



云游戏白皮书

华为技术有限公司
杭州顺网科技股份有限公司

2019年12月

前言

在 2019 年的新兴产业中，云游戏占有一席之地。游戏行业内，多家国际巨头纷纷向外界释放进军云游戏的信号；游戏行业外，5G 和千兆宽带推进如火如荼，云游戏被视为双千兆下重要的应用场景之一。事实上，云游戏并非新生事物，从 2000 年云游戏的概念提出到现在，已经有近 20 年的历史，云游戏再次成为热门也并非偶然，在网络和云计算技术不断成熟的助力下，云游戏优势也逐渐突显。

近年来，从各种主机游戏到网络端游再到移动手游，游戏终端趋于多样化，游戏玩法也愈加丰富，随之衍生出如电竞赛事、游戏直播等多种行业，全球游戏市场也一直稳健增长。我国是继美国之后全球第二大市场，2019 年我国游戏市场总收入将达到 365 亿美元。而根据中国互联网络信息中心发布的第 44 次《中国互联网络发展状况统计报告》显示，截止 2019 年 6 月，我国网游用户数达 4.94 亿，相比 2018 年底增长 972 万户，保持着整体向好的发展态势。

除市场表现以外，社会影响对网络游戏也开始转变。国家和地方政策一方面加大监管力度，改善未成年网络游戏环境；另一方面鼓励发展电子竞技，尤其是在 2018 年，电子竞技被列入雅加达亚运会体育竞技表演项目，我国电竞战队夺得 2 金 1 银的优异成绩；英雄联盟 2018、2019 全球总决赛上，我国电竞队连续夺得冠军，向世界展示了我国电竞的强大实力，刷新了国民对网络游戏的认知，也进一步改变了社会对网络游戏的舆论导向。

当然，游戏产业也面临着挑战。一直以来，每当新的游戏大作出现，对电脑主机的配置就要升级一轮，除游戏发烧友以外，对于许多普通玩家和休闲玩家来说，因为游戏而专门升级一台高性能主机大多会考虑性价比。另外，虽然监管力度在持续加大，但不得不承认的是，对于游戏的监管、盗版等问题仍然是行业中比较突出的问题。而云游戏可以降低终端硬件门槛，突破平台限制，实现跨终端、随时随地的 3A 大作游戏体验，并杜绝外挂和盗版，对游戏产业而言是一个巨大进步。

双 G 网络商用和边缘计算的发展标志着时机成熟，云游戏崛起迎来新契机

5G 话题近两年持续保持高热度，其高速率、低时延的特征深入人心，全球各大运营商加速 5G 网络建设，吸引各行各业对未来网络都充满期待。在我国，不仅 5G 开始商用，固定网络上千兆宽带成为国家战略，光纤入户率全球领先，百兆以上的宽带占比超过 70%，为云游戏的开展奠定了网络基础。

另一方面，云服务正在全球范围演变为基础设施，应用上云大势所趋。云服务提供商加速边缘云部署，云节点位置不断下移，与终端用户的距离正在缩短，为各行各业应用上云提供便利和可能。作为显卡领域的主导厂商，英伟达早早的开始在 GPU 虚拟化上进行技术投入，并发布了 NVIDIA GRID 系列产品。而 AMD 和 Intel 也不甘落后，在 GPU 虚拟化上陆续推出产品，GPU 虚拟化步入成熟。

正是网络和云计算的不断发展，让各大厂商纷纷看到了云游戏崛起的希望。

2018 年 5 月，《生化危机 7》云版本登陆任天堂 Switch 平台。

2018 年 10 月，微软发布了基于 Xbox 的云游戏服务“xCloud”。

2019年1月，Amazon收购日本游戏媒体 GameSpark，吹响进军云游戏的号角。

2019年3月，谷歌发布云游戏平台 Stadia。

2019年8月，腾讯发布云游戏解决方案 START。

2019年9月，网易联合华为成立云游戏实验室。

2019年11月，华为 iLab 联合顺网发布面向家庭场景云游戏体验指标和目标网络架构。

技术准备成熟，网络条件成熟，行业头部玩家涌入，云游戏进入了发展快车道。根据华为 iLab 实验室前期调研，云游戏每小时 3 至 4 元的收费模式在两年时间内即可实现盈亏平衡。2019 ChinaJoy 展上，顺网科技对外宣布在全国 60 多个城市部署百余个 POP 节点，面向网咖提供最高 2K@144 帧、媲美本地 PC 游戏体验的云游戏服务。优质的云游戏体验离不开云与网络的联动配合，二者缺一不可，云游戏服务商与运营商合作无疑是体验保障的最佳选择。站在时代前端，方案成熟，商业可行，这一次，面向家庭的云游戏必将迎来产业春天。

本白皮书重点针对端游云游戏，从端到端解决方案、关键技术以及用户体验、商业模式等多方面进行剖析，旨在激发产业思考，共同繁荣产业生态，加速云游戏成熟商用进程。

本白皮书由华为 iLab 实验室与顺网科技联合撰写发布，在撰写过程中有关内容也得到了 Playgiga、Playkey 等云游戏合作伙伴的专业支持，在此表示感谢。

目 录

前 言	1	3.2 云游戏体验的关键指标	16
第 1 章 云游戏基本原理以及分类	4	3.2.1 分辨率	17
1.1 云游戏的基本原理	4	3.2.2 帧率	17
1.2 云游戏的分类	5	3.2.3 码率	17
1.2.1 按计算平台：x86 架构以及 ARM 架构	5	3.2.4 带宽	18
1.2.2 按串流方式：游戏窗口串流与桌面串流	6	3.2.5 时延	19
1.2.3 按资源形态：虚拟机流派与物理机流派	6	3.2.6 抖动	20
第 2 章 云游戏整体架构和端到端技术	7	3.2.7 丢包	21
2.1 云平台技术	8	第 4 章 云游戏商业可行性与商业模式分析	22
2.1.1 GPU 虚拟化与无盘系统	8	4.1 云游戏产业链	22
2.1.2 音视频抓取	10	4.2 云游戏产业现状	22
2.1.3 编码技术	11	4.3 云游戏收费模式	24
2.1.4 推流技术	12	4.4 运营商开展云游戏商业模式构想	24
2.2 低时延、低抖动的网络传输	12	4.5 运营商开展云游戏案例	25
2.2.1 全光网络	13	4.5.1 运营商 TIM 与 PlayGiga 合作面向家庭发展云 游戏业务	25
2.2.2 家庭 Wi-Fi 技术	13	4.5.2 运营商 ooredoo 与 PlayGiga 合作面向家庭发 展云游戏业务	26
2.3 终端关键技术	14	第 5 章 云游戏展望	27
2.3.1 解码技术	14	5.1 云游戏发展的三个阶段	27
2.3.2 操作指令收集	14	5.2 云游戏对时延和抖动要求的展望	28
第 3 章 云游戏体验要素分析与实测	15	5.3 云游戏对网络要求的展望	30
3.1 云游戏体验理论概述	15	5.4 云游戏解决方案展望	31
3.1.1 云游戏体验的关键要素	15		
3.1.2 网络对云游戏体验的影响	15		

第 1 章

云游戏基本原理以及分类

1.1 云游戏的基本原理

云游戏将内容的存储、计算和渲染都转移到云端，实时的游戏画面串流到终端进行显示，最终呈现到用户眼中。云游戏又被称为 GaaS（Game as a Service），它将游戏体验变成了一种服务，提供给广大消费者用户，解决了用户不断购买或升级终端的困扰，也避免了下载和更新内容的繁琐，在成本、时间、内容、维护等方面提升了游戏体验的易用性。

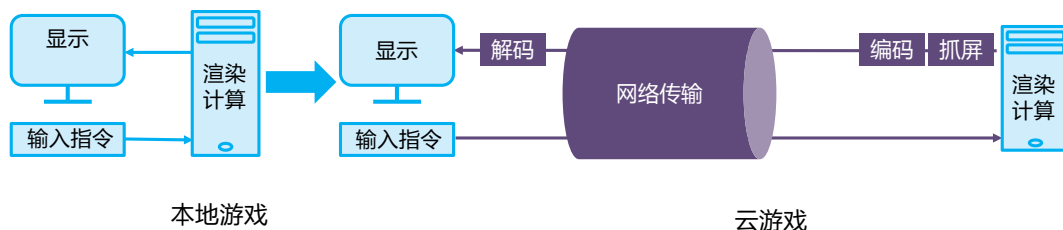


图 1-1 云游戏原理示意图

与本地游戏相比，云游戏增加了抓屏、编码、网络传输、解码等主要过程，即流化过程。

区别于端游、页游、手游和主机游戏，云游戏的游戏资源、运行、渲染都在云端完成，相当于用户是在远程玩游戏。

平台	游戏类型	游戏资源存储在 (包括场景、人物、动画、音频等)	游戏运行在 (包括逻辑计算和渲染等)
PC	端游	本地	本地
	页游	无需安装客户端，打开网页即可进行游戏。但游戏所需的资源和逻辑仍需要提前加载到本地	本地
移动端	手游	本地	本地
游戏主机	主机游戏	本地	本地
	云游戏	云端	云端

表格 1-1 云游戏与端游、页游、手游的对比

- 端游(客户端游戏)需要先从下载一个游戏客户端到本地硬盘中再运行,其游戏各种场景、人物、动画、图片、音频等各种资源均在本地完成加载,在本地运行游戏的各项逻辑计算和渲染。游戏运行速度、画面效果取决于本地电脑的硬件配置。

- 页游（网页游戏）和小游戏，虽然看起来无须下载和安装客户端，但实际上游戏资源和逻辑均需要在打开网页时加载至本地，因此游戏的运行也是在本地完成。
- 手游和主机游戏的原理都类似与端游，它们的区别是终端平台不同。
- 云游戏，本质上是一种基于云计算的远程技术应用，只需将游戏下载到云端服务器上存储并运行，游戏渲染出来的每一帧视频画面，通过网络传送到指定的终端进行解码输出。

云游戏和云桌面、远程控制都属于远程技术的应用，技术原理相似，但这三者的侧重点不同。远程控制（例如 Teamviewer 等），它的被控制方不一定在云端，可以在家庭、公司的某一台电脑。云游戏和云桌面的计算和存储实体都在云端，但云桌面通常不带 GPU。远程控制和云桌面的功能没有针对游戏来设计，都不适合用来玩游戏，而云游戏对游戏功能进行了深度优化，因此能提供优质的游戏体验。

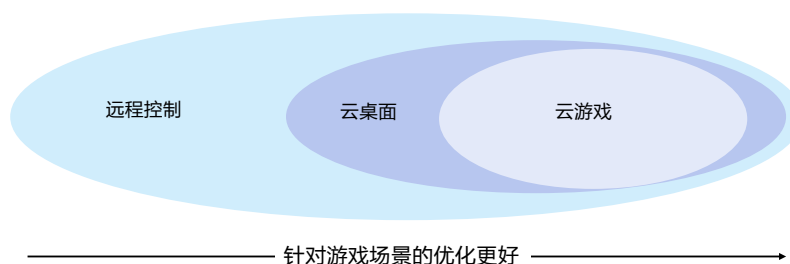


图 1-2 云游戏和远程控制的差别

从云游戏的原理看，终端只需要进行简单的解码输出和上传玩家操作指令，这里的终端不限于 PC、笔记本、平板、手机、电视盒子等设备，因此云游戏大幅减少了对终端性能的要求，只需要具备一定的解码能力。这样带来的好处是，降低游戏终端门槛，可以跨终端和跨平台，使游戏体验更容易、更方便地获得。

1.2 云游戏的分类

市场上为人所知的云游戏虽然原理基本一致，但按照计算平台、串流方式、资源形态等维度看，云游戏之间又存在区别。

1.2.1 按计算平台：x86 架构以及 ARM 架构

游戏三个主流市场是 PC 端游、主机游戏、手游，按照计算平台，云游戏同样也可以分两类，x86 架构和 ARM 架构（这里的 x86 架构和 ARM 架构是指真正运行游戏的云平台的架构，而非终端的架构）。x86 架构的云平台主要针对于 PC 端游和主机游戏的云化，ARM 架构的云平台主要针对手游的云化。由于 PC 端游和主机游戏对终端性能的要求更高，云化的需求更加强烈，本白皮书也主要针对云端游进行分析和描述。

