

ICS: 33.160

CCS: M60



世界超高清视频产业联盟标准

T/UWA 004-2022

4K 视频服务用户体验评估算法和参数

Assessment methods and parameters of user experience for UHD 4K video
service

(V1.0)

2022-02-10 发布

2022-02-10 实施

世界超高清视频产业联盟

目 次

目 次	I
前言	II
视频服务用户体验评估算法和参数	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 缩略语、术语和定义	2
3.1 缩略语	2
3.2 术语和定义	3
4 视频服务用户体验指标体系	5
4.1 关键指标	5
4.2 指标框架	5
4.3 参数采集及指标处理	6
5 4K 视频播放服务用户体验指标构成	7
5.1 视频体验质量参数	7
5.2 交互体验质量参数	8
5.3 观看体验质量参数	8
5.4 其它业务 KQI 指标	9
5.5 其它网络 KPI 指标	10
6 4K 视频播放服务用户体验评估算法	10
6.1 总体模型综述	10
6.2 模型三大模块综述	11
6.2.1 视频体验质量 Q_s	11
6.2.2 交互体验质量 Q_i	21
6.2.3 观看体验质量 Q_v	22

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国超高清视频产业联盟提出并归口。

本标准起草单位：华为技术有限公司、中国电信集团有限公司、中国移动通信集团有限公司、中国电子技术标准化研究院。

本标准主要起草人：罗传飞、张沛、张世俊、杨崑、宋利、苏佳、杨付正、吴雪波、杨友庆、孙齐锋

视频服务用户体验评估算法和参数

1 范围

本标准规定了应用于超高清 4K 娱乐视频服务业务用户体验质量的评估场景和模型，分析了影响娱乐视频服务用户体验质量的关键因素，定义了用于评估 4K 视频播放服务用户体验质量的参数和技术方法。

本标准适用于对电信运营商、广电运营商、互联网视频服务商和其它相关厂商提供的娱乐视频服务用户体验质量进行综合评估，还适用于产业各方对影响视频服务质量的因素进行量化和分析。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。

[ITU-T G.1081] IPTV 性能监控点

[ITU-T Y.1991] IPTV 的术语和定义

[ITU-T G.1080] IPTV 服务的体验要求质量

[ITU-T P.912] 识别任务的主观视频质量评定方法

[ITU-R BT.1788 多媒体应用中视频质量主观评定的方法论

[RFC 4445] A Proposed Media Delivery Index (MDI), April 2006

[ETSI TR101 290 V1.2.1] Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement Guidelines for DVB Systems, May 2001

[ITU-R BT.500-11] Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures

[ITU-T P.1201] Recommendation ITU-T P.1201 (2012), Parametric non-intrusive assessment of audiovisual media streaming quality.

[ITU-T P.1201.1] Recommendation ITU-T P.1201.1 (2012), Parametric non-intrusive assessment of audiovisual media streaming quality – lower resolution application area.

[ITU-T P.1201.2] Recommendation ITU-T P.1201.2 (2012), Parametric non-intrusive assessment of audiovisual media streaming quality – higher resolution application area.

[ITU-T P.1202.1] Recommendation ITU-T P.1202.1 (2012), Parametric non-intrusive bitstream assessment of video media streaming quality – lower resolution application area.

[ITU-T P.1202.2] Recommendation ITU-T P.1202.2 (2013), Parametric non-intrusive bitstream assessment of video media streaming quality – Higher resolution application area.

[ITU-T P.1401] Recommendation ITU-T P.1401 (2012), Methods, metrics and procedures for statistical evaluation, qualification and comparison of objective quality prediction models.

YD/T 1823-2008 IPTV 业务系统总体技术要求

YD/T 2367-2011 IPTV 质量监测系统技术要求

GYT 262-2012 节目响度和真峰值音频电平测量算法

3 缩略语、术语和定义

3.1 缩略语

以下缩略语适用于本文件。

缩略语	英文全称	中文全称
BAR	花屏面积占比	Block Area Ratio
BTV	广播电视	Broadcast TV
CDN	内容分发网络	Content Delivery Network
CBR	恒定比特率编码	constant bit-rate
DPI	深度包检测	Deep Packet Inspection
FCC	快速频道切换	Fast Channel Change
FTP	文件传输协议	File Transfer Protocol
FR	全参考	Full Reference
GOP	图像组	Group of Pictures
HG	家庭网关	Home Gateway
HTTP	超文本传输协议	HyperText Transfer Protocol
IGMP	因特网组管理协议	Internet Group Management Protocol
IP	互联网协议	Internet Protocol
IPTV	IP 电视	Internet Protocol Television
ICP	因特网内容提供商	Internet Content Provider
HDR	高动态范围	High-Dynamic Range
HFR	高帧率	High Frame Rate
HTTP	超文本传输协议	Hypertext Transfer Protocol
HLS	Apple 的动态码率自适应技术	HTTP Live Streaming
ITU	国际电信联盟	International Telecommunication Union
KPI	关键性能指标	Key Performance Indicator
KQI	关键质量指标	Key Quality Indicator
MOS	主观体验评分	Mean Opinion Score
MV	运动矢量	Motion Vector
NR	无参考	No Reference
OTT	互联网向用户提供各种应用服务	Over The Top
OQA	客观质量评估	Objective Quality Assessment

PPI	每英寸所拥有的像素数目	Pixels Per Inch
PON	无源光纤网络	Passive Optical Network
QP	量化参数	Quantization Parameter
QoE	体验质量	Quality of Experience
QoS	服务质量	Quality of Service
RR	部分参考	Reduced Reference
RTCP XR	实时传输控制协议扩展报告	Real-time Transport Control Protocol Extended Report
RTSP	实时流协议	Real Time Streaming Protocol
RTT	往返时延	Round-Trip Time
SMTP	简单邮件传输协议	Simple Message Transfer Protocol
sQuality	质量评分	score of Quality
sInteraction	互动体验评分	score of Interaction
sView	播放体验评分	score of View
sInteractionDeg	互动体验损伤	sInteraction Degradation
sViewDeg	播放体验损伤	sView Degradation
SQA	主观质量评估	Subjective Quality Assessment
SYN	同步信号	Synchronous
TCP	传输控制协议	Transmission Control Protocol
TR	花屏时长占比	Time Ratio
UDP	用户数据报协议	User Datagram Protocol
UHD	超高清	Ultra High-Definition
VC	视频内容复杂度	Video Complexity
vMOS	视频体验评分	video Mean Opinion Score
VBR	可变比特率编码	variable bit-rate
WCG	宽色域	Wide Color Gamut

3.2 术语和定义

超高清 UHD, Ultra High-Definition

超高清是指国际电信联盟批准的信息显示像素名称，适用于 4K 及以上分辨率。

4K 分辨率

4K 分辨率是指水平方向每行像素值达到或者接近 4096 个，多数情况下特指 4096*2160 分辨率。而根据使用范围的不同，4K 分辨率也有各种各样的衍生分辨率，例如 UHD TV 标准的 3840*2160 等，都属于 4K 分辨率的范畴。

