧对视频业务感知的影响较大,无线侧影响用户视频业务感知的主要原因有速率和时延,其中用户速率主要受到小区容量、干扰、边缘覆盖等因素的影响。承载侧主要影响带宽利用率、CPU利用率、传输时延、丢包率等指标。核心网侧主要有接口带宽利用率、CPU负荷、网络架构、用户数据和路由质量等5个方面的因素<sup>[2]</sup>。另外,广义的SP侧包含DNS、163骨干网和CDN等,主要影响因素有DNS节点负荷、骨干网络的电路丢包率、出口带宽利用率、CDN的CPU负荷、调度能力、片源分辨率、编码方式、服务器的带宽利用率和位置等,具体如图6所示。

因此,从无线段、承载段、核心段、骨干段、SP段等5段评估视频业务质量,并提炼为三大类面向用户和业务感知的KQI评价体系。

连得上:主要包含网络连接成功率=RRC连接成功率×QCI=9的E-RAB建立成功率×PGW承载修改成功率×DNS查询成功率。

启动快:主要涵盖上行RTT时延、下行RTT时延、DNS查询时延。

播放优:主要包括视频下载速率、速率码率优良比、卡顿率。

## 4 视频业务感知评估体系分析

为了更好地保障用户在移动网络下观看视频业务的感知,从端到端的角度出发,详细地对视频业务感知分析、评估体系进行了研究与建立。

### 4.1 视频业务端到端分段

为了更好地了解用户和业务的感知情况,从无线段、承载段、核心段、骨干段、SP段等5段进行端到端的

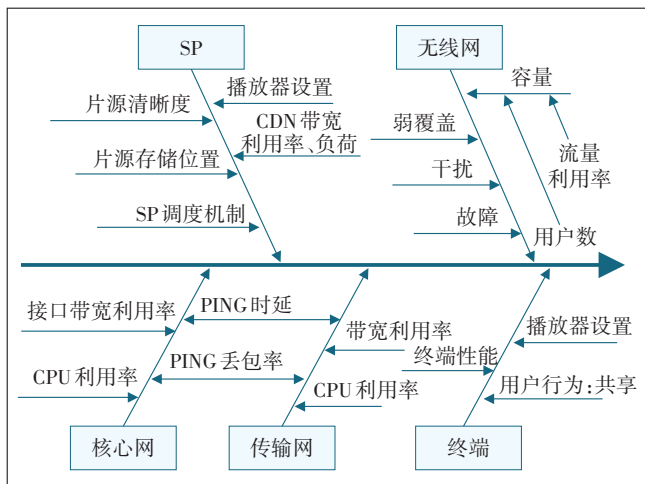


图6 视频业务端到端影响因素

### 4.3 视频业务端到端评价详解

通过深入研究,并结合现网各省4G和5G网络的现状,对业务感知KQI指标及其权重进行相应的量化,详细信息如表2所示。

### 4.4 当前各省视频业务感知情况现状

根据已建立的视频业务感知评价体系,对全国各省视频业务进行分析,该评价体系能够较好地反映视频业务的用户感知情况。

分析结果如图7所示,全国视频业务感知情况总体较好,部分省视频业务的感知较好,其中上下行RTT时延、视频下载速率、速率码率优良比、DNS查询时延等都较好;但部分省的感知较差,与相关省有一定的差距,需重点关注和提升下行RTT时延、DNS查询时延和视频下载速率等指标。

## 5 抖音业务感知影响因素研究

### 5.1 抖音速率和5G覆盖关系研究

表2 视频业务端到端评价详表

用户感知	KQI指标	指标描述	指标区间
连得上	网络连接成功率	网络连接成功率=RRC连接成功率×QCI=9的E-RAB建立成功率×PGW承载修改成功率×DNS查询成功率(天)	≥98%
启动快	DNS查询时延	DNS关联流响应时间戳(dnsresponsetime)-DNS关联流请求时间戳(dnsquerytime)	≤5 ms
	上行RTT时延	上行RTT = Avg( SYN_ACK_Time - TCP_SYN_Time)	≤30 ms
	下行RTT时延	下行RTT=TCP ACK时间点-SYN ACK时间点	≤65 ms
播放优	视频下载速率	视频下载速率(VideoCacheThroughput)=Min(X,实际大小)/视频下载的时间	≥11 Mbit/s
	速率码率比优良率	在视频播放过程中,视频下载速率和所下载视频的码率的比值>1.4的占比	≥90%
	卡顿率	视频播放卡顿频率(DPI)=视频播放过程中出现卡顿的次数(VideoPlayHaltCount)/视频播放时长(InputOctets ×8/(VideoBitRate×1000)/60)(次/min)	优:≤0.1次/min; 劣:≥0.5次/min