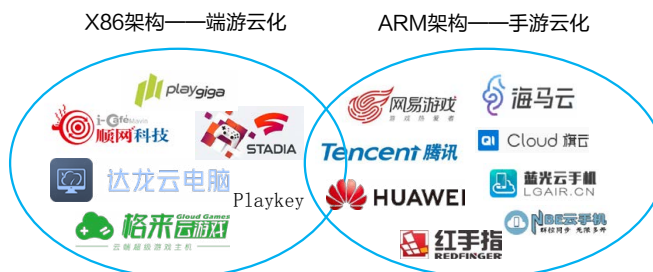


图 1-3 云游戏的主要两种架构

1.2.2 按串流方式：游戏窗口串流与桌面串流

云游戏的产品形态主要有两种，游戏窗口串流和桌面串流。前者的特点是云端仅将游戏窗口内的画面串流至本地，只能用于游戏用途，而后者则是将整个桌面串流至本地，通常会预置各类热门网络游戏（LOL、DOTA2、PUBG 等）和主流游戏平台（WeGame、Steam、Origin 等），用户就像在使用网吧电脑一样。

比较	游戏窗口串流	桌面串流
串流内容	指定游戏窗口	整个桌面
操作	仅能操作游戏	可进行任何桌面操作
操作系统	不可见（但存在）	可见
控制面板	不可见（但存在）	可见

表 1-2 云游戏的两种串流方式

1.2.3 按资源形态：虚拟机流派与物理机流派

目前市场上主流两种资源形态，虚拟机流派和物理机流派。虚拟机流派一般采用服务器和专业显卡的云端资源组合，并以虚拟化的方式分配资源，较为灵活。而物理机流派的云端资源以一台台 PC 形式存在（相当于 PC 农场），显卡为家用游戏显卡，对游戏驱动的适配更好。

比较	虚拟机流派	物理机流派
云端资源	服务器 + 专业显卡	PC 机 + 家用游戏显卡
资源分配	虚拟化分配，1 个服务器对多个用户	1 对 1 分配
优势	资源分配灵活，实例生成及销毁迅速； 专业显卡在工艺、可靠性、噪音、散热处理上满足企业级应用要求	家用游戏显卡对于游戏驱动的适配更好
劣势	硬件成本较高； 虚拟化资源的调用时延比物理机的大，导致云游戏的端到端时延偏大；	资源分配不够灵活； 家用游戏显卡放到机房中可能存在授权风险； 家用游戏显卡的可靠性不及专业显卡；
典型代表	华为云电脑、达龙云电脑，谷歌 Stadia、Shadow、英伟达 GeForce Now、Playgiga 等	极云、顺网云电脑，Playkey 等

表 1-3 云游戏的两种主要流派

第 2 章

云游戏整体架构和端到端技术

云游戏整体架构由内容层、平台层、网络层、终端层协同构建，如下图所示。

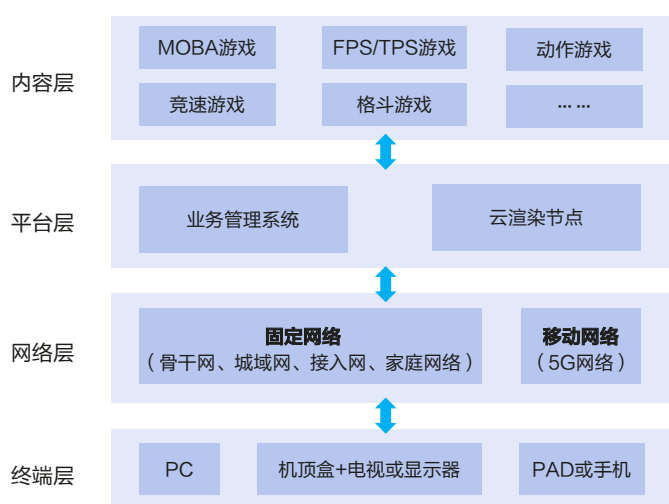


图 2-1 云游戏整体架构

内容层主要负责游戏内容源，主要由游戏提供商 (Content Provider) 提供，从技术角度上，任何端游、主机游戏、手游都可以移植到相同运行环境的云平台上。

平台层主要包含业务管理系统和云渲染节点。业务管理系统负责内容、用户、资源的管理，为云游戏业务提供资源的调度和分配。云渲染节点是云游戏的核心之一，负责响应终端的操作指令，实现逻辑计算、实时渲染、流化编码、推流等功能。一般情况下一个业务管理系统可以对多个云渲染节点进行管理。云渲染节点一般需要靠近用户部署。

网络层主要涉及骨干网、城域网、接入网和家庭网络，如图 2-2 所示；也可以用移动承载的方式，如图 2-3 所示，用 5G 网络承载云游戏业务。网络层负责连接云平台和终端，其功能是将云端渲染好的画面，实时地、稳定地传输到用户的终端，网络质量与云游戏体验的关系紧密，带宽、时延、抖动、丢包等都会对体验产生影响。

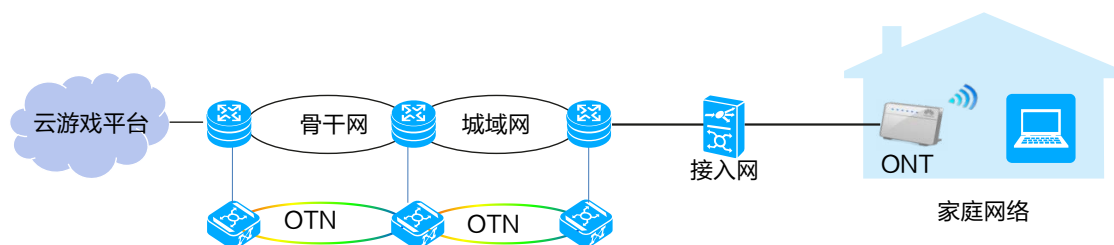


图 2-2 固定承载网络

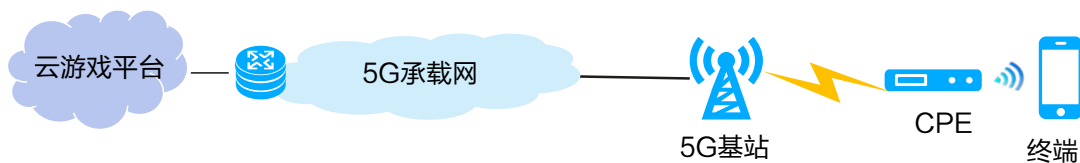


图 2-3 移动承载网络

终端层主要由显示设备、游戏操作设备组成，显示设备主要包含PC(台式或者笔记本)、机顶盒与电视、手机、PAD，操作设备包括键盘、鼠标、游戏手柄。终端层是用户接入云游戏的入口，主要接收并解码来自云平台的视频流，并进行显示呈现，同时对接操作输入模块，将操作输入指令上传到云平台。

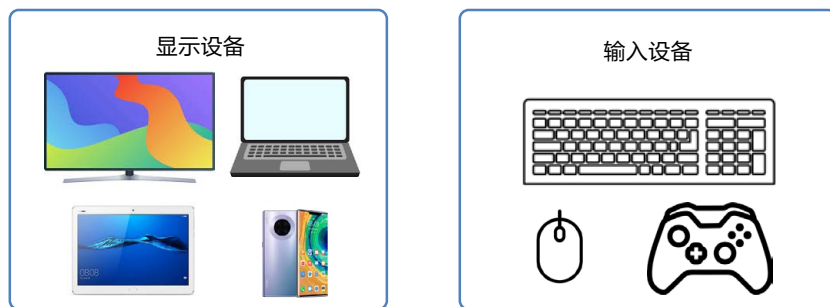


图 2-4 终端设备

接下来从云平台、网络、终端介绍云游戏的端到端技术。

2.1 云平台技术

2.1.1 GPU 虚拟化与无盘系统

云平台需要为每个用户分配独立的云渲染节点，保证每个用户可以独立地进行游戏，互不影响。因此如何将服务器、显卡等硬件资源集群高效管理、合理调度，是云平台的一个关键技术。

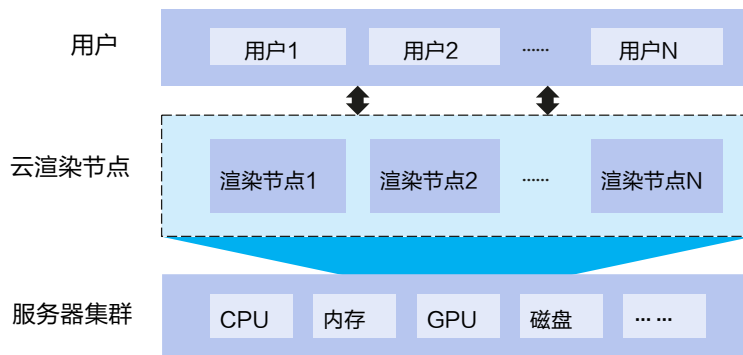


图 2-5 云平台架构

目前云平台的资源管理和调度有两种主流的方案——虚拟化方案和物理机方案。

(1) 虚拟化方案使用服务器和专业显卡的硬件组合，需要对服务器集群、硬件资源等进行虚拟化，

可以按照不同的需求，灵活分配、调度和管理。在云游戏中，虚拟化方案的最大特点是 GPU 虚拟化。

在云游戏当中，云端一般使用专业显卡，例如 Tesla M60 等，如果使用 GPU 直通，即一个 GPU 直接供给一个虚拟机单独使用，这种独享方式对于玩游戏而言，资源过于浪费，且成本非常巨大，此时 GPU 虚拟化非常必要。GPU 虚拟化将 GPU 进行切片分配虚拟机使用，实现多个虚拟机共享一个 GPU。GPU 切片包含在时间片段上进行的划分，类似于 CPU 的进程调度，以及对 GPU 资源进行的划分，例如 16GB 显存划分给多个虚拟机使用，每个虚拟机得到的显存互相独立、不共享。

GPU 虚拟化可以根据用户的需求，进行动态资源分配，支撑多路游戏的渲染。GPU 虚拟化实现了资源共享、动态分配，为资源管理带来极大的便利。但在虚拟化过程中，存在一定的资源损耗，同时产生额外的调度时延，对于时延要求敏感的游戏业务，可能会对体验造成影响。

GPU 虚拟化的方案主要有英伟达的 GRID、AMD 的 MxGPU 和 Intel 的 GVT-g。

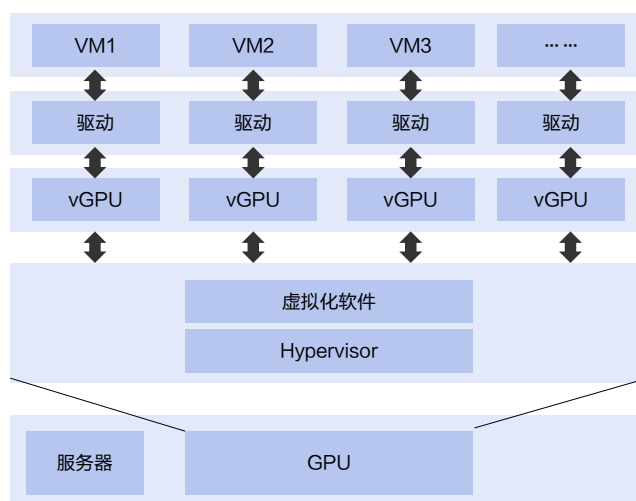


图 2-6 GPU 虚拟化架构

（2）物理机方案一般采用 PC 农场和家用游戏显卡的硬件组合，由一个业务管理服务器来管理和调度这些硬件资源，每一个 PC 和显卡组成一个云渲染主机。如果游戏内容都在每一台 PC 上安装，则管理成本、时间都会随着数量增加而急速增加，一种解决方案是使用无盘系统。

