

云游戏关键技术 研究报告 (2020 年)

中国信息通信研究院泰尔终端实验室
5G云游戏产业联盟
2021 年 1 月

版权声明

本报告版权属于中国信息通信研究院和 5G 云游戏产业联盟，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国信息通信研究院和 5G 云游戏产业联盟”。违反上述声明者，编者将追究其相关法律责任。

前 言

云游戏是以云计算为基础的游戏方式，其本质为交互性的在线视频流。云游戏概念自 2000 年被首次提出，历经了初生、萌芽、预热和全面发展几个阶段，每次阶段性飞跃的背后都是信息通信基础技术的更迭。5G 的商用开启了云游戏移动化的新篇章，而云游戏也将作为 5G 落地的重要应用场景之一，将先进网络技术带来的革新性体验传达给广大用户。

报告通过对云游戏技术发展历程的回顾、技术架构的概览、关键技术的剖析以及保障体系的构建，全面阐释了云游戏是由云计算、网络和流媒体等多种信息通信技术融合而成的，同时又通过其广泛的用户群体和优质的内容资源，可以迅速形成技术落地的应用示范，从而反向推进产业整体发展的中心思想。报告还归纳了云游戏技术的几大发展趋势，并指出由于云游戏技术架构可复用于其他高算力、大视频流交互场景，未来有望打破场景界限，实现技术资源复用，创造出更多更新的需求和体验。

云游戏为社会带来的不仅仅是游戏玩家的体验升级，更是全世界信息通信技术的一场革新。

云游戏，未来可期。

目 录

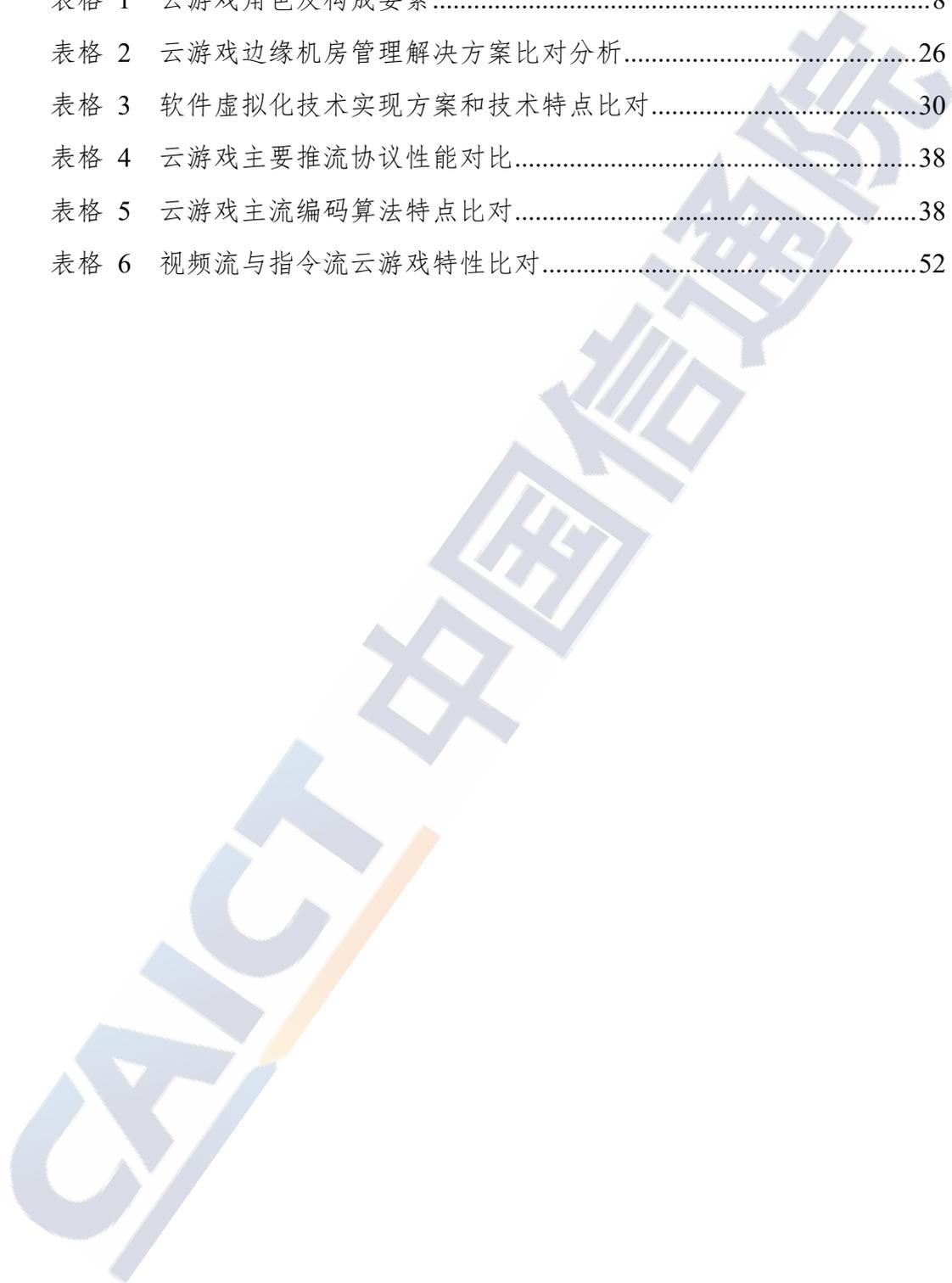
一、技术发展历程.....	1
(一) 以 Wi-Fi 为传输承载力的云游戏雏形初现.....	1
(二) 虚拟化和编解码技术助力云游戏产品萌芽.....	1
(三) 云计算技术提升推动云游戏进入预热阶段.....	2
(四) 5G 弥补传输短板，云游戏进入全面发展期.....	3
(五) 云游戏是信息通信技术融合更迭的领跑者.....	5
二、技术架构总览.....	7
(一) 参与角色与构成要素.....	7
(二) 生命周期与行为分解.....	8
(三) 功能架构与部署实现.....	11
三、关键技术剖析.....	17
(一) 5G 技术赋能云游戏移动端便携属性.....	17
(二) 边缘计算实现网络带宽与时延的双赢.....	23
(三) 虚拟化/容器技术提升资源使用效率.....	27
(四) 高密度 GPU 助力云游戏实现算力飞跃.....	33
(五) 流媒体技术开启用户视听体验新篇章.....	37
四、保障体系构建.....	40
(一) 云游戏标准化体系.....	40
(二) 用户体验评价体系.....	43
五、发展趋势展望.....	48
(一) 云原生引领云游戏进入新纪元.....	48
(二) 指令流与视频流的双路线融合.....	51
(三) 人工智能技术让云游戏更智能.....	53
(四) 信息安全将愈发受到产业重视.....	55
(五) 云游戏技术将实现场景社会化.....	55

图 目 录

图 1	2008-2019 年的云游戏发展历程	5
图 2	云游戏参与角色	7
图 3	云游戏上架部署活动行为分解	9
图 4	云游戏登录活动行为分解	9
图 5	云游戏运行活动流程	11
图 6	云游戏各要素的功能架构图	12
图 7	按云计算层级部署的云端架构	14
图 8	云游戏服务平台部署架构	14
图 9	云游戏运营平台部署架构	15
图 10	云游戏全局部署架构	16
图 11	边缘计算实现架构示意图	25
图 12	系统直连、容器、虚拟机架构示意图	28
图 13	三种不同的云游戏技术实现架构	29
图 14	宿主型虚拟化架构示意图	31
图 15	裸机虚拟化架构示意图	31
图 16	进程虚拟化架构示意图	32
图 17	GPU 直通、GPU 透传示意图	35
图 18	GPU 共享、GPU 虚拟示意图	35
图 19	云游戏的框架及用到的流媒体技术	37
图 20	5G 云游戏标准体系框架图	41
图 21	ITU-T G.1032 对游戏 QoE 影响因素的划分	46
图 22	视频流云游戏实现流程	51
图 23	指令流云游戏实现流程	52

表 目 录

表格 1	云游戏角色及构成要素.....	8
表格 2	云游戏边缘机房管理解决方案比对分析.....	26
表格 3	软件虚拟化技术实现方案和技术特点比对.....	30
表格 4	云游戏主要推流协议性能对比.....	38
表格 5	云游戏主流编码算法特点比对.....	38
表格 6	视频流与指令流云游戏特性比对.....	52



一、技术发展历程

（一）以 Wi-Fi 为传输承载力的云游戏雏形初现

云游戏本质是在线交互性流媒体。云游戏是一种以云计算技术为基础的在线游戏。与以往游戏不同，云游戏的运行在云端服务器中进行，将游戏场景渲染成视频流和图片流后，利用网络传输至玩家的游戏终端，并获取玩家输入指令，形成交互。云游戏场景下，玩家不需要具备强大图形运算和数据处理能力的游戏终端，其设备只需要具备基本的流媒体播放功能和向云端服务器发送指令的功能即可。云游戏使得游戏玩家省去下载、安装、升级等操作，随时随地在多平台通过网络体验游戏。

云游戏初生阶段。早在 2000 年，云游戏的雏形以视频云游戏的形式出现在大众视野中。当时的视频云游戏技术核心为通过 Wi-Fi 技术将 PC 游戏从云端传输到终端手持设备。然而受限于当时各方面技术的不完善，视频云游戏这一概念并没有得到好的反馈。

（二）虚拟化和编解码技术助力云游戏产品萌芽

云游戏萌芽阶段。2009 年 OnLive、Game String 等公司先后发布云游戏平台，学术界也相继发声，正式敲定云游戏这一概念。相较于 2000 年初生阶段，这一时期的技术更迭给云游戏技术注入了强力的新生力量。容器概念的提出以及虚拟化技术的发展融合推动了云计算技术的发展，在云端高性能服务器对画面的渲染能力大幅度提高；H.264/AVC 标准的提出进一步提高了视频编码效率，AVS 视频编码标