高动态范围图像 HDR, High-Dynamic Range

相比普通的图像，HDR 图像拥有更大曝光动态范围（即更大的明暗差别），可以提供更多的动态范围和图像细节。

高帧率 HFR, High Frame Rate

高帧率是指视频帧率达到每秒 50-60 帧。高帧率可带来更清晰流畅的画面，尤其在运动

场景下,更高的帧率可以让人感觉运动更平滑自然,从而消除由于帧率不足所带来的卡顿感,更清楚地观看运动画面,提升体验。

宽色域 WCG, Wide Color Gamut

宽色域指视频采用 ITU BT.2020 色彩空间,而普通高清视频采用 ITU BT.709 颜色空间。BT.2020 是目前显示设备中最大的色彩空间,覆盖了 CIE 1931 色彩空间的 75.8%。BT.709 仅覆盖了 CIE 1931 色彩空间的 35.9%。

高量化精度 High Pixel Bit

相比于传统视频中多为 8bit 量化精度,高量化精度指比特量化位宽提升到 10bit,可以使颜色更加丰富饱满,同时色阶过渡也会比 8bit 的更加流畅。

全 4K 技术规格

全 4K (Full 4K) = 高分辨 (4K) + 高动态 (HDR) + 高帧率 (50/60) + 高量化精度 (10bit) + 宽色域 (WCG) + 高保真环绕立体声 (全景)

用户体验质量 Quality of User experience

用户对于某项应用或服务的满意或厌烦的程度。

业务质量 Quality of service

某项服务满足使用该服务的用户的明示或暗示需求的综合能力。

用户体验关键参数 Key parameter of User experience

对用户感受到的服务过程中硬件操作、服务操作和内容展示的质量水平有关键影响的因素,可以被表示为客观的体验质量参数。

业务性能参数 Performance parameter of service

服务过程中可以衡量服务实现和内容展示质量水平的因素,可以被表示为客观的体验质量参数。

网络性能参数 Performance parameter of network

对业务完成和业务质量程度有直接影响的网络关键性能指标。

视频直播 Video streaming

根据用户发出播放请求,系统将实时的视频流,通过传输网络传送到用户终端

视频点播 Video on Demand

根据用户发出点播请求,系统将存放在片源库中的节目信息检索出来,以视频流文件,通过传输网络传送到用户终端。

4 视频服务用户体验指标体系

4.1 关键指标

用户使用视频服务的过程往往包括启动终端/播放器，接入服务系统，选择观看内容，进行播放、观看等操作。因此影响网络娱乐视频服务用户体验的因素是多方面的，在系统正常为用户提供服务的过程中，关键的因素主要包括视频源质量、用户的交互体验和观看体验。

视频体验质量，取决于视频源的清晰度、流畅度、保真度（色调、对比度）等因素，涵盖了视频源的分辨率、帧率、码率、内容、编码和终端六个维度的指标，可以编码参数、分辨率、帧率、码率、信号层质量等客观指标度量。

用户的交互体验，取决于系统对用户交互操作的响应速度，涵盖了平台、网络、终端性能指标，可以用用户一次观看行为中对 EPG 操作的响应、视频初始加载时长、频道切换时长，快进快退的响应等客观指标度量。

观看体验，取决于观看过程中出现的节目信号质量，影响因素包括花屏、马赛克、卡顿、声画不同步等，可以通过视音频信息的传输性能和质量损伤等客观指标进行衡量。

此外，音频源也是影响用户体验质量的一个重要因素，音频体验质量取决于音频源的清晰度、流畅度、保真度等因素，可以音频采样率、声道数、码率、编码方式、编码参数、信号层质量等客观指标度量。在本标准中，不对音频源质量的评价过程进行具体规范。

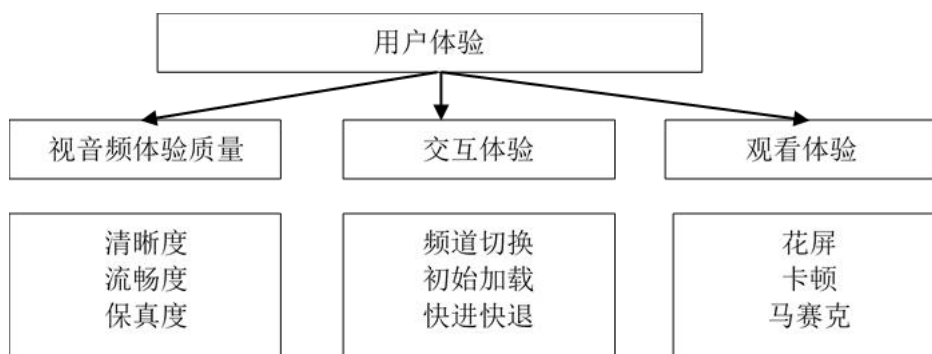


图 4-1 影响用户体验的因素

为了科学的评估和量化视频服务的用户体验质量，把评估场景分为会话场景（表征用户一次完整的观看行为的体验质量）和实时场景（表征用户实时观看过程中的体验质量）。对用户在一定周期内（周、月、年）会话场景下的体验质量进行统计分析可以反映用户使用视频服务的真实感知体验。

交互体验和观看体验客观指标对用户视频体验质量的影响权重随着观看行为的持续而弱化，当花屏/卡顿事件出现时，视频的质量体验立即下降，当花屏/卡顿结束，恢复正常播放时，用户体验就会逐渐缓慢恢复。假如后续一直能持续正常播放，实时的质量体验会逐渐恢复到正常值。用户的视频体验质量得分，综合了视频源质量、交互体验质量、观看体验质量，是真实反映用户体验感知的平均主观评分（MOS）

4.2 指标框架

视频服务质量受到终端、网络、平台、片源等多方面因素影响，主要包括视频源质量、用户的交互体验和观看体验三大模块。具体的指标体系如下图所示：

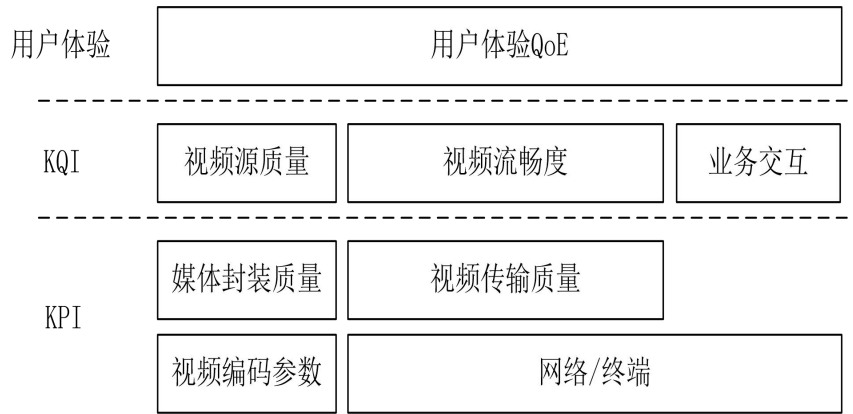


图 4-2 视频质量指标框架

数据源获取的数据经过处理可以得到 KPI 指标（网元相关指标）和 KQI 指标（业务相关指标）

KPI 指标一般指基于网元设备的关键指标，主要包括终端性能、网络传输质量、视频传输质量、音频体验质量、媒体的封装质量和视频的编码参数。

KQI 指标从业务和应用层面出发反映业务使用体验，视频播放的流畅度，即视频在播放过程中是否有出现缓冲卡顿、花屏和马赛克的情况；视频源质量，包括视频源本身的编码格式、视频清晰度、媒体封装等；业务交互体验是视频在观看过程中业务交互的情况包括直播、点播业务的交互成功率以及交互时延等。KQI 指标一般通过 KPI 指标处理得到。

