



Cloud VR 用户体验与评测白皮书

前言

2018年，随着全球首个运营级Cloud VR业务的试商用发布，标志着Cloud VR产业发展的战略窗口期已经到来。但同时我们也注意到，业务系统的快速集成验收、产品与解决方案的规范化和标准化、以及用户体验需求的满足情况，都将作为影响Cloud VR业务进一步发展和规模商用的关键问题。

本文面向产业发布首个Cloud VR用户体验与评测白皮书，它以Cloud VR典型应用场景为基础，提取了Cloud VR业务解决方案的关键处理流程，初步定义并分解了Cloud VR用户体验的关键影响因素，明确了现阶段Cloud VR业务组件的功能与性能要求。希望能借此和大家一起探讨，共同推动Cloud VR产业的标准化进程，为运营商快速拓展Cloud VR业务、保障用户体验质量，提供切实可行的帮助。



目录

01	研究目的	03
02	研究思路	05
03	Cloud VR应用场景与解决方案	07
	3.1 Cloud VR系统的核心组件	08
	3.2 提取影响Cloud VR用户体验的关键业务处理流程	09
04	Cloud VR用户体验模型	13
	4.1 基于用户调研提炼Cloud VR用户体验的关键需求	14
	4.2 借鉴VR体验研究成果对Cloud VR用户体验建模	15
05	Cloud VR业务评测基线	21
	5.1 Cloud VR用户体验需求与评测项目的映射关系	22
	5.2 Cloud VR强交互业务	23
	5.3 Cloud VR视频类业务	28
06	附录	33

01

研究目的



降低 Cloud VR 方案集成、验收和演进复杂度

在 Cloud VR 商用交付过程中,仍存在因为各厂家产品规格和实现方式不一致,导致项目进度和用户体验受影响的情况,急需建立一套明确的产品准入门槛和业务验收标准。

明确 Cloud VR 各组件要求,推动产业标准化进程

目前虚拟现实领域的关键技术已经逐渐成熟,产业也进入了初期快速发展阶段,但 Cloud VR 业务的进一步发展和规模商用仍需要统一的产品与解决方案标准来进行保障。

实现 Cloud VR 业务评测,保障用户体验质量

随着Cloud VR理念的不断渗透,产业链的持续完善,普通用户的体验需求也被逐渐唤醒,人们对Cloud VR业务的新鲜感和好奇心必将转变为对内容呈现和操作响应质量的极致体验追求。如何评价和保障用户体验质量,也将是影响Cloud VR业务发展和规模商用的关键因素之一。

本文对Cloud VR业务的关键技术实现和用户体验需求进行了较为深入的研究,希望能为运营商和产业伙伴在规范业务体验要素和产品性能需求方面提供参考和指导,共同促进产业的开放和发展。

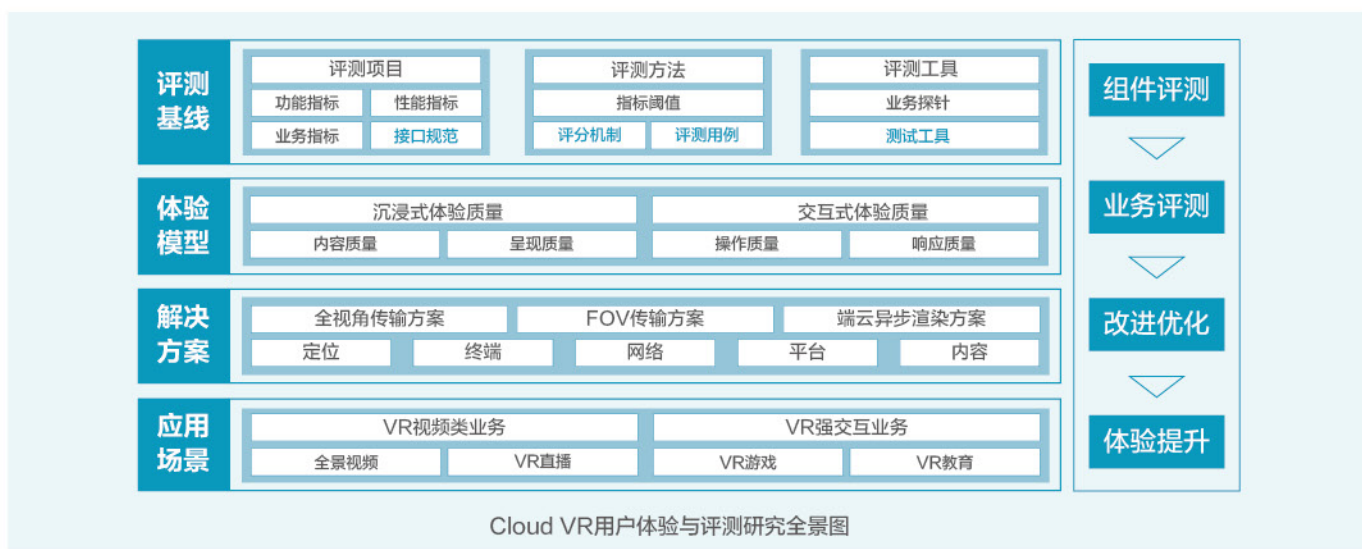
02

研究思路



本文以Cloud VR典型应用场景为基础，提取了Cloud VR业务解决方案中影响用户体验的关键处理流程，针对性地分析了用户调研和回访数据，参与并借鉴了行业组织在VR用户体验评价方面的研究成果，最终将一些关键的Cloud VR业务体验需求分解和映射到了各个具体的功能组件和模块中。并在此基础上，结合产业发展情况、实验室测试结果和项目交付经验，整理得到了一些具体可操作的评测指标、工具与方法。

未来，通过对这些组件和业务指标的量化评测与改进优化，我们希望能达到提升用户体验质量，指导项目集成验收和牵引产业规范化发展的目的。



应用场景：根据用户与虚拟环境之间的交互需求，Cloud VR业务可分为强交互类业务和视频类业务。其中，强交互类业务允许用户与云端应用之间进行较为复杂的实时互动，典型的场景有游戏和教育。而视频类业务一般只满足用户的环视需求，点播类全景视频和VR直播是其典型应用。这两类业务在各自发展过程中又孵化出了差异化的解决方案。

解决方案：Cloud VR强交互业务通过端云异步渲染的方式来缓解晕动症问题。而Cloud VR视频类业务为了降低对网络传输带宽和终端解码性能的需求，在全视角传输方案的基础上又发展出了FOV传输方案。所有方案的正常运行都离不开内容、平台、网络和终端等关键组件的相互配合。

体验模型：Cloud VR用户体验评价模型中将用户体验需求归纳划分为沉浸式体验需求和交互式体验需求两大类，重点关注内容、呈现质量和操作、响应质量。

评测基线：完整的Cloud VR业务评测基线将包含具体可量化的业务和组件规格、接口规范、以及评测这些项目所需要的工具和方法。

VR OpenLab定义了Cloud VR发展的三个阶段：起步阶段、舒适体验阶段和理想体验阶段。每个阶段都有各自对应的应用场景、解决方案和用户体验需求，Cloud VR评测基线也需要随着产业的发展而持续演进。

说明：

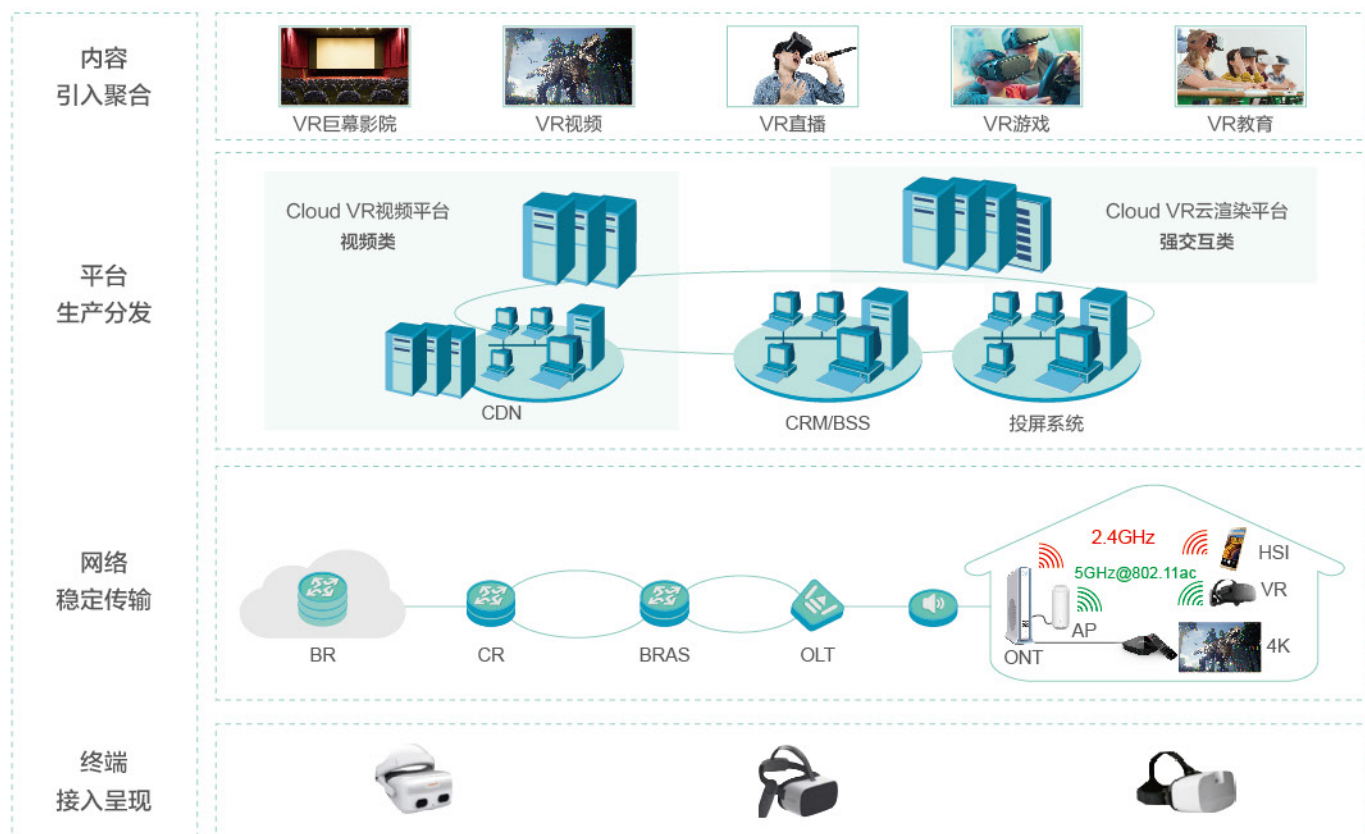
本文的研究对象主要针对黑色字体部分，蓝色字体部分计划在后继版本中进行补充和完善。

