UHD World Association
世界超高清视频产业联盟

基于电信网的浅压缩编解码技术
及应用场景白皮书

UHD World Association
世界超高清视频产业联盟

UHD Word Association
www.theuwa.com

前 言

本文件由UWA联盟组织制订，并负责解释。

本文件发布日期：2024年06月08日。

本文件由世界超高清视频产业联盟提出并归口。

本文件归属世界超高清视频产业联盟。任何单位与个人未经联盟书面允许，不得以任何形式转售、复制、修改、抄袭、传播全部或部分内容。

本文件主要起草单位：中国电信股份有限公司上海分公司、海思技术有限公司、华为技术有限公司、广州柯维新数码科技有限公司、杭州冰特科技股份有限公司、中国移动集团有限公司、咪咕文化科技有限公司、中移（杭州）信息技术有限公司、上海交通大学、中国信息通信研究院、工业和信息化部电子第五研究所、天翼数字生活科技有限公司、联通视频科技有限公司、北京数码视讯软件技术发展有限公司、北京市博汇科技股份有限公司、四川新视创伟超高清科技有限公司、杭州当虹科技股份有限公司、紫光展锐（上海）科技有限公司

本文件主要起草人：（待完善）

免责说明：

1. 本文件免费使用，相关内容和观点仅供参考，联盟不对使用本文件造成的结果负责。
2. 本文件如更新后上传联盟官网，将不另行通知。

目录

摘要 1

1. 现状与趋势 2

1.1 算显分离成势，超高清和低时延是核心要求，实际体验受网络影响大 2

1.1.1 算显分离架构具有大算力、轻终端、便捷接入等优势，利好最终用户 2

1.1.2 算显分离架构新增了编解码和网络传输环节，实际用户体验受网络影响大 2

1.1.3 选择合适的编解码方案是未来算显分离架构下保障用户体验的关键措施之一 4

1.2 运营商网络最大化网络资源价值，网络总线化和云网融合是大势所趋 4

1.2.1 50GPON等网络技术普及加速超千兆/万兆宽带落地，网络资源为新业务提供保障 4

1.2.2 运营商普遍具有边缘云网优势，特别利好对画质和实时性要求高的强交互类视频业务 5

2. 浅压缩编解码技术介绍 6

2.1 浅压缩编解码技术的关键特性 6

2.2 深压缩编码可以获得高压缩比，但也会引入额外的时延和画质损失 6

2.3 浅压缩编码可以用带宽换时延、画质和算力，发挥运营商云网优势 7

3. 浅压缩编解码技术应用场景介绍 11

3.1 云交互类应用（如：云游戏、云电脑、云XR等） 11

3.1.1 云游戏 11

3.1.2 云电脑 12

3.1.3 云XR 12

3.2 互动类视频应用（如：自由视角视频） 13

3.3 远程控制类应用（如：远程医疗、智慧矿山/港口、大视场监控与直播、小区监控等） 13

3.4 局域网无线视频传输类应用（如：无线投屏，分体式电视，分体式XR等） 14

4. 浅压缩应用场景下的网络解决方案建议 16

4.1 家庭侧：全面演进到超千兆/万兆，为运营商算网服务直达终端提供保障 16

4.2 接入侧：50GPON技术趋于成熟，支持现网ONT平滑演进是重点 16

4.3 城域侧：可基于硬切片技术打造高品质网络，提供差异化入云保障 17

4.4 云侧：根据业务需要选择合适的节点部署服务，发挥带宽和时延优势 17

5. 相关产业发展建议与展望 18

6. 参考文献 19

摘要

传统AVC、H.265等视频编解码技术，在互联网领域已经得到了广泛应用，但其关键特性都是在追求超高压缩比，以降低视频数据传输和存储的成本，而编解码会引入时延，过度压缩会损失画质，不可避免地会牺牲掉一些性能。以云游戏、云XR、无线投屏、高清图像实时回传等常见的网络串流应用为例，当前大多是以帧为单位来进行编解码和数据收发处理的。使用以帧间预测为主的压缩工具，过程中会因为I/P等帧类型编码效率的不同，而引起较大的数据突发和帧处理时延大小差异，加上受网络传输质量的影响，通常需要引入额外的缓存进行平滑处理，以保障图像的稳定输出，避免出现卡顿等情况，但这也会引入多帧时延。目前业界主要的应对措施是不断提高渲染和显示帧率，究其本质是用算力来换时延，代价高昂。

随着以50GPON、FTTR Wi-Fi 7、400G/800G OTN为代表技术的F5G-A以及5G-A网络技术的普及，云网带宽资源日益丰富，低时延传输特性不断增强，加上运营商边缘云宽带战略的持续推进，为画质和时延敏感的视频强交互类业务提供了另一条可选的技术路线，即从编解码技术入手，通过块行级编解码和收发处理，再结合编码端恒定速率码控，用更少的算力和配套设备来实现亚帧级的串流时延和主观上的无损画质体验，代价是低压缩率带来的大带宽需求，这就是运营商领域用带宽换算力、带宽换时延、带宽换画质的基本逻辑。

本白皮书主要面向电信运营商、编解码相关行业的技术及应用服务厂商等，希望能与产业伙伴共同推进基于电信网的浅压缩编解码技术的普及，促进超高清视频产业的进一步发展。

1. 现状与趋势

基于算显分离架构的视频强交互类业务类型丰富且逐渐普及，如云交互类应用、互动类视频应用、远程控制类应用及无线投屏类应用等，它们的共性是计算与显示分布在网络的两端，如云交互类应用相较于本地化部署方式，将计算及渲染移至云端部署，并将渲染的画面编码后通过网络传输至终端进行解码显示。在业务算显分离的过程中，新增编解码和网络传输环节，影响着业务的交互和画质体验。随着云网带宽资源的日益丰富和低时延传输特性的持续增强，如何选择更合适的编解码方案，成为未来算显分离架构下保障用户体验的关键。

1.1 算显分离成势，超高清和低时延是核心要求，实际体验受网络影响大

1.1.1 算显分离架构具有大算力、轻终端、便捷接入等优势，利好最终用户

算显分离架构有利于算力集中部署，加速端侧能力向云网转移。传统电脑和主机应用的计算和渲染都在终端本地完成，通常存在算力采购成本高、生命周期短、需频繁升级替换、不兼容跨平台应用等问题。相比之下，算显分离架构支持将算力集中部署到云端，在云端可通过算力复用提升资源的整体利用率，降低个人的算力使用成本；用户仅需使用轻量化瘦终端即可接入平台、按需调用算力资源，运行各种应用，利好用户。