通过研究发现,抖音速率和5G覆盖关系如图8所示,抖音速率和NR覆盖相关,当NR覆盖为-115 dBm以下时,抖音速率明显下降,影响5G用户感知。

### 5.2 小包业务参数优化研究

5G感知测试共测试了10个场景。其中游戏类、视频流媒体、即时通信、购物场景出现问题次数较多。因此针对感知问题,进行5G小包业务参数验证。

方案:根据小包业务的特性,选取2个小区进行验证,详细方案如表3所示。

单用户时延指标验证结果如表4所示,当测试卡占用5G小包业务参数修改的2个小区后,优化后整体终端时延由11.23 ms优化至9.48 ms;多数应用时延均有降低。

通过对小范围验证,其前后时延对比如图9所示,

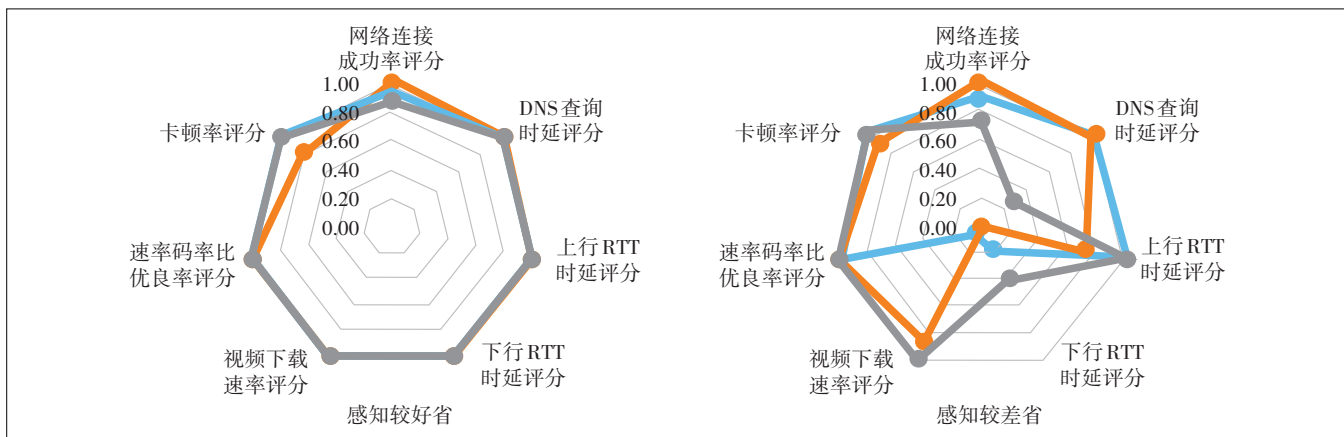


图7 相关省各维度感知情况分析

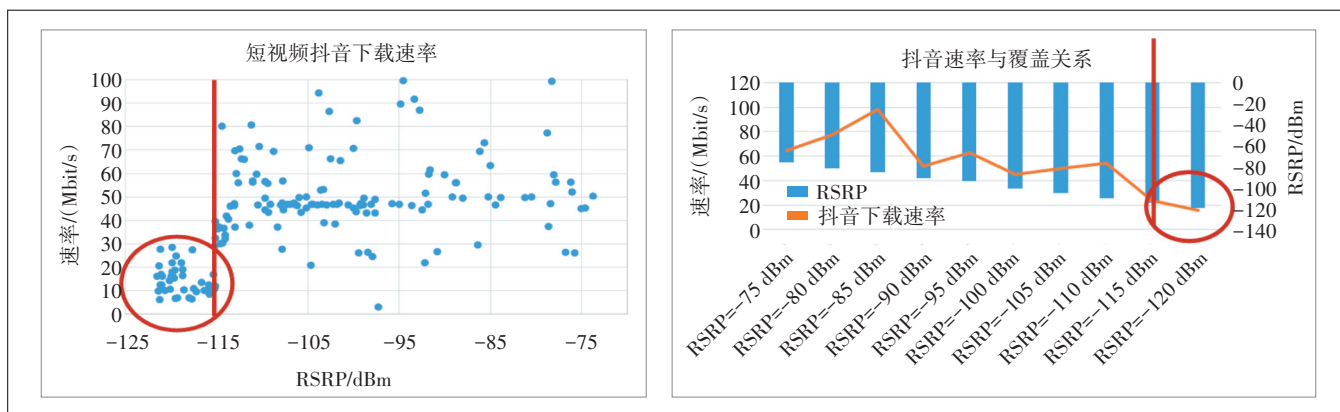


图8 抖音速率和5G覆盖关系研究

表3 小包业务参数验证方案

特性优化方案	方案解释
打开符号级调度功能	加快调度频度,减少时延
打开FASTHARQ, K1, K2 优化	FastHARQ 减少时延
上行SR/BSR 调度优化	优化上行SR/BSR 调度,降低不必要资源调度开销
上行预调度优化	优化上行预调度资源,降低用户调度时延

表4 小包业务参数优化结果

测试时间	总应用	
	服务器时延/ms	终端时延/ms
优化前	24.10	11.23
优化后	30.14	9.48
对比	6.04	-1.75