准的制定实现了编码复杂冗余同编码效率的折中，云游戏视频编码技术的发展使得渲染后的画面质量以及占用带宽得到了进一步的平衡优化；OFDM 技术、智能天线技术以及 MIMO 技术等相关核心技术的发展使得网络传输信号质量以及网络传输容量得到大幅度提升。这一时期对于 4G 技术的探索使得网络传输能力得到优化，在时延以及用户网络波动方面得到了很大的提升，视频压缩阶段的延迟控制在平均 15ms 内，服务端到客户端的延迟控制在 100ms 内基本可以满足用户的游戏体验。

高画质体验与网络带宽之间的冲突，以及大规模用户与服务器高负载需求之间的矛盾，使得这一阶段的云游戏依然未能实现质的飞跃。随着 OnLive 等公司的离席，云游戏这个“新生儿”再一次陷入成长的低迷期，同时也暴露出云游戏发展中的诸多痛点。首先是技术问题，当时 Onlive 的技术不能提供超一流的游戏体验，远远比不上游戏机；其次是成本问题，由于当时还没有 GPU 虚拟化技术，导致每一个用户在游戏过程中都需要一台实体服务器为其提供支持，运营成本极高，严重入不敷出；最后是游戏版权问题，Onlive 在其云游戏业务的战略布局时，侧重于已经较为普及的主机游戏，引发与其他游戏平台的恶性竞争，最后因盗版问题失去游戏 CP 的支持。游戏体验差、运营成本高、盗版问题使得云游戏的第一次产品化尝试以失败告终。

（三）云计算技术提升推动云游戏进入预热阶段

云游戏预热阶段。2012 到 2018 年，索尼、英伟达、微软等头部大厂纷纷探索云游戏服务。先进的技术理念使得 2009 年到 2012 年这

一时期的运营失败并未再次浇灭云游戏这团“星星之火”，此后的几年时间内工业界以及学术界纷纷投入资金、时间精力进行云游戏相关技术的研究与优化。2015 年，索尼收购 OnLive 以提供技术支持，同时推出 Playstation Now，允许 PS4 以及 PC 用户通过串流方式运行 PS2-4 上的高质量游戏。2017 年英伟达为 PC 和 Mac 推出了单独的云游戏服务 GeForce Now，2018 年微软正式公布新云游戏服务 Project xCloud。

这一阶段的主要技术迭代在于视频压缩技术、云计算技术以及 GPU 服务的优化。游戏市场的蓬勃发展、高清视频产业的空前繁荣以及虚拟现实和增强现实等沉浸式视频应用的新兴作为驱动，加速了视频编码技术的更迭与标准化，HEVC/H.265、FVC 等编码标准的提出以及相关视频编解码技术的应用使得云游戏视频画面传输质量以及编码效率得到进一步优化。同一时期互联网产业的发展对云计算技术以及相关虚拟化技术提出了新的需求，随着国内外对于云计算标准的制定与完善，云游戏技术中云端服务器渲染及负载能力得以满足用户需求，编码技术的改进以及云端能力的增强使得这一时期的云游戏技术得以快速发展，用户体验良好，在交互时延以及交互质量上达到了传统游戏的正常水准，各大厂商也随之纷纷入局部署。受限于 4G 环境下网络传输能力的不足以及基站部署数量的限制，这一时期的云游戏只能在特定环境下小范围使用，无法实现产业化普及，也未能走入大众视野。

（四）5G 弥补传输短板，云游戏进入全面发展期

全面发展阶段。过去十几年间关于云游戏技术的种种优化理念使得这一领域的热度从未有所下降，然而网络传输能力的限制以及相关体系的不完善使其一直未走到台前呈现于大众，近年来随着云计算技术的成熟，高密度 GPU 服务器及其虚拟化技术的发展、音视频编码技术的成熟、相关网络协议优化技术的发展，云游戏技术也随之激发到新的高度，在用户体验以及负载能力方面达到了较高水准。同时 5G 技术的提出与落实弥补了云游戏技术的最后一块空缺，网络带宽负载以及网络传输能力均得到跳跃式提升，多接入边缘计算技术的应用为云游戏提供了更高的即时性，降低了云端到终端的传输时延，网络切片技术则提供了更好的安全性以及网络体验，优化了大规模用户同时运行的游戏体验。这一阶段的云游戏作为 5G 时代的“杀手级应用”已经初现端倪，开始被大众用户所认知接触并接受。

2019 年 GDC 大会谷歌发布 Stadia 云游戏平台，再次将云游戏推向风口。Stadia 平台用户可以在电脑、笔记本、手机、平板以及电视五个平台上通过网页玩游戏，并且可以随时切换。支持 4K 游戏，未来更有望支持 8K。2020 年 9 月，微软公司云游戏服务 xCloud 正式上线；同期，亚马逊宣布推出 Luna 云游戏服务。至此，国际互联网和云服务巨头悉数进入云游戏行业。未来云游戏发展趋势将会有更强竞争，行业格局也会逐步明朗；信息通信技术的更迭会为云游戏带来里程碑式的技术提升，促进云游戏行业不断成熟。



来源：公开资料整理

图 1 2008-2019 年的云游戏发展历程

（五）云游戏是信息通信技术融合更迭的领跑者

云游戏的进步不是单一技术提升能够促成，而是需要多种信息技术融合推动。从云游戏的技术发展史可以看出，云游戏的技术链条从服务端的云计算技术，到传输过程中的网络技术（尤其是移动网络技术），以及用户接收端的终端技术均有涉及，涵盖 CPU/GPU 性能提升、虚拟化/容器技术、流媒体处理和传输、5G 网络建设、边缘计算技术实现/节点布设等多种信息通信核心技术。因此，云游戏的每一次技术飞跃，背后都是这些基础核心技术的升级迭代。

高新视频是未来 5G 时代应用的风向标。2020 年 8 月，国家广电总局提出了“5G 高新视频”（5G 环境下具有“更高技术格式、更新应用场景、更美视听体验”的视频）的概念。其中，“高”是指视频融合 4K/8K、3D、VR/AR/MR、高帧率（HFR）、高动态范围（HDR）、广色域（WCG）等高技术格式；“新”是指具有新奇的影像语言和视觉体验的创新应用场景，能够吸引观众兴趣并促使其产生消费。在 5G 众多应用场景中，高新视频被公认为是 5G 时代最重要和最早开展的业务，愈发受到社会各界的广泛关注。

云游戏是 5G 高新视频领域的排头兵。5G 高新视频由云游戏、互动视频、沉浸式视频和 VR 视频构成。纵观即时通信、影视娱乐、短视频这些 4G 时代的爆款应用，其繁荣离不开迎合用户、技术实现和内容三大基本要素。在四类高新视频场景中，互动视频、沉浸式视频和 VR 视频的内容资源都不够丰富，部分场景（如沉浸式视频和头显式 VR）还需用户单独购置设备才可使用，导致其用户群体覆盖率当前均处于较低水平。而云游戏凭借游戏产业雄厚的用户基础，保守估计已拥有 8kw 的用户群体；依托“游戏云化”技术可快速实现移动端和主机端游戏的“一键上云”，使其内容资源得到了极大程度的丰富。坚实的用户基础加上丰富的内容资源，注定了云游戏是 5G 高新视频业务落地的先驱，践行信息通信领域新技术的领跑者。

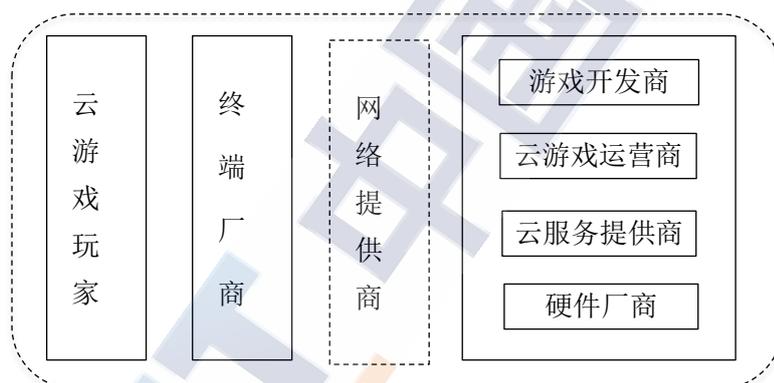
云游戏与信息通信技术的发展共生。技术的进步离不开大规模部署与应用，云游戏凭借规模化的用户基础和优质的内容资源，成为了历代信息通信技术革新最早的承载者和践行者。5G 和其他信息通信技术的发展为云游戏的实现提供了更好的用户体验，打开了云游戏移动化的新篇章；而云游戏也为 5G 和高新视频产业提供了真正被用起来、能走进千家万户的“抓手”。随着云游戏移动场景用户规模的不断扩大，以 5G 为代表的各类信息通信技术也将被广泛应用。大规模使用和实践将暴露新的问题，而市场会驱动产业界集中精锐力量解决问题，进而实现新一轮的技术迭代。如此周而复始，云游戏与信息通信技术将形成相互促进，协同发展的正向循环。

二、技术架构总览

本章将遵循“谁、用什么、做什么和怎么做”的逻辑思路，通过分析云游戏活动的参与角色、构成要素、生命周期及其活动行为，最终给出云游戏的技术部署架构。

（一）参与角色与构成要素

云游戏参与角色可分为游戏开发商、云游戏运营商、方案提供商、网络提供商、终端厂商和云游戏玩家。其中，云游戏运营商又称云游戏平台商或渠道提供商；方案提供商可根据云计算的层级划分为硬件厂商和云服务提供商。



来源：5G 云游戏产业联盟

图 2 云游戏参与角色

云游戏构成要素包括云游戏开发平台、云游戏运营平台、云游戏服务平台、网络资源、终端设备和游戏应用。参与者与构成要素的行为对应关系为：游戏开发商在游戏开发平台上完成游戏内容和技术实现的开发；服务运营者以云游戏平台或渠道的形式对云游戏进行分发、运营；方案提供商以云游戏服务平台和云服务的形式提供业务管理服务和云端基础资源；网络提供商提供网络资源；终端企业生产可以用于云游戏的不同终端产品；而用户则使用云游戏应用产品来玩游戏。