算显分离架构有终端轻量化的收益，是未来元宇宙落地的关键。理想的元宇宙世界要求终端具备随需接入、高沉浸感、场景无限扩展及低时延无缝切换的特征。而XR头显作为现阶段元宇宙应用的主要接入方式，面临着算力与轻量化需求无法兼顾的问题，在经过一段时间的探索后，通过使用视频串流技术实现XR应用的显示和计算分离，以同时满足高画质显示和低时延互动需求，这一解决思路已然成为业界共识，也是未来元宇宙发展的基础和落地的关键。

算显分离架构可以实现远程接入，提升生产操作的便捷性。基于算显分离架构的远程图像实时采集和控制技术在部分行业同样有着广泛的应用，比如：无人港口/矿山等，因无需操作人员亲临现场，可以极大地提升生产操作的便利性；同时，又因为可以在危险区域外，实施远程作业，在安全性和工作效率上也有大幅提高，有较大社会效益。但想要清晰地获取现场环境的变化，并精准及时作出响应，超高清和低时延是核心需求。

1.1.2 算显分离架构新增了编解码和网络传输环节，实际用户体验受网络影响大

算显分离架构同样面临着一些问题。以云交互场景为例，将计算和渲染资源部署至云端后，相对于本地部

署方案，新增了网络带宽需求，并额外引入网络传输和视频编解码环节。

如图1所示，在网络传输方面，时延主要由服务器的部署位置和网络质量决定，例如：服务器部署位置过高或家庭网络的Wi-Fi质量较差，都会增加业务时延，影响用户交互体验。在视频编解码方面，受互联网带宽成本的影响，通常选择高压缩比编码算法，除影响画质外，也会引入较大的数据突发和帧处理时延大小差异，同时受互联网传输质量的不稳定的影响，需要通过引入额外的缓存来平滑，以保障视频信息的稳定输出，但其代价是引入较大的时延。

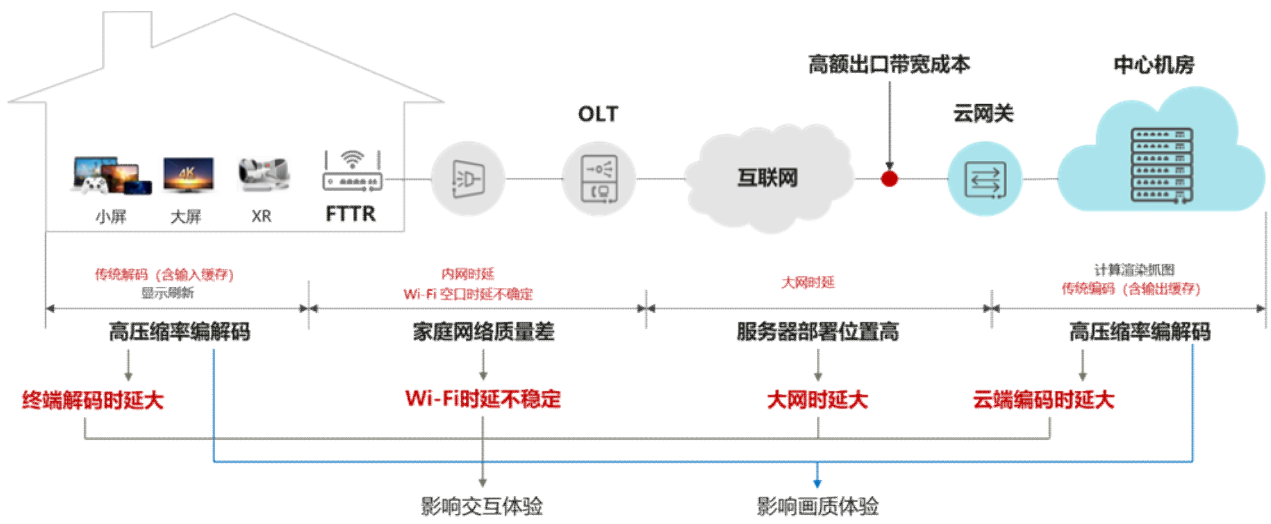

图1 传统云交互业务体验影响因素分解

在上述因素的共同影响下，基于传统互联网的云交互业务体验存在痛点，据艾瑞咨询调研报告显示，高达43%用户反馈延时高、卡顿，33%用户反馈画面不清晰的问题，业务发展面临瓶颈。

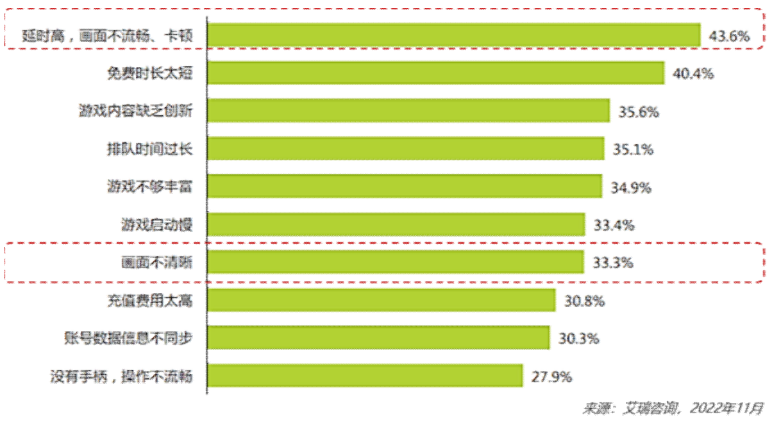

图2 传统云交互业务用户体验反馈意见

未来，随着云原生应用数量和质量的持续提升，超高清和强交互属性不断增强，持续追求高压缩比难以满足类本地化交互体验需求，可能不再是最优或唯一选择。

1.1.3 选择合适的编解码方案是未来算显分离架构下保障用户体验的关键措施之一

MPEG视频编码标准（AVC、HEVC等）作为业界主流，已在互联网领域得到了广泛应用，如流媒体视频，视频通话等，其关键特性是高压缩率，压缩率大约以每7~10年为周期提升一倍。