03

Cloud VR应用场景 与解决方案



3.1 Cloud VR系统的核心组件



Cloud VR业务解决方案系统架构图

如上图所示，Cloud VR 业务解决方案主要包含以下系统组件：

内容：负责向业务平台提供符合特定场景、特定要求的高质量内容，目前 Cloud VR 的内容主要有全景视频、直播、游戏和教育等。

平台：根据业务场景的不同可划分为 Cloud VR 视频平台和 Cloud VR 云渲染平台。其中，Cloud VR 视频平台主要负责 VR 视频的导入、转码、存储和分发工作，系统结构与运营商的 IPTV、OTT 视频平台类似，有较多组件可以复用。而 Cloud VR 云渲染平台主要负责对游戏和教育场景中的用户操作指令进行计算渲染和编码流化。

网络：包含骨干网、城域网、接入网和家庭网络四部分，负责为 Cloud VR 业务提供大带宽、低时延的稳定传输。基于 Wi-Fi 承载的家庭网络是现阶段 Cloud VR 业务面临的关键挑战。

终端：负责 Cloud VR 的业务接入、用户鉴权、内容呈现和空间定位等工作。需要注意的是目前大部分一体机终端都只提供 3DOF 空间定位能力，需要通过增加定位套件的方式才能支持 6DOF 空间定位，在具体评测时需要分开。

3.2 提取影响Cloud VR用户体验的关键业务处理流程

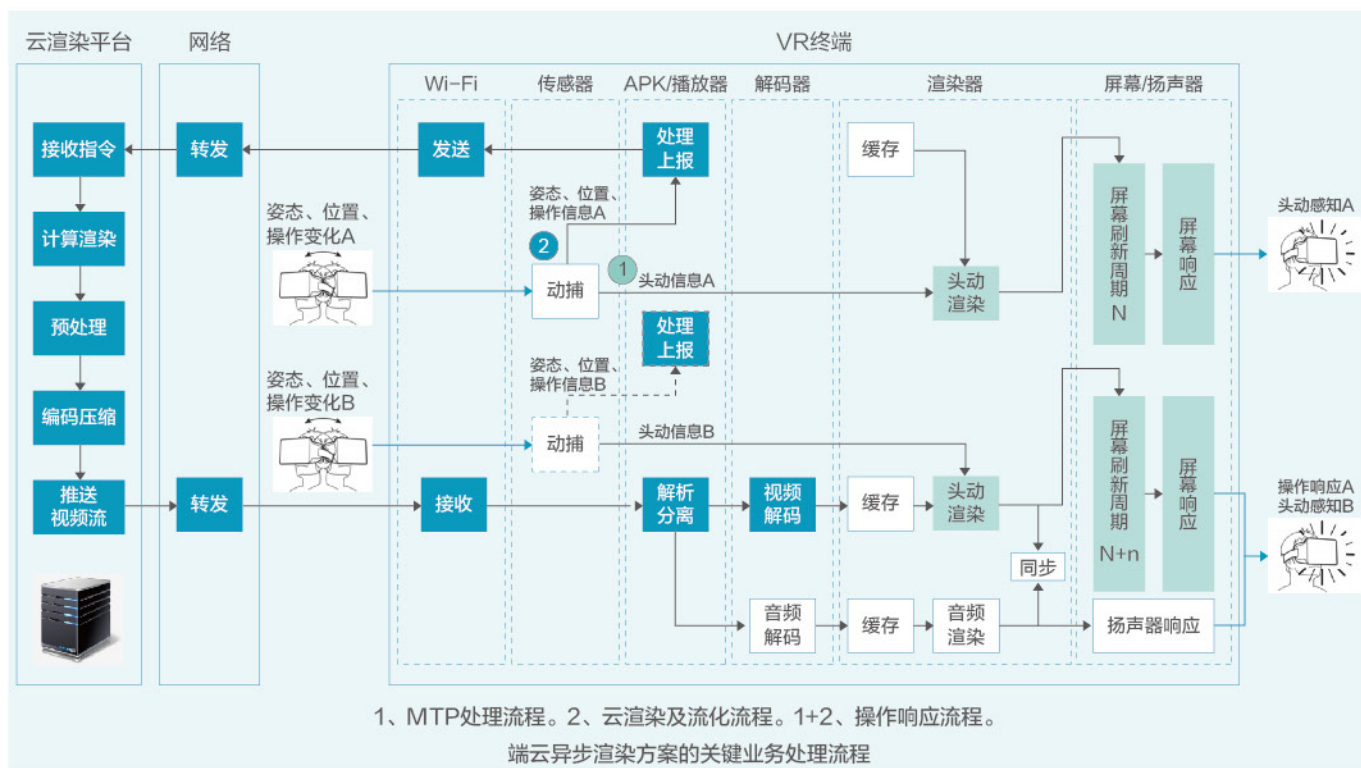
不同的应用场景和解决方案，会面临不同的现实问题，产生差异化的体验效果。所以在本文中，我们会针对不同的应用场景和解决方案进行独立的分析，提取其中影响用户体验的关键业务处理流程。

3.2.1 Cloud VR强交互业务

Cloud VR强交互业务允许用户通过终端传感器与云端应用进行较为复杂地实时互动，云端应用在对交互指令进行计算、渲染和压缩编码后，再通过视频流的方式将响应画面回传到终端进行解码和显示。

端云异步渲染方案

晕动症和滞后感是所有Cloud VR强交互业务都要面对的现实问题，端云异步渲染方案在缓解晕动症的同时又引入了黑边拖影的现象，相关的业务处理流程如下图所示：

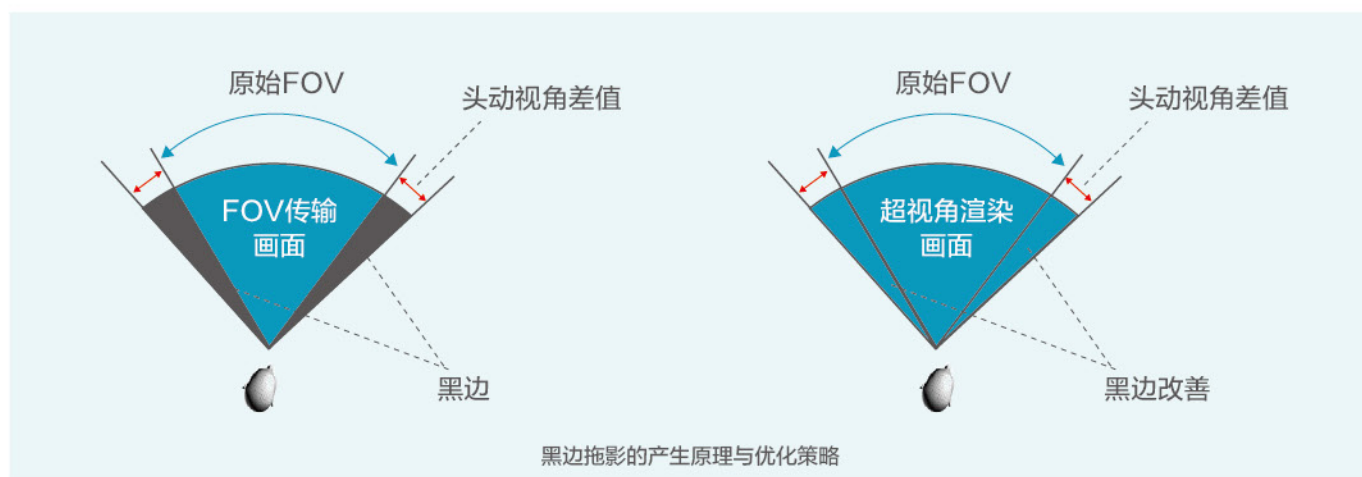


晕动症：头动感知（MTP）延时是指从用户头部姿态或位置变化到终端显示画面出现相应变化的时间差，业界主流观点认为当MTP延时小于20ms时就能大幅减少晕动症的发生。传统方案完全依赖云端渲染来完成对终端显示画面的刷新，无法满足这

一要求。端云异步渲染方案通过引入异步时间和空间扭曲技术，该技术能根据用户头部的姿态或位置的变化对前序画面进行预测调整和插帧处理（头动渲染），使得MTP处理流程在终端内部就能完成，不再依赖于云渲染流化流程，最终达到了降低用户眩晕感的目的。云渲染流化是指从终端上报指令，到云端计算渲染、编码、推流，再到终端接收并解码的过程，是Cloud VR相对于本地VR在业务处理过程中引入的额外步骤。

响应滞后：在Cloud VR游戏、教育等强交互应用中，当用户走动、转动头盔、扣动扳机或挥动手柄时，都希望能从视觉和听觉上获得快速响应，如果延迟偏大就会让用户产生迟滞感。参考多数在线射击游戏的操作经验，对大部分人来说，当操作响应时延控制在100ms以内时，用户的感知一般就是即时的。从处理流程上来看，操作响应在云渲染流化的基础上，增加了动作捕捉和渲染显示过程，未来可以从这几个方向着手进行优化。

黑边拖影：端云异步渲染方案引入了异步时间扭曲技术，该技术能根据用户头部转动信息对前序图像进行预测和偏移处理，但无法凭空生成新的画面内容，所以当用户快速转动头部时，视域中超出原画面内容的部分会显示为黑边或拖影，转动速度越快或云渲染流化时延越大，黑边拖影的现象就会越明显。当前改善黑边拖影现象的方法之一是进行超视角渲染，但这会消耗更多的端到端系统资源。