无盘系统是一种将计算与存储分离的标准方案，你不需要为每台主机定制操作系统与游戏内容，而是将操作系统与游戏内容以标准化的存储分离方案挂载到每一个云渲染主机中，使用云端的大容量 SSD 磁盘阵列，能为海量的云渲染主机提供操作系统引导与游戏启动与运行服务。

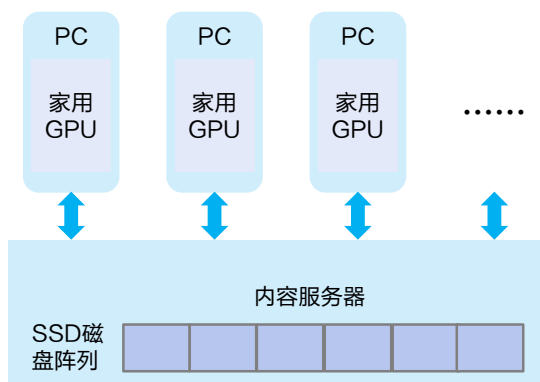


图 2-7 无盘系统示意图

无盘系统的特点是统一进行操作系统的引导、更新管理、游戏内容安装、管理和更新，更加高效。云端一次更新，所有客户端都受益，无需再做麻烦的游戏更新工作。云渲染主机不需要任何外存（软驱、硬盘、光盘等）即可启动并运行操作系统，降低部署成本。普通用户的所有操作，在重启后均会还原到初始状态，保证了用户的隐私不受泄露，同时在不安装杀毒软件的情况下，也能保证操作系统的安全可靠，极大地提升了终端用户在使用云端主机时的可靠性与安全性。

2.1.2 音视频抓取

流化的第一步是抓取游戏的实时画面，如果是 PC 游戏，则是抓取屏幕的画面。抓屏的实现方法有很多，常见的方法如表 2-1。

方法	说明
BitBlit	BitBlit 可以实现 DC (Device Context) 间的内容拷贝，将该接口的源 DC 指定成 Monitor DC 或是桌面 DC，从而实现抓屏。
Mirror driver	Win8 之前最高效的抓屏方法，也是微软推荐的远程桌面共享方案，它通过创建虚拟镜像驱动，直接获取最终屏幕变化数据。但是 win8 之后已失效。
GDI hook	XP 时代比较流行的抓屏方法。所有的绘制都是通过 GDI32.dll 中的绘图函数来实现的，只要拦截了这些函数，就能控制系统的所有绘制。GDI hook 方法比较高效，也可用于抓取屏幕的变化。
DirectX	每个 DirectX 程序都包含后台缓冲 (Back Buffer) 和前台缓冲 (Front Buffer)。后台缓冲保存显卡渲染出来的图像，而前台缓冲实质上就是屏幕显示的图像。默认情况下前台缓冲可以被访问，因此通过访问前台缓冲就可以捕捉到当前屏幕的内容。
DXGI	这是微软 Win8 上宣布放弃 Mirror driver 之后推荐采用的抓屏技术，全部基于 D3D/DXGI 技术，效率非常高，并且包含变化区域和屏幕鼠标光标。

表 2-1 抓屏的实现方法

其中，DXGI (Microsoft DirectX Graphics Infrastructure) 是 windows 系统中用户模式下最底层的图形设备接口，不管是 Direct 2D 还是 Direct 3D 都基于其上，因此 DXGI 直接与硬件驱动打交道，可以直接获取显示器的内容，无论效率还是兼容性都很出色。唯一需要注意的是 DXGI 只支持 Win10 系统，之前的 Windows 版本无法使用该方法。

在音频方面，目前常见的音频数据抓取方式如表 2-2。

方法	说明
DirectSound	DirectSound 是 DirectX API 的音频组件之一，可以提供快速的混音、硬件加速功能，并且可以直接访问相关设备。
Wave	用来实现对麦克风输入的采集 (WaveIn 系列 API 函数) 和声音的播放 (WaveOut 系列函数)

表 2-2 抓取音频的实现方法

2.1.3 编码技术

云端在抓取到原始游戏画面后，由于数据量巨大，不宜直接传输，需要经过编码压缩后才做网络传输。

H264 和 H265

H264 和 H265 是常见的视频编码标准，H264 相较于以前的编码标准，增加了参考帧的运动补偿、帧内预测等新特性，视频质量更高，码率更低，因此得到了广泛使用。H265 在架构上与 H264 相似，但 H265 在图像分块、变换编码、预测编码、熵编码等模块上提出了更优的算法，提高了编码的压缩率、鲁棒性，在相同画质的情况下理论上 H265 能比 H264 节省一半的带宽。不过，H265 压缩率的提升使得解码的复杂度更高，理论上解码的运算量约是 H264 的 2 倍，所以对解码硬件提出了更高要求。

需要注意的是，无论使用 H264 还是 H265 进行编码，都需要对码率大小和图像质量进行权衡，并选择合适的编码参数。编码的码率越小，图像质量会损失越多，严重的会影响体验。码率越大，图像质量的损失越少，但对网络带宽要求更高。

硬编码和软编码

编码的具体实现又分为软编码和硬编码。软编码是使用 CPU 进行编码，实现直接、简单，同码率下质量较高，但由于对 CPU 的负载较重，性能相对较低。硬解码主要使用 GPU 等进行编码，性能高，速度快，但同码率下质量不如软编码。

云游戏对于延迟的要求非常严苛，因此一般采用硬编码。目前主流的低延迟硬编方案有以下几种：

方案	说明
Intel QuickSync	集成于 Intel 显卡中的专用视频编解码模块
Nvidia CUDA/NVENC	CUDA Encoder 和 NVENC 是两个不同的方案，前者是采用 GPU 的通用计算单元进行编码加速，后者则是增加了专门的硬件化编码电路为编码加速
AMD AMF	显卡内置视频编码专用 VCE 引擎

表 2-3 编码的实现方法

无 B 帧编码

编码序列中一般有 I 帧、P 帧、B 帧，其中 I 帧是关键帧，P 帧是前向预测编码帧，B 帧是双向预测编码帧。

	I 帧	P 帧	B 帧
名称	帧内编码帧 Intra-coded picture	预测编码帧 Predicted Picture	双向预测编码帧 Bidirectional predicted picture
编码实现	只使用本帧的信息	需要参考之前的 I 帧或 P 帧	需要参考之前的 I 或 P 帧以及之后的 P 帧

表 2-4 I 帧、P 帧、B 帧

云游戏从编码的时延、效率、实现复杂度等角度考虑，常常采用无 B 帧编码，即第一帧是 I 帧，之后的都是 P 帧，只有在网络很差导致了断连的情况下，才会重新再发一个 I 帧。

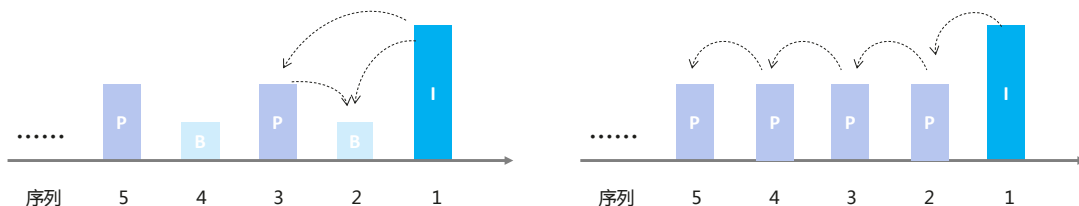


图 2-8 无 B 帧编码和有 B 帧编码

无 B 帧编码的优势是，除了 I 帧，之后的每一帧，都可以根据前面一帧来完成编码，实现简单，而且每抓屏一次就可以立刻送往编码，不产生额外的延迟。相应的，P 帧的压缩率较低，需要的带宽更大。

有 B 帧编码的优势是，B 帧压缩率更高，更节省带宽，但 B 帧需要等到后面的 P 帧才能完成编码，所以产生了至少一个帧间隔的延迟。

时延优化是云游戏的重点，因此无 B 帧编码是优选，I 帧后续都是 P 帧，也利于保持帧间隔的稳定。

音频也有编码标准，常见的有 AAC、MP3、WMA、PCM 等，但由于音频的数据量比较小，有些云游戏平台并没有做音频的编码压缩过程，而是采样后直接传输。

2.1.4 推流技术

云游戏业务对时延要求高，任何过多的报文封装和解封装都会引入额外的时延，目前主要采用 TCP 或 UDP 直接封装应用层数据，优劣势对比如下表所示。

推流协议	优势	劣势
TCP	可靠性传输，保障数据无差错、不丢失、不重复	少量丢包或乱序时，需等待重传，增加业务传输时延，且会降低吞吐量
UDP	传输速度快，对数据总是尽力转发，实时性强	不保障可靠性传输，丢包无重传机制如要保障可靠性需单独实现，资源占用会相对较高

表 2-5 TCP 和 UDP 推流协议

TCP 传输过程中，丢包、乱序等引发重传，会导致游戏的操作响应变慢。UDP 不会重传，实时性较好，但丢包时损失了画面质量。

QUIC 协议——同时拥有 UDP 的快速高效和 TCP 的可靠传输特点的协议——得到业界广泛关注。QUIC 全称是 Quick UDP Internet Connection，基于 UDP 实现，握手过程简单，改进了拥塞控制，可以多路复用。QUIC 还具备前向纠错（Forward Error Correction, FEC）的特性，QUIC 在每个数据包中增加冗余数据，当丢包发生时，其他数据包的冗余数据能直接恢复出所丢掉的包，进而保障了数据的完整性，也避免 TCP 重传引入的时延。

2.2 低时延、低抖动的网络传输

随着 FPS（First Person Shooting，第一人称射击）、MOBA（Multiplayer Online Battle Arena，多人在线战术竞技）类竞技游戏在全球盛行，典型的的游戏有《绝地求生》、《CS GO》、《英雄联盟》、《Dota2》等，云游戏也必须达到竞技类游戏的标准，主流画质 1080P 分辨率，帧率至少 144fps（frames per second，每秒传输帧数）。AAA 级别的游戏（简称 3A 游戏）云化需求也很强烈，

其主流画质达到 4K 分辨率，帧率至少 60fps。这两类游戏的云化对网络的带宽、时延、抖动带来了严格要求，特别是低时延和确定性抖动的传输。

2.2.1 全光网络

在低时延和确定性抖动的传输要求下，全光网络是趋势，其特点是大带宽、低时延、0 抖动。

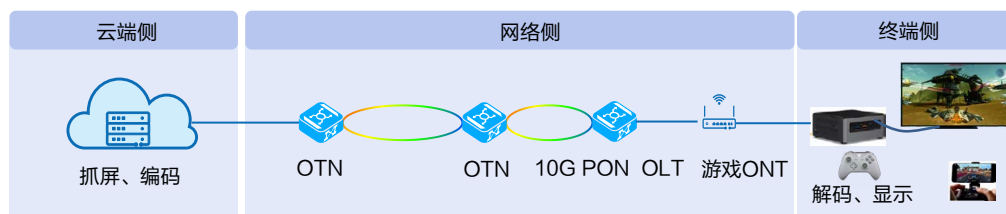


图 2-9 云游戏确定性低时延全光网络

在架构上，全光网络推动光电融合，简化网络层次。OTN 下沉至 CO 节点，网络扁平化，基于 ODUk 硬管道实现全光一跳入云，业务不收敛。引入全光交叉技术，构建立体骨干网，实现全光调度。

在转发上，采用分布式 OLT 实现业务与交换分离，利用 DSCP 替代 CoS 实现网络切片，为云游戏打造专用承载切片，恒定 bit 流，全程 0 抖动，从而提供确定性低时延网络。

在家庭侧，应用智能千兆 ONT 接入 OLT，运用 EAI(嵌入式人工智能)算法，智能识别云游戏业务流特征，提供专享通道，定向 QoS 保障。同时结合双核芯片、SOC 芯片加速，确保游戏画面流畅 0 卡顿。