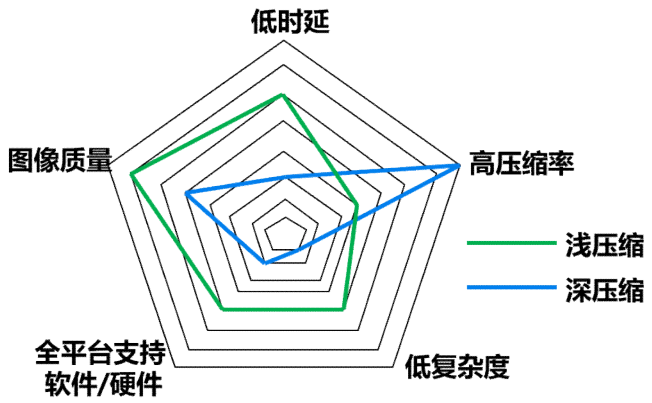

图3 深压缩及浅压缩对比

与此同时，存在一些应用场景对视频编码技术的要求有所不同，继续采用主流MPEG视频编码标准难以很好满足。如图3所示，这些场景所采用的压缩算法，往往更注重画质、时延等指标，其计算复杂度及压缩率相对于MPEG视频编码标准往往更低，通常被统称为“浅压缩”，场景主要包括：1）高性能视频编辑：MPEG视频编码采用的帧间预测技术会引入帧间相关性，不利于视频编辑的处理操作，需要合适的编码算法来提升性能，如Apple ProRes；2）制作域视频信号的IP化传输：制作域对画质要求极高，传统的SDI接口面临着向IP化转移的需求，需要相应的压缩标准，如JPEG-XS，NDI等。3）高速接口的视频信号压缩：随着8K等高分辨率视频的推广普及，UMI等高速视频接口需采用合适的压缩技术降低传输带宽要求，如AVS感知无损压缩标准。

借鉴于此，针对算显分离架构下的一些特定应用和场景，同样可以考虑选择在现有标准体系中优化或定制一种新的更适合的编解码方案，以同时满足其对画质和时延的高要求。

1.2 运营商网络最大化网络资源价值，网络总线化和云网融合是大势所趋

1.2.1 50GPON等网络技术普及加速超千兆/万兆宽带落地，网络资源为新业务提供保障

在国内，千兆宽带有力支撑了超高清视频、全民直播、云存储等产业的高速发展。作为支撑万兆宽带规模部署的下一代接入网关键技术，50GPON在标准研究制定、产业链发展、运营商支持等方面均已准备就绪。家庭组网方面，伴随着FTTR规模商用，将光纤延伸至每个房间且能平滑升级至万兆，结合Wi-Fi 7技术，单手机终端测试速率可达约3Gbps（2×2MIMO）。城域方面，基于OTN一跳入云打造1ms城市时延圈，更可为用户提供带宽及时延可保证的上云业务保障。

除了网络提速，万兆宽带在确定性和连接数等方面也大幅提升，量变引发质变，未来网络将向着类总线化方向发展。以云存储应用为例，在万兆时代，网络文件存储与本地硬盘的文件读写速率将趋于一致，用户在实时预览和操作网盘内视频数据时，可与使用本地存储一样，实现即点即播和在线编辑。在此背景下，2024年3月20日，上海电信率先发布了全球首个基于50GPON的“万兆云宽带示范小区”，号召加快超低时延、大算力等新型数字应用的普及，并同步推动相关应用生态的发展。

1.2.2 运营商普遍具有边缘云网优势，特别利好对画质和实时性要求高的强交互类视频业务

运营商普遍拥有海量的机房资源，可根据业务需求在很靠近用户的位置部署服务器，为客户提供弹性、稳定、安全的边缘云计算服务，此时云服务的网络访问路径更短，不但可显著降低应用上云后增加的网络成本，也能有效降低网络传输时延、降低网络拥塞风险，特别利好对带宽要求大和实时性要求高的强交互类视频业务。

2. 浅压缩编解码技术介绍

2.1 浅压缩编解码技术的关键特性

以MPEG系列（AVC、HEVC等）和AVS系列（AVS+、AVS2、AVS3等）为代表的视频编解码技术标准在广播电视、互联网OTT、视频通话、消费电子等领域均有广泛应用，其关键特性是高压缩率，比如YUV 4:4:4 8比特视频典型的压缩率为200~500倍，可支持以~2Mbps的速率传输和分发FHD视频，视频质量等级满足一般性观看需求。因压缩倍率较高，通常将MPEG或AVS系列标准称为深压缩。

与此相对，AVS感知无损压缩标准、JPEG XS标准、VESA DSC标准、Apple ProRes规范等浅压缩类技术方案在显示接口、专业影像等场景的应用也在逐步推广普及。这些场景通常要求视觉无损的视频质量等级，同时要求具备高并行度、高性能、低复杂度特性，典型视频压缩率为3~10倍。反观算显分离架构下的大多数应用场景，视频数据需经过运营商云网传输到最终用户，建议压缩率为10~50倍，典型码率在百兆/千兆比特每秒。因视频压缩倍率同样较低，故建议将此类视频压缩技术也归类到浅压缩。

除压缩率外，浅压缩与深压缩的显著区别还包括：1）浅压缩类应用通常要求极高的视频质量，比如按ISO/IEC 29170-2评估要求需达到视觉无损质量等级。因此，除常见的8比特精度的YUV 4:2:0格式视频，通常还要求具备处理YUV 4:4:4/4:2:2、RGB、以及RAW等格式的高保真视频信号，信号精度要求10、12甚至16比特。2）浅压缩类应用也要求超低的时延，比如：显示接口通常要求像素行级时延，算显分离架构传输要求块行级时延，这两者在技术上都属于亚帧级时延。3）在最基本的视觉无损画质与超低时延需求之外，浅压缩可能还存在其它的一些差异化特性，比如稳定可控的传输速率，这需根据具体应用场景而定。

2.2 深压缩编码可以获得高压缩比，但也会引入额外的时延和画质损失

串流是一种基于网络对音视频数据进行实时压缩编码、传输和显示的技术。它作为实现算显分离架构的基础，正被广泛应用于云游戏、云电脑、云XR、无线投屏、视频监控等应用场景中。如图4所示，相比本地主机通过HDMI线缆连接显示器来实现音视频信号的稳定地输出和显示；串流技术本质上是基于网络实现了“HDMI信号的拉远”，所以在执行相同应用和操作时，两者应该有着近似的功能和性能要求。以强交互类应用为例，按影响用户体验的重要程度可归纳排序为：1）流畅：保持稳定持续的图像输出，过程中不卡顿、不黑屏；2）实时：保证尽可能低的显示延迟；3）无损：输出尽可能无损的画质。