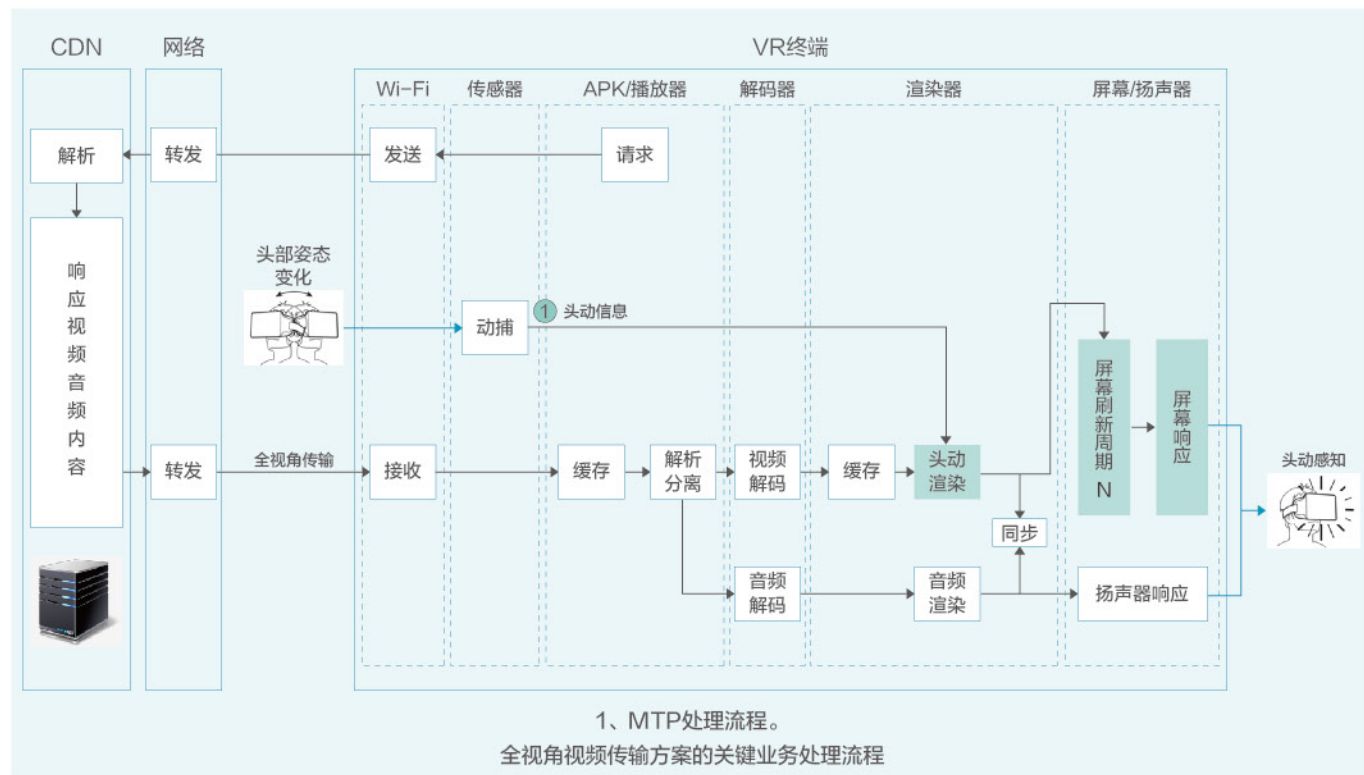
改善黑边拖影现象的另一种方法是控制和优化云渲染流化时延。从当前业务探针的实测结果来看，云渲染流化时延基本都能控制在70ms左右，黑边拖影现象在可接受的范围内，未来将进一步优化到30~50ms以内。

▶ 3.2.2 Cloud VR视频类业务

点播类全景视频和VR直播是Cloud VR视频类业务的典型应用场景，根据传输方式和内容的不同又可以分为全视角传输方案和FOV传输方案。

► 全视角视频传输方案

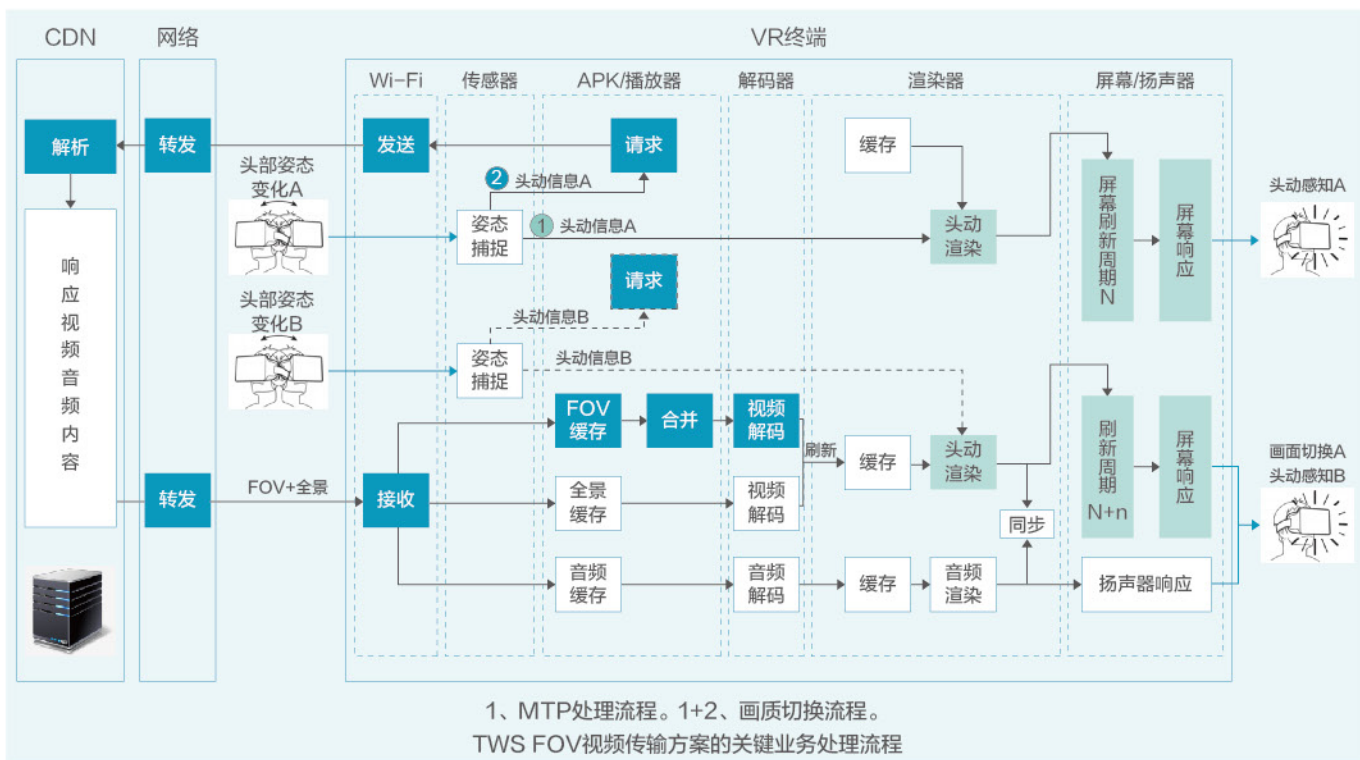
全视角传输方案在Cloud VR视频类业务的起步阶段被广泛采用。如下图所示，在该方案中云端会先将180/360度视频内容全部都推送给终端，再由终端负责去再跟踪用户头部姿态的变化，实时解析、渲染和显示已经缓存在本地的音视频数据。过程中除了要满足MTP时延要求外，和普通OTT视频的业务处理方式没有任何区别，带宽不足导致的播放卡顿现象也是该方案所面临的主要问题。



除实现原理简单外，该方案的优势还体现在用户无论在任意时刻切换视角都能有同等质量的画面呈现效果，但代价是云端需要传输一些落在用户视域外本不必要的冗余内容，终端也必须具备和全视角内容同等分辨率和码率的解码能力。目前大部分VR终端都只具备4K全景视频的硬解码能力，仅少部分VR终端具备8K全景视频的硬解码能力。

► FOV视频传输方案

随着视频分辨率、帧率和码率的不断提升，如果继续使用全视角传输方案势必会对网络传输带宽和终端解码性能提出更高要求，于是就发展出了可以基于用户视角变化进行有差别传输的FOV传输方案，该方案按需传输、部分解码，可以有效支撑8K、16K等全景视频业务的开展，但相应地也增加了业务处理流程上的复杂度，同时引入的还有画质切换滞后带来的体验问题，相关的业务处理流程如下图所示：



画质切换滞后：以华为TWS FOV传输方案为例，经过特殊编码后的视频源文件会被分割成多个tile分片进行存储，每个tile分片对应不同的高清视角区域。当用户头部姿态出现变化时，云端会根据终端上报的信息，选择与用户视角区域相对应的高质量分片内容进行响应，同时响应的还有一个较低质量的全视角视频内容；终端在收到云端推送的高质量内容之前，会先用低质量全景内容来进行填补，直到高质量分片内容到达后，再对低质量部分进行替换和拼接。在这个过程中，如果高质量内容分片的更新时间过长超过了200ms，用户就可能会看到明显的低质量画面，影响观看体验。



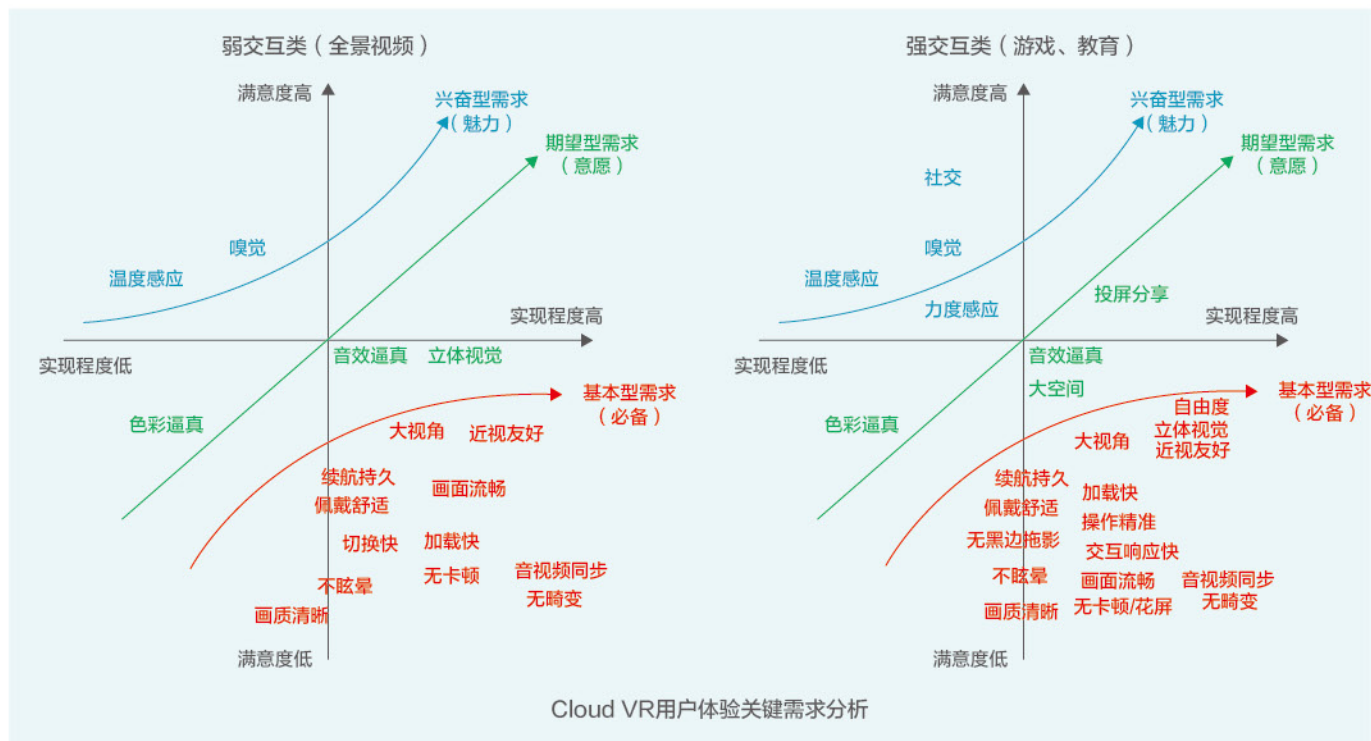
04

Cloud VR用户 体验模型



4.1 基于用户调研提炼Cloud VR用户体验的关键需求

VR OpenLab在对外展会和实验室接待的总用户数超过30000+，过程中也例行发放了一些用户调查问卷，在使用KANO模型对其中最具有代表性的300+份数据进行整理和分析后，得到的Cloud VR业务用户体验关键需求如下图所示：