2.2.2 家庭 Wi-Fi 技术

高性能 Wi-Fi 是家庭网络的关键，对于 PC、机顶盒等终端，千兆以太网可以很好地支撑云游戏要求，而对于没有网口的笔记本、PAD、手机等设备，则需要家庭 Wi-Fi 来支撑。

现在家庭比较常用的是支持 Wi-Fi 4 (原命名为 802.11n) 和 Wi-Fi 5 (原命名为 802.11ac) 的 AP，一般可工作在 2.4GHz 和 5GHz 频段。2.4GHz 频段信道少，相互重叠，干扰严重，难以承载云游戏业务。5GHz 频段虽然能提供更大的频宽和更多的信道，但随着 5GHz Wi-Fi 路由器在家庭里的推广和普及，且大部分默认工作在高频频段，5GHz 高频频段的干扰也开始变得严重。因此目前如果使用 Wi-Fi 来体验云游戏，建议使用 5GHz 的低频频段，并做好信道的规划，避免与周围的信号冲突。

如果升级到 Wi-Fi 6，云游戏将会得到更好的体验。Wi-Fi 6 是 Wi-Fi 联盟发布的新一代 Wi-Fi 标准，得益于多用户多入多出 (MU-MIMO) 和正交频分多址 (OFDMA) 等技术，Wi-Fi 6 允许路由器同时与多个终端通信，解决了之前一次只能和一个终端通信的问题，不必排队等待，同时减少拥塞、提升效率、提升抗干扰能力，传输速率可达 9.6Gbps，时延可从 30ms 可降至 10ms 以内。预计 2020 年 Wi-Fi 6 会进入全面商用阶段。

	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6
旧命名方式	802.11ac	802.11ax
发布时间	2013 Wave1 2015 Wave2	2018
信道	20/40/80/160 MHz	20/40/80/160 MHz
最高调制	256QAM	1024QAM
带宽	2.5Gbps	9.6Gbps
时延	30ms	10ms

表 2-6 Wi-Fi 5 和 Wi-Fi 6

2.3 终端关键技术

终端主要负责解码和上传用户的游戏操作指令。

2.3.1 解码技术

编码后的图像经过网络到达终端后，终端需要对其解码，才能在屏幕显示出来。解码的过程与编码的过程是相反的，主要有熵解码、反量化、反变换、预测几个步骤。

同样解码也有软解码和硬解码的区别，软解码主要依靠软件，在 CPU 上完成，硬解码主要调用 GPU 的专门模块完成。硬解码的性能和效率更高，且在硬件不断发展下，硬解码的质量不比软解码差，甚至还优于软解码，所以通常首选硬解码。

GPU 开发 SDK	说明
Intel Media SDK	英特尔的开发库，包含解码、处理和编码三大模块。
NVIDIA CUDA	英伟达推出的一种并行计算架构，调用其 NVCUVID 组件完成视频的硬解码
AMD APP SDK	AMD 针对旗下 GPU 推出的并行计算技术，前身是 ATI Stream。

表 2-7 解码的实现方式

云游戏对解码芯片也提出了要求，例如 2K@144fps，或 4K@60fps，对于 3A 游戏，还需要 HDR 高动态、BT.2020 高色域空间、10-12Bit 高色深来呈现更加精细的画面。按照帧率 144fps 的要求，每一帧的解码时延需要低于 $1/144=6.94\text{ms}$ 。

2.3.2 操作指令收集

终端除了解码之外，还负责另一个重要工作，就是收集用户的操作指令，并上传到云端，作为游戏的输入。目前常见的游戏输入设备类型有三个，鼠标、键盘和游戏手柄。云游戏至少需要支持这三种游戏输入设备。

类型	说明
鼠标 (Mouse)	计算机的一种输入设备，也是计算机显示系统纵横坐标定位的指示器。电竞级的鼠标拥有 1000 次/秒的回报率，每毫秒上传一次数据，使得游戏操作更加迅速和流畅。
键盘 (Keyboard)	大部分电竞游戏必备的操作设备之一，键盘的按键更多，可以设置游戏的快捷键，实现更加丰富、快速的游戏操作。
手柄 (JoyStick)	常见电子游戏机的部件之一，是在 3A 游戏、动作类、赛车类等游戏中非常常见的游戏输入设备。手柄可以通过无线适配器来连接，如果在电视大屏上玩云游戏，适合使用手柄。

表 2-8 游戏输入设备

第3章

云游戏体验要素分析与实测

3.1 云游戏体验理论概述

3.1.1 云游戏体验的关键要素

云游戏用户体验可以归纳为视听体验需求和交互体验需求两大类。基于这两大类需求，从内容质量、呈现质量、操作质量、响应质量 4 个维度，提炼出用户体验的关键需求，如下图所示。

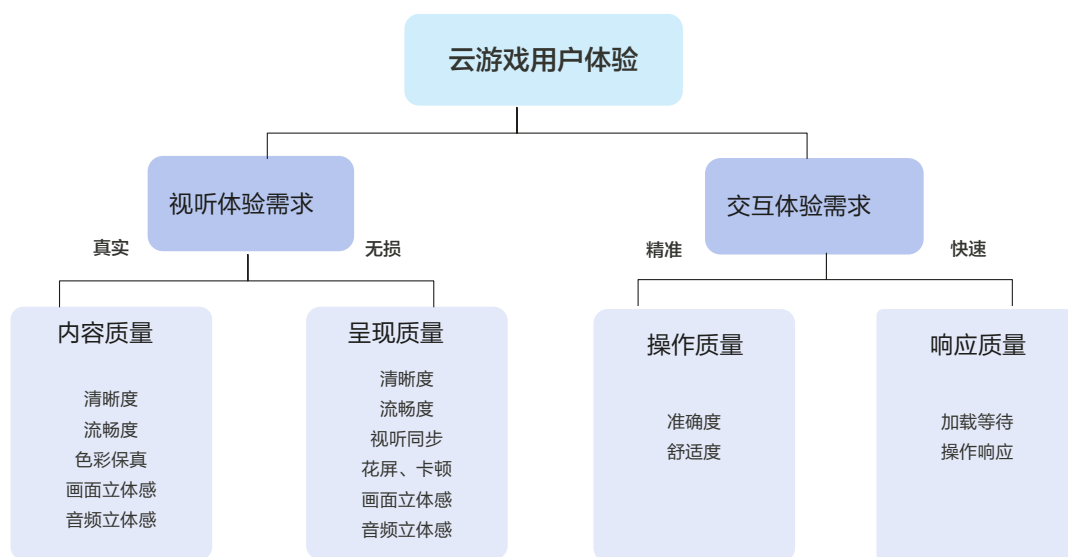


图 3-1 云游戏用户体验的关键需求

3A 游戏更重视视听体验，竞技类游戏更注重交互体验

- 3A 游戏重在画面制作精美，并往往伴随着寻宝等场景，需要玩家不断地观察画面中的环境变化，因此玩家会很关注游戏剧情是否足够引人入胜、画面是否足够精美，这类游戏往往需要高分辨率内容来带给用户更强的沉浸感。
- 竞技类游戏有一个共同的核心就是对抗、比赛，主要依靠游戏玩家的操作技能和反应能力，玩家们的注意力会重点放在交互上，因此对操作响应时延往往有更高的要求。

3.1.2 网络对云游戏体验的影响

云游戏体验要素与本地游戏总体一致，不同的是云游戏引入编解码、网络传输等环节，其业务体验受到了云、管、端更多因素的影响，其中网络的优劣会影响到云游戏的视听体验和交互体验。

● 视听体验

网络对于视觉与听觉体验的保障关键在于将视频和音频数据快速、稳定地传至终端，而音频数据量

较小，因此网络对于视觉体验的影响会更明显。

云游戏画质体验要求越高，对分辨率、帧率、码率等要求越大，网络通量要求也会越高。网络带宽不足、出现丢包，将导致通量降低，从而可能引起画面卡顿和花屏。网络抖动过大，将导致帧间隔不稳定，进而可能出现跳帧的现象。

●交互体验

云游戏的加载等待时延主要依赖于游戏应用自身的加载时延，网络时延对其影响几乎可忽略。在云游戏中，当用户在进行键鼠、手柄等操作后，希望能从视觉和听觉上获取快速响应，如果操作响应时延偏大则会让用户感觉到迟滞感。

云游戏用户体验关键因素和网络指标的关系如下图所示，总体来说，云游戏业务对网络提出了超大带宽、确定性低时延、超低丢包的需求。

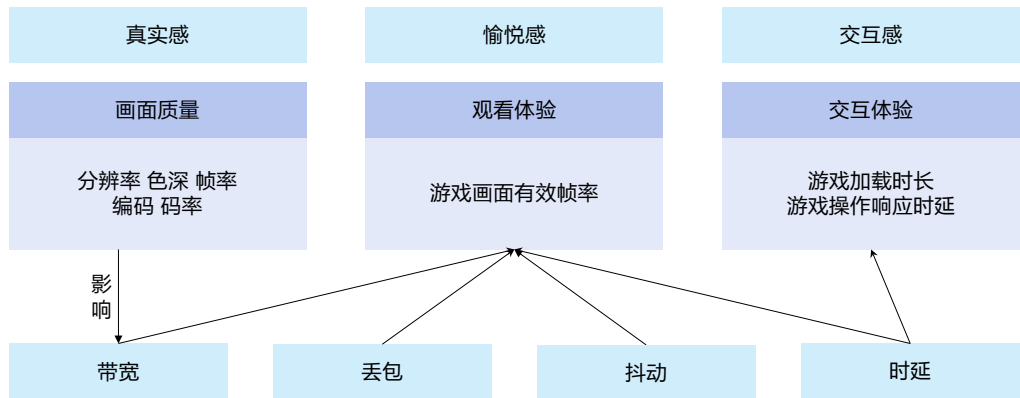


图 3-2 游戏用户体验和网络指标的关系

3.2 云游戏体验的关键指标

3.1 节介绍了云游戏用户体验的关键要素，这些要素分解和映射到各个具体的功能组件和模块中，如下图所示。接下来将介绍影响云游戏体验的几个关键指标。

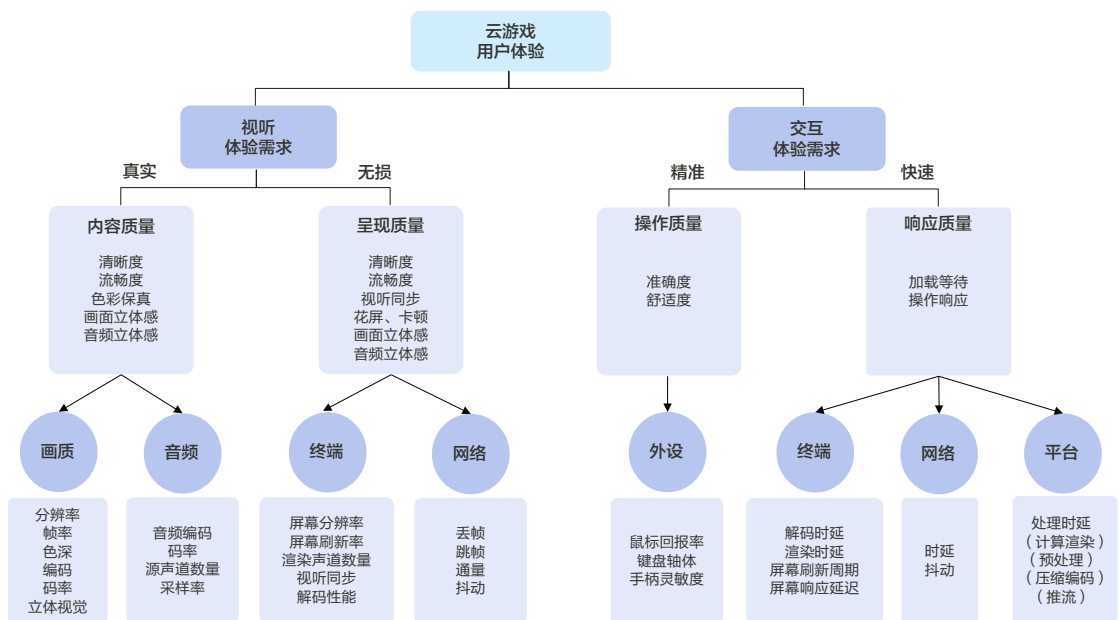


图 3-3 云游戏用户体验映射到功能组件和模块

3.2.1 分辨率

目前国内市面上的云游戏产品，普遍达到了 1920×1080 的分辨率，也即 1080P。对于 27 寸显示器及以下的其他显示屏，该分辨率尚能接受。但面对越来越大的屏幕，1080P 将力不从心，尤其在家庭场景，4K (4096×2160) 将成为主流，谷歌在 2019 年 E3 展示的就是 4K 分辨率的云游戏。