其中购物、即时通信、视频流媒体终端侧时延明显降低,网页浏览因流量增加明显导致终端侧时延增加。

重要场景验证结果如表5所示:5G小包业务在重要场景进行验证,涉及182个小区、33个BBU。经过验证,区域内5G小包参数业务优化后,覆盖好点PING时延由17.61 ms 降至 16.11 ms;覆盖中点PING时延由

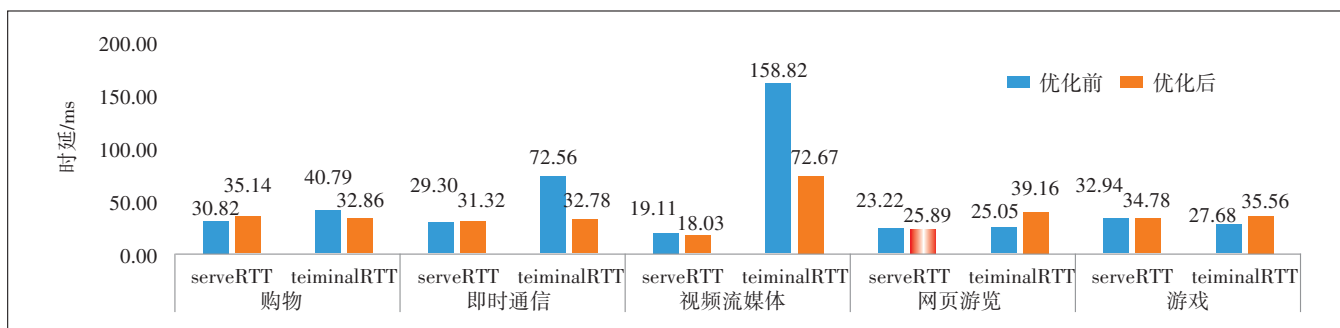


图9 5G小包参数优化前后各业务时延对比

表5 5G小包参数优化前后重要场景时延对比(单位:ms)

测试分类	覆盖好点	覆盖中点	覆盖差点
T0	17.61	21.1	33.07
T1	16.11	17.3	31.5
对比	-1.5	-3.8	-1.57

21.1 ms 降至 17.3 ms;覆盖差点 PING 时延由 33.07 ms 降至 31.5 ms。

表6 全网抖音服务器RTT时延分析表

应用	接入网	行标签	流量/GB	流量占比/%	视频下载速率/(kbit/s)	视频停顿频次/(次/min)	服务器RTT时延/ms	终端RTT时延/ms
抖音	5G	四川	6 748	68.82	16 985	0.21	19	88
抖音	5G	重庆	1 787	18.23	16 351	0.21	11	98
抖音	5G	贵州	599	6.11	16 227	0.21	28	80
抖音	5G	云南	509	5.19	15 970	0.20	40	97
抖音	5G	山东	162	1.65	17 225	0.21	34	111