QoE 指标从用户层面出发，可以定义为终端用户对视频业务的总体主观感知。视频业务的感知体验就是反映用户观看视频业务体验的综合评分，用 U_MOS 表示。

定义 $U_MOS=f(Q_s, Q_a, Q_i, Q_v)$ ，即用户体验综合评分为（视频质量（ Q_s ），音频质量 Q_a ，交互质量（ Q_i ），观看质量（ Q_v ））的函数关系。

4.3 参数采集及指标处理

由于视频服务最终通过终端呈现给用户，是视频服务系统中离用户最近的环节，因此评估影响视频服务质量的参数来源可来自终端的网络抓包数据、终端系统信息相关数据以及播放器反映的视音频信息相关的数据。

参数的获取可以通过终端如机顶盒、播放器等设备，或者通过网络探针的方式部署在网络各个位置，从而协助进行故障定位和诊断。当参数从终端获取时，计算出的业务质量精度高，但需要终端设备的支持；而从网络探针获取时，因为网络设备能力受限，无法使用比特流模型和混合模型，且无法采集到交互体验数据，因此计算出的业务质量精度较低。

获取的数据经过处理可以得到 KPI 指标（网元相关指标）和 KQI 指标（业务相关指标），KPI 指标和 KQI 指标就组成了视频业务质量分析的 QoS 指标。QoE 指标是基于用户感知层面的，基于 KQI 指标从一定程度上可以反应用户对业务的使用体验。终端获取的参数经过数据处理也可以获取用户的观看视频行为的指标。

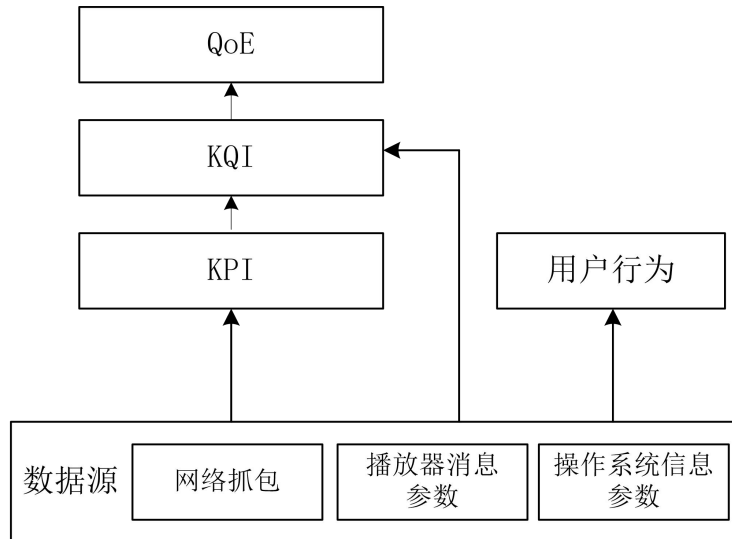


图 4-3 数据处理流程

5 4K 视频播放服务用户体验指标构成

5.1 视频体验质量参数

表 5-1 视频体验质量参数

序号	参数	数据源	说明	备注
5.1.1	视频码率	现网采集	所有视频的码率 RTSP 标清 高清 4K HLS 索引文件申明的编码速率	<i>BitRate</i>
5.1.2	视频帧率	现网采集	视频的帧率	<i>VideoFrameRate</i>
5.1.3	视频分辨率	现网采集	视频的分辨率: 4K 及以下分辨率	<i>Resolution</i>
5.1.4	编码方式	现网采集	视频的编码方式: H.265、AVS2	<i>CodecType</i>
5.1.5	编码参数	现网采集	每帧视频的类型: I、P、B	注 1: 采集以 GOP 为单元, 输入视频片段内各帧的关键参数。 注 2: 计算 Skip 模式和非 Skip 模式比例时, H.265 下以 CTU 为单位
			帧比特	
			帧级 Skip 与非 Skip 模式比例, I 帧为 0	
5.1.6	信号层参数	现网采集	块状度	
			模糊度	
			对比度	
			噪点度	

			色彩丰富度	
			曝光度	

5.2 交互体验质量参数

表 5-2 交互体验质量参数

序号	参数	数据源	说明	备注
5.2.1	直播请求次数	现网采集	直播请求事件的次数	
5.2.2	直播请求成功次数	现网采集	直播请求成功的次数	
5.2.3	点播请求次数	现网采集	点播请求事件的次数	
5.2.4	点播请求成功次数	现网采集	点播请求成功的次数	
5.2.5	EPG 请求次数	现网采集	EPG 请求事件的次数	
5.2.6	EPG 请求成功次数	现网采集	EPG 请求成功的次数	
5.2.7	索引文件请求次数 (HLS)	现网采集	索引文件请求事件的次数	
5.2.8	索引文件请求成功次数 (HLS)	现网采集	索引文件请求成功的次数	
5.2.9	直播请求时延	现网采集	发起直播业务请求到解出第一个 I 帧的时间间隔	$t_{zapping}$
5.2.10	点播请求时延	现网采集	发起点播业务请求到解出第一个 I 帧之间时间间隔	$t_{loading}$
5.2.11	EPG 请求时延	现网采集	发起 HTTP GET 请求到收到响应数据之间的时间间隔	
5.2.12	异常中断的次数	现网采集	业务在使用过程中发生异常退出观看的次数	
5.2.13	快进、快退、暂停停止响应时间	现网采集	业务使用过程中发起快进、快退、暂停、停止条目被选中到显示设备上执行退返动作之间的时间	
5.2.14	频道切换时延	现网采集	切换台时上个频道关闭至下一个频道播出的总时长	

5.3 观看体验质量参数

表 5-3 观看体验质量参数

序号	参数	数据源	说明	备注
5.3.1	缓存卡顿次数	现网采集	在观看视频过程中发生缓冲区清空引起视频缓冲停顿的次数	BufferFrequency
5.3.2	缓存卡顿总时	现网采集	在观看视频过程中发生缓冲区清空引起视频缓冲停顿的时间	BufferLength

	长		累计	
5.3.3	缓存卡顿持续时长	现网采集	在观看视频过程中发生缓冲区清空引起视频缓冲停顿的时长	BufferStartTime
5.3.4	画面花屏次数	现网采集	视频播放期间，画面花屏次数	V_PLEF（丢包估算）
5.3.5	画面花屏总时长	现网采集	视频播放期间，画面花屏时长，单位毫秒(ms)	中间变量，用于计算V_NDF（丢包估算）
5.3.6	画面平均花屏面积百分比	现网采集	画面发生花屏期间，平均花屏面积百分比(%), 取值范围为[1%, 100%]; 其他情况下为0	V_IRpF（丢包估算）
5.3.7	屏幕大小	现网采集	屏幕大小	可以通过HDMI EDID接口获取ScreenSize
5.3.8	屏幕分辨率	现网采集	屏幕分辨率	可以通过HDMI EDID接口获取Screendpi