实现分辨率的提升，需要考虑到编解码的压力、硬件能力以及成本。当前通过提升硬件来加强编解码能力，进行更高分辨率的支持是可行的，但成本方面将大幅上涨，所以只有依靠更好的编解码算法来做有限的提升。

根据实验室实际测试结果，良好的云游戏画质体验，要求最少 1080P 分辨率。在屏幕越来越大的现实场景下，720P 分辨率的云游戏，画面清晰度仅能满足游戏可玩。

3.2.2 帧率

游戏与电影的生成图像原理不同，游戏需要更高帧率才能让画面有视觉流畅感。因为游戏每一帧是实时渲染的离散图片，而电影画面是摄像机自然移动的实际连续场景，电影的每一帧包含一段时间信息（时间长度由快门决定）。

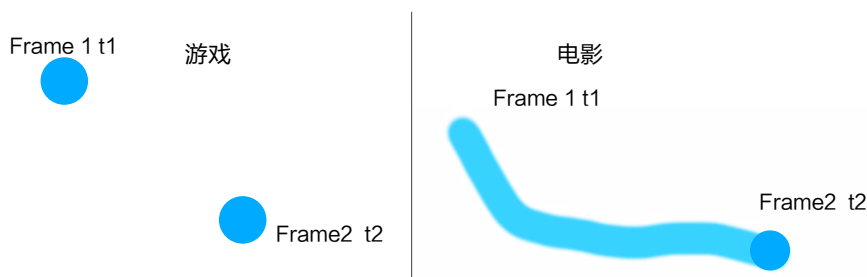


图 3-4 一个圆从左下角移动到右下角（图片来自互联网）

每秒到达本地并最终显示在显示器上的画面数量，决定了玩家玩游戏时的体验。尤其是 FPS 类、MOBA 类游戏，强调操作的反馈性，实时渲染画面帧率的高低将直接影响到玩家的操作，甚至影响战局结果。同时过低的帧率，将导致画面不连贯，令人感到晕眩与不适。

流畅的云游戏体验，一方面需要云端具备高性能的显卡，渲染出高帧率更平滑的游戏画面，以使玩家在游戏中能看得更清晰、瞄得更准；另一方面显示器也要能达到足够高的刷新率，以更好的发挥显卡的性能，给玩家带来更流畅的画面表现。

目前主流办公用的液晶显示器大多采用 60Hz 刷新率，游戏专用显示器一般是 144Hz、顶级配置可达 240Hz。4K 电视屏幕大多是 30Hz 或 60Hz 刷新率，少量高端型号为 120Hz。在显示器刷新率已经达到足够水平时，云游戏平台显卡渲染的游戏帧率高低已然成为制约云游戏体验的主要因素。

经过实验室实际测试，对于 PC 显示器，云游戏的屏幕刷新率和渲染帧率都要达到 144fps，才能给 FPS/MOBA 等竞技类游戏带来较好的操作体验；对于 4K 电视大屏，3A 高画质类游戏，60fps 帧率即可满足体验要求，竞技类游戏要求 120fps 以上帧率，并需要同步提高 4K 电视屏的刷新率。

3.2.3 码率

云游戏视频编码过程就是在云游戏平台上将视频流压缩的过程，不同视频编码技术的压缩率不同，压缩率越高、视频传输的码率越低。码率是影响画质的重要因素。

当以较大的码率推流，可以保证高端玩家的游戏体验，这通常需要有很好的网络条件，同时考验平台的推流能力；如果云游戏平台提高压缩比、降低码率，可以放宽对网络的要求，但会降低画面质量、

同时不可避免地会增大编码与解码所需要的时间。因此需要结合带宽需求、画面质量和处理延迟，选择一个合适的推流码率。

实验室一方面从玩家主观游戏体验，另一方面通过客观测量指标 PSNR（Peak signal-to-noise ratio，峰值信噪比，评价压缩后重构图像与原图像的差异）和 SSIM（structural similarity index，结构相似性指数，衡量两个压缩前后的图像相似程度），综合评估不同码率下的游戏画面差异/相似度，测算出最优的推流码率。

● 1080P@144fps 的电脑屏云游戏

及格的画质体验要求 30Mbps 码率，云化后的画面与原生游戏画面 SSIM 相似度达到 98.5%、PSNR 高于 35dB，达到高质量画面的要求；极致的画面体验需要 50Mbps 以上码率，肉眼基本无法分辨是原生画面还是云化画面。

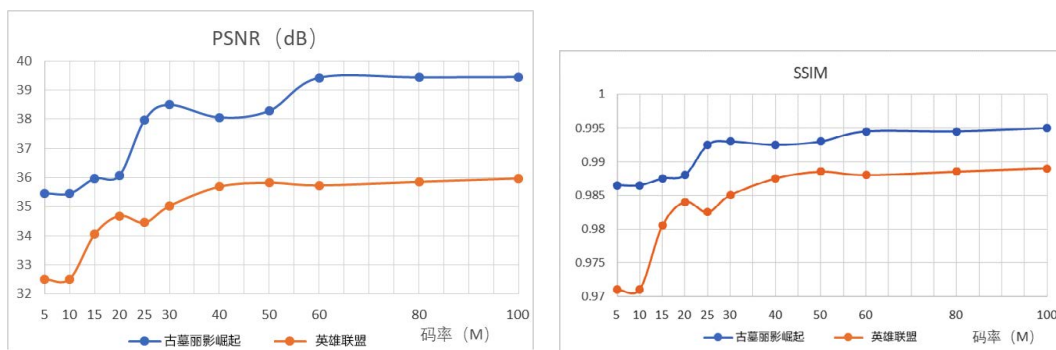


图 3-5 原生画面和云化画面的相似度分析

● 4K@60fps 的电视屏云游戏

在 60Mbps 码率下玩家感知的画面质量良好，PSNR 峰值信噪比和 SSIM 画面相似度均达到高质量画面的要求；码率从 60Mbps 继续升高之后，PSNR/SSIM 受码率的影响趋于平缓、肉眼也难以分辨与 60Mbps 码率的画质区别。

3.2.4 带宽

在云游戏场景中，传输网络作为连接云游戏平台 and 终端的管道，承担着向上传递指令信息、向下推送流化视频数据的作用，网络带宽变得尤为重要。网络带宽不足或拥堵时，会造成云游戏视频流丢包或超时重传，从而引起玩家体验时的画面卡顿感或操作迟滞感。

由于云游戏平台向终端推送视频流时，发流码率不是完全平稳的，有流量突发的情况，经实验室测试，发现网络带宽 $\geq 1.6 \times$ 平均码率时，云游戏体验才可得到基本保障。

●在 PC 显示器上运行 1080P@144fps 的《英雄联盟》，在平均 30Mbps 推流码率下，48Mbps 以上带宽可以有比较稳定良好的画面体验。

限速带宽	画面卡顿	画面花屏	操作迟滞感	总体评价
40Mbps	偶尔	无	轻微	体验一般
45Mbps	偶尔	无	轻微	体验一般
48Mbps	无	无	无	体验良好
50Mbps	无	无	无	体验良好

●在 4K 电视大屏运行 4K@60fps 的格斗类游戏《街头霸王 4》，在平均 60Mbps 推流码率下，96Mbps 及以上带宽，才能有比较稳定良好的操作体验。

限速带宽	画面卡顿	画面花屏	操作迟滞感	总体评价
80Mbps	无	无	明显	体验一般
90Mbps	无	无	轻微	体验一般
96Mbps	无	无	无	体验良好
100Mbps	无	无	无	体验良好

3.2.5 时延

时延是影响云游戏体验质量和成功与否的关键因素。著名 GUI 设计先驱 Jeff Johnson 在《认知与设计 理解 UI 设计准则（第 2 版）》中指出，软件对用户的动作显示反馈时间底线是 100ms，例如屏幕上的按钮在被点击后需要在 100ms 内显示，否则用户就会觉得自己没点到而再点一次。在游戏行业中，这一数据被公认为玩家操作与画面的响应时间需要小于 100ms。

云游戏将云端渲染好的游戏画面串流后，通过网络传输到终端显示。从敲击键鼠到屏幕上游戏角色产生动作，其端到端时延主要包括：

- ① 键鼠 / 手柄的操控指令采集时延
- ② 指令上传时延
- ③ 云端逻辑计算时延
- ④ 云端画面渲染时延
- ⑤ 画面抓取、视频编码时延
- ⑥ 下行视频流传输时延
- ⑦ 终端解码时延
- ⑧ 画面显示时延

相比本地游戏，云游戏额外增加了云端抓屏（获取云端游戏窗口或整个桌面的画面数据流）和编码、网络传输、终端解码等流化处理时延。

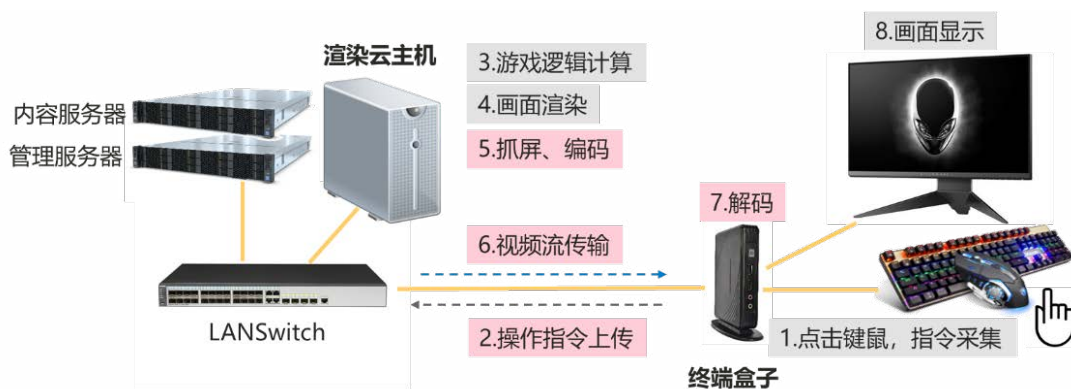


图 3-6 云游戏端到端时延解析

实验室通过邀请多位普通电竞游戏玩家和准电竞级选手对 1080P@144fps 云游戏进行流化时延测试，发现当云游戏流化时延超过 10ms 时，准电竞级选手反馈体验下降；当流化时延超过 30ms 时，普通电竞玩家明显感受到音画不同步等现象。

云游戏流化时延由云管端共同承担，包括云端画面抓取和视频编码时延、终端解码时延、网络传输时延三部分。其中：

- 云端画面抓取、视频编码时延：目前业界可以做到 8ms 以下。
- 终端解码时延：目前业界可以做到 5ms 以下。
- 网络传输时延：按照普通电竞级玩家的及格体验计算，留给网络传输的 RTT 时延需要小于 17ms。

3.2.6 抖动

帧率是游戏玩家十分看重的指标，但是单纯的提升帧率是远远不够的。对于云游戏而言，144 高帧数下，游戏画面有时候依然不流畅，这其实是帧间隔不稳定导致的。帧间隔是相邻两帧的时间间隔。当某一帧游戏画面受某些原因迟到就会造成后面的游戏帧堆积，而游戏画面是实时变化的，排队积压之后将导致某些本应需要显示的画面被舍弃掉，故而出现卡顿、跳帧现象。