### 5.3 服务器对抖音业务影响因素研究

对某省全网抖音占用服务器RTT时延进行分析,结果如表6所示。从表6可以看出,使用本地服务器的服务器RTT时延最优。全网5G抖音流量TOP50的

服务器中,主要来自四川电信和重庆电信,其中重庆电信服务器RTT时延为11 ms,优于异地服务器RTT时延,但本地服务器流量占比较低,只占总流量的

18.23%。

同时对本地服务器进行了详细分析,其感知情况

如表7所示,本地服务器的业务感知情况均较好,但也存在一定的感知差距。

表7 全网抖音服务器本地化感知对比表

应用	服务器IP地址	接入网	业务访问次数	流量/MB	视频下载速率(kbit/s)	视频卡顿频次/(次/min)	服务器RTT时延/ms	终端RTT时延/ms	局向
抖音	125.64.108.86	5G	217 530	580 089	19 099	0.2	16	85	四川
抖音	171.220.226.149	5G	218 579	579 764	18 708	0.2	14	85	四川
抖音	125.64.108.85	5G	215 744	578 534	18 592	0.2	16	85	四川
抖音	171.220.226.85	5G	217 683	576 845	18 195	0.2	16	85	四川
抖音	171.220.226.22	5G	216 237	575 843	18 608	0.2	16	86	四川
抖音	171.220.226.150	5G	216 286	572 816	18 326	0.2	15	87	四川
抖音	171.220.226.21	5G	215 865	571 794	18 524	0.2	16	86	四川
抖音	118.123.207.190	5G	224 687	571 297	15 535	0.21	13	70	四川
抖音	219.152.56.124	5G	107 358	278 940	18 587	0.22	6	115	重庆
抖音	119.84.42.122	5G	100 700	263 066	17 646	0.21	8	88	重庆
抖音	118.118.221.251	5G	96 170	252 143	16 239	0.2	16	104	四川

#### 5.4 网络插花等影响用户感知体验

对于1.8 GHz锚点,15 MHz和20 MHz插花组网场景下,由于切换不及时,异频测量发起GAP对NSA用户感知影响较大。

测试发现,网络插花对用户感知体验影响较大,如表8所示。在5G电平差不多的情况下,好点平均速率为823 Mbit/s,干扰时差点速率350 Mbit/s,发起异频时差点速率301 Mbit/s,且均出现抖音感知不良现象。

表8 网络插花对用户感知的影响

场景	测试次数	抖音不良次数	网络Speed-test-上传速率/(Mbit/s)	网络Speed-test-下载速率/(Mbit/s)
大学城西街好点	4	0	77.05	823.25
大学城西街干扰差点	7	2	41.24	350.86
大学城西街起异频差点	5	3	52.80	301.70

另外,抖音业务占用不同频段时的感知情况分析如图10所示,当占用LTE 800 MHz网络时,感知明显较差,在800 MHz时的相关KQI指标明显差于其他频段;分析各频段抖音视频下载速率质差小区(视频下载速率小于3 Mbit/s)显示,800 MHz质差小区占有所有800 MHz小区的比例较高,明显高于1.8 GHz和2.1 GHz质差小区的比例。

## 6 视频业务感知优化方案及建议

### 6.1 推进共建共享、插花场景等网络优化

推进共建共享区域锚点的共享,推进室内外锚点

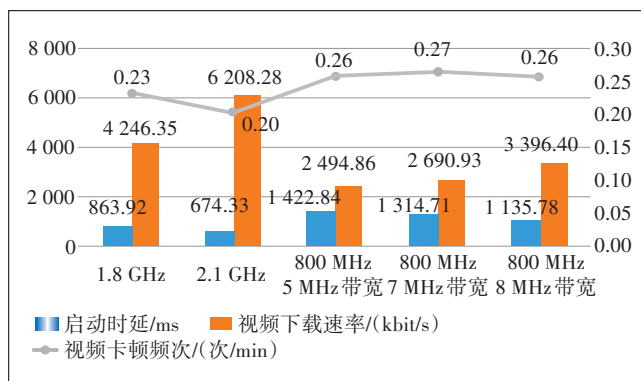


图10 抖音业务占用不同频段感知情况分析

共享的优化。

共建共享边界场景优化建议:边界区域使用方NSA用户异频切换不及时,同频干扰问题,导致使用方NSA用户感知严重受影响,因此采取边界场景缓冲带策略进行优化,提升用户感知。

空闲态:从中国联通单锚点区域往双锚点区域,在双锚点区域共享缓冲带小区,共享缓冲带小区后,对缓冲带小区设置如下策略:用户基于PLMN的专用重选优先级,使得中国电信用户从单锚点区域到双锚点区域的缓冲带区域后,通过设置的重选优先级重选回到中国电信的4G网络,随后接入5G。

连接态:从中国联通单锚点区域往双锚点区域,在双锚点区域共享缓冲带小区,共享缓冲带小区后,对缓冲带小区设置如下策略:基于频率优先级切换,使得中国电信用户从单锚点区域到双锚点区域的缓