注：画面花屏次数，总时长，面积百分比等指标可采用丢包估算或其他技术手段获取。

5.4 其它业务 KQI 指标

DNS 解析时间

DNS解析时间指标定义为终端在建立视频服务页面的TCP连接前发起针对该服务页面域名的DNS请求报文到收到该点播页面域名的DNS响应成功报文的时长。

索引获取时间

索引获取时间指标定义为终端从向视频调度服务器发起视频索引请求，到接收到视频调度服务器返回的视频索引信息的时长。

CDN 地址获取时间

CDN地址获取时间指标定义为终端从向视频调度服务器发起分片CDN信息请求，到接收到视频调度服务器返回的分片CDN所在IP地址等信息的时长。

视频分片 TCP 建连时间

视频分片TCP建连时间指标定义为终端建立下载某个视频分片的TCP连接，从客户端发出第一个SYN报文到收到第一个SYN ACK报文的时间。

分片出错次数

分片出错次数指标定义为在单位观看时间内，由于视频CDN服务器自身问题主动返回ERROR或重定向等报文，导致视频播放中断的次数。

分片下载平均速率

分片下载平均速率指标定义为从终端向视频CDN服务器发起HTTP GET下载请求起，到分片文件完整地传输到终端为止，这期间的视频分片下载平均速率。

分片峰值下载速率

分片峰值下载速率指标定义为从终端向视频CDN服务器发起HTTP GET下载请求起，到分片文件完整地传输到终端为止，这期间的视频分片下载的峰值速率。

分片资源分布

分片资源分布指标是所有被测视频分片按所在服务器IP地址归属地进行分组统计并进行统计计算形成的数据记录表。

其它参数有待进一步补充。

5.5 其它网络 KPI 指标

网络KPI决定了用户终端到互联网内容的端到端实际可用吞吐量，影响互联网内容传输到用户终端的时间，从而影响用户体验QOE。影响用户业务体验的网络KPI指标主要考虑：

接入带宽

运营商提供给固定宽带用户的承诺接入带宽。

双向时延

客户端与测量时播放的视频分片文件所在服务器之间的双向时延。该指标同时适用于固定宽带互联网用户和移动互联网用户。

丢包率

客户端与测量时播放的视频分片文件所在服务器之间的管道双向丢包率。该指标同时适用于固定宽带互联网用户和移动互联网用户。

其它参数有待进一步补充。

6 4K 视频播放服务用户体验评估算法

6.1 总体模型综述

$U_MOS=f(Q_s, Q_i, Q_v)$ ，即总体模型为三个模块（视频体验质量 Q_s ，交互体验质量 Q_i ，观看体验质量 Q_v ）的函数关系，具体功能场景分为会话场景（用户一次观看行为时长大于1分钟），及实时场景（用于实时质量监控）。

$$U_MOS = (Q_s - 1) \cdot (1 - c_1 \cdot (5 - Q_i) + c_2 \cdot (5 - Q_v)) + 1 \quad (6-1)$$

c_1 ， c_2 分别是交互体验和观看体验的动态加权系数。初始权重系数值由大数据调研的结果得到。同时叠加惩罚因子，当分项的得分变化时，权值系数也会相应调整。

根据具体视频服务的特点，应用场景可分为直播模式和点播模式，每种模式可分别采用RTSP/RTP传输协议和HTTP传输协议，对应的终端播放也可分为采用丢包掩盖机制和无丢包掩盖机制（在丢包掩盖机制下视频出现丢包时，解码器直接丢弃问题帧，体验表现为视频

卡顿。在无丢包掩盖机制下，解码器直接播放问题帧，体验表现为花屏和视频卡顿)。具体影响实时和会话体验的计算变量如下表所示：

表 6-1 模型计算变量

			实时(Instant)	会话(Session)
直播	RTSP/RTP	丢包掩盖	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_ZapInstant$ $Q_v = Q_v_STInstant$	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_ZapSession$ $Q_v = Q_v_STSession$
		无丢包掩盖	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_ZapInstant$ $Q_v = Q_v_STInstant$ $+ Q_v_BLInstant$	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_ZapSession$ $Q_v = Q_v_STSession$ $+ Q_v_BTSession$
	HTTP	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_LoadInstant$ $Q_v = Q_v_STInstant$	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_LoadSession$ $Q_v = Q_v_STSession$	
点播	RTSP/RTP	丢包掩盖	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_LoadInstant$ $Q_v = Q_v_STInstant$	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_LoadSession$ $Q_v = Q_v_STSession$
		无丢包掩盖	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_LoadInstant$ $Q_v = Q_v_STInstant$ $+ Q_v_BLInstant$	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_LoadSession$ $Q_v = Q_v_STSession$ $+ Q_v_BLSession$
	HTTP	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_LoadInstant$ $Q_v = Q_v_STInstant$	Q_s 、 Q_a 、 $Q_i = Q_i_LoadSession$ $Q_v = Q_v_STSession$	

6.2 模型三大模块综述

6.2.1 视频体验质量 Q_s

表 6-2 视频体验质量模型变量表

序号	变量	物理意义	计算所需变量
1.a	<i>ScreenSize</i>	视频显示屏幕尺寸，对角线尺寸（英寸）	5.3.7
1.b	<i>Resolution</i>	视频分辨率	5.1.3
1.c	br_v	视频码率	5.1.1
1.d	<i>CodecType</i>	视频编码类型	5.1.4

1.e	<i>fr</i>	帧率	5.1.2
1.f	<i>PPI</i>	电视机分辨率（默认情况下，PPI 的分辨率与视频内容的分辨率一致）	5.3.8
1.g	<i>FrameType</i>	视频的帧类型（I/P/B）	5.1.5
1.h	<i>QP</i>	帧级 QP（最大值，最小值，均值）	
1.i	<i>AvgByteI</i>	I 帧的平均大小(单位为字节)	
1.j	<i>SkipRatio</i>	Skip 模式和非 Skip 模式比例	
1.k	<i>Blockiness</i>	块度	5.1.6
1.l	<i>Blurriness</i>	模糊度	5.1.6
1.m	<i>Color</i>	色彩丰富度	5.1.6
1.n	<i>Contrast</i>	对比度	5.1.6
1.o	<i>Noise</i>	噪点度	5.1.6
1.p	<i>Exposure</i>	曝光度	5.1.6

视频体验质量与参数的映射关系为：

$$Q_s = f(\text{ScreenSize}, \text{VideoComplexity}, \text{Resolution}, \text{BitRate}, \text{CodecType}, \text{VideoFrameRate}, \text{Reserved}...)$$