在当前硬件编解码相对可控的条件下，网络抖动是造成帧间隔不稳定的根本原因，通过下图可以看出抖动会导致两种情况：

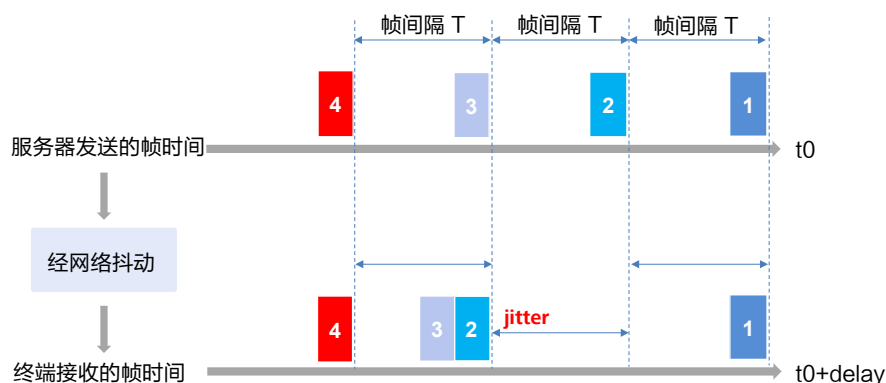


图 3-7 网络抖动对帧间隔的影响

① 相连帧到达终端的时间差变大，可能导致终端显示完当前帧，但下一帧没有及时到达，造成画面的停顿。

② 相连帧同时到达终端，可能导致终端只显示最新帧，造成画面的跳帧。

测试研究发现存在网络抖动的情况下，帧间隔出现大幅度变化，当连续拖动角色快速移动时，画面跳帧现象十分明显。此时，平均高达 130 帧的游戏体验，远远不如 120 帧没有网络抖动的游戏流畅。

经过实验室实际测试，对于 1080P@144fps 的云游戏体验，网络 7ms 抖动是普通电竞玩家的体验边界，对于电竞选手来说，这一指标将更加苛刻。所以保障网络 0 抖动，在稳定的帧间隔基础上，提升帧率才能真正提升云游戏体验。

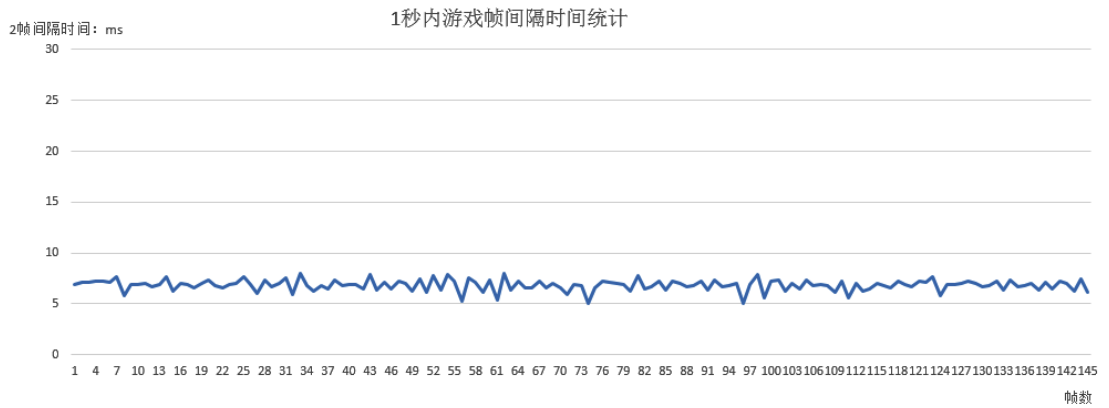


图 3-8 144 帧游戏在无网络抖动情况下的帧间隔



图 3-9 144 帧游戏在有网络抖动情况下的帧间隔

3.2.7 丢包

网络丢包导致用户侧无法正常接收数据，造成体验质量下降。经过实验室实际测试，下行网络允许 1×10^{-5} 以内的丢包率；当丢包率超过 1×10^{-5} 时，会出现画面卡顿。

第 4 章

云游戏商业可行性与商业模式分析

4.1 云游戏产业链

云游戏产业链改变了传统的游戏产业链条，引入了云游戏服务商、网络提供商两个重要角色。

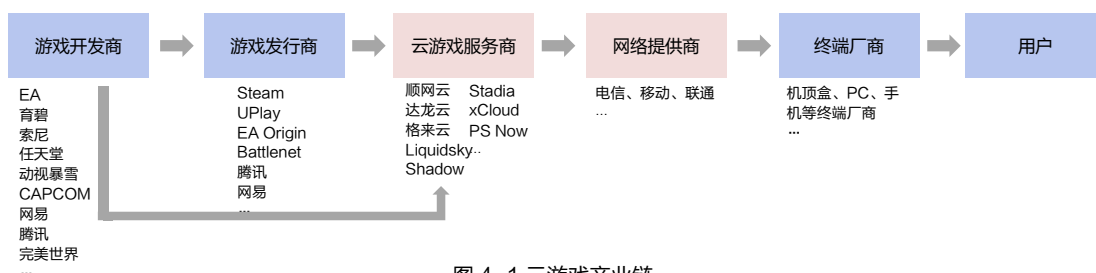


图 4-1 云游戏产业链

1、云游戏服务商

顾名思义，是向用户提供云游戏服务的供应商，其职责在于一方面对接游戏发行商，获取当下优质的游戏资源，保障内容合规并解决版权授权问题；另一方面，在技术上，云游戏服务商提供云平台并进行游戏内容云化处理。

从中远期来看，云游戏服务商未来可扮演游戏发行的角色，与游戏开发商直接对接，将游戏注入云游戏平台，直接为用户提供云游戏服务。目前，一些大厂商如微软推出的 xCloud、索尼的 PS Now 已经提供云游戏服务，这些大厂面向不同的游戏玩家扮演着游戏开发商、游戏发行商和云游戏服务商的角色。

2、网络提供商

云游戏的游戏画面转换为流媒体后需要高速稳定的网络传输才能送达至用户面前，这就需要网络提供商的参与，才能保障用户的游戏画面质量和操控的流畅体验，而同时，电信运营商作为基础网络的所有者，加入到云游戏产业链也能充分发挥其网络优势，对云游戏可以进行有针对性的端到端体验保障。我国的电信运营商同时拥有有线网络和固定网络，匹配了云游戏应用的全部场景，在差异化服务竞争中将具有显著优势。

4.2 云游戏产业现状

目前看来，云游戏尚处在培育、初期发展阶段，市面可见的云游戏体验与本地游戏仍有较大差距，根据 iLab 实验室的多方调研，主要面临下面几大问题：

● 巨头轻度试水，观望情绪重

舆论上的热热闹闹与行业上的现状似乎不太一致。从已有的云游戏厂商业务范围看，大家仍然聚焦在当下已有的游戏范围，没有出现竞争白热化的状态。而网易、腾讯、谷歌、任天堂、微软等巨头公司虽然入局云游戏，但是尚未有哪一家将云游戏作为主打产品。这说明，巨头们看好产业方向。但是，巨头们也在在等待时机，毕竟以 OTT 模式运营的网络带宽成本巨大，巨头们对当下的云游戏体验没有足够信心，不足以大肆投入。

● 内容趋向同质化，主机、端游游戏向云化转变

内容上，除已有大厂提供的主机类云游戏以外，目前大多数云游戏平台和移动云游戏平台以移植已有的端游、手游内容为主，因此各平台之间在内容上几乎是同质的。这意味着，各自阵营的云游戏平台在其领域内游戏内容填满之后，相互扩张是迟早的事情。届时，一旦新的优质云游戏 IP 出现，各大云游戏平台为争夺优质游戏发行版权，价格大战也将拉开帷幕。待到彼时，头部的游戏厂商可能就要真正出手了。

海外云游戏厂商平台				国内云游戏平台		
名称	状态	内容数量	服务地区	名称	状态	内容数量
谷歌 Stadia	已商用	22 个	欧美	腾讯 Start	公测	3 个
微软 xCloud	公测	3000+Xbox One 游戏	欧美	华为云电脑	已商用	预安装热门游戏和游戏平台
英伟达 GeForce Now	已商用	800+Steam 平台游戏	欧美	极云惠普云电脑	已商用	预安装热门游戏和游戏平台
索尼 PlayStation Now	已商用	800+ PS4/PS3/PS2 的游戏	欧美日韩	达龙云	已商用	预安装热门游戏和游戏平台
EA Project Atlas	公测	/	/	格来云	已商用	200+
Shadow	已商用	预安装热门游戏和游戏平台	欧美	顺网云	试商用	预安装热门游戏和游戏平台
Playgiga	已商用	300+	欧洲	威尔云游戏	公测	/
Playkey	已商用	400+	欧洲			
Liquidsky	已商用	预安装热门游戏和游戏平台	欧美			

表 4-1 国内外云游戏平台

● 体验与本地游戏差距较大

通过实测和网评对比，目前国内云游戏画质以 720P@30 帧清晰度居多，平均码率和帧率压缩严重，体验与本地游戏对比差距较大。海外以 1080P@60 帧为主流，普遍高于国内。

海外云游戏厂商平台				国内云游戏平台			
名称	分辨率	帧率 (fps)	官方推荐带宽 (Mbps)	名称	分辨率	帧率 (fps)	实时码率 (Mbps)
谷歌 Stadia	720P/1080P/4K	60	10/20/35	腾讯 Start	720P/1080P	30/60	30
微软 xCloud	720P/1080P	30	/	华为云电脑	720P/1080P	30/60	>10
英伟达 GeForce Now	720P/1080P/4K	60/120	50	极云惠普云电脑	720P/1080P	30/60	15-20
Shadow	1080P/4K	60/144	50	达龙云	720P/1080P	30/60	6-8
Playgiga	720P/1080P	60	20-25	格来云	480P/576P/720P	30	3-4
Playkey	1080P/4K	60	10-35	顺网云	1080P/2K/4K	60/144	30
Liquidsky	720P/1080P	30/60	30				

表 4-2 国内外主流云游戏平台提供的画质

这主要原因在于：（1）国外的 3A 游戏大作较多，注重画面质量如同电影一般绚丽，因此 4K 分辨率才能更好地呈现 3A 游戏带来的视觉效果，而国内的 3A 游戏较少；（2）受游戏主机的影响，国外用户形成了使用电视大屏、游戏主机玩游戏的习惯，而电视大屏已基本普及 4K 分辨率，目前国内用户比较习惯于用 PC 或手机玩游戏。

在码率上，国外的策略是以较大的码率推流，侧重于保证高端玩家的云游戏体验。国外的一些云游戏厂商已经与运营商合作，借助运营商的网络保障和家庭宽带用户，提高游戏推流质量。国内已有的云游戏小厂商当前策略则是面向中低端玩家群体，通过提高压缩比，降低码率的方式降低对网络带宽的要求，以低廉的价格降低用户对体验的要求。这种模式下，为游戏大厂和网络提供商均带来了机会。

4.3 云游戏收费模式

国内外关于云游戏的收费模式普遍采用订阅模式或按小时计费的云网吧模式。

订阅 / 购买模式：该种模式主要对游戏内容收费，将云游戏平台服务和内容一起打包，按周、按月这样租给用户，用户可以按需订阅，比较灵活。游戏内容主要特征为：付费游戏、单机、（3A）大作、动作 + 精美画面。动作、闯关、角色扮演类游戏通常在几天、几周之内就可以通关，这样用户可以灵活地再订阅其他游戏。如果成为会员，可在高分辨率、排队速度上享有一些待遇。

例：格来云游戏内容收费，一是几乎按照市场原价购买游戏，二是按天 / 周 / 月来订阅游戏。有些用户觉得几天就能玩通关，因此可能不想购买游戏。格来云的会员需要购买，成为会员后，分辨率可达到 720P，可以插队。