冲带区域后,通过设置的基于频率优先级切换,切换回中国电信的4G网络,随后接入5G。

## 6.2 推进LTE 800 MHz质差网络优化

推进将4G 15 MHz插花小区进行扩频至20 MHz,减少插花问题带来的影响。针对目前中国电信LTE 800 MHz小区抖音业务感知指标差的问题,建议根据情况对LTE 800 MHz小区进行负载均衡的优化,尽量把800 MHz小区上面的负荷往1.8 GHz上赶,降低800 MHz小区的负荷,让1.8 GHz承担更多的业务量,提高整体的感知。

## 6.3 服务器优化措施和建议

统计某省移动网和固网的TOP30服务器,数据显示局向流量分布基本一致,非本省电信服务器流量最大,本省本地流量占比较低,针对该省本地服务器进行分析,本地服务器基本为代理商代理,非真正意义上的本地化。本次统计该省电信服务器视频下载速率平均值为5.5 Mbit/s;不同服务器间受SP提供商资源调度策略控制,初步核实SP速率低的质差原因如表9所示,其主要问题为用户侧带宽拥塞问题,后续需持续推动用户服务器侧优化。

表9 速率低SP侧质差原因统计

质差IP地址段	客户名称	质差原因
119.84.42.X	公司1	IDC到用户端带宽使用率高峰期在85%以上,平均带宽使用率在70%;此公司与下连客户(抖音)的带宽出现瓶颈,造成网络拥塞
119.84.54.X	公司2	用户侧问题
61.128.144.5	公司3	用户侧问题
119.84.31.X	公司4	用户侧问题

通过Ping不同视频服务器进行RTT时延对比,相关统计信息如表10所示,从表10可以看出,Ping异地服务器时,时延明显高于本地服务器,导致平均端到端Ping RTT时延增加。由于运营商A和B主要使用异地服务器,而C主要使用本地服务器,在平均Fist Hop RTT时延相当的情况下,异地服务器过大的平均sGi口以上的RTT时延导致了运营商C的RTT均值优于运营商A和B。

建议针对重点典型业务的服务器开展整改,增加本地归属服务器数量;同时优化外省服务器路由,减少RTT时延。

## 6.4 小包业务参数优化

针对抖音、微信等小包类业务开展5G特性化参数

表10 本地服务器与异地服务器相关时延统计

运营商	视频服务器位置	IP地址个数	平均端到端Ping RTT/ms	平均Fist Hop RTT/ms	平均sGi口以上RTT/ms
A	本地	1	7	7	0
A	异地	19	32.789 5	8.947 4	23.842 1
B	本地	0	-	-	-
B	异地	12	31.791 7	11.25	20.541 7
C	本地	3	14.333 3	11.166 7	3.166 7
C	异地	0	-	-	-

优化,提升小包类业务感知,根据上述已完成的范围验证,建议对重点业务保障场景,开启小包参数优化。

## 7 结束语

当前抖音作为用户使用频次最高的应用,感知体验直接影响用户的满意度测评。本文总结分析了抖音业务的播放流程、数据加载解析流程,针对服务器本地和异地对业务的影响进行验证,推动服务器本地化,可以减小业务时延,同时针对本地服务器,分析存在速率较低的情况,找出质差服务器,影响用户感知体验,需要进一步推动整改。

在5G建设初期,用户对业务的感知体验,对运营商的品牌推广有重要影响,本文总结分析了在共建共享场景下,当前网络存在一些典型问题,并给出解决措施和优化建议,同时验证测试了5G网络下,覆盖和用户体验之间的阈值,指导网络优化向面向用户、面向业务的端到端KQI优化方向转换。

## 参考文献:

- [1] PAUL S. Quality of Experience (QoE)[M]. New York: John Wiley & Sons, 2010.
- [2] End-to-end Quality of Service (QoS) concept and architecture (Release 16): 3GPP TS 23.207[S/OL]. [2022-06-05]. [ftp://3gpp.org/](http://3gpp.org/).
- [3] 刘通. 移动视频业务端到端优化分析[J]. 中国新通信, 2018(5): 78.
- [4] 于新. 无线网络中端到端视频流业务的用户体验质量预测及优化技术[D]. 杭州: 浙江大学, 2013.

### 作者简介:

刘瑞强,毕业于北京邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事移动网业务感知及网络优化工作。