注：

1) 计算所需变量中的符号解读：5.1.3 表示正文 5.1 节中第 3 个指标。1.a 表示附录章节 1 的第一个变量。

2) Q_s 模块按照其处理信号层级主要包含 Mode0, Mode1, Mode2 三层模型。其中 Mode0 和 Mode1 为基于码流层的模型，模型需要依据从码流中获取相应的关键信息进行计算。基于不同编码标准的共性——相同的帧类型（I, P, B）和由帧生成的模式，Mode0 和 Mode1 可以实现对多种编码标准的支持，包括 H.265/HEVC、AVS2 编码标准。Mode2 是基于图像层模型，需要连续采集视频帧的图像层关键质量信息对视频图像质量进行分析。Mode2 模型参数建议在后处理之后提取。通过优化和完善视频图像层的关键评价指标，Mode2 可以实现对高动态（HDR）、高量化精度（10bit）、宽色域（WCG）视频质量的评价。

Mode0:

Mode0 是基于码流层的轻量级模型，主要衡量视频显示质量。显式包含 *BitRate*, *ScreenSize*, *PPI* 变量，其余变量在不同的应用场景下（分辨率、编码器类型）为定值。

Mode1:

Mode1 是基于码流层的复杂模型，需要从编码数据包及比特流中采集视频帧关键编码信息（详见 5.1.5），同时衡量视频播放质量和视频压缩对于视频源质量的损伤情况。

Mode2:

Mode2 是基于图像层模型，通过对视频画面关键质量指标的衡量，刻画视频不同维度的质量。Mode2（详见 5.1.6）根据图像的模糊度，块效应，对比度，噪点度，色彩丰富度和曝光度等指标评价视频源质量。

6.2.1.1 Paramedic Model (Mode 0)

注：Mode0 参数统一由字母 $\{c_i\}$ 表示。

Q_s 为视频体验质量得分，主要衡量视频显示质量，其取值范围 [1, 5]，公式为：

$$Q_s = Q_s' - \frac{Q_s' - c_1}{1 + \left(\frac{br_v}{c_2}\right)^{c_3}} \quad (6-2)$$

其中, Q_s' 表示显示质量, 即在固定 PPI 和屏幕尺寸条件下 (如 720P 视频在 42" 电视播放) 能够取得的最高质量得分; c_1 表示相应最低分值, 本文中取 1.0。

$$Q_s' = f(PPI, ScreenSize) = c_4 \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{PPI}{c_5 \cdot ScreenSize^{c_6}}\right)^{c_7}}\right) \quad (6-3)$$

在不同尺寸的屏幕显示视频时, 需要用有效显示 PPI 及屏幕尺寸 ($ScreenSize$) 来评估在特定设备上播放视频时用户的体验质量。有效显示 PPI 由原视频的分辨率, 屏幕分辨率以及屏幕尺寸计算得到。

$$PPI = \frac{\sqrt{VideoWidth^2 + VideoHeight^2}}{ScreenSize} \quad (6-4)$$

以上的系数均为大数据统计所得。根据不同的编码方式有不同的对应系数取值。

6.2.1.2 Bitstream Model (Mode 1)

注: Mode 1 参数由字母 $\{c_i\}$ 表示。

Q_s 为视频体验质量得分, 综合考虑视频显示质量和视频编码质量, 其取值范围 [1, 5], 视频部分的质量公式为:

$$Q_s = Q_s' - (5 - Q_{cod}) * \frac{(Q_s' - 1)}{4} \quad (6-5)$$

Q_s' 表示显示质量, 在不同尺寸的屏幕显示视频时, 需要用有效显示 PPI 及屏幕尺寸 ($ScreenSize$) 来评估在特定设备上播放视频时用户的体验质量, 公式引用 6-4;

$$Q_s' = f(PPI, ScreenSize) = c_1 \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{PPI}{c_2 \cdot ScreenSize^{c_3}}\right)^{c_4}}\right) \quad (6-6)$$

Mode 1 视频编码质量 Q_{cod} 由比特流中采集视频帧关键编码信息计算获得, 衡量视频压缩对于视频源质量的损伤情况, 可以表示为如下函数映射关系:

$$\begin{aligned} Q_{cod} &= f(FrameType, fr, br_v, QP, SkipRatio) \\ &= f\left(\begin{array}{l} FrameType, fr, br_v, \\ [QP_{max}, QP_{avg}, QP_{min}], \\ SkipRatio \end{array}\right) \end{aligned} \quad (6-7)$$

视频编码质量综合衡量了编码过程中关键帧率因子 kfr 、量化因子 QP_{imp} 和编码复杂度因子 cpx_{imp} :

$$Q_{cod} = kfr \cdot \exp\left(c_5 \cdot (QP_{imp} + cpx_{imp})\right) \quad (6-8)$$

kfr 为关键帧率因子, 通过 I 帧之间平均距离 d , 和视频帧率 fr 来衡量 I 帧平均间隔对视频质量的影响:

$$kfr = c_6 \cdot \frac{fr}{d} + c_7 \quad (6-9)$$

量化因子主要衡量视频量化过程中造成的质量损伤, 其计算过程为:

$$QP_{imp} = c_8 + c_9 \cdot \left(\frac{QP_{avg}}{51}\right)^{c_{10}} + c_{11} \cdot \frac{1}{fr_v} + c_{12} \cdot (QP_{max} - QP_{min}) \quad (6-10)$$

编码复杂度通过当前帧采用 skip 帧间预测模式下块的跳过比例 $SkipRatio$ 来衡量。 $SkipRatio$ 是基于帧内编码单元的帧级统计量, 可以兼容多种编码标准。

$$cpx = \min\left(\sqrt{\frac{br_v}{AvgByte_t}} + c_{13} \cdot SkipRatio, 1\right) \quad (6-11)$$

上式中, br_v 视频码率, $AvgByte_t$ 是 I 帧的平均大小(字节为单位)。

以上的系数均为大数据统计所得。根据不同的编码方式有不同的对应系数取值。

6.2.1.3 Hybrid Model (Mode 2)

$$Q_s = f(Blockiness, Blurriness, Contrast, Noise, Color, Exposure) \quad (6-12)$$

1) 块效应 Blockiness

块效应是指在编码过程中造成的块边界不连续的情况, 块效应严重时, 视频在将出现明显块状缺陷, 影响视觉效果, 降低观赏感受。

原理公式如下:

$$blockiness = (-10.38 + 17.86 * blockiness_temp) / 2 \quad (6-13)$$

$$blockiness_temp = \frac{globalInnerSum}{globalOuterSum} \quad (6-14)$$

将一帧视频分为 $L \times L$ 块 w_n , 其中 n 为块下标 ($1 \leq n \leq \left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor$), L 默认取值为 8, 具体计算过程如下:

表 6-3 块效应计算过程

	公式	复杂度
(1)	计算每一分块最后一列与倒数第二列像素灰度值差值绝对之和 verticalInnerSum	$O(M*N)$
(2)	计算每一分块最后一列与下一分块第一列像素灰度值差值绝对之和	$O(M*N)$

	verticalOuterSum	
(3)	计算每一分块最后一行与倒数第二行像素灰度值差值绝对之和 horizontalInnerSum	$O(M*N)$
(4)	计算每一分块最后一行与下一分块第一行像素灰度值差值绝对之和 horizontalOuterSum	$O(M*N)$
(5)	$globalInnerSum = \sum_n verticalInnerSum + \sum_n horizontalInnerSum$	$O\left(\left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor\right)$
(6)	$globalOuterSum = \sum_n verticalOuterSum + \sum_n horizontalOuterSum$	$O\left(\left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor\right)$

其中，

M : 第 n 帧横向像素个数

N : 第 n 帧纵向像素个数

f : 视频序列的帧数

2) 模糊度 Blurriness

模糊度是指对图像模糊程度的衡量，模糊是指基于图像像素灰度的梯度幅度变化，该变化可以表征图像边缘信息，当梯度幅度过小时，该条边缘将不够清晰明显，影响视觉效果，降低观赏感受。

原理公式如下：

$$blurriness = 5 \cdot \left(\frac{\exp(-1.5 \cdot blur_temp + 2.87)}{1 + \exp(-1.5 \cdot blur_temp + 2.87)} \right)^{0.14} \quad (6-15)$$

$$blur_temp = \frac{edgewidth}{edgeNo} \quad (6-16)$$

视频序列复杂度为 $O(f*M*N)$ ，将一帧视频分为 $L \times L$ 块 w_n ，其中 n 为块下标 ($1 \leq n \leq \left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor$)， L 默认取值为 8，具体计算过程为：

表 6-4 模糊度计算过程

	公式	复杂度
	对每一块 w_n ，估算标准差	
(1)	$std_n = \sqrt{\frac{1}{Q-1} \left(\sum f(i,j)^2 - \frac{1}{Q} (\sum f(i,j))^2 \right)}$, $Q = \left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor$	$O\left(\left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor\right)$
(2)	计算视频帧每一像素的水平方向及垂直方向梯度如下，形成水平方向，垂直方向梯度矩阵	$O(M*N)$

	$gradX = \{f(i, j) - f(i-1, j)\}$ $gradY = \{f(i, j) - f(i, j-1)\}$ $grad = gradX * gradY$	
(3)	$cutoff = 16 * \frac{\sum_i grad}{grad.height * grad.width}$	O(1)
(4)	<p>通过如下方式判断像素点是否属于边缘：</p> $x = grad(i, j) > cutoff$ $y = (gradX(i, j) \geq gradY(i, j)) \& \& (grad(i, j) > grad(i-1, j))$ $\& \& (grad(i, j) > grad(i+1, j))$ $z = gradY(i, j) \geq 0 \& \& (grad(i, j) > grad(i, j-1))$ $\& \& gradY(i, j) \geq 0 \& \& (grad(i, j) > grad(i, j+1))$ <p>$if(x \& \& (y z))$, 则标记当前 $f(i, j)$, 为边缘</p>	O(M*N)
(5)	<p>通过如下方式计算边缘的宽度：</p> <pre>tempCenter = center if(gradX (i,center) < 0 gradX (i,center +1)< 0) { edgesNo++; while(- gradX (i,tempCenter+1) > std_n) { tempCenter++; } edgeswidth += tempCenter - center; tempCenter=center while(- gradX (i,tempCenter) > std_n) { tempCenter--} edgeswidth += tempCenter - center; } else if(gradX (i,center) >0 gradX (i,center +1)< 0) { edgesNo++; while(- gradX (i,tempCenter+1) > std_n) { tempCenter++; } edgeswidth += tempCenter - center; tempCenter=center while(- gradX (i,tempCenter) > std_n) { tempCenter--} edgeswidth += tempCenter - center; }</pre>	O(M*N)

(6)	$blur = \frac{edgewidth}{edgeNo}$	O(1)
-----	-----------------------------------	------

其中, $f(m, n)$: 第 i 帧像素点 (m, n) 的灰度值

M : 第 n 帧横向像素个数

N : 第 n 帧纵向像素个数

$edgewidth$: 边缘宽度

$edgeNo$: 边缘数量

f : 视频序列的帧数

3) 对比度 Contrast

合理的对比度可以显示生动、丰富的色彩, 展现更多的细节、更好的清晰度以及灰度层次。然而对比度过高则视频将产生失真感, 对比度过低画面则将表现为灰蒙蒙。不合理的对比度将影响人眼的主观感受。

原理公式如下:

$$C_n = \sqrt{\frac{1}{MN-1} \left(\sum f(i, j)^2 - \frac{1}{MN} \left(\sum f(i, j) \right)^2 \right)}, \quad O(M*N) \quad (6-17)$$

具体计算过程中, 每一帧复杂度为 $O(M*N)$, 视频序列复杂度为 $O(f*M*N)$ 。

其中,

M : 第 n 帧横向像素个数

N : 第 n 帧纵向像素个数

C_n : 第 n 帧的图像对比度

4) 噪点度 Noise

噪点度定义对像素色度值的浮动的衡量, 该种浮动对图片整体质量无正影响且无固定规律。在被压缩视频中通常存在多种噪点类型。其中最常见的是量化噪声及蚊式噪声。其中量化噪声主要由于对像素值的量化引入, 其分布具有小范围随机特性, 且在整体图像上分布不统一。蚊式噪声主要表现为物体边缘的噪声以及运动纹理干扰。

原理公式为: $3*3$ 大小的窗口卷积,

$$N_n = \frac{\sum_i \sum_j (G_{i,j} - \{w_n\}_{i,j})}{G.height * G.width} \quad (6-18)$$

具体计算过程中, 每一帧复杂度为 $O(M*N)$, 视频序列复杂度为 $O(f*M*N)$ 。将一帧视频分为 $L \times L$ 块, w_n , 其中 n 为块下标 ($1 \leq n \leq \left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor$), L 默认取值为 8, 具体计算过程为:

表 6-5 噪点度计算过程

	公式	复杂度
	对每一块 w_n , 估算标准差	
(1)	$std = \sqrt{\frac{1}{Q-1} \left(\sum f(i,j)^2 - \frac{1}{Q} (\sum f(i,j))^2 \right)}, Q = L*L$	$O\left(\left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor\right)$
(2)	计算各块标准差统计直方图 $StdHisto_n(k) = StdHisto_n(k) + 1; \text{ if } std_n = k$	$O\left(\left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor\right)$
(3)	Find $max_std = \max(StdHisto_n(k))$	$O\left(\left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor\right)$
(4)	$var0 = max_std, val1 = max_std + 1, val2 = max_std - 1$	$O(1)$
(5)	$weighted_std = var0 * StdHiston(maxstd) +$ $var1 * StdHiston(maxstd + 1) +$ $var2 * StdHiston(maxstd - 1)$	$O(1)$
(6)	Find the blocks $\{w_n^{select}\}$ whose $std_{w_n} = \lfloor weighted_std \rfloor$ or $std_{w_n} = \lceil weighted_std \rceil$	$O\left(\left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor\right)$
(7)	for $i = -1:1, j = -1:1$ $mask(i, j) = \frac{1}{2 * 3.14 * ([weighted_std]^2)} \exp\left(\frac{-(i^2 + j^2)}{2 * ([weighted_std]^2)}\right)$	$O(M*N)$
(8)	for $i = -1:1, j = -1:1$ $G = \{w_n^{select}(i, j)\} * mask(i, j)$	$O(M*N)$