KANO模型最早由东京理工大学教授狩野纪昭 (Noriaki Kano) 在1984年确立，是业界针对用户需求进行分类和排序的常用手段。

▲ 其中，基本型需求又被称为必备型需求，是用户对厂家提供的VR用户体验要素的基本要求，是用户认为VR业务“必须有”的特性。当特性不满足时，用户会很不满意，而当特性满足时，用户也可能不会表现出满意，比如：画质清晰、播放流畅、响应快速、不眩晕、无黑边、无畸变等。

▲ 期望型需求不像基本型需求那样苛刻，它不是VR业务必须有的属性，但却是用户希望得到的，是竞争对手或者厂家自身都可能关注的需求，也是体现竞争能力的需求，比如投屏分享、逼真色彩、空间音频等。

▲ 魅力型需求是指现阶段不会被用户过分期望的需求，即使当前不满足，用户也不会因而表现出明显的不满意。比如：VR的嗅觉感应和温度感应等，即使现在什么气味都闻不到，大家也能理解，因为不属于当前阶段主流技术能实现的。

在采用KANO模型分析后，我们发现大部分的用户体验关键因子跟我们理解一致，基本型需求和期望型需求将是我们重点研究、评测的对象。

4.2 借鉴VR体验研究成果对Cloud VR用户体验建模

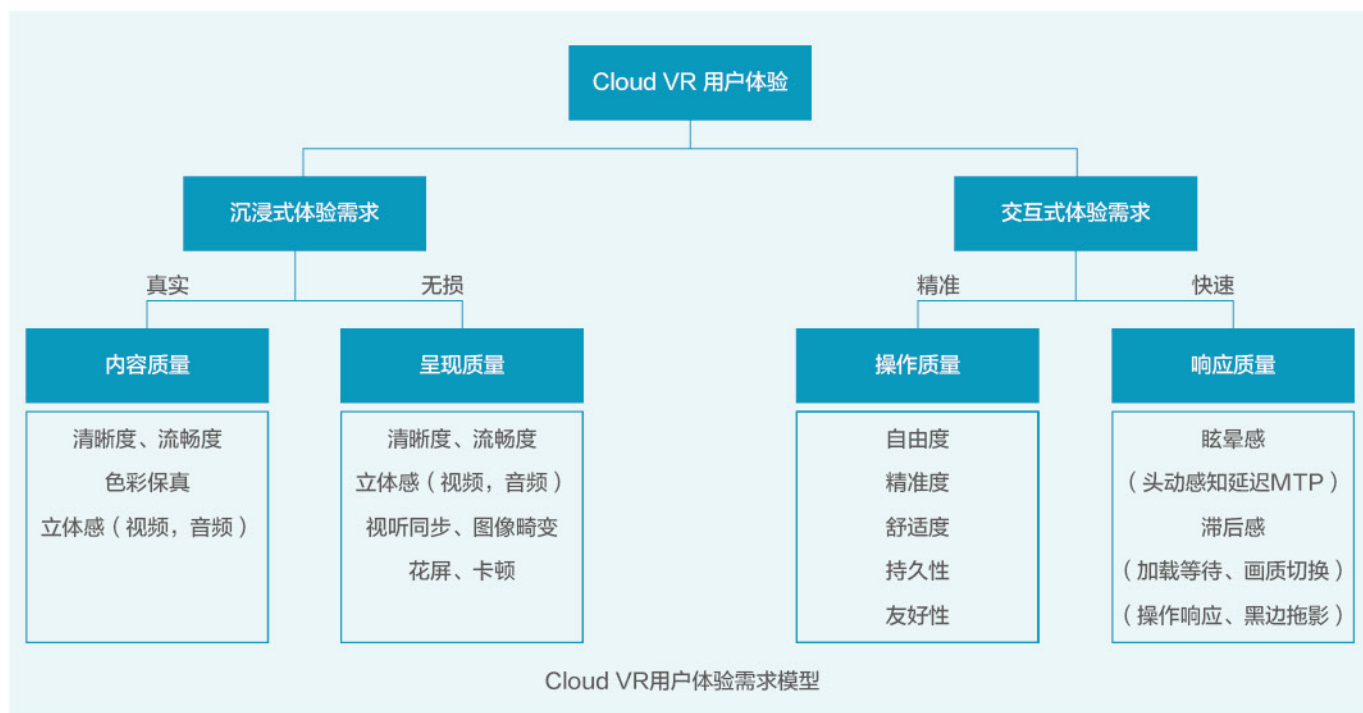
除例行收集用户反馈数据外，我们也积极地参与到一些行业组织中，从事一些与VR用户体验研究相关的工作，过程中也取得了一些成果：比如：2017年1月19日，在日内瓦召开的ITU-T SG12全体会议上，由华为网络研究部和华为iLab代表华为公司发起的QoE for VR(Quality of Experience for Virtual Reality)工作立项提案经全会讨论立项通过；我们还同时参与国内视频产业联盟针对VR体验标准的研究。

在此研究基础上，我们建议将Cloud VR用户体验需求归纳为沉浸式体验需求和交互式体验需求两大类。基于这两类需求，从内容质量、呈现质量、操作质量、响应质量四个维度，提炼出用户体验的关键需求。

▲ 沉浸式体验需求侧重于用户在使用VR设备时通过自身视听系统所感知的内容质量，未来还将进一步延伸到嗅觉、力度感应和温度感应等维度，体验过程中可能会受到终端和网络的双重影响。

▲ 交互式体验需求则重点关注用户各感官系统在体验过程中所获取信息在空间和时间上的匹配情况，定位精度和响应速度是其核心问题。

整理后的Cloud VR用户体验需求模型如下图所示：

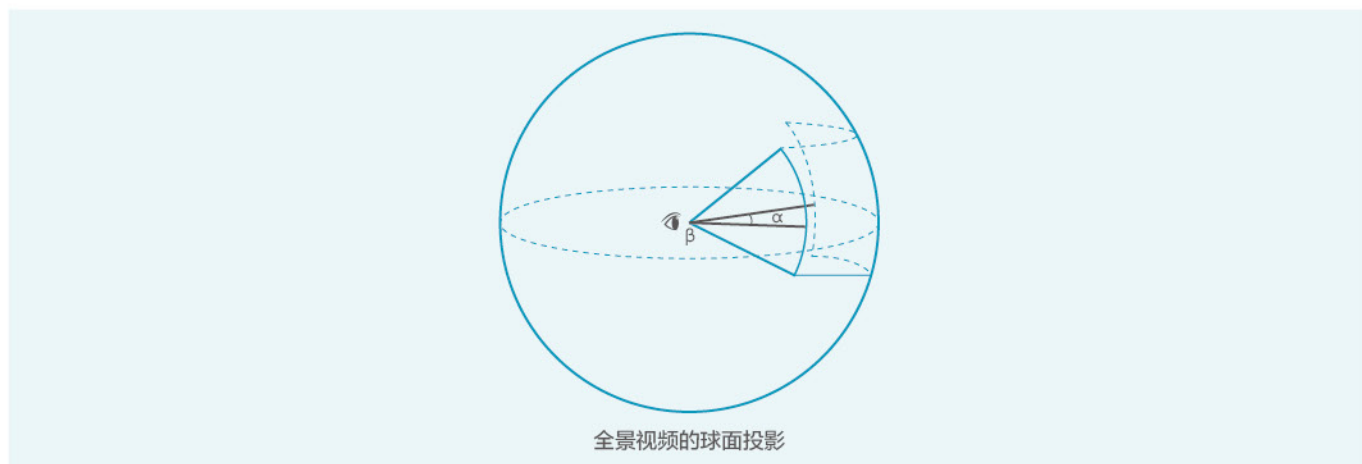


4.2.1 沉浸式体验需求定义与分解

清晰度

画面不清晰是现阶段Cloud VR用户反馈最多的问题，它由用户视觉区域内视频像素点的数量和质量决定，主要影响因素包括：内容分辨率、编码方式、终端分辨率、解码能力和视场角等。

- ▲ 内容分辨率不足是影响当前全景视频清晰度的主要原因。
- ▲ 终端屏幕分辨率不足则是限制渲染画面清晰度的主要原因。
- ▲ 当分辨率不足时，终端视场角也不是越大越好，因为视场角越大，单位角度内像素点数量PPD反而越少，清晰度也就越低，容易产生纱窗效应。
- ▲ 由于码率决定了每像素的平均比特数，因此在人眼可以感知的范围内，一般码率越大，清晰度也会越高。



全景视频是VR视频的主要表现形式，VR终端在播放时会先把所有像素点都投影到一个球面上，然后再把用户视角区域内的内容摘选出来在屏幕上显示。由于全景视频的宽高比例一般是2:1，以目前主流的4K全景视频为例，其分辨率大致为3840x1920，同时假设VR头盔的视场角为90度，那么最终在屏幕上显示的原始图像分辨率就只剩下960x960，折算成单位角度内像素密度PPD在10~11左右，仅相当于普通视频240P的观看效果。未来，8K内容的增多能在一定程度上改善画面清晰度的问题，但也会对终端屏幕的分辨率提出更高要求，具体可参考下表。

VR 全景视频分辨率	VR 单眼分辨率	相当于 TV 的分辨率
4K	1K	240P
8K	2K	480P
16K	4K	960P

流畅度

帧率决定了视频和游戏画面的流畅程度。其中，视频帧率主要由内容源决定，研究表明人眼能明显识别视频是否流畅的帧率边界是 24FPS，几乎所有的 VR 视频都能满足这一要求。而游戏的图像生成原理与视频不同，视频画面多是经过拍摄的实际场景，曝光后的画面中包含了物体的运动信息，而游戏画面完全由显卡渲染生成，画面中没有物体的运动轨迹信息。因此要想获得相同的观看流畅度，游戏对渲染帧率的要求会比视频高很多。除此之外，画面显示的流畅度和终端屏幕的刷新率也存在直接关系，因为数字画面与玩家直接的视觉感官之间，还需要通过显示器来进行传递。屏幕刷新率是指显示器每秒钟从 GPU 获取图像进行显示的次数。