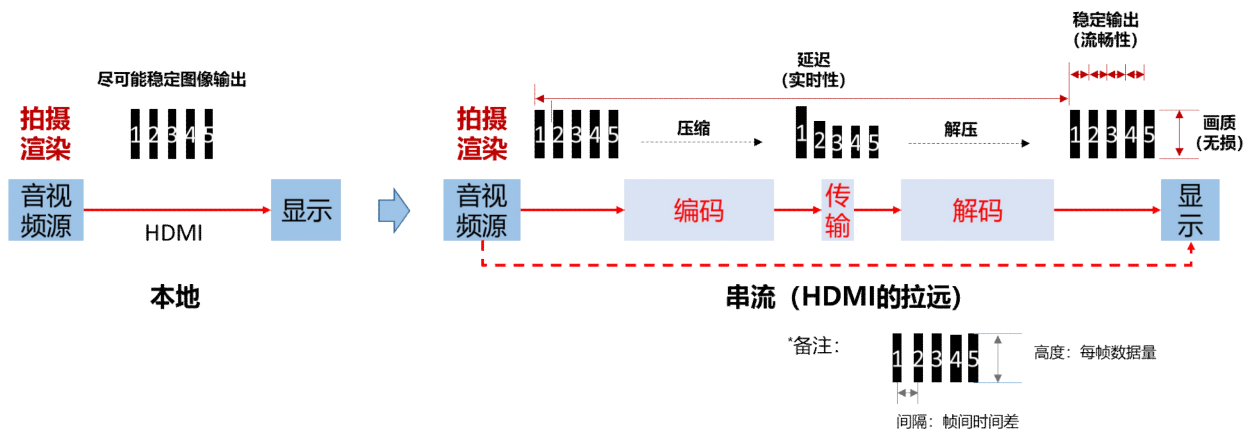

图4 视频串流技术原理

如图5所示，在串流过程中采用深压缩编码技术，通过帧间预测算法可获得高压缩比，但同样也会导致输出视频码流速率的剧烈波动。以HEVC视频压缩标准为例，典型场景下I帧编码图像的比特数通常为P帧编码图像的十倍甚至数十倍，尽管压缩后平均码率在几兆比特每秒，但瞬时带宽冲击可高达几百兆；在带宽受限网络中传输该视频流，通常需要使用压缩图像位流缓冲区来平滑码率抖动，由此引入帧级的额外时延。可见，除了网络时延外，串流时延还包含了编解码器处理时延及其相应的位流缓冲区时延。此外，高压缩率也还带来可感知的画质损失。

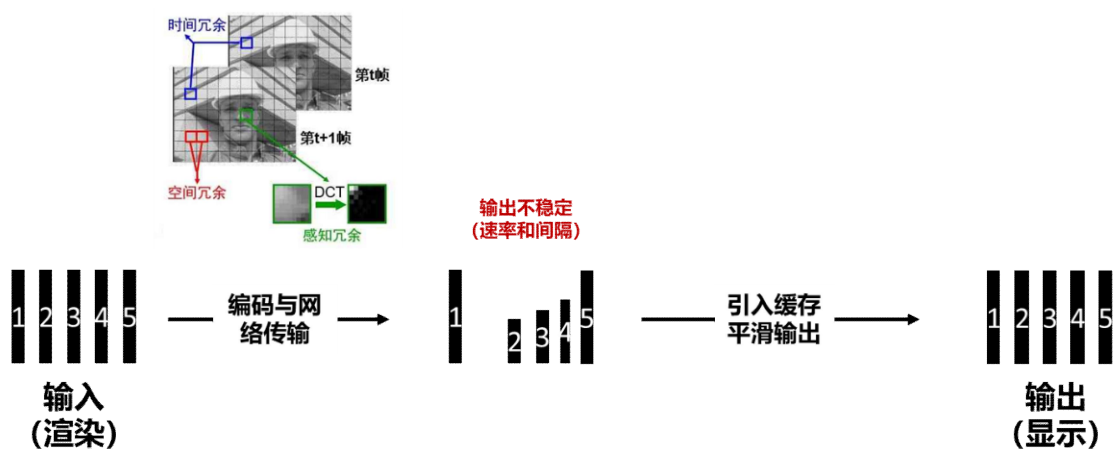

图5 深压缩编解码与传输系统示意图

2.3 浅压缩编码可以用带宽换时延、画质和算力，发挥运营商云网优势

深压缩编解码算法的发展思路是不断提升压缩比，以达到降低互联网传输与视频数据存储成本的目的，其

代价是计算复杂度的不断攀升。随着运营商云网资源的日益丰富，以及新型视频类应用场景的不断推陈出新，比如：云交互类视频应用，实时渲染、实时消费、中间无需存储，对视频编解码技术提出了新的需求。为适应上述变化，经过初步验证，建议可在满足主观视觉无损质量等级的前提下，将视频压缩率控制在10~50倍，同时将视频编解码处理和缓冲时延控制在亚帧级。该需求虽然与现有成熟的深浅压缩编解码算法，如HEVC标准和AVS感知无损标准存在较大区别，但仍可以通过借鉴、取两者之间的折中方案达成，此处暂将其将称为“网络视频总线压缩方案”，其技术特征如下：

1）采用块行级编解码架构获得超低时延。网络视频总线压缩的第一个重要特征为流水化处理模式。对于编码过程而言，一般分为6个处理节点，包括视频输入、视频编码、码流封包与发送、收包、解码、送显。每一节点的处理模块为一个图像块行。在流水线处理模式下，每一个图像块处理完前一步之后会移动到下一步处理。当一行处理完成之后，会跳到下一行。相对的，深压缩类方案通常采用帧级流水处理，且因各个节点存在的性能抖动，必须引入帧级缓冲区来保持稳定的工作节奏。

2）通过精细粒度CBR（constant bit rate）码控实现毫秒级低延时约束下的恒定速率传输。网络视频总线压缩的第二个主要特征是实现毫秒级CBR的码控均衡算法。相较于深压缩秒级流量均衡而言，在CBR码控下，网络视频总线压缩的码流在毫秒级具有较为均衡的输出，其码率均衡可通过对块行级的图像质量的差异的控制实现。同时在万兆网络中，可充分利用百兆/千兆带宽来处理特别特别复杂的图像区域。在某些场景中，可放松毫秒级速率恒定约束，允许毫秒级速率低于目标速率。在严格约束毫秒级速率上限的情况下，配合预留带宽资源，仍可达成视觉无损画质等级。

3）设计低复杂度帧内与帧间预测编码算法在低功耗低成本的约束下获得高画质。算法复杂度方面，参考HEVC，其帧内预测模式为35种，另具有丰富的帧间预测工具，例如：单向预测模式（Unidirectiona Prediction Mode），使用来自先前帧的参考图像进行预测；双向预测模式（Bidirectional Prediction Mode），同时利用先前帧和后续帧的参考图像进行预测；双向预测模式与单向预测模式的结合等。另一方面，HEVC提供了8种PU划分方式，使得运动估算更灵活，其压缩率典型值可到300倍量级，甚至更高；相对的，AVS感知无损压缩仅包含块预测、点预测、块复制三种帧内编码模式，其中块预测仅包含7种方向性预测子模式，其对8比特RGB或YUV4:4:4格式图像的典型压缩率范围为3倍。这两个标准的算法复杂度不同，导致的直接结果是压缩率达到百倍差异。基于此，对网络视频总线压缩方案的设计思路是，通过设计合理的帧内和帧间的预测工具集，将编码压缩率控制至10~50倍，即可满足轻终端的算力要求，亦可适配当前的万兆接入带宽。