其中, $Mask^*$: 与每帧图像做卷积的算子

$\{w_n\}$: 提取出的符合要求的图像块集合

$G_n(x, y)$: 第 n 帧像素点 (x, y) 与算子做卷积后的计算值

N_n : 第 n 帧图像的噪点度

5) 色彩丰富度 Color

色彩越丰富, 能够提供的量化的图像信息就更多。我们使用了一种基于颜色统计直方图色彩丰富度指标。

原理公式如下:

$$C = -\sum_{i=1}^k m_i \log\left(\frac{m_i}{M}\right) \quad (6-19)$$

具体计算过程中, 每一帧复杂度为 $O(M*N)$, 视频序列复杂度为 $O(f*M*N)$ 。

将彩色图像的 RGB 值首先被转换为改进的色调 (Improved Hue)、亮度 (Luminance) 和饱和度 (Saturation) 等信息, 并计算色彩丰富性评分 C 。

表 6-6 色彩丰富度计算过程

	公式	复杂度
(1)	计算亮度, 并划分等级, 用 ℓ 做上标记 $\ell = \{0, 1, 2, \dots, N\}$ $L = 0.2126R + 0.7252G + 0.0722B \quad (\text{BT.709})$ $L = 0.2627R + 0.678G + 0.0593B \quad (\text{BT.2020})$	O(1)
(2)	计算饱和度 $S = \max(R, G, B) - \min(R, G, B)$	O(1)
(3)	计算色调 $H' = \arccos\left[\frac{R - 0.5G - 0.5B}{\sqrt{R^2 + G^2 + B^2 - RG - RB - BG}}\right]$ $H = \begin{cases} 360^\circ - H', & \text{if } B > G \\ H', & \text{otherwise} \end{cases}$	O(1)
(4)	对每一个亮度等级, 应用 $A_{s\ell} = \sum_x S_x \cos H_x \delta_{L_x \ell}, B_{s\ell} = \sum_x S_x \sin H_x \delta_{L_x \ell}$	O(M*N)
(5)	计算图片的色调均值 (Hue Mean) $\bar{H}_{s\ell} = \arctan\left(\frac{B_{s\ell}}{A_{s\ell}}\right)$	O(1)
(6)	计算每个亮度等级中的均值长度 \bar{R}_ℓ , 归类像素点到子集 m_i 中 $\bar{R}_\ell = \frac{\sqrt{A_{s\ell}^2 + B_{s\ell}^2}}{\sum_x \delta_{L_x \ell}}$	O(M*N)

其中,

M : 第 n 帧横向像素个数

N : 第 n 帧纵向像素个数

f : 视频序列的帧数

M 为有效的色调均值的数目

m_i 每个子集中的有效色调均值的个数

H_x 为 x 点处的色调

L_x 为 x 点处的亮度

S_x 为 x 点处的饱和度

6) 曝光度 Exposure

由前端相机曝光控制和色调映射算法共同决定，后者是 HDR 视频的热门研究领域。曝光度指标需要量化感知帧像素级的曝光质量。方案使用了一种基于亮度直方图范围检验的评价方法。

原理公式：

$$y = \frac{\exp(a \cdot ex + b)}{1 + \exp(a \cdot ex + b)} \quad (6-20)$$

具体计算过程中，每一帧复杂度为 $O(M*N)$ ，视频序列复杂度为 $O(f*M*N)$ 。将一帧视频分为 $L \times L$ 块 w_n ，其中 n 为块下标 ($1 \leq n \leq \left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor$)， L 默认取值为 8，具体计算过程为：

表 6-7 曝光度计算过程

	公式	复杂度
(1)	对每一块 w_n 计算平均亮度	$O\left(\left\lfloor \frac{M}{L} \right\rfloor * \left\lfloor \frac{N}{L} \right\rfloor\right)$
(2)	计算单帧曝光率 $ex = \frac{L_a + L_b}{2}$	$O(1)$
(3)	计算曝光度	$O(M*N)$

其中，

M : 第 n 帧横向像素个数

N : 第 n 帧纵向像素个数

f : 视频序列的帧数

L_a : 亮度明的边界。

L_b : 亮度暗的边界

两套参数 $a = -4.31, b = 7.10$ if $ex > 2^{bitdepth-1}$ 分别处理过度曝光和欠曝光
 $a = 2.81, b = 2.34$ otherwise

$$Q_s = f(Blockiness, Blurriness, Contrast, Noise, Color, Exposure)$$

$$= \sum_i \alpha_i Q_{s_i} \quad (\alpha_i \text{权重说明: 需要根据测试目的进行调整。默认情况下, Blurriness } 0.6, \text{ Contrast } 0.1, \text{ noise } 0.1 \text{ 和 } Blockiness \text{ 各 } 0.1, \text{ exposure 和 color 权重各 } 0.05)$$

(6-21)

$$i = \{Blockiness, Blurriness, Contrast, Noise, Color, Exposure\} \quad (6-22)$$

$Q_s = f(Blockiness, Blurriness, Contrast, Noise, Color, Exposure)$ ，与 MOS 的分段对应关系如下表：

Qs_i Metric	1	2	3	4	4.5	备注
Blockiness	[0, 0.3)	[0.3, 0.6)	[0.6, 0.8)	[0.8, 0.9)	[0.9, 1.01)	min=0, max=inf, 数值越大, 块效 应越小
Blurriness	[50, 70)	[30, 50)	[10, 30)	[5, 10)	[0, 5)	min=0,max=70, 数值越大, 模糊 度越大
contrast	[0, 15) & [120, 100)	[15, 30) & [80, 100)	[30, 40) & [60, 80)	[40, 45) & [55, 60)	[45, 55)	min = 0, max= 120, 数值越大, 对比度越高
noise	[20, 30)	[10, 20)	[5, 10)	[3.5, 5)	[0, 3.5)	min = 0, max= 30, 数值越大, 噪点度越高
Color	[0, 15)	[15, 30)	[30, 40)	[40, 60)	[60, 100)	min=0, max=100 数值越大, 色彩 越丰富
Exposure	[0, 15) & [85, 100)	[15, 30) & [70, 85)	[30, 40) & [60, 70)	[40, 45) & [55, 60)	[45,55)	min=0, max=100 数值越大, 曝光 度越大

6.2.2 交互体验质量 Q_i

表 6-8 交互体验质量模型变量表

序号	变量	物理意义	计算所需变量
2.a	$QZapping$	直播时频道切换质量	2.c
2.b	$QLoading$	点播初始加载质量	2.d
2.c	$t_{zapping}$	直播时频道切换时延	5.2.9
2.d	$t_{loading}$	点播时初始缓冲时延	5.2.11
2.e	t	当前已播放时长	系统自动记录
2.f	T	最大遗忘时长	系统参数