色彩保真

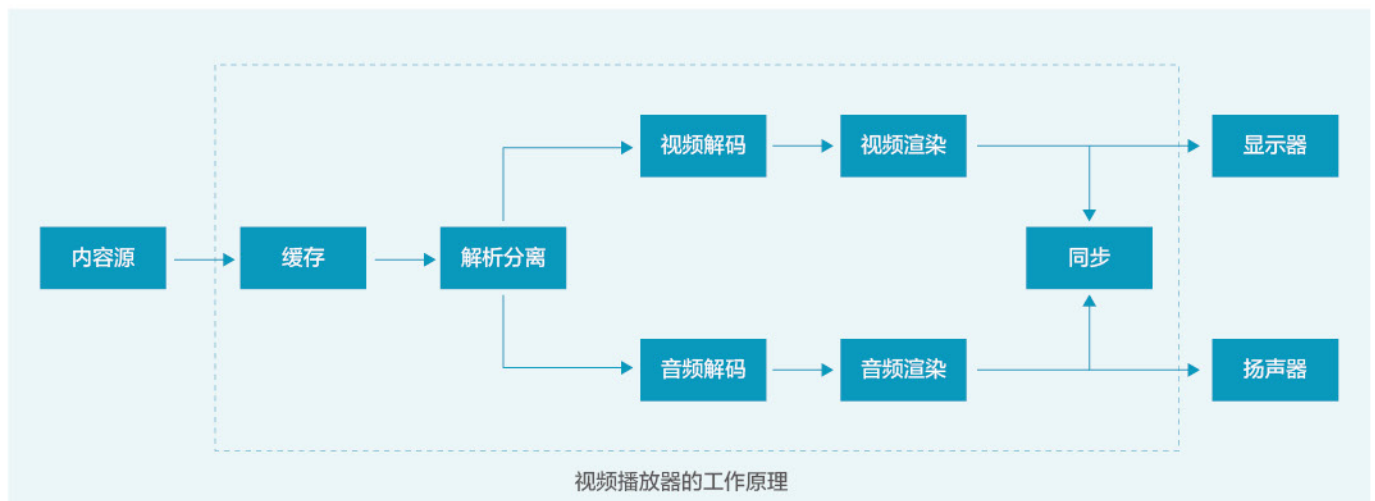
单位像素点中用于存储颜色信息的位数（色深）越多，就越能还原出真实的色彩、细腻的画面和完整的明暗细节。但是色彩保真效果以画面清晰度为前提，在清晰度没有得到明显改善之前，提升色深的意义不大，短期内视频按 8bit 要求就可以了。

立体感

VR 应用常被用来构造和还原三维立体空间。其中，视觉上的立体效果一般通过为左右眼提供存在双眼视差的图像内容来实现，而听觉上的立体效果则是通过控制录制时的音源数量和回放时的扬声器数量来实现，双声道是起码的要求。

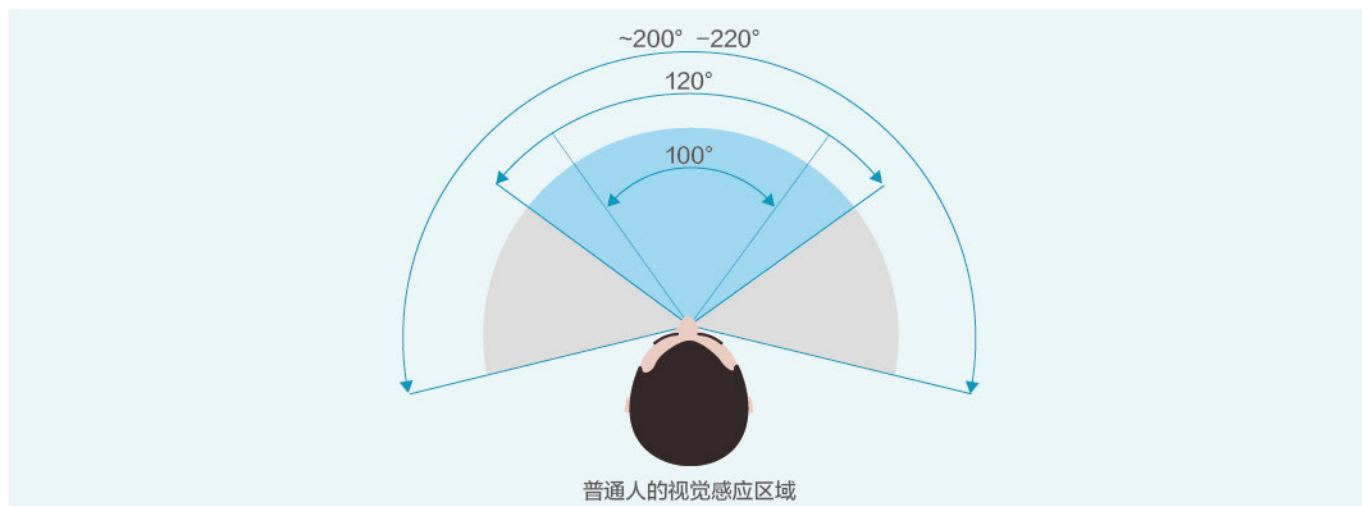
视听同步

播放器在处理多媒体内容时，需要将视频和音频数据分离，进行独立解码和渲染。如果从多媒体文件中分离出的音视频数据不同步，就会导致视觉和听觉感官上的一致，这是用户无法忍受的，必须要引入同步机制。

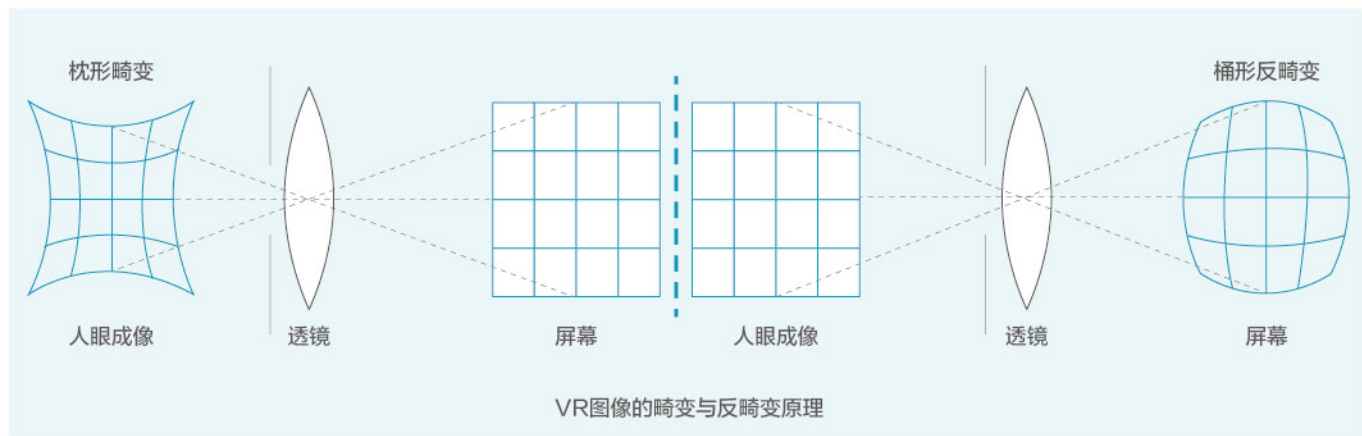


图像畸变

在现实世界中，正常人的双眼横向总视角约为 200~220 度，中间有 120 度左右属于双眼视觉重叠区域，成像较为清晰。当设备视场角小于人眼视场角时，会导致用户感觉自己在通过一个“窗口”进行观察，而非置身于虚拟环境中，导致用户沉浸感下降。



为了让VR设备呈现的画面更符合人体的构造和行为习惯来保障用户体验的沉浸感，目前大部分VR终端都通过增加透镜的方式来增大观看视场角，但这是有代价的，因为如果不对源图像做任何处理通常会在观看时出现“枕型”畸变的效果。目前主流的解决方法是对源图像使用“桶形”反畸变。



花屏/卡顿

网络传输过程中，特别是在Wi-Fi空口传输过程中引入的视频数据损伤是引起Cloud VR业务花屏和卡顿的主要原因。点播类视频业务一般通过TCP协议承载，在观看过程中，当网络下载数据总量（通量）无法赶上视频的播放速度（码率）时就会导致缓冲区内容耗尽，出现播放卡顿需要缓冲的情况。而组播视频和游戏业务主要通过UDP协议承载，根据解码器对帧数据丢失处理机制的不同，现象可能是卡顿也可能是花屏。比如：当解码器采用冻结机制时，遇到帧数据丢失就会冻结住画面，直到下一个完整的I帧到达后再继续播放，用户侧主要表现为卡顿；而当解码器采用忽略机制时，会忽略帧数据丢失继续解码，用户侧主要表现为花屏。

4.2.2 交互式体验需求定义与分解

自由度

自由度 (DOF) 是指物体在空间中的基本运动方式, 总共有6种, 任何运动都可以被分解成这6种运动方式的组合。这6种基本运动方式又可以分为两大类: 位移和旋转。其中, 位移包括前后移动、左右移动和上下移动; 旋转包括前后翻转、左右摇摆以及水平转动。目前市面上的3DOF终端都只能支持旋转运动, 而6DOF终端可以同时支持旋转和位移运动。3DOF终端已经能满足用户360度环视观影需求, 6DOF终端还能支持用户在虚拟空间中的正常移动, 满足一些强交互场景需求。

精准度

虚拟世界是对真实世界的模拟, 要想在虚拟世界中获得准确的映射和响应, 必须要先准确地获取用户在现实世界中的位置和动作信息。目前, 通过使用惯性测量单元 IMU (通常包含陀螺仪、加速度计和磁力计) 来追踪物体旋转运动的技术已经非常成熟, 被广泛应用在各种 VR 终端上。其它一些用于解决位移运动测量的技术也有很多, 比如: 激光定位技术, 红外定位技术、超声波定位技术和图像识别定位技术等。这些空间定位技术中有部分需要外部传感设备支持的又被称为外向内追踪技术 (Outside-in Tracking), 其特点是技术相对成熟, 精度较高, 但往往只能限定在一个固定区域内使用。与之相对应的是内向外出追踪技术 (Inside-out Tracking), 内向外出追踪技术不需任何外部传感器, 由头显通过内置深度摄像头去检测环境的变化, 再通过特定算法来反向计算出自身的运动轨迹, 它对终端的处理性能要求较高, 定位精度略低, 但活动范围更大, 受遮挡影响较少, 比较适合移动场景。

	Outside-in Tracking	Inside-out Tracking
动捕精度	精度高	略低
处理延时	相对小一些	有一定时延
外置传感	需要	不需要
移动范围	受传感器覆盖限制	不受限
终端成本	一般	较高
遮挡影响	易受影响	不受影响

为兼顾性能与成本, 一方面使用外挂方式的 Outside-in Tracking 方案在短期内可能会是家用场景中的主流; 另一方面 VR 终端厂家大多会采用多种定位手段相结合的方式来实现 6 自由度运动的定位与追踪。

舒适性

VR显示设备需要由用户佩戴使用, 为保障体验过程中的舒适性, 在设计时需要考虑以下几点: 重量、尺寸、散热、贴合度、透气性以及近距离的友好性。

持久性

在对现网用户的使用习惯进行分析后, 我们发现巨幕影院和游戏是目前最受欢迎的业务场景。其中, 一部巨幕电影的片长大概在2~3个小时左右; 而户均单次游戏时长一般在1个小时左右。由于VR终端的电池一般都不拆卸, 头显、手柄和定位器的续航能力都倍受用户关注。

友好性

为了满足部分近视用户的使用需求，目前大部分VR设备或自带物距调节功能或允许在佩戴头显的同时佩戴眼镜。其中，物距调节主要通过调节屏幕和眼睛的距离来实现，大多可兼容0-600度左右的近视。