表格 1 云游戏角色及构成要素

角色		构成要素
云游戏用户		云游戏实例/云游戏应用
终端厂商		终端产品如手机、PC、VR/AR、大屏、手柄等
网络运营商		网络资源如移动网络、固定网络
方案提供商	云服务提供商	云游戏服务平台（中心云、边缘云）
	硬件厂商	云服务（提供基础资源如 CPU、GPU 和其他硬件）
云游戏运营商		云游戏运营平台（各种云游戏平台、渠道等）
游戏开发商		云游戏开发平台

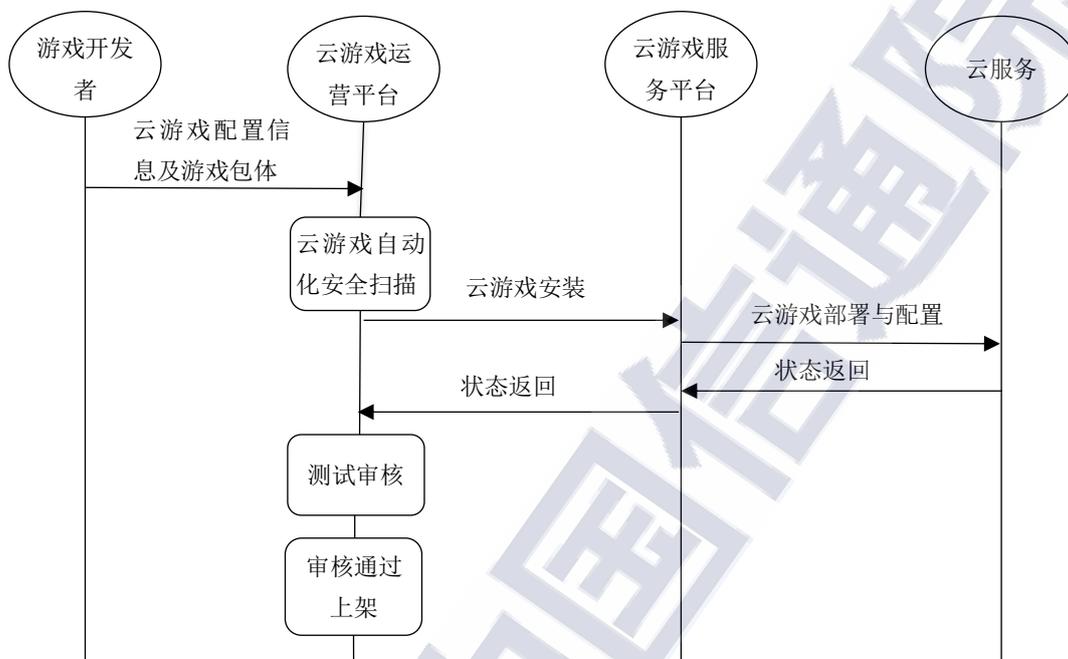
来源：5G 云游戏产业联盟

（二）生命周期与行为分解

云游戏的整个生命周期历经游戏开发、上架部署和登陆运行。游戏开发流程相对封闭，且各企业有所不同，在此不做过多探讨。在此对云游戏上架部署、用户登录和游戏运行三个生命周期节点所涉及的所有构成要素进行行为分解。

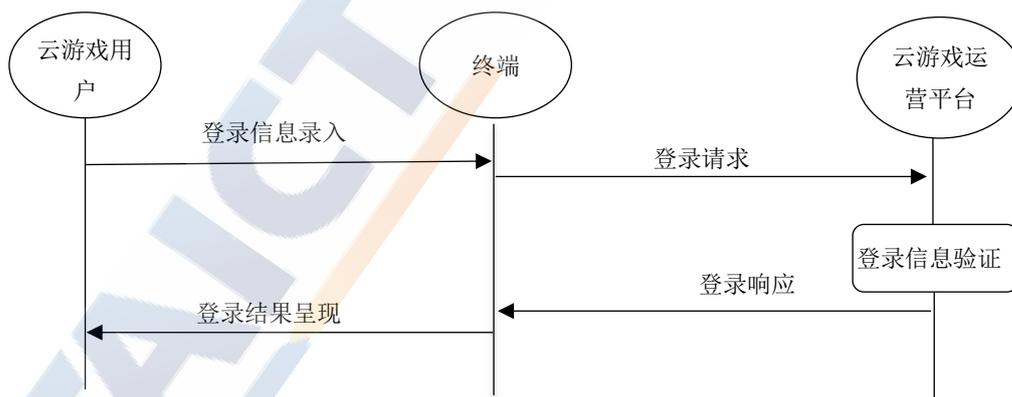
云游戏上架部署活动的主要参与对象包含游戏开发者、云游戏平台（可以进一步细分为运营平台、服务平台和云服务）。其具体行为可分解为：（1）游戏开发者将基于云游戏适配的客户端包体及相关配置信息传递给云游戏（运营）平台。（2）云游戏（运营）平台对游戏包体做安全扫描等预处理，使其满足预定格式、安全等要求。（3）云游戏（运营）平台向云游戏服务平台启动安装流程，传递游戏包体、

部署节点等信息。（4）云游戏服务平台将游戏包体等部署配置到对应的节点。（5）云游戏（运营）平台运营人员测试、审核云游戏内容。（6）审核通过后，云游戏（运营）平台发布并上架该款游戏。



来源：5G 云游戏产业联盟

图 3 云游戏上架部署活动行为分解



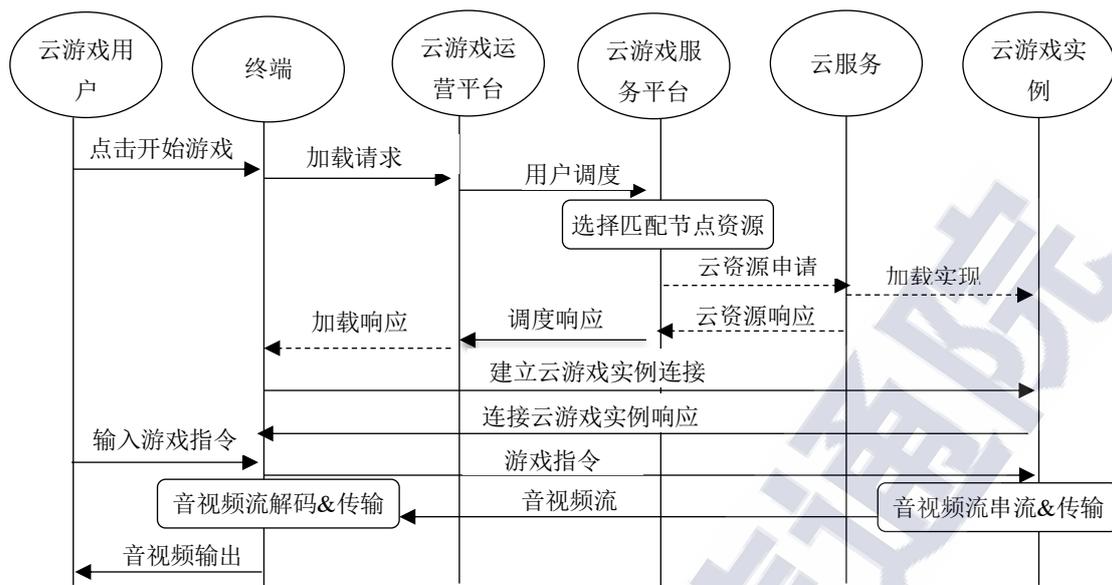
来源：5G 云游戏产业联盟

图 4 云游戏登录活动行为分解

云游戏登录活动的主要参与对象有云游戏用户、终端和云游戏运营平台。云游戏登录活动流程的行为可分解为：（1）用户输入游戏

大厅登录账户及相关信息。（2）终端将登录信息发送给云游戏（运营）平台验证。（3）云游戏（运营）平台验证后返回给终端，用户进入登录后的界面。

云游戏运行活动流程主要参与对象包含云游戏用户、终端、云游戏运营平台、云游戏服务平台、云服务和云游戏实例，其运行行为可分解为：（1）用户点击开始某游戏。（2）终端携带游戏、用户测速和地址等信息加载请求并发送给云游戏（运营）平台。（3）云游戏（运营）平台根据用户服务等级，向云游戏服务平台请求用户调度。（4）云游戏服务平台根据服务节点负载情况、资源配比等信息选择节点资源，向对应的云服务发送申请。（5）云服务加载对应的实例和游戏。（6）云游戏服务平台返回为该用户分配的实例信息，并传递给终端。（7）终端启动建立与云游戏实例的安全连接和传输通道。（8）用户通过终端屏幕、手柄等设备输入指令传递给云端实例，实例通过本地音视频流采集、编码再传输给终端，终端实现音视频播放。



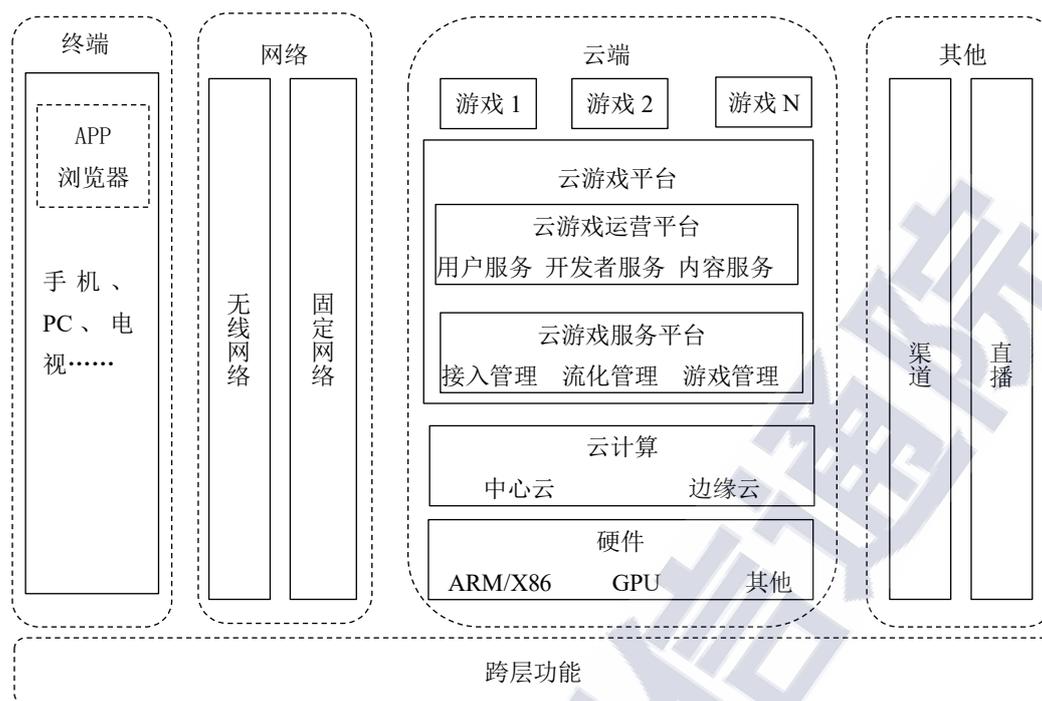
来源：5G 云游戏产业联盟

图 5 云游戏运行活动流程

(三) 功能架构与部署实现

1.云游戏功能架构

通过对各个要素的主要行为分析，可得出每个行为活动涉及的功能点，从而提炼出云游戏各要素的功能架构。云游戏的功能架构可分为终端、网络、云端、其他和跨层五个不同层级。功能架构的明确为进一步厘清云游戏的技术架构和部署实现提供了必要的依据。