交互体验质量首先考虑频道切换和初始播放时延因素对体验的影响, 其它因素可在后续进一步补充。

6.2.3.1 直播交互体验质量

该部分衡量直播中基于频道切换事件的交互体验质量, 可以定义为关键性能指标(频道切换时延)的函数映射关系如下。

$$Q_i = f(t_{zapping}, T) \quad (6-23)$$

基于频道切换时延的直播交互体验质量最终得分为：

$$QZapping = c_{15} \cdot \exp(c_{16} \cdot t_{zapping}) + c_{17} \cdot \exp(c_{18} \cdot t_{zapping}) \quad (6-24)$$

$$Q_i_ZapInstant = QZapping \quad (6-25)$$

会话评分是在实时评分的基础上，根据遗忘曲线进行衰减：

$$Q_i_ZapSession = (\alpha_1 \cdot \exp(\beta_1 \cdot \frac{t}{T}) + \alpha_2 \cdot \exp(\beta_2 \cdot \frac{t}{T})) \cdot QZapping \quad (6-26)$$

6.2.3.2 点播交互体验质量

该部分衡量点播中基于初始加载事件的交互体验质量，可以定义为关键性能指标（初始加载时延）的函数映射关系如下。

$$Q_i = f(t_{loading}, T) \quad (6-27)$$

基于初始加载时延的点播交互体验质量最终得分为：

$$QLoading = c_{19} \cdot t_{loading}^3 + c_{20} \cdot t_{loading}^2 + c_{21} \cdot t_{loading} + c_{22} \quad (6-28)$$

$$Q_i_LoadInstant = QLoading \quad (6-29)$$

会话评分是在实时评分的基础上，根据遗忘曲线进行衰减：

$$Q_i_LoadSession = (\alpha_3 \cdot \exp(\beta_3 \cdot \frac{t}{T}) + \alpha_4 \cdot \exp(\beta_4 \cdot \frac{t}{T})) \cdot QLoading \quad (6-30)$$

6.2.3 观看体验质量 Q_v

表 6-9 观看体验质量模型变量表

序号	变量	物理意义	计算所需指标
3.a	$Q_{Blocking}$	基于花屏占比进行评分	3.b、3.g、3.h
3.b	V_{AIRF}	视频帧的平均损伤率（面积占比）	3.c、3.d
3.c	V_{IRpF}	视频帧的损伤率，出现损伤/降质的视频帧中，受影响的面积比例。详见[ITU-T P.1201.1] 3.2.2 “Basic video parameter calculation module”	5.3.6
3.d	V_{NDF}	视频流中损伤/降质视频帧的数量	5.3.5、5.1.2
3.e	V_{TNF}	视频流中的视频帧的总数	5.1.9
3.f	V_{IR}	Block Area Ratio, 视频流损伤率（即花屏时长占比）	3.d、3.e
3.g	V_{PLEF}	视频损伤/降质发生的次数	5.3.4

3.h	V_CCF	视频复杂度，通过对视频流的分析获得；当提取不到内容复杂度时，可用经验值替代	5.1.7
3.i	$Frequency$	视频观看过程中发生缓冲的次数	5.3.1
3.j	$totalLength$	所有缓冲事件长度之和	3.i、3.k
3.k	$Interval$	多次缓冲情况下，缓冲间隔的平均值；（只有多于一个重缓冲事件发生（ $Frequency>1$ ）时才使用）	3.i、3.k、3.m
3.l	T	播放视频总时长	

观看体验质量首先考虑Block和stalling因素对体验的影响，其它因素可在后续进一步补充。

6.2.4.1 直播观看体验质量

该部分衡量直播中基于花屏事件的观看体验质量，可以定义为关键性能指标（花屏）的函数映射关系如下。

$$Qv = f(BlockingTimeRatio, BlockingAreaRatio, Frequency) \quad (6-31)$$

基于花屏指标的直播观看体验质量最终得分为：

$$Qv_BLInstant = 5 - QBlocking \quad (6-32)$$

$$QBlocking = \frac{\left(\frac{V_AIRF \cdot V_IR}{c_{23} \cdot V_CCF + c_{24}} \right)^{c_{25}} \cdot \left(\frac{V_PLEF}{c_{26} \cdot V_CCF + c_{27}} \right)^{c_{28}}}{1 + \left(\frac{V_AIRF \cdot V_IR}{c_{23} \cdot V_CCF + c_{24}} \right)^{c_{25}} \cdot \left(\frac{V_PLEF}{c_{26} \cdot V_CCF + c_{27}} \right)^{c_{28}}} \quad (6-33)$$

$$\text{其中, } V_AIRF = \frac{\sum_{i=1}^{V_NDF} V_IRpF_i}{V_NDF}, \quad V_IR = \frac{V_NDF}{V_TNF}$$

观看体验的会话评分是根据当前实时评分和上一时刻的会话评分，通过 α 滤波函数计算当前会话评分， α 滤波系数受实时采样片段时长和已播放时长影响。具体公式如下：

$$Qv_BLSession_n = \alpha \cdot Qv_BLSession_{n-1} + (1 - \alpha) \cdot Qv_BLInstant \quad (6-34)$$

$$Qv_BLSession = \alpha_5 \cdot \exp(\beta_5 \cdot BlockingRatio) + \alpha_6 \cdot \exp(\beta_6 \cdot BlockingRatio) \quad (6-35)$$

$$BlockingRatio = BlovkingTimeRatio \cdot BlockingAreaRatio \quad (6-36)$$

6.2.4.2 点播观看体验质量

该部分衡量点播中基于卡顿事件的观看体验质量，可以定义为关键性能指标（卡顿）的函数映射关系如下。

$$Qv = f(Frequency, totalLength, Interval, T) \quad (6-37)$$

基于卡顿指标的点播观看体验质量最终得分为：

$$Qv_STInstant = 1 + 4 \cdot QStalling \quad (6-38)$$

其中 $QStalling$ 表示衡量卡顿事件的性能指标：

$$QStalling = \exp\left(-\frac{Frequency}{c_1}\right) * \exp\left(-\frac{totalLength}{T * c_2}\right) * \exp\left(-\frac{Interval}{T * c_3}\right) \quad (6-39)$$

其中 $Frequency$ 表示卡顿总次数， $totalLength$ 表示卡顿总时长， $duration$ 为每次卡顿时间长度之和。 $Interval$ 表示多次缓冲情况下，缓冲间隔的平均值。只有多于一个重缓冲事件发生（ $Frequency > 1$ ）时才使用，否则取值为 0。 T 为播放总时长。

观看体验的会话评分是根据当前实时评分和上一时刻的会话评分，通过 α 滤波函数计算当前会话评分， α 滤波系数受实时采样片段时长和已播放时长影响。具体公式如下：

$$Qv_VodSession_n = \alpha \cdot Qv_VodSession_{n-1} + (1 - \alpha) \cdot Qv_VodInstant \quad (6-40)$$

$$Qv_VodSession = \alpha_7 \cdot \exp(\beta_7 \cdot StallingRatio) + \alpha_8 \cdot \exp(\beta_8 \cdot StallingRatio) \quad (6-41)$$

$$StallingRatio = totalLength / T \quad (6-42)$$