眩晕感

晕动症是由于用户在视觉上观察的状态和前庭系统感知的运动状态不一致所引发的症状，在VR体验过程中主要有以下两种情况：1) 用户头部静止，但显示的画面在变化。这种情况和晕车、晕船类似，只能通过后天的锻炼来适应和克服；2) 用户头部在动，但显示的画面却因为没有及时刷新，迟迟看不到变化。头动感知（MTP）延时特指从用户头部姿态变化到终端显示画面出现变化的时间差，当MTP延时过大时就会容易引起眩晕。当前业界主流观点认为当MTP时延低于20ms时就能大幅减少第二类晕动症的发生。在终端引入异步时间扭曲技术之后，过大的动作捕捉时长、过低的屏幕刷新率和过大的屏幕响应时延将成为影响头动感知延时、触发晕动症的主要原因。

滞后感

虚拟现实系统负责将用户在现实世界中的位置和动作信息快速地反馈到虚拟世界中进行映射和响应。如果处理响应时间过长就容易引发迟滞感，影响用户交互体验，具体问题和Cloud VR业务场景和解决方案强相关。

加载等待

在Cloud VR视频应用中，加载等待时长是指从用户点击视频播放按钮到屏幕显示出视频画面的时长。参考普通在线视频的用户操作经验，用户对VR视频的初始缓冲时长一般也会有较高要求，建议在2s以内完成。在Cloud VR游戏应用中，加载等待时长是指从用户点击游戏开始按钮到最终进入游戏画面的时长。从实际操作经验来看，普通Cloud VR游戏加载的时长一般在30~60s之间，相对于PC VR在本地进行游戏程序加载，Cloud VR主要增加了渲染服务器资源的调配、视频编解码和流化传输时间，但这些时间都是以毫秒为单位计量的，对以秒计量的加载时间并不会造成太多影响。相反，在大并发情况下，由于平台系统资源的大量消耗而引起的加载时间变长才是Cloud VR强交互业务需要关注的问题。

黑边拖影

详见Cloud VR强交互业务解决方案。

操作响应

详见Cloud VR强交互业务解决方案。

画质切换

详见FOV视频传输方案。

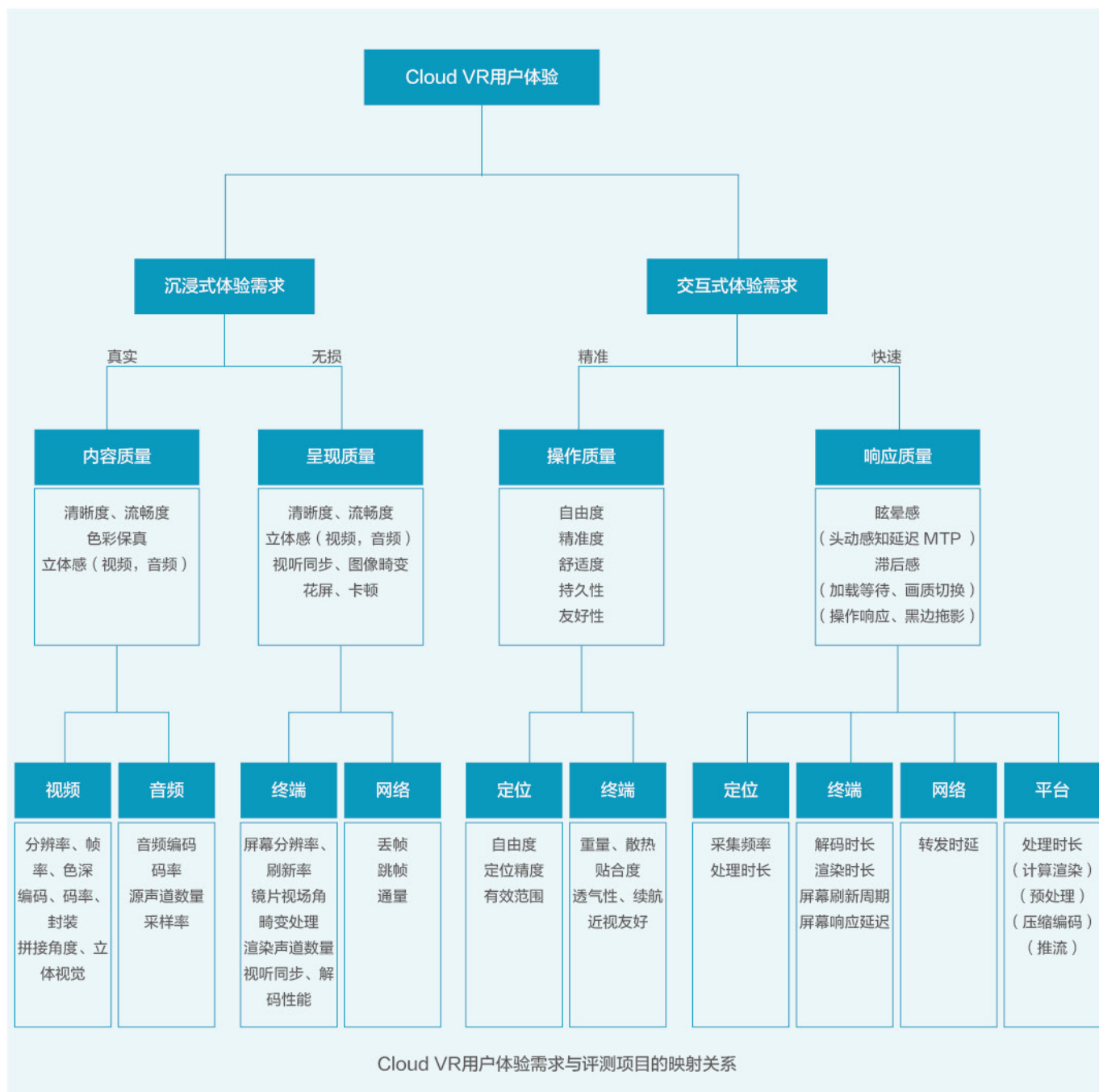
05

Cloud VR 业务评测基线



5.1 Cloud VR用户体验需求与评测项目的映射关系

根据第三、四章节的分析和研究结果，我们将Cloud VR用户体验的关键需求成功地分解和映射到了各个具体的功能组件和模块中，具体如下图所示：



在此基础上，结合当前产业实际发展情况、实验室测试结果和项目交付经验，我们又整理出了一些具体的评测项目、工具和方法。

5.2 Cloud VR强交互业务

5.2.1 端云异步渲染方案评测基线

评测项目

备注：表格中根据对业务的影响程度对指标项做了分档。其中，标注为“一类”的指标要求作为必测项目，标注为“二类”的指标仅需记录，作为参考，不作为强制要求。

组件	模块	指标项	类型	建议
终端	屏幕	屏幕分辨率	一类	≥1440x2x1600-1920 x2 × 2160
		屏幕刷新率	一类	≥90Hz
		屏幕类型	二类	TFT-LCD / OLED
		屏幕尺寸	二类	3.5 inch x 2
	镜头	镜片材质	二类	菲涅尔镜片,PMMA材质
		视场角	一类	≥100-120度
	视频	解码类型	一类	H.264
		解码性能	一类	≥4096x2160 at 60 fps,100 Mbps @H.264
	音频	音频解码（类型）	一类	AAC/AAC+/eAAC+,MP3,AMR/AMR-WB, MIDI, PCM, OGG, FLAC
		渲染声道数	一类	双声道，内置双立体声喇叭
		音视频同步	一类	体验同步，无明显时差
	矫正	畸变矫正	一类	支持，图像无枕型/桶形畸变现象
	舒适性	头盔形态	二类	一体机/分体机
		头盔散热性	一类	散热性能良好，皮肤接触温度不超过40度
		头盔贴合度	一类	贴合度良好，无明显漏光现象
		头盔透气性	一类	透气性良好，不影响用户正常呼吸
		头盔重量（含电池）	一类	≤500g
	续航	电池容量	二类	3500-4000mAh
		续航能力（视频播放）	一类	≥2.5小时
	近视友好	护眼模式	二类	支持低蓝光认证
近视友好性		一类	可佩戴眼镜或自带焦距功能	

终端	性能	头动感知时长 (MTP)	一类	≤20ms
		终端解码时长	一类	≤15ms
		头动渲染时长	一类	≤5.5ms
		屏幕刷新时长	一类	≤11ms (90fps)
		屏幕响应时长	一类	≤5ms
	通信	Wi-Fi	一类	支持2X2 MIMO ,802.11 ac@5GHz
	系统	系统	二类	Android
		版本	二类	7.1-8.1
	硬件	CPU 中央处理器	二类	高通835 / 三星Exynos 8895
		GPU 图形处理器	二类	Adreno540 GPU / ARM Mali G71 MP18
		内存	二类	4G RAM, LPDDR4X , 1866M
		存储	二类	64GB UFS2.1, 支持256GB Micro-SD卡扩展
	定位套件	定位	操作自由度-头盔	一类
操作自由度-手柄			一类	6DOF
位置信息采集方式-头盔			二类	超声波/激光/红外组合定位
位置信息采集方式-手柄			二类	超声波/激光/红外组合定位
位置信息采集精度-头盔			一类	≤2mm
位置信息采集精度-手柄			一类	≤2mm
位置信息采集频率-头盔			一类	≥120Hz
位置信息采集频率-手柄			一类	≥120Hz
姿态信息采集方式-头盔			二类	六轴/九轴姿态传感器
姿态信息采集方式-手柄			二类	六轴/九轴姿态传感器
姿态信息采集精度-头盔			一类	0.0001
姿态信息采集精度-手柄			一类	0.0001
姿态信息采集频率-头盔			一类	≥400Hz
姿态信息采集频率-手柄			一类	≥100Hz
有效使用范围		一类	≥FOV 100度 5m半径	
信号处理		手柄连接方式	二类	2.4G Wi-Fi/蓝牙
		信号传输延迟 (手柄)	一类	≤3ms
		信号处理延迟	一类	≤2ms
续航		容量-基站	二类	1800mAh
		容量-手柄	二类	1000mAh
	续航能力-基站	一类	≥7小时	
	续航能力-手柄	一类	≥2.5小时	
网络	性能	丢包率	一类	≤10E-5
		转发时延	一类	≤15-20ms
		传输带宽	一类	≥50Mbps