最后，为了提高编解码性能，网络视频总线压缩方案也可以考虑采用多种并行处理方案，比如对彩色图像

的三个分量做并行编解码，以及将图像划分为多个子图像，多个子图像独立并行编解码，从而提高算法的效率与可扩展性。

2.4 试验样机测试数据对比示例

为了对比深浅压缩方案的优劣势，我们搭建了测试环境，对核心指标进行了评估，以对本白皮书所定义浅压缩编码技术的效果做验证，该数据可以给“网络视频总线压缩”的后续设计做参考。

所用的视频为4K 60FPS YUV4:4:4 8bit，原始码流为3840x2160x3x8x60=11.94Gbps，测试对比了当前广泛采用的低时延流媒体技术与“网络视频总线压缩”。测试环境如图6。主机的HDMI连接分屏器，分别连接深压缩模块的编码端与浅压缩模块的编码端，深压缩解码模块连接显示器1，而浅压缩模块的解码端连接显示器2，两个编解码端都通过网线直连。深浅压缩模块均采用FPGA方法实现。试验样机主要是对比两种方案的画质、时延、压缩率、算法复杂度等。时延测试均通过TTL信号对编解码端的FPGA模块做了时钟同步，分别在编码模块收到每帧帧头与解码端输出每帧帧头的时间点打时间戳。对记录的时间戳做差值，得到总体的编解码时延。深压缩测得时延约50ms，浅压缩测得时延约3ms。视觉质量采用ITU-T P.910 标准中的ACR方法进行独立测试，选择一段高清风景视频流进行对比测试。将深压缩的的码率设置在30Mbps量级时，此时其画质评分为3。提高深压缩码率，其画质会有所提升，码率达到100Mbps，画质评分可达到5，然而其时延也会迅速增加，由于计算复杂度也大大增加，最终时延大于100ms。对测试模块的计算资源分析，其资源消耗大于500K LE。而浅压缩在压缩率设置为50，码率约240Mbps时，对于所选一组测试视频，其画质对比深压缩方案更好，ACR得分为5。其计算资源消耗小于150K LE。需要补充的是，上面压缩率和画质评分为一条视频流测试结果，在不同复杂度视频流编码时会有波动。

对浅压缩码流进行抓包分析，也可以看到当均值码率设置在某一定值时，其峰值码率也可能达到2倍甚至以上。分析认为，当画面特别复杂或者画面变化剧烈时，瞬时码率会有较大值，峰值可能会达到均值的数倍。对于画面较为简单的情况，瞬时码率也可能会低于均值。因此为了兼容不同的应用需求，将压缩范围定位10~50倍。对深浅压缩测试结果做表格，以更直观的对深浅压缩方法做定性的对比。直观对比数据见表1。

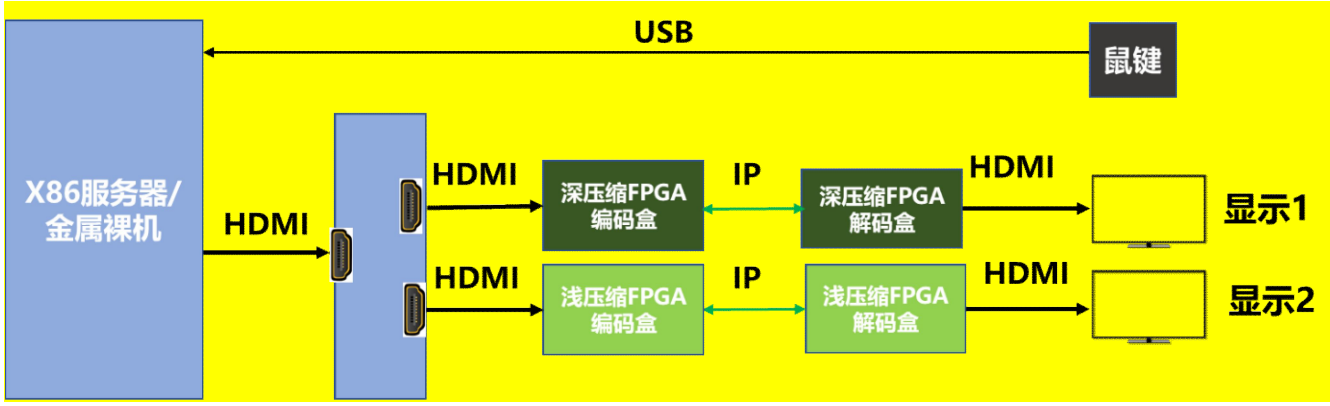

图6 浅压缩试验样机对比测试环境

表1 关键性能指标测试对比

	现有典型低时延串流编解码	网络视频总线编码
画质是否有损	3[1]	5[1]
编解码串流时延（直连含缓存）	~50ms（不稳定，帧级缓存）[2]	~3ms（稳定，块行级缓存）[2]
算法复杂度&功耗	高[3]	低[3]
压缩率	~400	~50

注[1]：采用ITU-T P.910 标准ACR方法测试，深浅压缩都可以通过减少压缩率提高画质。

注[2]：深压缩采用拍照测试，浅压缩通过同步编解码时钟，并进行时间打点测试；

注[3]：传统编码方案，追求极高压缩率，算法复杂度较高，浅压缩因为对压缩率要求低，所以算法复杂度要求低。例如，深压缩在400倍压缩率量级，算力资源大于500K LE，浅压缩在50倍压缩率，算力资源小于150K LE（Logic Element，FPGA最小计算单元）；

通过对表1直观对比，我们认为浅压缩对于交互或者时延敏感型应用具有很大的优势，其低时延可以满足交互的快速响应需求，其低算力优势可以降低终端的功耗、体积等，给终端带来轻质便携，长续航等优点。以VR为例，浅压缩极有可能解决其算力云化后决MTP必须小于20ms的问题。而低算力与低功耗，又可以增加移动终端的便捷与续航特性。