来源：5G 云游戏产业联盟

图 6 云游戏各要素的功能架构图

终端功能层是云游戏的表现层。包括用户输入数据的收集、云游戏画面显示和声音播放等，用户终端及其支持的设备包括但不限于手机、平板、PC、大屏、机顶盒以及鼠标键盘、游戏手柄等。

网络功能层是云游戏的传输层。该层将终端用户的操作指令传输到云端，并将云端的视频流回传给终端。网络包含无线网络和有线网络，需要高带宽低时延的性能来满足云游戏的传输体验要求。

云端功能层由基础硬件、云计算、云游戏平台及其上运行的云游戏共同构成。基础硬件是云端功能层的基石。基础硬件主要由基于 x86 服务器的虚拟机架构或基于 ARM 服务器虚拟机架构和 GPU 以及其他硬件共同实现。基础硬件提供图形处理、运算处理能力，并配合提供云主机、云容器引擎、弹性伸缩等服务。云计算主要分为中心云和边缘云，边云协同实现数据的存储、计算等功能。云游戏平台主要

包含云游戏运营平台功能和云游戏服务平台。云游戏服务平台主要提供接入管理、流化管理和游戏管理等功能；云游戏运营平台主要提供用户服务、开发者服务和内容服务等功能。

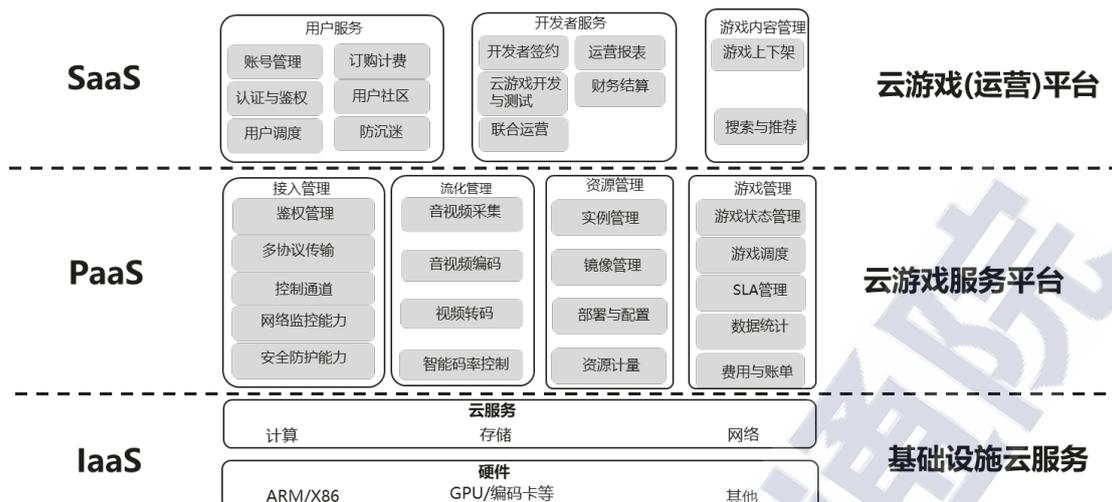
其他功能层包括了云游戏渠道和直播功能。

跨层功能层包括了一系列功能组件。这些功能组件与其上方三层组件进行交互以提供支撑能力。这些支撑能力包括但不限于监控服务、授权和安全策略、认证和身份管理。

2.云游戏部署实现

云游戏是基于云计算的交互视频流，其云端功能层的部署是重中之重。

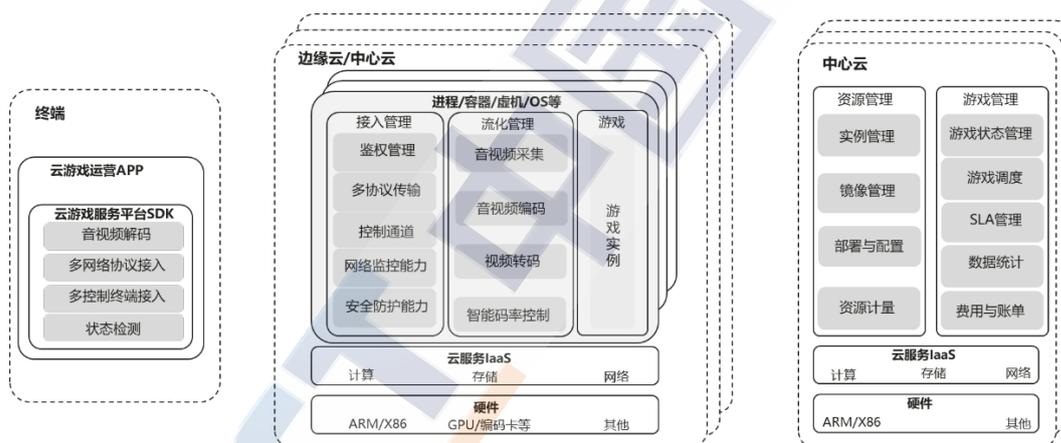
从云计算层级看，可将云端部署分为 SaaS、PaaS 和 IaaS 的三层架构。SaaS 层面向云游戏（运营）平台，专注于面向用户做游戏推广，与游戏内容开发商合作游戏内容运营等。PaaS 层面向云游戏服务平台，以云端串流、运行实例和游戏管理、智能调度、组员管理为核心功能，承载了云游戏算力带宽成本和游玩体验的诉求。IaaS 层面向基础设施云服务，主要用于提供基础计算、存储、网络资源，包括中心云和边缘云。



来源：5G 云游戏产业联盟

图 7 按云计算层级部署的云端架构

从云游戏要素看，可将云端部署分为云游戏服务平台和运营平台两方面来部署。

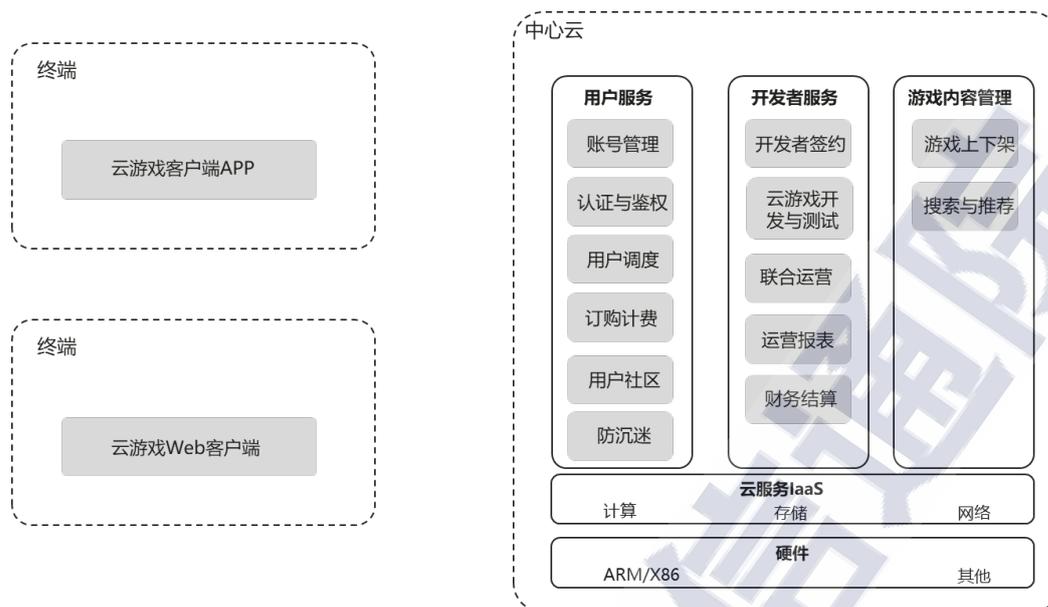


来源：5G 云游戏产业联盟

图 8 云游戏服务平台部署架构

云游戏服务平台部署架构主要包含三个部分。一是终端 APP 上的 SDK；二是部署在边缘云和中心云的业务面功能，负责用户接入管理(含鉴权管理、多协议传输、控制通道、网络监控、安全防护等)、流化管理(音视频采集、音视频编码、视频转码和智能码率控制等)；三是部署在中心云的管理面，负责游戏管理（实例管理、镜像管理、部署与配置、资源计量、费用与账单、游戏状态管理、游戏调度、用