云网吧模式：云网吧模式相当于按需把云电脑租给用户。一般是根据云电脑的性能配置、按小时收费，大概 4-8 元 / 小时，如果是会员可能还有一些优惠。预置的内容特征为：多人竞技 + 即时策略网游、（3A）大作。这些内容比较耐玩，用户拥有账号即可体验。

订阅/购买模式	云网吧模式
<p>主要对游戏内容设置套餐收费，并收取少量的云游戏平台费用。相当于把云游戏机和游戏内容一起打包，租给用户</p>	<p>主要云游戏平台进行收费，相当于把云电脑按照配置、使用时长，租给用户。用户自行解决游戏购买和账号的问题</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 订阅：按周、月订阅游戏或游戏包 • 购买：永久性地购买游戏或游戏包 	<ul style="list-style-type: none"> • 按配置：根据CPU/GPU/内存分成几档 • 按时长：一般按照小时收费
<p>代表：格来云、Playgiga、GeForce Now等</p>	<p>代表：极云、达龙云、华为云、Shadow、Liquidsky等</p>

例：极云的云电脑配置分为免费、标准、高级、尊享四个档次，根据机器性能配置的不同，按时收费。收费方式与网吧相同。注册后无需付费即可成为会员，从而享受一些优惠。

iLab 根据不同平台提供的服务配置进行成本测算，多家综合评估后得出如下结论：4 元 / 小时的收费模式下约 1 年半 ~2 年内将实现盈亏平衡，订阅模式需要周期更短。

4.4 运营商开展云游戏商业模式构想

网络提供商以运营商为主要提供者，在加入云游戏产业链条以后，其开展云游戏业务需要与游戏产业链上的产业伙伴深入合作，面向终端用户提供云游戏服务，他们的商业模式有 B2C、B2B2C 多种合作模式。

1、以云游戏服务提供商为主体，运营商提供网络基础设施：

这种模式是目前云游戏服务提供商应用最多的模式，又称为 OTT 运营模式。此时，云游戏服务商负责了全部与云游戏内容、版权、渠道、营销、推广、收费模式制定的相关工作，并以向网络提供商购买网络出口带宽、租用 DC 机房的形式为终端用户提供云游戏服务。运营商作为网络提供商参与其中，发挥传统管道价值，但是从云游戏产业链中获取的价值红利最低。

- 收费模式：

订阅：以月、季度、年度等不同时长进行游戏订阅收费，不限定游戏内容。

按小时收费：采取网吧收费形式，云游戏服务商根据用户使用时长进行计费，不限制游戏内容。

2、以运营商为主体，将云游戏服务提供商的内容二次包装

运营商拥有最后一公里的优势，网络延伸至每个人、每个家庭、每个组织。正因如此，他们与用户最贴近，以其作为云游戏的主体，包装云游戏业务向终端用户推广具有得天独厚的优势。

这种模式下，运营商是云游戏业务发放者，云游戏服务提供商作为运营商的合作伙伴不直接对接终端用户。职责上，云游戏服务提供商提供游戏内容、解决版权问题以及云化处理等技术问题，实现与运营商网络连通。运营商负责云游戏的营销、推广、套餐制定等，同时运营商需要针对云游戏评估网络条件的可行性，进行有针对性的改造，助力其发布的云游戏业务体验在市场竞争中有优势。商业上，运营商与云游戏提供商之间根据用户的数量、收费分成。

- 套餐设计：

运营商绑定其家庭宽带套餐或 5G 套餐发展云游戏业务，销售模式根据用户的套餐档位灵活配置，也可以根据提供的云游戏内容不同进行收费分级。例如：

- 升级 500M 宽带套餐并承诺使用一年到两年，可获得部分 3A 大作游戏畅玩体验，补贴游戏配件。赠送以外的游戏，如新品游戏上架，以订阅、购买小时、次数等单独付费。

- 订阅云游戏业务，可优惠升级家庭宽带，不限制游戏内容，赠送部分游戏内装备等。云游戏业务开通满一年第二年家庭宽带持续优惠。

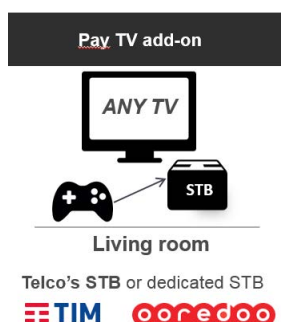
3、运营商与云游戏服务商合作，根据投入进行分成

该种模式更像是合营模式，运营商、云游戏服务商均可以面向各自的渠道进行销售云游戏服务，通过不同的游戏入口判定在某一方进行费用结算。例如，从机顶盒、运营商 App 进入云游戏走运营商结算通道，从云游戏服务商界面进入云游戏走云游戏服务商的结算通道。这种情形下，运营商和云游戏服务商各取所需，根据双方的投入进行不同比例的分成。例如：运营商出让机房、电力、云平台资产，提供网络保障，云游戏服务商负责内容引进、云化软件系统等。然后各自发展自己的用户，设置套餐设计。


4.5 运营商开展云游戏案例

当前，已经有运营商云游戏提供商合作，并实现盈利。

4.5.1 运营商 TIM 与 PlayGiga 合作面向家庭发展云游戏业务



[Video of user experience \(TIM\)](#)

1、与意大利 TIM 合作模式为运营商提供网络及硬件基础设施，Playgiga 提供云游戏内容及技术，由第三方进行平台运营及维护。 

参与者	角色	诉求
Playgiga	提供内容和技术	盈利（整体利润，内容方抽 7 成）
Telecom Italia	提供网络和硬件	盈利，提高国内光纤覆盖率
ENG	平台运营和维护	盈利

2、**收费模式：**采用套餐结合订阅增值服务的方式进行收费，绑定的服务套餐中为用户免费提供 25 款游戏。基础包则需要额外增加 8 美元获得 80 款游戏。在高级包中，需要每月支付 12 美元订阅费。同时，运营商推出宽带升级优惠服务，若在 6 月之内将带宽升级，则订阅费享受半价的折扣。

Bundled



25 GAMES:
23 AAA (2 Flagships)
2 CASUAL
CATALOG VALUE*: \$677

"Part of your 150 \$ monthly tariff including fibre, 2 mobile lines and Pay TV"
"Included for free in your new 5G tariff"

Basic



80 GAMES:
54 AAA (2 Flagships)
26 CASUAL
CATALOG VALUE*: \$1,795

"8 \$ monthly subscription"
"50% off during 6 months if you up-grade from ADSL 20 Mbps to ADSL 40 Mbps"

Premium



100 GAMES:
85 AAA (5 Flagships)
15 CASUAL
CATALOG VALUE*: \$2,931

"12 \$ monthly subscription"
"50% off during 6 months if you up-grade from ADSL to Fibre"

4.5.2 运营商 ooredoo 与 PlayGiga 合作面向家庭发展云游戏业务

1、Playgiga 与卡塔尔电信 ooredoo 在 2019 年 2 月发布提供云游戏服务。合作模式是利用运营商渠道面向家庭用户销售云游戏服务。

参与者	角色	诉求
Playgiga	提供内容和游戏机顶盒 WADE	盈利，销售游戏盒子
ooredoo	提供网络和营销	盈利，提高国内光纤覆盖率



2、**收费模式：**采用订阅增值服务的方式进行收费，Ooredoo 电视客户通过订阅由 WADE 提供的云游戏服务，每月只需 QR50（约 12 欧元）。

第 5 章

云游戏展望

云游戏的显示终端主要为电脑显示屏、电视显示屏、手机显示屏，其中手机显示屏泛指手机、平板等移动设备。以云游戏业务体验为主线，不同的显示屏场景可划分为如下三个阶段：起步阶段、舒适体验阶段、理想体验阶段。

5.1 云游戏发展的三个阶段

不同显示终端由于用户交互方式、屏幕尺寸的不同，侧重的业务指标项也会有所区别。

1. 电脑显示屏

电脑显示屏场景，用户交互以键盘、鼠标为主，比较注重游戏的交互体验。而游戏帧率直接影响到游戏的操作性，因此以帧率为主要指标项，电脑显示屏可划分如下三个阶段。

- 起步阶段：游戏帧率以 60 fps 为代表，内容为 1080P。云游戏处于可以玩的状态，用户体验竞技类游戏时可以明显感觉到画面不连贯。
- 舒适阶段：游戏帧率以 144 fps 为代表，内容为 1080P。用户从视觉和游戏操作上，均有较为舒适的体验，游戏的可操作性达到电竞水准。
- 理想体验阶段：游戏帧率以 240 fps 及以上为代表，内容为 2K 及以上。高分辨率和高帧率逼近人类视觉的极限。

基于研究和算法推论，三个阶段业务指标如下表：

显示终端	业务指标项	起步阶段	舒适体验阶段	理想体验阶段
电脑显示屏	帧率	60 fps	144 fps	≥ 240 fps
	显示屏分辨率	1080P	1080P	2K 及以上
	内容分辨率	1080P	1080P	2K 及以上
	色深	8 bit	8 bit	≥ 8 bit
	编码方式	H.264	H.264/H.265	H.264/H.265
	建议码率（注）	≥ 20 Mbps	≥ 30 Mbps	≥ 55 Mbps
	操作响应时延	≤ 100 ms	≤ 70 ms	≤ 50 ms

注：根据业界经验测算得到，主要考虑编码方式、帧率、分辨率因素：（1）编码从 H.264 到 H.265，H.265 到 H.266 压缩比预计分别提升 30% 左右；（2）帧率提高一倍，压缩比预计提升 50% 左右；（3）分辨率提升一倍，压缩比预计提升 15% 左右。

2. 电视显示屏

电视显示屏场景，用户交互以手柄为主，比较注重游戏的视听体验。而游戏分辨率直接影响到游戏画质，因此以分辨率为主要指标项，电视显示屏可划分如下三个阶段。

- 起步阶段：内容以 1080P 为代表，游戏帧率为 60 fps。云游戏处于可以玩的状态，用户近距离

观看画面，会有明显锯齿。

- 舒适体验阶段：内容以 4K 为代表，游戏帧率为 60 fps。4K 分辨率可以更好的呈现 3A 大作的精良画质，用户的视觉体验上升一个台阶。

- 理想体验阶段：内容以 8K 及以上为代表，游戏帧率为 120 fps 及以上。用户的视觉体验可以媲美顶级电影大片，游戏操作性接近电竞水准。

基于研究和算法推论，三个阶段业务指标如下表：

显示终端	业务指标项	起步阶段	舒适体验阶段	理想体验阶段
电视显示屏	显示屏分辨率	1080P	4K	8K 及以上
	内容分辨率	1080P	4K	8K 及以上
	帧率	60 fps	60 fps	≥ 120 fps
	色深	8 bit	8 bit	≥ 8 bit
	编码方式	H.264	H.264/H.265	H.265/H.266
	建议码率	≥ 20 Mbps	≥ 60 Mbps	≥ 200 Mbps
	操作响应时延	≤ 100 ms	≤ 70 ms	≤ 50 ms

3. 手机显示屏

手机显示屏场景，用户交互以触屏为主，交互体验和视听体验的要求都会比前两种场景低。以分辨率和帧率为主要指标项，手机显示屏可划分如下三个阶段。

- 起步阶段：内容以 720P 为代表，游戏帧率为 30 fps。用户体验画面变换较快的游戏时，可以明显感觉到画面不连贯。

- 舒适体验阶段：内容以 1080P 为代表，游戏帧率为 60 fps。用户可流畅体验大部分游戏，但竞技类游戏可能感觉到画面不连贯。

- 理想体验阶段：内容以 2K 及以上为代表，游戏帧率为 120 fps 及以上。画面视觉已接近人眼极限，游戏操作性接近电竞水准。

基于研究和算法推论，三个阶段业务指标如下表：

显示终端	业务指标项	起步阶段	舒适体验阶段	理想体验阶段
手机显示屏	帧率	30 fps	60 fps	≥ 120 fps
	显示屏分辨率	720P	1080P	2K 及以上
	内容分辨率	720P	1080P	2K 及以上
	色深	8 bit	8 bit	≥ 8 bit
	编码方式	H.264	H.264	H.264/H.265
	建议码率	≥ 6 Mbps	≥ 20 Mbps	≥ 40 Mbps
	操作响应时延	≤ 100 ms	≤ 70 ms	≤ 50 ms