3. 浅压缩编解码技术应用场景介绍

3.1 云交互类应用（如：云游戏、云电脑、云XR等）

3.1.1 云游戏

云游戏将存储、计算等资源都上移到了云端，再将实时渲染后的游戏画面串流到终端进行显示。如图7所示，该模式不但能有效缓解玩家不断购买或升级终端的困扰，同时也可减少频繁下载和更新内容带来的繁琐，在成本、时间、 内容、兼容性等多个维度上提升了用户体验，因此得到了迅猛的发展。仅在运营商领域，就先后发展出了中国电信旗下的天翼云游戏、中国移动的咪咕快游和中国联通的小沃畅游等众多平台。同时，根据Newzoo数据显示，2022年全球云游戏市场有2.202亿目标受众、13.68亿美元的市场空间；到2025年，预计目标受众可达4.649亿、市场空间可达81.70亿美元。

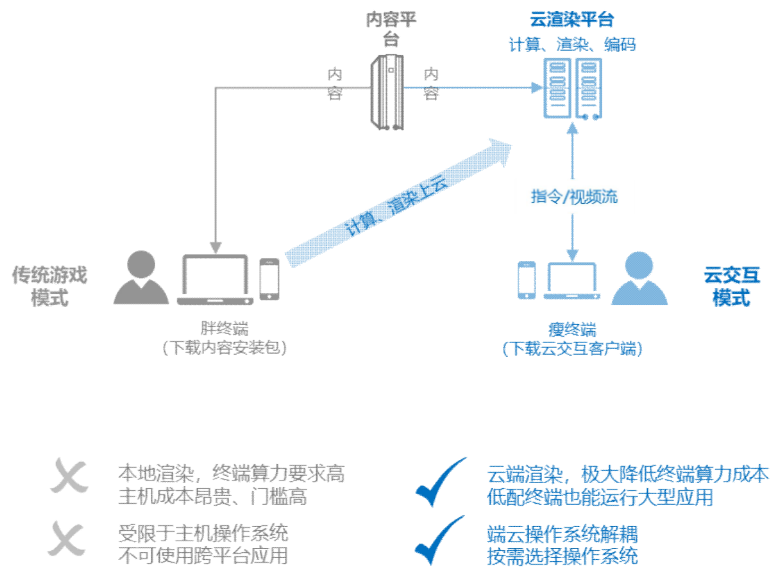

图7 云交互系统架构

众所周知，操作响应时延是影响云游戏体验质量的关键因素之一。对于大部分FPS类游戏，当交互时延时延大于30ms就将对普通玩家的操作体验产生较为明显的影响[1]。为了应对上述挑战，当前业界的主要措施是不断提高渲染和显示帧率，如图8所示，但相对于本地化部署方案，其需要更多的额外算力和功耗（更高帧率的云端渲染和编码资源）以及更高端的终端配套设备（更高帧率的解码终端和显示器），本质上是用算力换时延、成本高昂。若改用“网络视频总线压缩”，运营商可以充分发挥自身边缘云网优势，用带宽换时延和画质，在使用和本地化部署方案相同的渲染帧率和算力需求下，获得与本地方案近似的画质和互动体验。

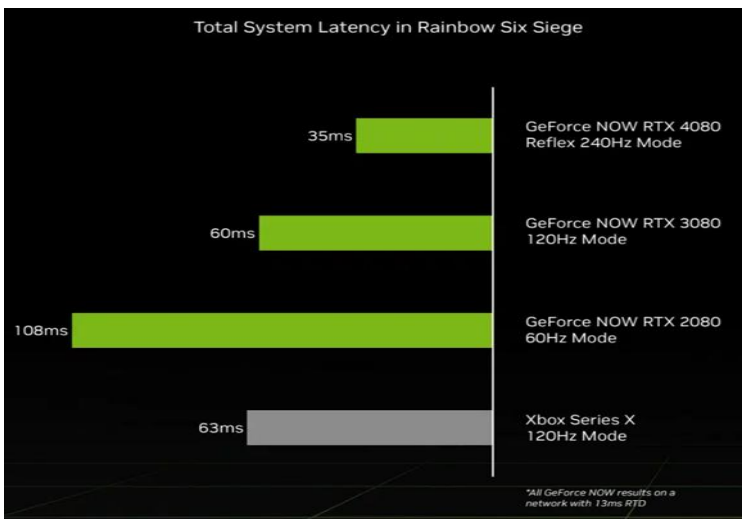

图8 业界通过提升渲染帧率来优化上云后的操作响应延迟

3.1.2 云电脑

云电脑作为一种整体服务方案，依托开放式云终端和传输协议，将桌面、应用、硬件等资源以按需、弹性分配的服务模式提供给最终用户。CPU、内存和硬盘等传统本地电脑中的硬件设备也都被集中部署至云端数据中心，用户侧只需小巧的终端设备即可通过网络接入，快捷访问个人桌面、数据和各种应用，具有灵活接入、随需扩容、数据安全性高等优点。

云电脑对时延和画质同样有着较高要求，尤其是对于一些图形密集型应用或3D渲染等高性能场景需求。若在使用体验和使用习惯上与本地电脑存在着较大差距，都会影响到业务的最终发展。

3.1.3 云XR

XR即扩展现实，是VR（虚拟现实）、AR（增强现实）、MR（混合现实）、HR（全息现实）等多种视频呈现和交互方式的总称。有关数据显示，2022年全球XR市场规模超过350亿美元；预计到2030年， XR市场规模有望达到3459亿美元。随着技术的不断进步和应用场景的拓展，XR在游戏娱乐、影视直播、工业应用等众多领域也在发挥着越来越重要的作用。

传统XR终端存在体积、重量和续航等问题，不适合用户长时间使用；为了解决上述问题，云XR架构选择将大部分的计算和渲染资源都上移到云端服务器中，终端仅保留解码显示能力和基本的计算能力。但相比与本地XR终端，云XR会引入额外的编解码和网络传输时延，并最终影响到用户体验，出现画面黑边或眩晕感（眩晕感主要因为用户看到画面与当前运动状态不一致），而XR业务通常要求将MTP（Motion to Photon，动作

至显示）时延控制在20ms以内以降低眩晕感[2]。通过“网络视频总线压缩”，可以有效降低视频编解码处理时间，改善用户体验，让云XR产业焕发新生。

3.2 互动类视频应用（如：自由视角视频）

网络带宽的提升以及边缘计算技术的发展同样影响着传统视频行业，沉浸式和可交互式媒体内容正成为未来媒体服务的新趋势。互联网视频服务已不再局限于传统的视频点播、直播和会议，而是向更具实时性和交互性应用演化，以自由视角视频（Free View Video, FVV）为代表，作为一种典型的互动性视频形态，其允许观众根据自身需要，自由选择任意方向和视点观看活动内容，而不受拍摄现场摄像机的位置限制，自主的交互方式也摆脱了传统视频对导播视角的依赖，而变得更具有临场感。