户体验管理等）。

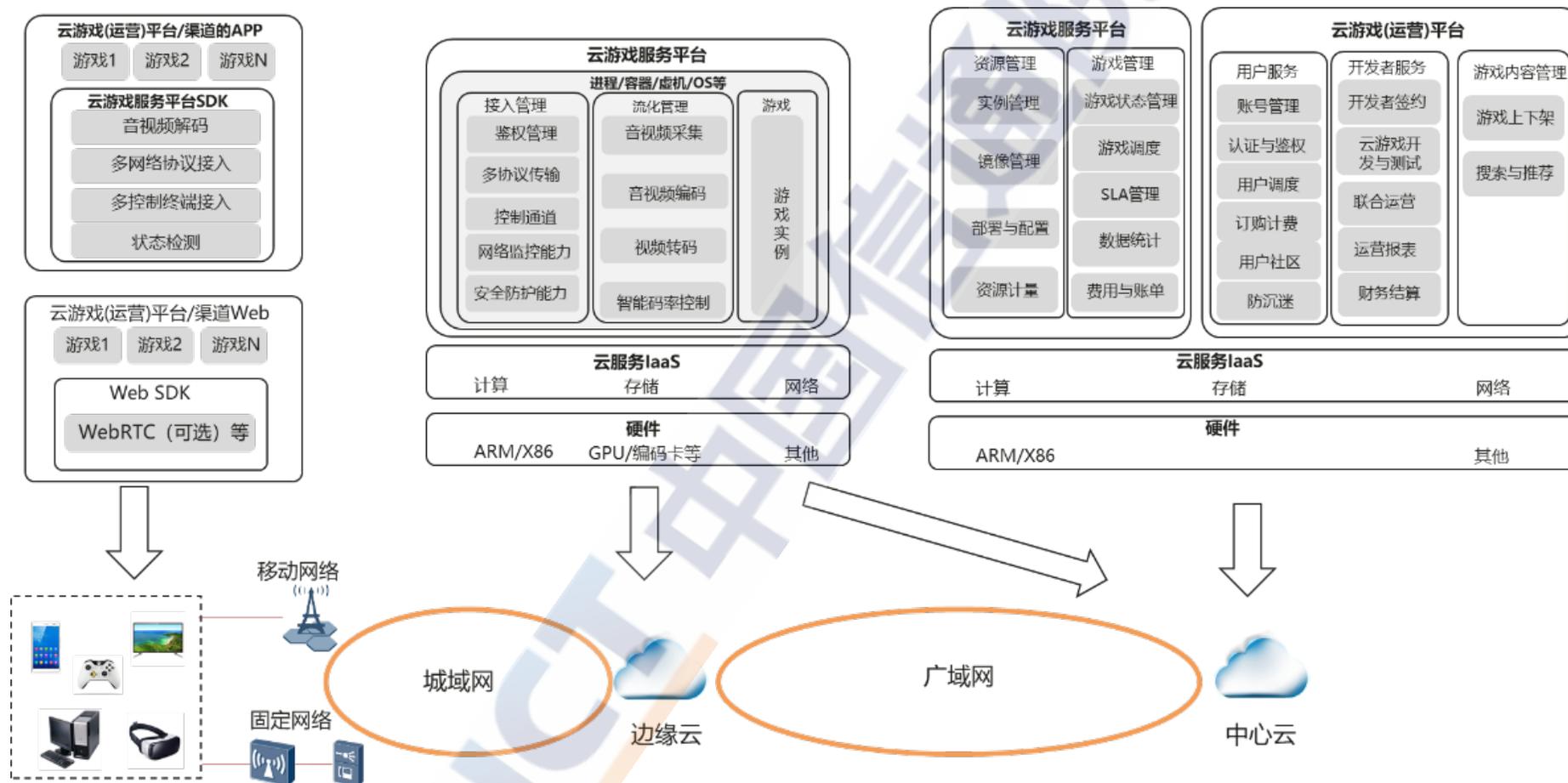


来源：5G 云游戏产业联盟

图 9 云游戏运营平台部署架构

云游戏运营平台部署架构由用户服务、开发者服务、游戏内容管理构成。用户服务是面向终端用户的相关服务。主要包含账号管理、认证与鉴权、用户调度、订购计费、用户社区、防沉迷等。开发者服务是面向游戏内容开发者的相关服务。主要包含开发者签约、云游戏开发与测试、联合运营、运营报表、财务结算等。游戏内容管理主要包含游戏上下架、搜索与推荐。

云游戏的全局部署架构应基于成本、用户体验和可靠性等多方面进行综合考虑。一是对游戏时延、用户体验要求高的云游戏服务平台算力下沉边缘靠近用户侧，缩短时延，提升用户体验；中心云部署用于时延不敏感的云游戏或者边缘云资源池储备备选。二是云游戏平台管理面以及云游戏(运营)平台应以中心云部署为主，实现全局资源信息统一管理和高可用性。三是应能实现边边协同，边云协同，能够满足弹性资源调度和高可靠性需求。



来源：5G 云游戏产业联盟

图 10 云游戏全局部署架构

三、 关键技术剖析

（一）5G 技术赋能云游戏移动端便携属性

第五代移动通信（5G）技术代表了现今网络发展的主要方向。5G 将驱动社会从人与人之间的宽带互联逐步扩展到万物互联，从而更加深刻地影响未来人类社会的生活和工作方式。增强移动宽带（eMBB）、超高可靠低时延通信（uRLLC）和海量机器类通信（mMTC）是 5G 典型的三大应用场景。增强移动宽带的典型应用包括超高清视频、虚拟现实、增强现实等。超高可靠低时延通信的典型应用包括工业控制、无人机控制、智能驾驶控制等。海量机器类通信的典型应用包括智能家居、智能健康等。

1.5G 技术赋能云游戏

5G 赋能移动通信技术填补云游戏移动场景短板。4G 使得随时随地看视频成为可能，并让以移动互联网为平台，手机为载体的手游火遍大江南北。可见，玩家对游戏的需求除了游戏内容、画质、交互等因素之外，对其移动性的要求也很高。手游的走红完美地证明了，移动场景为游戏带来了随时可玩的便利，填补了用户在工作生活中各种等待场景下的缝隙时间，既能使内容简易传送也能为玩家所接受。云游戏可在瘦客户端上支持 3A 大作的畅玩，如若其能同时兼备手游的移动便利性，则云游戏将更加契合玩家的需求。5G 之前的网络由于传输能力的限制，无法支持云游戏的移动场景，导致云游戏因可移动性和便携体验较差，而无法为广大玩家所熟识。

5G 提供的高质量网络传输能力是决定云游戏移动端运行的关键。大带宽（码率）、低时延响应和高网络稳定性是 5G 技术为云游戏提供的保证其运行的基石。

（1）云游戏高带宽需求

云游戏的多媒体流较传统网络游戏而言，需要消耗更多带宽。游戏场景渲染的多媒体流质量取决于网络通信带宽，画质越高的多媒体流，消耗的带宽资源也会越高。高清云游戏(1080P 30fps)在 H264 编码条件下，码率可达 8000Kbps 左右，网络带宽需达到 10Mbps 才能稳定流畅运行。随着应用终端扩展到大屏电视、VR 等设备，对分辨率和帧率的要求逐步提高(4K/8K, 60fps/120fps)，码率也随之提高。初步估算，4K 60fps 的超高清云游戏码率(H264 编码)大概在 60Mbps 到 70Mbps，考虑网络抖动因素后，需至少 80Mbps 网络带宽才能保持稳定流畅运行。

4G 网络环境下的带宽值远远不能满足云游戏对网络带宽的需求，网络传输能力成为云游戏过去十年间发展的最大阻碍。从理论值上看，大规模商用的 TDD-LTE 和 FDD-LTE 的 4G 服务理论下行带宽是 100~150Mbit/s；在实际运营中，单基站提供的 4G 专用下行带宽会缩水至 80Mbit/s 左右，而这 80Mbit/s 并不是由一个终端用户独享的，是由接入基站的终端共享，这就导致用户实际体验到的下行带宽往往在 10~30Mbit/s。根据网络信号监测公司 Open Signal 对全球 77 个国家调查的数据可知，截至 2018 年 2 月，全球 4G 平均网速为 16.9Mbit/s；根据宽带发展联盟发布的《中国宽带速率状况报告》可知，我国 2018

第四季度移动宽带用户使用 4G 网络访问互联网的平均下载速率为 22.05Mbit/s。

相较于 4G，5G 提供了充足的带宽空间，为云游戏的运行提供了保障。国际电信联盟（ITU）发布的关于 5G 网络的技术规范显示，5G 用户端下行速理论值可达 20Gbit/s，上行速可达 10Gbit/s，为目前商用 4G 带宽的 100 倍；即使考虑到大规模商业化时的性能缩减和带宽共享，也能满足 35~50Mbit/s 的云游戏要求。目前，华为在实地测试中已实现的 5G 网速记录为 3.67Gbit/s，随着技术的不断成熟，实际可用的网速将进一步提升，云游戏对网速的需求在移动端将有望得到满足。高速率不仅可以轻松实现 4K 超高清游戏画面传输，也能将游戏延迟从 4G 时代的 40~50 毫秒降低至 10~20 毫秒，从而带来更流畅的交互体验。

（2）云游戏低延迟需求

首先，传统意义上的交互延迟只是多人在线游戏系统的一个问题，单人游戏通常不考虑交互延迟的问题，而云游戏则彻底改变了这一点。现在所有游戏都可以远程渲染，并流回到玩家的瘦客户端。因此，即使对于单人游戏，我们也必须考虑交互延迟的问题。其次，传统的在线游戏系统通常会在操作者到达游戏服务器之前就在其本地系统上呈现操作，从而隐藏交互延迟所带来的影响。例如，玩家在操控游戏中的角色移动时，本地游戏可以立即在本地渲染并执行，即使游戏服务器在几毫秒内都没有进行位置更新，也丝毫不影响用户的操控体验。而云游戏的渲染过程全部在云平台中实现，客户端无法通过本地操作

来协助向玩家隐藏交互延迟。

云游戏的产品和技术特点导致其与传统游戏相比，对延时的要求更为苛刻。若使用目前已有的 4G 网络和 Wi-Fi，在网络正常的情况下，云游戏的响应延迟大约在 50ms-140ms 范围内波动。对操作响应延迟要求较高的游戏（例如：动作类、格斗类、MOBA 类、第一人称射击类、赛车类等），仍和本地游戏在体验上有较为明显的差距，需要进一步降低操作响应延迟。而 VR 设备由于其头显的特殊性，延迟较大时会使人产生晕动症（motion sickness），需要把延迟控制在 20ms 以内才能有效控制排斥反应。