平台	视频编码	分辨率	一类	$\geq 1440 \times 2 \times 1600 - 1920 \times 2 \times 2160$
		码率	一类	$\geq 40\text{Mbps}$
		帧率	一类	$\geq 50\text{FPS}$
		编码格式	一类	H.264
		色深	一类	$\geq 8\text{bit}$
		视场角	一类	$\geq 100 - 120\text{度}$
		立体视觉	一类	3D
	音频编码	码率	二类	128kbps
		编码	二类	AAC
		源声道数	二类	双声道
		采样率	二类	48KHz
	性能	平台处理时延	一类	$\leq 30\text{ms}$
		计算渲染时延	二类	-11ms
		预处理时延	二类	-2ms
		压缩编码时延	二类	-15ms
		推流时延	二类	-2ms
	功能	支持用户和系统资源调度	一类	支持用户和资源调度，可以锁定或释放系统资源。
		支持业务程序发布和管理	一类	可控制应用内容的上下线和排版。
		支持渲染编码的参数调节	一类	编码压缩等参数可动态设置和调整。
		支持系统可靠性保护	一类	应用服务器支持链路保护，数据库支持双机备份。
		支持用户信息监控	一类	可查看用户上线时长，资源消耗，用户体验等情况。
		支持平台性能监控	一类	有关于资源过载、系统程序或用户操作异常的告警。
		支持投屏显示	一类	支持机顶盒同屏显示。
	封装	封装协议	二类	TCP/UDP，UDP承载需支持防火墙穿越
	硬件	CPU	二类	22核且主频2.6G Hz或以上
		内存	二类	60GB
		网卡	二类	万兆
显卡		二类	NVIDIA Tesla M60 / Tesla V100	
系统		二类	Window 7 / Window 10	
虚拟平台		二类	Fusion Sphere 6.2 / VMware vsphere 6.7	
业务	体验	程序加载等待时长	一类	应用加载时长不应超过60S
		MTP越限次数	一类	MTP延时若超过20ms，则记为一次越限
		黑边越限次数	一类	黑边若超过5度，则记为一次黑边越限
		花屏次数/时长	一类	解码时逐帧统计受损丢包情况和帧类型
		卡顿次数/时长	一类	相邻有效帧显示间隔若超过50ms，则记为一次卡顿

评测工具

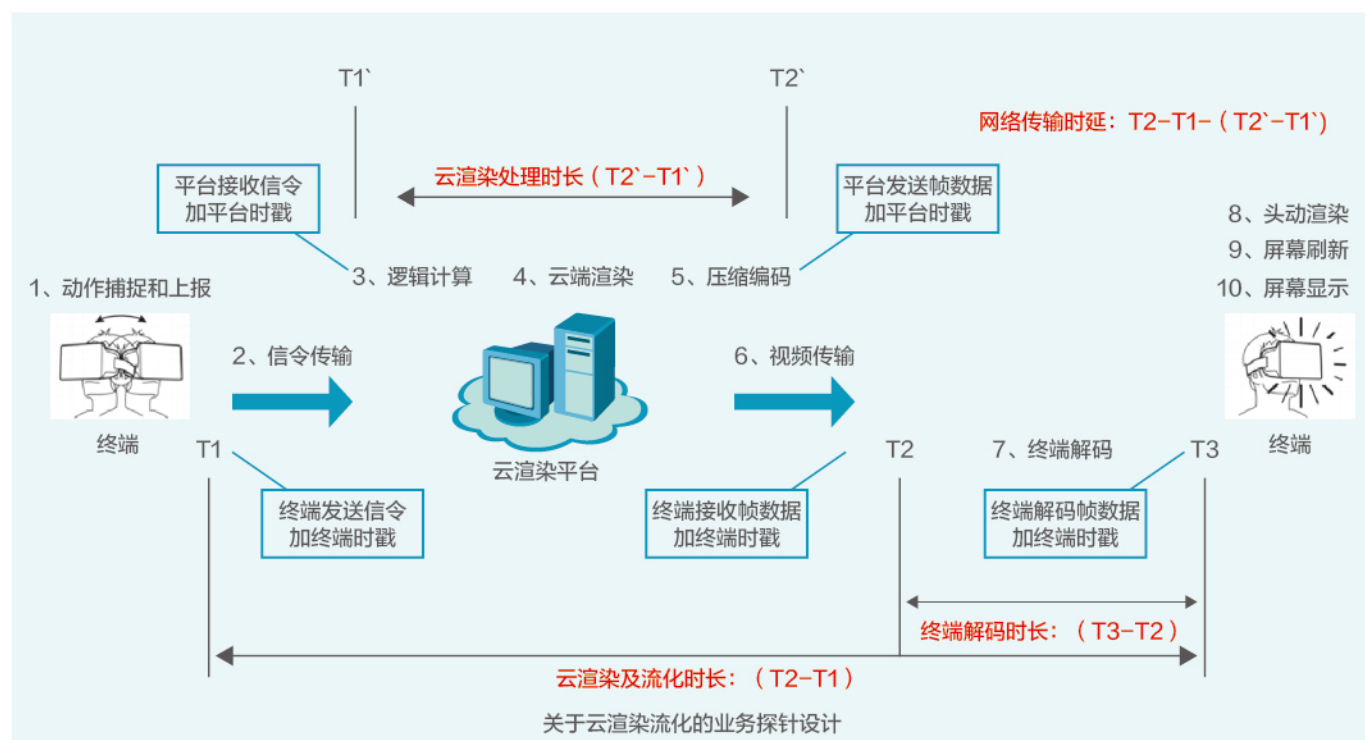
云渲染及流化：是指从终端上报指令，到云端渲染、编码、推流，再到终端接收和解码的过程，是Cloud VR相对于本地VR在业务交互过程中引入的额外处理过程，也是导致黑边拖影和响应滞后的关键原因。在实际评测过程中，主要通过系统打点的方式来进行测量，具体实现方法如下：在终端发送指令时，加打时戳T1；在平台接收指令时，加打时戳T1'；在平台完成数据处理发送帧数据时，加打时戳T2'；在终端接收帧数据时，记录时戳T2，解析时戳T2'、T1'和T1；在终端完成帧数据解码时，记录时戳T3，完成计算并将结果记录在日志中，其中：

云渲染及流化时长= $T3-T1$

云渲染处理时长= $T2'-T1'$

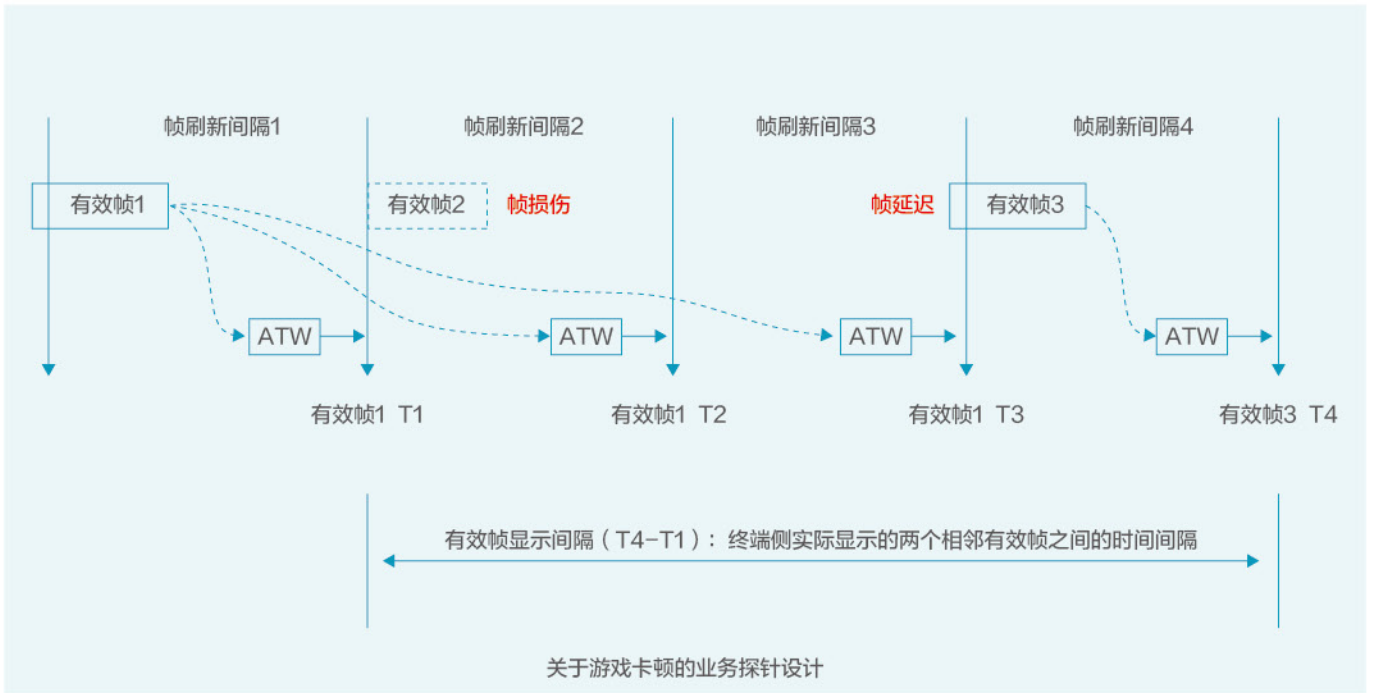
终端解码时长= $T3-T2$

网络传输时长= $T2-T1-(T2'-T1')$



备注：终端发送给平台的指令中包含 $10E-4$ 的高精度视角信息，该信息在整个云渲染及流化过程中会被保留，可作为一次完整交互过程中指令和对应视频帧的统一标识。

卡顿：是指游戏过程中突然出现画面停滞，经过一段时间后又恢复正常的现象。在Cloud VR方案中，导致这一现象的主要原因是网络传输过程中引入的帧丢包与延迟。虽然在端云异步渲染方案中，除云端渲染生成的基础帧外，终端侧也会通过ATW等异步扭曲技术进行本地补帧，来提升或保持最终的显示帧率，但一般认为只有云渲染生成的基础帧才是有效帧，实际体验过程中一些较为明显的游戏画面卡顿也都是由于某个时间段内终端侧收到的有效帧过少而引起的。终端侧只能基于最新的有效帧来进行预测和显示，插入的中间帧与有效帧之间相似度高，无法解决画面滞帧的问题。因此在实际评测时我们会假定：当相邻有效帧显示间隔超过一定时长（比如：50ms）时，则认为云游戏体验过程中出现了一次卡顿，有效帧显示间隔即为单次卡顿时长。



花屏：在使用UDP协议承载的Cloud VR业务中，花屏现象主要来自于帧数据报文的丢失。而且数据包丢失发生在不同的帧类型里，引起的花屏效果也是不同的。I帧数据包的丢失会影响整个GOP的解码，而P帧数据包的丢失会影响它之后的所有P帧直到这个GOP结束。按照影响程度来看，I帧大于P帧。实际评测时，我们会以帧为单位逐帧统计丢包受损情况，同时兼顾帧类型来统计花屏时长。

黑边：由于本地异步扭曲技术只能基于当前画面进行预测处理，并不能凭空生成新的画面内容。所以当头部转动较快时，超出原图像的部分会显示为黑边，该问题理论上可以通过在云端晕染时进行超视角渲染来优化，但实际效果受转头速度和云渲染流化时延的影响，会存在较大的不确定性，需要监测。从实现原理上看黑边实际是异步扭曲时输入的用户视角信息相对于被扭曲帧视角信息的差值，考虑超视角渲染的影响后，计算方法如下：

$$\text{黑边角度} = \text{ATW头动视角} - \text{有效帧视角} - (\text{超视角渲染视场角} - \text{终端视场角}) / 2$$