自由视角的视频内容既可以是真实拍摄的，也可以是由视角合成算法根据已有的视角信息实时合成的，还可以是通过个性化渲染得到的，最终经过编码后传输到用户终端，进行解码和播放。与传统视频服务相比，自由视角视频服务场景具有高通量、强交互、低时延等突出特性，过程中要想满足实时性交互和沉浸式观看需求，通常要求高画质和低时延的实时编解码能力。此时“网络视频总线压缩”能提供很好的支持。

3.3 远程控制类应用（如：远程医疗、智慧矿山/港口、大视场监控与直播、小区监控等）

远程控制通过调用远端摄像头等设备拍摄、采集现场信息，并实时回传到中控台显示，再同步将中控台操作或控制指令发送回远端控制设备，实现“所见即所得”和“操控即响应”，常被用于智慧矿山/港口、远程医疗等应用场景，如图9所示。无人智慧矿山/港口项目通过运用通信、自动控制等技术，可以将工作在危险、艰苦作业区域现场的员工，转移到更安全、环境更好的区域集中工作，有利于生产现场的管理和控制，在提高工作效率的同时，也保证了生产的安全。远程医疗则让生活在偏远地区或乡村的人们更容易获得医疗保障，让优质的医疗资源得到最大化的利用，缓解各地医疗资源发展不平衡等问题，提升医疗服务的可及性和公平性。

图9 智慧港口项目应用示意图

低时延同样是远程控制系统的核心指标。特别是对于一些高速运转的现场设备，要求尽可能低的时延是必要的。以港口集装箱车的控制为例，要求控制响应时延<50ms，在50km/h速度下需满足控制误差<1m。

在上述场景中，采用“网络视频总线压缩”，可有效降低视频编解码时延，为网络传输预留更大的时间余量，结合硬切片专线传输技术，可实现更远距离和更大区域的覆盖。

此外，对于大视场监控与直播、小区监控类场景，远程摄像头需实时发送到用户的便携终端，如手机、平板等，这给远程操控带来较好的便利性。此场景下，“网络视频总线压缩”需开发适配该类型终端产品的APK或者外挂模块。

3.4 局域网无线视频传输类应用（如：无线投屏，分体式电视，分体式XR等）

传统机顶盒、电脑等家庭算力主机均需通过HDMI/DP等线缆与显示器互联才能正常显示，但过多的线缆存在着传输距离有限且不美观的问题，也会限制主机或屏幕的部署位置。为了应对上述问题，无线投屏解决方案尝试将空口传输与视频编解码技术相结合，过程中通常先由信源主机负责视频图像的信息采集，经压缩编码处理后再通过Wi-Fi、毫米波、星闪等无线发射模组传送到对端接收模块，经解码后最终显示到电视屏幕上。无限投屏因能在一定距离上摆脱线缆的束缚，已被广泛应用在游戏、会议投屏、广告展示等多种应用场景中。

图10 手机游戏投屏

无线投屏通常有两大技术要求：一是发送端和接收端是相同的视频画面；二是发送端和接收端的画面之间的时延要尽量的低，以达到收发端画面同步效果。无线投屏技术发展的终极目标是实现对传统HDMI/DP线缆的无损替代，并达到近似的效果。但根据调查发现，目前市面上大部分投屏器在画质和时延上的实际体验仍有待提升，除网络因素外，编解码消耗时间以及压缩解压损失画质也是主要原因。

随着FTTR WiFi7、毫米波等无线传输技术的飞速发展，无线漫游、空口传输能力和低时延特性的同步增强，为无线投屏解决方案的编解码技术选择提供了更多可能的空间，可更好地均衡画质、时延和带宽。未来手机、电脑、游戏机，机顶盒等都可以作为灵活连接的算力端，按需构建出各种无线连接的显示组合。

4. 浅压缩应用场景下的网络解决方案建议

典型的运营商云网架构按照物理位置可以划分为家庭网络、接入网络、城域网络和云几部分，结合当前云网技术的发展演进情况，以及浅压缩技术尝试“用带宽换时延和画质”的技术特点，本章将提出相应的网络解决方案建议。

4.1 家庭侧：全面演进到超千兆/万兆，为运营商算网服务直达终端提供保障

对于一二居室，建议使用ONT入户并将光纤部署到客厅，实现单个Wi-Fi 7热点覆盖全屋，与Wi-Fi 6相比速率可提升约20%，业务时延可降低约25%。对于三居及以上、大平层、别墅或高需求用户，因需要部署多个Wi-Fi热点，可采用FTTR实现光纤入户和覆盖，主从FTTR之间用10Gbps及以上速率连接进行组网，满足10GE接口和Wi-Fi7的全屋覆盖需求，保障超千兆/万兆体验。

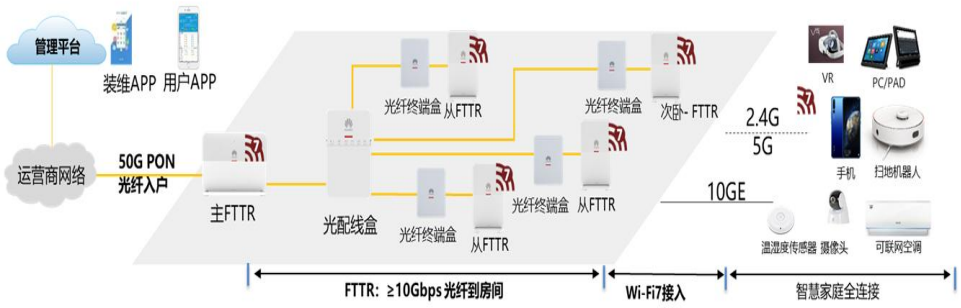

图11 家庭网络解决方案示意图

4.2 接入侧：50GPON 技术趋于成熟，支持现网 ONT 平滑演进是重点

50GPON 在标准研究制定、产业链发展方面已准备就绪，技术也趋于成熟。在带宽层面，可为超千兆/万兆套餐的规模发放提供保障；在时延层面，通过引入跨层协同 DBA 调度、单帧多突发、队列调度等机制，可全面保障低时延性能；在网络演进层面，考虑现网 ONT 的平滑演进，要求 50G PON 局端设备需要能够在同一 ODN 内实现跨代共存，能够同时兼容 GPON、XG(S) PON 光猫，及局端设备需要支持三模共存的能力。