云游戏整体时延中网络传输时延占比超 70%。据学者研究，以某云游戏 Demo 166ms 时延为例，包括输入、操作网络传输、云端游戏渲染、视频网络传输和解码等时延，其中网络传输时延竟高达 120ms，占比总延迟的 70%以上。虽然对于不同的游戏类别，不同的网络环境会造成该数值和比例的波动，但网络时延若不能得到有效的降低，那么云游戏必然还会卡在“时延”这一关，无法进行大规模应用与发展。由此可见，5G 时代无线+核心网络整体的优化改善已成为降低时延的关键。

5G 通过物理实现、网络升级和软件优化多重技术可大幅提升传输速率，降低时延。一是 5G 技术引入了更为丰富的频谱资源以及大规模天线技术（MIMO），能够有效提升网络速率。二是 5G 网络技术中提出的全光网是实现低时延的重要支撑技术，新型的多址技术可以节省调度开销，同时基于软件定义网络（SDN）和网络功能虚拟化

（NFV）实现网络切片，并采用 FlexE 技术使业务流以最短、最快的路由到达目的用户。三是 5G 技术改善了接入侧的网络时延，30KHz 的子载波间隔、上行免调度以及两个符号微时隙的配置方案可使空中接口双向时延降低至 1ms 以下；同时边缘计算节点可改善核心网 TTL 时延，将核心网下沉到接入层可实现基站到核心网的延迟在 1~3ms 以内。

（3）云游戏网络稳定性（低抖动）需求

在当前硬件编解码相对可控的条件下，网络抖动会造成游戏画面帧间隔不均衡的问题，从而导致游戏画面不流畅。具体现象一般表现为以下两种情况：一是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，但下一帧却没有及时到达，从而造成画面的停顿现象；二是相连帧同时到达终端，这可能会导致终端只显示最新帧，从而造成画面的跳帧现象。

4G 时代的共享型网络模式不能满足云游戏对网络稳定性的需求。4G 时代的网络是共享模式，对业务来说，网络其实是不确定的，体验是时好时坏的（取决于接入的人数和你能抢到的带宽）；真实网络环境下，网速不断波动，稳定性较差，游戏中平均下载速率尚难以有效维持，高清、重度游戏的流畅运行更是难以得到保证。如何解决网络共享带来的抖动问题，也是云游戏在网络技术上需要解决的一个痛点。

5G 切片技术可为云游戏提供其运行所需的稳定网络。网络切片是在物理网络基础上，利用虚拟化技术切分出多个端到端的虚拟网络。

网络间采用逻辑隔离，每个个体都拥有独立的设备、接入、传输和核心网，可以实现业务和资源的互不影响。网络切片利用网络虚拟化技术，可根据云游戏场景的网络需求，实现定制化的云游戏专用网络环境，从而满足无抖动的网络需求。

5G 网络切片是端到端的网络业务能力，需要产业链全方位支持才能得以实现，产业拉通和推动难度较大。5G 网络切片作为一种全新的业务能力，可实现端到端切片功能，需要终端操作系统、终端应用程序、终端通信协议的全方位支持，才能得以实现。同时，5G 网络切片还涉及 5 大国际标准组织（3GPP、ITU、IETF、ETSI、GSMA）的多领域研究，缺少跨领域协同，目前进展相对较慢。想要打通全产业链（OS 厂商、芯片厂商、终端厂商、APP 开发商以及标准化组织）共同探索，就需要一个可以实现市场化推动的应用抓手，而云游戏正式承担该角色的不二之选。

2.云游戏践行 5G 落地

通过技术场景落地获得用户认可，进而形成市场化驱动力是 5G 发展所必须的源泉。任何技术的更迭和发展都是在实践与应用中完成的。自 2019 年 5G 商用后，坊间曾流传过 5G 最大的应用是用来“测速”的玩笑，而玩笑的背后暗藏的则是 5G 技术虽然实现了“速度提升”，但是却“无人使用”的尴尬。对 5G 技术而言，如何让先进的技术真正的、快速的为广大用户所接受和使用，获得 C 端的认同，也是其发展推广面临的难题。

云游戏也是 5G 技术落地的重要应用场景。云游戏的出现，恰到

好处的解决了 5G 技术应用落地的问题。5G 高速率、低延迟的特性为云游戏的发展提供了良好的条件；而实际上，云游戏也逐渐成为 5G 技术的重要应用场景。自动驾驶、智慧医疗、在线教育等 5G 规划的应用场景给人们带来了无限的幻想，然而现有的技术水平和用户既定的生活习惯不是一时半会能提升和改变的，美好的愿景还需要时间的积累；然而云游戏凭借游戏产业多年来的积淀，其需求和用户群体已成规模，无论从技术可行性还是需求迫切性来看，它都是 5G 离用户最近、离落地最近、离实现商业化价值最近的选择，云游戏也因此被称为应用层面最先火起来的“5G 风口”。

5G 与云游戏是先进技术与场景落地的互促共生关系。5G 助力云游戏发展，而云游戏的率先落地也将树立 5G 行业的应用标杆。5G 发展初期，SA 标准和网络部署均需要一定的时间，C 端的超高清视频、云游戏、VR/AR 等成为体现 5G 网络优势的重要特色业务。云游戏等娱乐内容有望成为 5G 商用最先落地的场景之一，云游戏的率先落地将会为其他行业在技术标准、商业模式等方面带来一定的借鉴意义，更好地推进 5G 在无人驾驶、智能能源、智能制造、智慧城市等各领域的落地应用。因此，5G 与云游戏不是一方成就了另一方，而是紧密相连，共同进步，互促共生的关系。

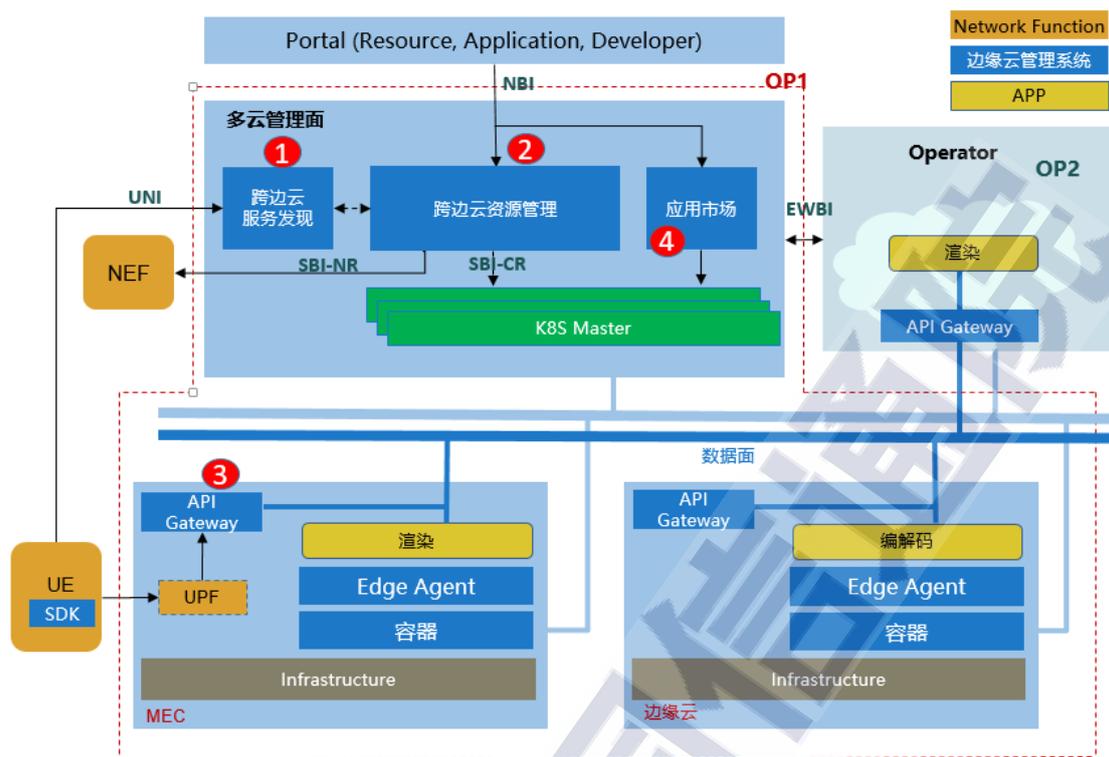
（二）边缘计算实现网络带宽与时延的双赢

边缘计算是云计算的延伸，是云计算下沉到户侧的触点。边缘计算区别于传统的中心式计算，将计算节点部署在更加靠近用户的小型、微型机房。这些机房规模虽小，但分布更广泛、地理位置更为下沉，

相比将所有资源都部署到中心节点，能更好的触及用户，提供优质的访问资源。同时，边缘计算依靠开放平台为载体，为用户提供云环境、PaaS 能力和相应的边缘业务，以在用户近端实现更安全、实时的智能化业务。

边缘计算技术使得云游戏在保障网络带宽的同时降低端到端时延成为可能。在云游戏全流程场景中，服务端到用户端的网络时延和带宽无疑是最重要的一环，如何保证网络时延和带宽的稳定也成为了云游戏的一大关键痛点。而边缘计算技术将计算节点部署到边缘机房，使得计算节点在地理位置上更靠近用户，从而在物理上有效的提升传输效率。云游戏结合边缘计算技术，将云游戏部分业务能力下沉到边缘节点，利用无线接入网就近提供用户所需的云游戏服务，可以在保障网络带宽的同时降低端到端时延。

边缘计算是运营技术、信息技术以及通讯技术三者的融合。边缘计算包含了设备、网络、数据与应用四域；其平台提供者主要提供在网络互联（包括总线）、计算能力、数据存储与应用方面的软硬件基础设施；而其计算对象则是由设备域、网络域、数据域和应用域构成。每个领域都有其对象对应的问题，给边缘计算本身技术实现和产业价值链整合带来了一定的困难和挑战。



来源：公开资料整理

图 11 边缘计算实现架构示意图

边缘组网管理、机房运维技术和节点成本控制既是面向云游戏场景的边缘计算发展面临的主要问题，也是边缘计算发展自身面临的问题。

边缘组网管理问题。由于边缘机房的带宽质量不如 BGP IDC 稳定、公网 IP 数量较少，因此如何对边缘机房进行组网管理也是一个实践中不小的挑战。一般而言，借助 tinc、WireGuard、ZeroTier 等 SDN 技术，运营方可在边缘之间组建内部管理网络，从而对边缘节点进行管理和升级，但这类 SDN 技术通常只运用于内部管理网络，而云游戏场景下用户需要直接连接到服务器。