▶ 评测方法

现阶段主要基于“一类”指标进行逐条评测，所有项目评测通过，则认为组件或模块测试通过。

5.3 Cloud VR视频类业务

5.3.1 全视角视频传输方案评测基线

评测项目

备注：表格中根据对业务的影响程度对指标项做了分档。其中，标注为“一类”的指标要求作为必测项目，标注为“二类”的指标仅需记录，作为参考，不作为强制要求。

组件	模块	指标项	类型	建议
终端	屏幕	屏幕分辨率	一类	≥1440x2x1600-1920 x2 x 2160
		屏幕刷新率	一类	≥90Hz
		屏幕类型	二类	TFT-LCD / OLED
		屏幕尺寸	二类	3.5 inch x 2
	镜头	镜片材质	二类	菲涅尔镜片,PMMA材质
		视场角	一类	≥100-120度
	视频	视频解码 (类型)	一类	H.264、H.265
		解码性能	一类	≥4096x2160 at 60 fps,100 Mbps H.264 (4K H.264) ≥7680x3840 at 30 fps,200 Mbps H.265 (8K H.265)
	音频	音频解码 (类型)	一类	AAC/AAC+/eAAC+,MP3,AMR/AMR-WB, MIDI, PCM, OGG, FLAC
		渲染声道数	一类	双声道, 内置双立体声喇叭
		音视频同步	一类	主观同步, 无明显时差
	定位	自由度-头盔	一类	3DOF
		自由度-手柄	二类	3DOF
		姿态信息采集方式-头盔	一类	六轴/九轴姿态传感器
		姿态信息采集方式-手柄	二类	六轴/九轴姿态传感器
		姿态信息采集精度-头盔	一类	≤0.0001
		姿态信息采集精度-手柄	二类	≤0.0001
		姿态信息采集频率-手柄	一类	≥400Hz
	矫正	畸变矫正	一类	支持, 图像无枕型畸变

终端	舒适性	头盔形态	二类	一体机/分体机
		头盔散热性	一类	散热性能良好，接触温度不超过40度
		头盔贴合度	一类	贴合度良好，无明显漏光现象
		头盔透气性	一类	透气性良好，不影响正常呼吸
		头盔重量（含电池）	一类	≤500g
	续航	电池容量	二类	3500-4000mAh
		续航能力（视频播放）	一类	≥2.5小时
	近视友好	护眼模式	二类	支持低蓝光认证
		近视友好性	一类	可佩戴眼镜或自带焦距功能
	性能	头动感知时延（MTP）	一类	≤20ms
		终端解码时延	一类	≤15ms
		头动渲染时延	一类	≤5.5ms
		屏幕刷新时延	一类	≤11ms (90fps)
		屏幕响应时长	一类	≤5ms
	通信	Wi-Fi	一类	支持2X2 MIMO ,802.11 ac@5G
	系统	系统	二类	Android
		版本	二类	7.1-8.1
	硬件	CPU 中央处理器	二类	高通835（4K）/三星Exynos 8895（4K-8K）
		GPU 图形处理器	二类	Adreno540 GPU / ARM Mali G71 MP18
		内存	二类	4G RAM, LPDDR4X, 1866M
存储		二类	64GB UFS2.1, 支持256GB Micro-SD卡扩展	
网络	性能	丢包率	一类	≤9E-5（4K@H.264） ≤1.7E-5（8K@H.265）
		转发时延	一类	≤20-30ms
		传输带宽	一类	≥60Mbps（4K@H.264） ≥120~180Mbps（8K@H.265）
内容	视频编码	分辨率	一类	3840x1920（4K@H.264） 7680x3840（8K@H.265）
		码率	一类	≥40Mbps（4K@H.264） ≥80-120Mbps（8K@H.265）
		帧率	一类	≥30FPS
		编码格式	一类	4K@H.264、8K@H.265
		色深	一类	≥8bit
		拼接角度	二类	180-360度（表格中参数均基于360度视频给出）
	音频编码	立体视觉	二类	3D/2D
		码率	二类	128kbps
		编码	二类	AAC
		源声道数	二类	双声道
	采样率	二类	48KHz	

内容	封装	封装协议	一类	HLS over TCP
业务	体验	视频加载等待时长	一类	≤2s
		MTP越限次数	一类	MTP延时不能超过20ms, 否则记为一次越限
		卡顿次数	一类	播放过程中出现播放缓存为空, 则记为一次卡顿

▶ 评测工具

卡顿：是指在视频播放过程中，由于网络下载数据总量（通量）无法赶上视频的播放速度（码率）时导致播放缓冲区内容耗尽引起的现象。评测时可以通过播放器监测缓冲区数据量来进行判断。

▶ 评测方法

现阶段主要基于“一类”指标进行逐条评测，所有项目评测通过，则认为组件或模块测试通过。

▶ 5.3.2 FOV视频传输方案评测基线

▶ 评测项目

备注：表格中根据对业务的影响程度对指标项做了分档。其中，标注为“一类”的指标要求作为必测项目，标注为“二类”的指标仅需记录，作为参考，不作为强制要求。

组件	模块	指标项	类型	建议
终端	屏幕	屏幕分辨率	一类	≥1440x2x1600-1920 x2 x 2160
		屏幕刷新率	一类	≥90Hz
		屏幕类型	二类	TFT-LCD / OLED
		屏幕尺寸	二类	3.5 inch x 2
	镜头	镜片材质	二类	菲涅尔镜片, PMMA材质
		视场角	一类	≥100-120度
	视频	视频解码（类型）	一类	H.265
		解码性能	一类	≥4096x2160 at 60 fps, 100 Mbps @H.265

终端	音频	音频解码（类型）	一类	AAC/AAC+/eAAC+,MP3,AMR/AMR-WB, MIDI, PCM, OGG, FLAC
		渲染声道数	一类	双声道，内置双立体声喇叭
		音视频同步	一类	主观同步，无明显时差
	定位	自由度-头盔	一类	3DOF
		自由度-手柄	二类	3DOF
		姿态信息采集方式-头盔	一类	六轴/九轴姿态传感器
		姿态信息采集方式-手柄	二类	六轴/九轴姿态传感器
		姿态信息采集精度-头盔	一类	≤0.0001
		姿态信息采集精度-手柄	二类	≤0.0001
		姿态信息采集频率-头盔	一类	≥400Hz
		姿态信息采集频率-手柄	二类	≥100Hz
	矫正	畸变矫正	一类	支持，图像无枕型畸变
	舒适性	头盔形态	二类	一体机/分体机
		头盔散热性	一类	散热性能良好，皮肤接触温度不超过40度
		头盔贴合度	一类	贴合度良好，无明显漏光现象
		头盔透气性	一类	透气性良好，不影响用户正常呼吸
		头盔重量（含电池）	一类	≤500g
	续航	电池容量	二类	3500-4000mAh
		续航能力（视频播放）	一类	≥2.5小时
	近视友好	护眼模式	二类	支持低蓝光认证
		近视友好性	一类	可佩戴眼镜或自带焦距功能
	性能	头动感知时延（MTP）	一类	≤20ms
		终端解码时延	一类	≤15ms
		头动渲染时延	一类	≤5.5ms
		屏幕刷新时延	一类	≤11ms
		屏幕响应时长	一类	≤5ms
	通信	Wi-Fi	一类	支持2X2 MIMO ,802.11 ac@5G
	系统	系统	二类	Android
		版本	二类	7.1~8.1
	硬件	CPU 中央处理器	二类	高通835 / 三星Exynos 8895
		GPU 图形处理器	二类	Adreno540 GPU / ARM Mali G71 MP18
		内存	二类	4G RAM, LPDDR4X , 1866M
		存储	二类	64GB UFS2.1, 支持256GB Micro-SD卡扩展
网络	性能	丢包率	一类	≤1.7E-5（8K）
		转发时延	一类	≤20ms
		传输带宽	一类	≥90Mbps

内容	FOV 视频	分辨率	一类	7680×3840
		码率	一类	≥40Mbps
		帧率	一类	≥30FPS
		编码格式	一类	H.265
		色深	一类	≥8bit
		立体视觉	二类	2D/3D
	背景 视频	分辨率	一类	3840×1920
		码率	一类	≥6Mbps-15Mbps
		帧率	一类	≥30FPS
		编码格式	一类	H.265
		色深	一类	≥8bit
		拼接角度	二类	180-360度（表格中参数均基于360度视频给出）
	音频 编码	码率	二类	128kbps
		编码	二类	AAC
		源声道数	二类	双声道
		采样率	二类	48KHz
	封装	封装协议	一类	DASH over TCP
		连接数量	二类	5-6
	业务	体验	视频加载等待时长	一类
MTP越限次数			一类	MTP延时不能超过20ms，否则记为一次越限
画质切换越限次数			一类	画质切换时长不能超过200ms，否则记为一次越限
卡顿次数/时长			一类	播放过程中出现背景缓存为空，则记为一次卡顿

▶ 评测工具

画质切换：与云渲染流化的系统打点方案类似，在实际评测时，终端侧需要记录tile请求的发送时间T1、所有tile分片完成拼接解码并送显的时间T2，T2-T1即约为画质切换时长（未统计终端动捕和渲染显示时延，这两类时延有较为固定的产品规格）。

▶ 评测方法

现阶段主要基于“一类”指标进行逐条评测，所有项目评测通过，则认为组件或模块测试通过。

06

附录




缩略语	全称
AP	接入点 Access Point
ATW	异步时间扭曲 Asynchronous Time Warp
API	应用程序编程接口 Application Programming Interface
BR	边缘路由器 Border Router
BRAS	宽带远程接入服务器 Broadband Remote Access Server
BSS	业务支撑系统 Business Support System
CDN	内容分发网络 Content Distribution Network
CR	核心路由器 Core Router
CRM	客户关系管理系统 Customer Relationship Management
DOF	自由度 Degrees of Freedom
FOV	视场角 Field of View
FPS	每秒显示帧数 Frame per Second
GOP	画面组 Group of Picture
HSI	高速上网业务 High Speed Internet
IMU	惯性测量单元 Inertial Measurement Unit
MTP	移动感知延迟 Motion to Photons Latency
ONT	光网络终端 Optical Network Terminal
OLT	光线路终端 Optical Line Terminal
OTN	光传送网 Optical Transport Network
OTT	通过互联网向用户提供各种应用服务 Over The Top
PON	无源光网络 Passive Optical Network
PPD	角度像素密度 Pixels per Degree
PSP	多面体投影 Platonic Solid Projection
QoE	客户感知体验 Quality of Experience
RET	重传 Retransmission
RTT	往返时延 Round Trip Time
STB	机顶盒 Set Top Box
TCP	传输控制协议 Transmission Control Protocol
TWS	智能分片 Tile Wise
UDP	用户数据报协议 User Datagram Protocol
VR	虚拟现实 Virtual Reality

版权所有 © 华为技术有限公司2019。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

商标声明



HUAWEI、华为、是华为技术有限公司的商标或者注册商标。

在本手册中以及本手册描述的产品中，出现的其他商标、产品名称、服务名称以及公司名称，由其各自的所有人拥有。

免责声明

本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。



华为技术有限公司
深圳市龙岗区坂田华为基地
电话: (0755) 28780808
邮编: 518129

www.huawei.com