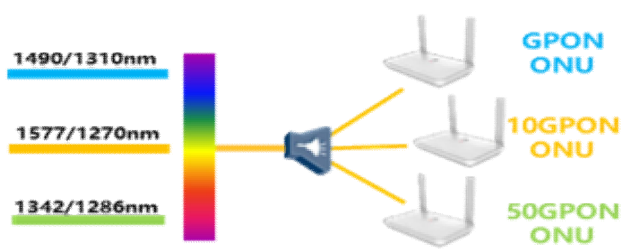

图 12 50GPON 支持局端设备多模共存

4.3 城域侧：可基于硬切片技术打造高品质网络，提供差异化入云保障

近年来，随着云计算服务的持续发展和普及，家庭/中小微企业对生活娱乐和办公体验的高品质追求变得愈发强烈，随之而来的是对用户快捷入算和高质量传输需求的不断增长。为实现云服务的最优体验，针对当前城域网，除建设已有 IP 承载网络外，还建议打造 1ms 的一跳入算的能力，具体可通过在 OLT 和云网关之间建立 OSU/OTN 硬管道来实现，OSU 管道支持无损带宽调整，可根据现网承载情况进行弹性扩容。

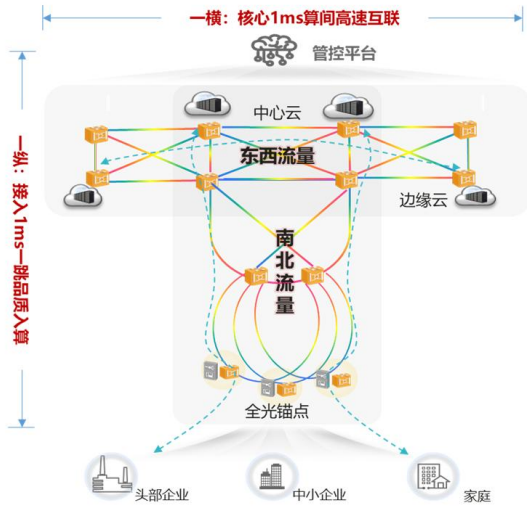

图 13 城域网打造 1ms 入算时延圈

4.4 云侧：根据业务需要选择合适的节点部署服务，发挥带宽和时延优势

传统基于互联网的公有云服务，如云电脑，云游戏等，其算力主机被集中部署在了中心云，受带宽成本和网络质量等因素限制，容易出现画质过损和时延过大的情况，导致在部分用户体验和使用习惯上与本地服务仍存在着较大的差距，使得最终用户通常只会将其作为家庭/企业本地应用的备份，而非替代，这在较大程度上限制了这些业务的发展。而运营商普遍拥有海量的边缘机房资源，可以根据实际业务需要，选择在很靠近用户的位置部署服务器来满足低时延和大带宽需求，为尝试“用带宽换时延、换画质”的浅压缩新型编解码技术应用提供云网基础。

5. 相关产业发展建议与展望

浅压缩编解码技术应用前景广泛，有越来越多的视频应用要求同时满足超高画质和超低时延需求，这一情况已经得到了众多企业的认同和响应，也涌现出了不少的商用案例，比如：广州某公司基于FPGA研发的浅压缩编解码设备，可在4K@60FPS时同时满足超低画面延迟（≤2ms）和无损画质（PQR≤1）要求，被用于多媒体投屏、无线音视频图传、智慧医疗、工业制造远程作业等众多领域。此外，台湾的一家芯片设计公司生产的某型号处理器，被广泛应用在网吧PC集中、企业PC over IP等基于网络控制的PC扩展场景中，可在局域网范围内，基于UDP广播实现出色的视觉无损图像和低时延交互，如图14所示。

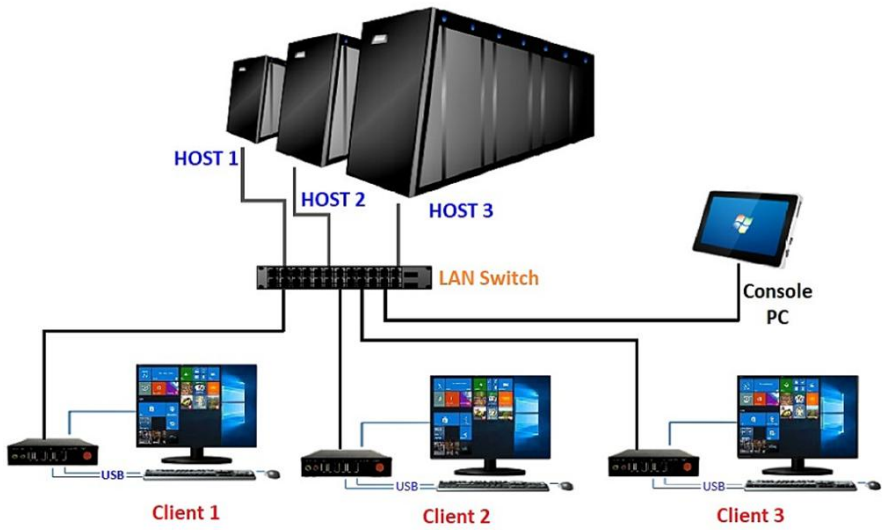

图 14 PC over IP 方案示意图

与此同时，浅压缩编解码技术同样存在着一些现实问题，需要联合整个产业生态来共同解决，比如：1）对于编解码芯片供应商，众多厂家都有自己的专利技术和实现方案，虽然在实现原理和方向上存在相似性，但由于缺乏统一的标准，不利于生态的建设和终端的普及，后续建议在相关标准体系中通过制定新技术标准、扩展现有技术标准或其它方式来推动不同厂家产品对接、构建浅压缩编解码产品生态。2）对于电信运营商，由于在采用浅压缩编解码技术后，视频应用会对网络传输带宽和质量提出更高要求，因此建设高质量云网底座，进而使得更多的应用和服务开发商能共同参与、分享机遇、合作共赢，是需要重点思考和解决的问题，如此才能充分发挥国内运营商独特的云网综合优势，让更多人和企业享受到相关红利。

6. 参考文献

[1] Spjut J, Boudaoud B, Binaee K, et al. Latency of 30 ms benefits first person targeting tasks more than refresh rate above 60 Hz[M]//SIGGRAPH Asia 2019 Technical Briefs. 2019: 110-113.
[2] Champel M L, Doré R, Mollet N. Key factors for a high-quality VR experience[C]//Applications of Digital Image Processing XL. SPIE, 2017, 10396: 183-194.

UHD World Association
世界超高清视频产业联盟

联系我们:
UWA联盟邮箱: support@theuwa.com
UWA联盟官网: www.theuwa.com