云游戏场景下的解决方案主要有会话穿越应用程序（STUN）方案和中继穿越（TURN）方案。两种方案都有一定的缺陷，未来若 IPv6

边缘和用户的覆盖率能有所提升，直接使用 IPv6 进行通信或将是最为稳定可靠的方案。

表格 2 云游戏边缘机房管理解决方案比对分析

技术方案	实现原理	优势	缺点
会话穿越应用程序 (STUN)	基于 RFC 5389 定义的 STUN(Session Traversal Utilities for NAT, NAT 会话穿越应用程序)协议进行“UDP 打洞”。STUN 协议可使得位于 NAT 后没有公网 IP 的客户端和服务端，在两个同时处于 NAT 之后的主机之间创建 UDP 连接，实现 p2p 通信。	可以有效地连接没有公网 IP 的边缘节点	对于网络环境复杂的用户而言还是有所欠缺
中继穿越 (TURN)	基于 RFC 5766 定义的 TURN(Traversal Using Relays around NAT, 使用中继进行 NAT 穿越)。TURN 是 STUN 协议的一个扩展，通过双方都能访问的公网转发服务器，用户便能和边缘节点进行通信。	转发服务器一般在边缘机房就近架设，边缘节点通过内网即可访问，对延迟影响较小	数据量大时，服务器的并发和处理能力成为瓶颈

来源：公开资料整理

机房运维技术。边缘节点数量众多、位置分散，大量下沉点给运维带来新的挑战。除了要做好机房内部的日常维护外，一个合适的可用性调度策略也是必不可少的。由于云游戏负载现阶段难以通过热迁移以在机房间进行迁移，若机房在有玩家进行游戏的时候出现稳定性问题，运营方只能中断游戏，这对用户的体验是一种极大的损害。

对于边缘计算机房来说，需要建立智能化的运维系统，快速定位到故障点；对于边缘服务器来说，需要提供状态采集、运维控制和管理接口，以支持实现远程、自动化管理；从运维策略来看，结合用户运营数据，也可以对机房运维进行指导，从而最大程度上降低单个机房的稳定性对整体服务稳定性的影响。在未来，借助人工智能运维技术，运营方可更好地管理自己的边缘节点，降低人力成本，从而提

供更加优质的服务。

节点成本控制。边缘计算节点的下沉力度直接影响最终用户体验，同时又受制于成本的考虑。下沉力度越强，用户感知体验越高，但于边缘机房在实践中经常以小型或者微型形态进行部署，因而其较难享受到规模效应带来的成本红利，因此需要仔细考虑边缘节点的硬件成本。以硬盘为例，在云游戏场景的硬件设施中，硬盘也是重要的一环，大型游戏所占用的硬盘资源不可小觑。如果无法在边缘机房部署存储服务器实现硬盘资源共享，那么硬盘带来的额外成本也不会太低。

云游戏的高速发展可帮助边缘计算解决部署成本问题，进而倒推动管理和运维技术提升。现阶段，受制于成本限制，大规模的部署边缘下沉点还不太现实，最终边缘计算的效果可能并不不尽如人意。而云游戏因为拥有大规模用户和视频资源，是当前最有可能率先实现盈利的高新视频产业。在市场化驱动下，边缘计算提供者有动力为发展云游戏业务而大规模部署边缘计算节点；设备的大规模部署和应用必然带来管理和运维技术提升的需求，从而带动整个边缘计算产业的技术水平提升。

（三）虚拟化/容器技术提升资源使用效率

容器/虚拟化技术伴随着云服务的发展，已经广泛应用在云端各个场景。容器和虚拟化技术的目的是一致的：模拟、隔离和共享真实的硬件环境，在大规模硬件的云服务场景下，相关技术为硬件的管理和使用提供了极大便利。虚拟化技术发展较早，通过完整模拟硬件的方式，使得多个虚拟的系统共享硬件，提高硬件使用率。容器则是相

对年轻的技术方案，相比虚拟机而言去除了完整模拟硬件的部分，通过宿主系统进行资源隔离，性能、启动速度优于虚拟化，近年来发展迅猛，逐渐成为更为主流的云端技术，与虚拟化相互补充、融合。

容器/虚拟化技术是云游戏运行环境的基石。云游戏在云端运行时的一大特点就是高并发性，如果采用系统直连方式（一台服务器资源运行一路游戏），将造成资源的巨大浪费；如将多路游戏直接放于服务器中运行，将造成物理资源分配不均、数据隔离性差等问题。因此采用容器或虚拟化技术，将计算元件按照虚拟单位划分和运行，既解决了高并发状态下的资源复用问题，也能达到较好的环境隔离和隐私效果。依托容器/虚拟化技术，可最大化挖掘服务端硬件性能，控制和管理海量应用程序，是进一步降低云游戏运行成本的关键之一。

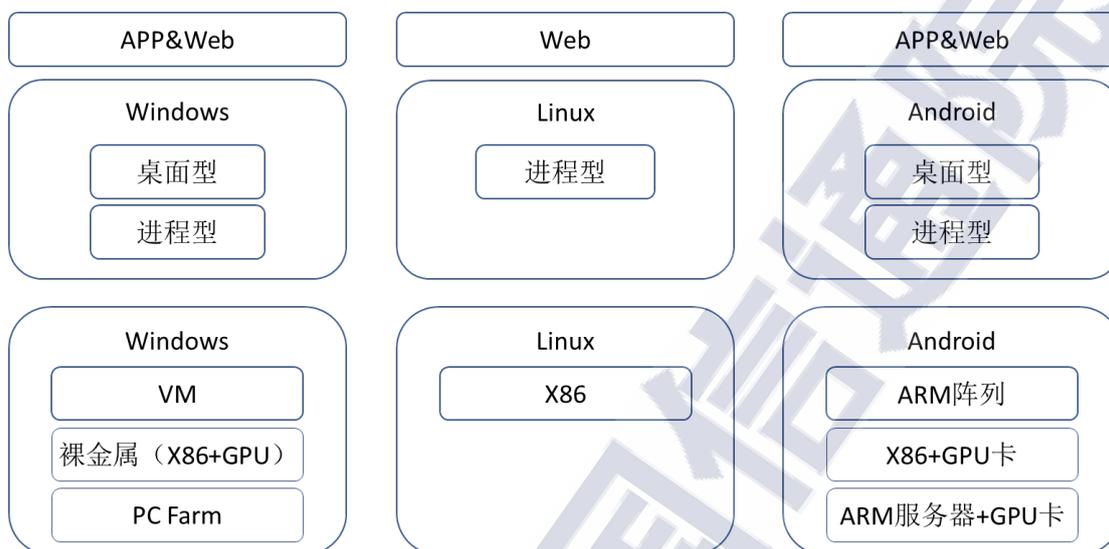


来源：5G 云游戏产业联盟

图 12 系统直连、容器、虚拟机架构示意图

云游戏的虚拟化/容器方案与服务端硬件架构、客户端展现形式紧密联动，形成了不同路径的云游戏技术实现架构。目前云游戏行业使用的容器技术从平台类型维度划分有 Windows、Linux 和 Android，从虚拟化维度划分有桌面型和进程型，而从终端访问方式维度划分又分为专用 APP 和 Web 型，不同划分维度间又有相互映射关系。从整

体技术架构实现来看，由于 Linux 系统在现有游戏中使用率不高，云游戏现有的虚拟化方案分为基于 Windows（X86）架构的虚拟化/容器方案，以及基于 Android 的容器技术。



来源：5G 云游戏产业联盟

图 13 三种不同的云游戏技术实现架构

基于 X86 架构的服务器虚拟化。该技术是通过在硬件和应用运行环境间引入虚拟化层，该层允许多个运行环境实例同时运行在一台物理服务器上，动态分区和共享所有可用的物理资源。随着云计算技术的不断发展，其对资源池能力输出不断提出更高要求，纯软件的虚拟化方式已不能满足需求，硬件虚拟化技术开始蓬勃发展。当前新一代的处理器对虚拟化的支持已经下沉到芯片级。

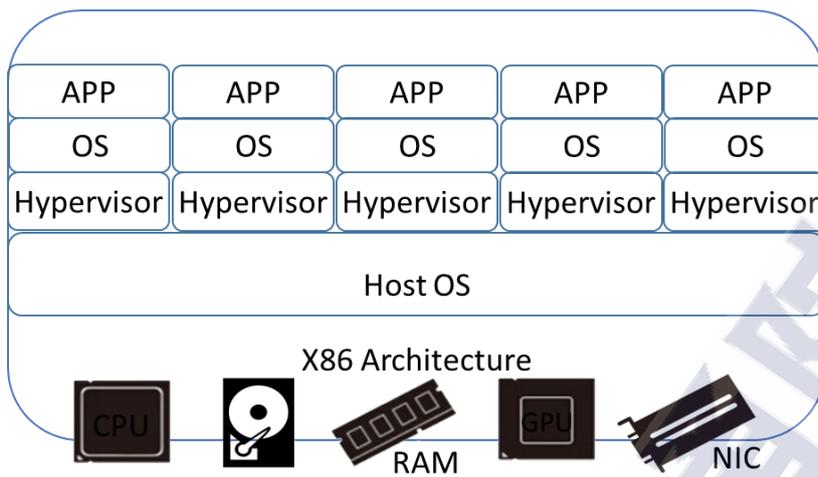
硬件层面。芯片虚拟化技术经历了两个发展阶段。第一阶段是面向计算能力的共享，主要针对 CPU、内存、和 I/O 硬件的虚拟化；第二阶段是面向异构服务器的虚拟化，衍生出了对 GPU, FPGA 等专业计算芯片的虚拟化方案，以应对算力从单一依赖 CPU 扩展到多种体系架构共同支撑的异构局面。