5.2 云游戏对时延和抖动要求的展望

云游戏属于强交互业务，业务的时延和抖动是云游戏解决方案最高的要求，三个发展阶段的时延和抖动展望如下：

1. 电脑显示屏

- 在起步阶段，操作响应时延 ≤ 100 ms、抖动 ≤ 16 ms，游戏操作延迟在可接受范围。
- 在舒适体验阶段，操作响应时延 ≤ 70 ms、抖动 ≤ 7 ms，游戏操作延迟达到准电竞选手的水平。
- 在理想体验阶段，操作响应时延 ≤ 50 ms、抖动 ≤ 4 ms，游戏操作延迟达到电竞选手的水平。

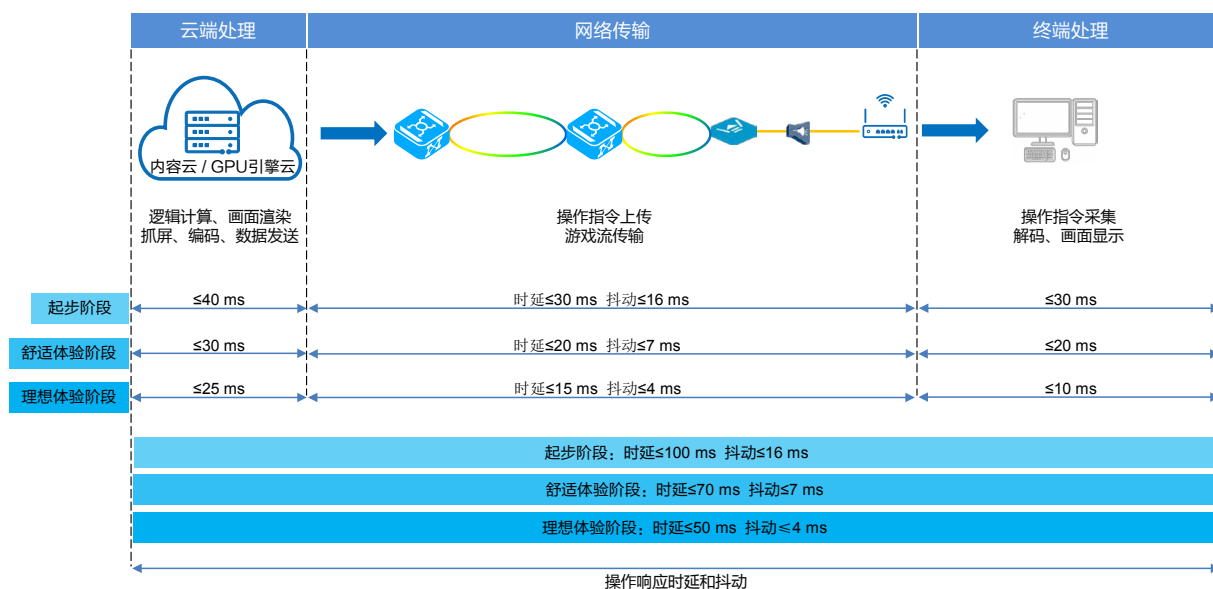


图 5-1 电脑显示屏场景时延和抖动的要求

2. 电视显示屏

- 在起步阶段，操作响应时延 ≤ 100 ms、抖动 ≤ 16 ms，游戏操作延迟在可接受范围。
- 在舒适体验阶段，操作响应时延 ≤ 70 ms、抖动 ≤ 16 ms，游戏操作延迟达到准电竞选手的水平。
- 在理想体验阶段，操作响应时延 ≤ 50 ms、抖动 ≤ 8 ms，游戏操作延迟达到电竞选手的水平。

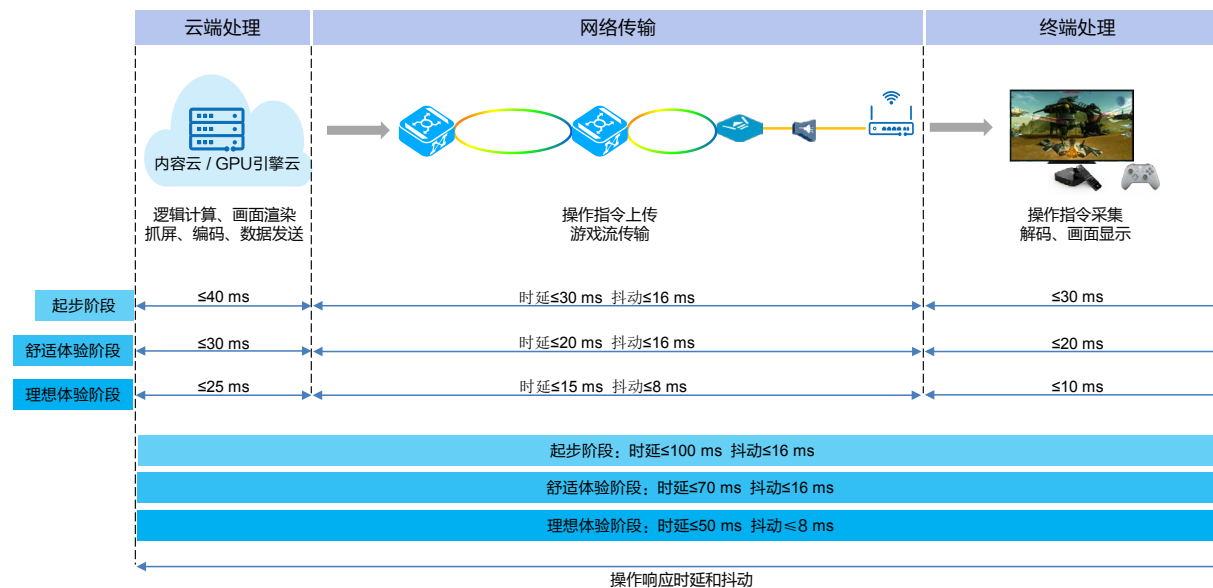


图 5-2 电视显示屏场景时延和抖动的要求

3. 手机显示屏

- 在起步阶段，操作响应时延 ≤ 100 ms、抖动 ≤ 33 ms，游戏操作延迟在可接受范围。
- 在舒适体验阶段，操作响应时延 ≤ 70 ms、抖动 ≤ 16 ms，游戏操作延迟达到准电竞选手的水平。
- 在理想体验阶段，操作响应时延 ≤ 50 ms、抖动 ≤ 8 ms，游戏操作延迟达到电竞选手的水平。

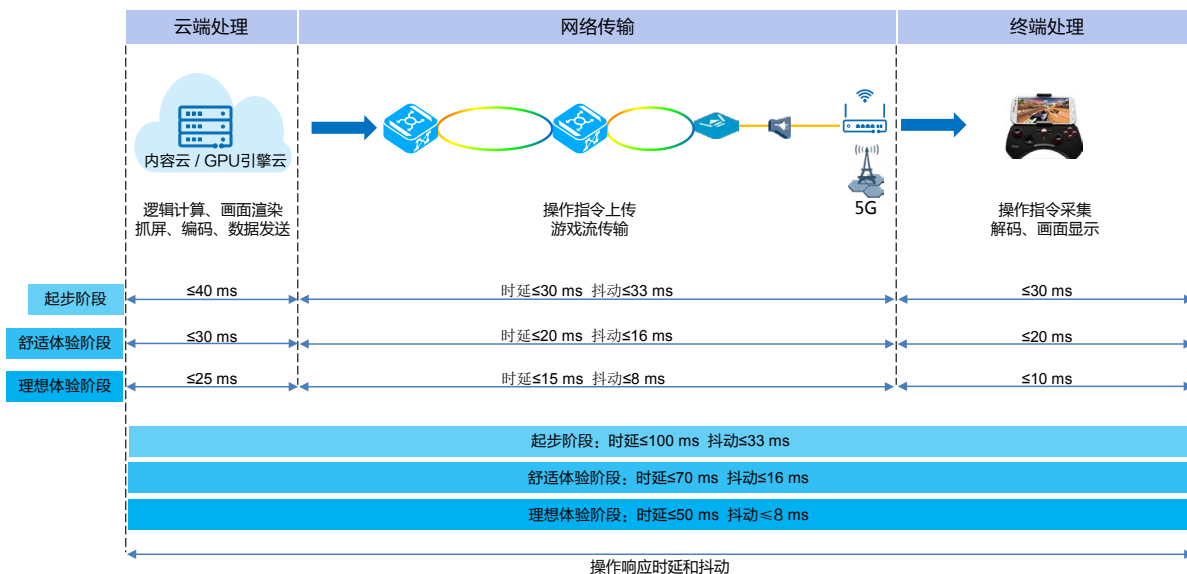


图 5-3 手机显示屏场景时延和抖动的要求

5.3 云游戏对网络要求的展望

基于业务体验指标，云游戏业务在三个阶段的网络要求如下：

显示终端	网络指标	起步阶段	舒适体验阶段	理想体验阶段
电脑显示屏	带宽（注）	≥ 32 Mbps	≥ 48 Mbps	≥ 88 Mbps
	网络 RTT	≤ 30 ms	≤ 20 ms	≤ 15 ms
	网络抖动	≤ 16 ms	≤ 7 ms	≤ 4 ms
	丢包率	≤ 1 × 10 ⁻⁵	≤ 1 × 10 ⁻⁵	≤ 1 × 10 ⁻⁶
电视显示屏	带宽	≥ 32 Mbps	≥ 96 Mbps	≥ 320 Mbps
	网络 RTT	≤ 30 ms	≤ 20 ms	≤ 15 ms
	网络抖动	≤ 16 ms	≤ 16 ms	≤ 8 ms
	丢包率	≤ 1 × 10 ⁻⁵	≤ 1 × 10 ⁻⁵	≤ 1 × 10 ⁻⁶
手机显示屏	带宽	≥ 10 Mbps	≥ 32 Mbps	≥ 64 Mbps
	网络 RTT	≤ 30 ms	≤ 20 ms	≤ 15 ms
	网络抖动	≤ 33 ms	≤ 16 ms	≤ 8 ms
	丢包率	≤ 1 × 10 ⁻³	≤ 1 × 10 ⁻⁵	≤ 1 × 10 ⁻⁶

注：经实验室测试，网络带宽 ≥ 1.6 × 码率时，云游戏体验才可得到基本保障。

5.4 云游戏解决方案展望

云游戏还处于起步阶段，随着未来技术的发展，云游戏将会呈现更多可能。

- 终端

VR/AR/MR 眼镜、裸眼 3D 屏、智能手表等也会成为游戏终端。它们不需要多强的性能，只需要具备一定的显示能力。



图 5-4 游戏的终端发展

- 网络

1. 固定承载网络：家庭带宽将升级到 1Gbps 速率及以上，Wi-Fi 5 升级到 Wi-Fi 6，25G/50G PON 应用、波分一跳直达等应用。

2. 5G 无线传输网络：5G 网络可以提供随时随地 100Mbps 大带宽，满足手机显示屏场景下的舒适体验阶段。

- 云平台

云网协同，根据网络情况智能调度、无缝切换最优的渲染节点，并调整推流参数。



- 内容

极度拟真成为游戏常态，表现为画面质量、分辨率、帧率的逼近人眼极限，例如出现 8K 游戏。云端超强性能促进 3A 游戏发展，甚至会引起游戏形态的变化，例如可能会产生超级游戏（拥有无限地图、无限场景、同台竞技人数从 10 人或 100 人提升到上千上万人等），只有在云端才能运行起来。

华为技术有限公司

深圳龙岗区坂田华为基地
电话: +86 755 28780808
邮编: 518129
www.huawei.com

商标声明

 HUAWEI, HUAWEI,  是华为技术有限公司商标或者注册商标, 在本手册中以及本手册描述的产品中, 出现的其它商标, 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, 华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息, 恕不另行通知。

版权所有© 华为技术有限公司 2018。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。