软件层面。就云游戏的场景需求而言，可以分为两类虚拟化技术，一类是基于管理程序 Hypervisor 的桌面虚拟化技术，另一类是基于 Sandboxie 的进程虚拟化技术。其中桌面虚拟化技术又分为两种，一种称为宿主型（Host OS）虚拟化，另一种是裸机（Bare-meta）虚拟化，其技术特点和优劣势比较可参见下表。对于云游戏业务的使用场景来说，桌面虚拟化和进程虚拟化各有所长。当前云原生游戏尚处萌芽阶段，游戏大多为现有应用经云化适配而成，桌面虚拟化展现了良好的应用兼容性，但是虚拟化软件对硬件性能损耗比较大，单机的并发数量不高；进程虚拟化的并发会大大提高，但是应用的兼容性比较受限。

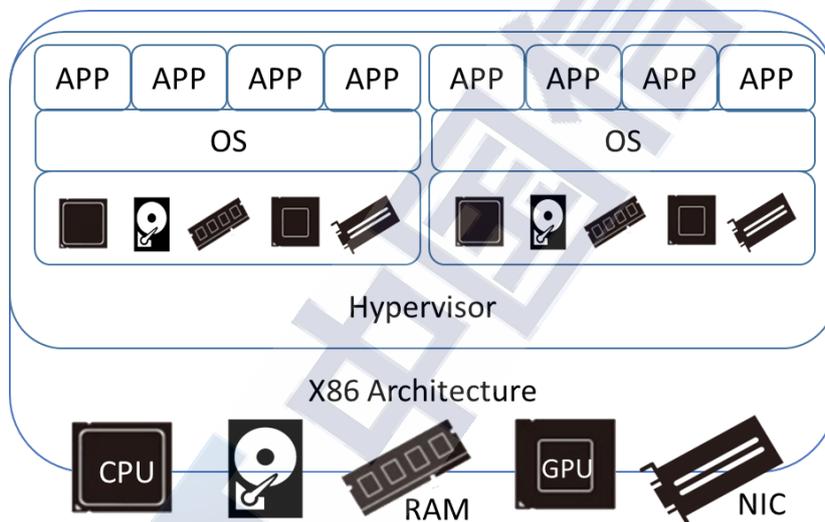
表格 3 软件虚拟化技术实现方案和技术特点对比

软件虚拟化方案分类		实现方案	硬件调用流程	优势	劣势
桌面虚拟化	宿主型虚拟化	虚拟机作为主机操作系统中的一个进程来调度和管理	虚拟机内核->Hypervisor->硬件	有较好的硬件兼容性	性能有待提升
	裸机虚拟化	Hypervisor 直接运行在物理硬件上，无需完整的 Host OS 支撑	虚拟机内核->Hypervisor->操作系统->硬件	性能高，损耗少	硬件兼容性较差
进程虚拟化		使用沙盘技术为应用程序构建一个独立的进程运行所需的系统环境，并严格控制其中的程序所能访问的资源		在环境中运行的应用程序不对磁盘和操作系统产生永久性的影响，应用程序运行时相互隔离	虚拟容器技术并不提供完整的操作系统环境

来源：5G 云游戏产业联盟

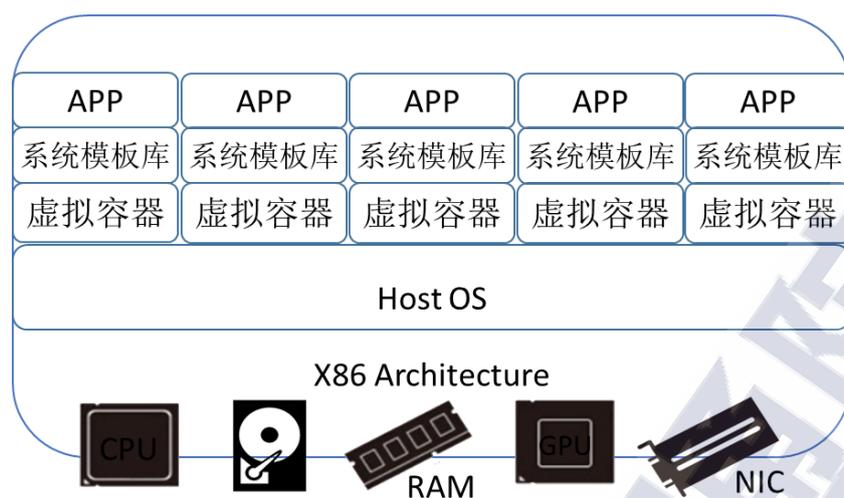


来源：5G 云游戏产业联盟图 14 宿主型虚拟化架构示意图



来源：5G 云游戏产业联盟

图 15 裸机虚拟化架构示意图



来源：5G 云游戏产业联盟

图 16 进程虚拟化架构示意图

基于 Android 的容器技术。该技术可将 Android 系统运行与 Docker 容器之中，完成 Android 的虚拟化，其优势也十分明显：一是移动游戏云化无改造成本，极大丰富了当前阶段的云游戏内容资源。二是资源利用率高，成本低。相比于虚拟机，容器没有管理程序的额外开销，与底层共享操作系统，性能更加优良，系统负载更低；在游戏画质不断提升的情况下，可以通过降低负载来适配高品质的游戏。三是可采用统一的游戏镜像管理，将游戏包与资源包合二为一，游戏无需单独更新。四是可配合 K8S 等成熟稳定的容器管理方案，与边缘节点部署联动，达到支持千万级云游戏调度的水平。Android 容器方案在移动/主机游戏云化阶段可为云游戏提供丰富内容资源，促进其快速落地和规模化发展；但随着云原生游戏的发展，游戏云化的方案将逐渐被淘汰，面向云原生游戏的新型虚拟化方案将崭露头角。

云游戏需要针对其场景特性而量身定制的虚拟化技术。目前的容器/虚拟化技术，应用最广的是运行 Linux 系统，而云游戏运行所依赖的系统是 Android 和 Windows，同时涉及更多 GPU 的使用，虽

然存在虚拟 Android、Windows 系统的技术与产品，但是无论性能还是价格角度都不是最优选择，这就造成了目前的技术难以适应云游戏需求的局面。未来，云游戏将推动 Android 和 Windows 平台虚拟化技术的飞跃，而更好的技术也将赋能以云游戏为代表的高新视频产业更加蓬勃发展。

（四）高密度 GPU 助力云游戏实现算力飞跃

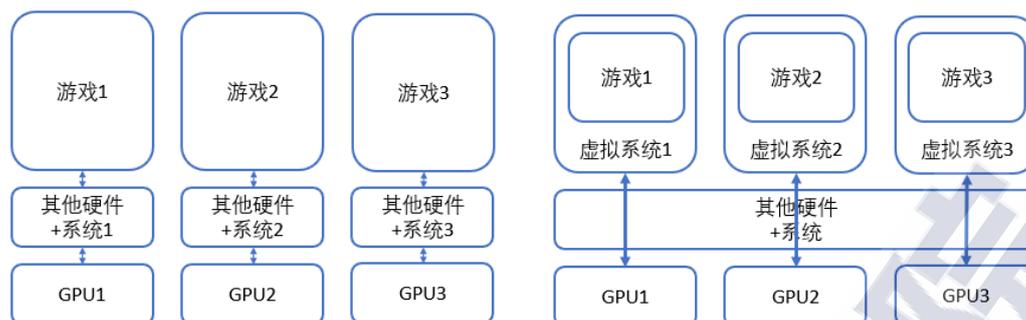
GPU 技术。GPU 概念自 20 世纪 70 年代末提出，其角色变换从最早分担 CPU 压力的附属硬件，到由于能承担大规模运算而逐渐被人们重视。与客户端硬件不停的提升性能不同，云服务端还强调可伸缩、易调度，配合容器/虚拟化等技术进一步提高硬件的使用率，从而降低成本。GPU 作为大规模 AI、图像处理已经在服务端越来越重要，而云游戏的落地将激发更大的服务端 GPU 需求，如何用好 GPU 是产业链共同关注的问题。

多路并行渲染和编码能力是云游戏场景独有的需求，是对 GPU 能力的巨大挑战。云游戏场景下，GPU 作为图形渲染、图像编解码的角色存在，需要具备高效的虚拟化能力，数据存储能力以及带宽数据传输能力。目前的渲染型 GPU 主要为了满足单机游戏的渲染能力而设计；云游戏相比于传统的桌面游戏，渲染的路数更多、渲染的场景也更为复杂，特别是移动云游戏的场景，一台服务器动辄需渲染上百路游戏。相比于传统桌面 GPU，用于云游戏的 GPU 应该具备更多技术特性：一是渲染多路游戏，能够相互隔离；二是具有超强的编码能力，可降低云游戏延迟；三是具备多图形接口支持，OpenGL、

OpenGL ES、vulkan、OpenCL，多种纹理格式均需要支持。

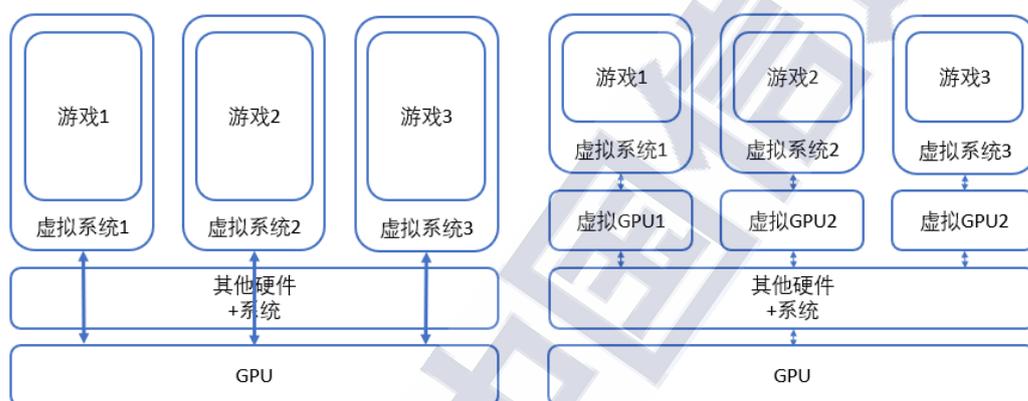
GPU 虚拟化技术、多芯片级联以及高性能传输和内存接口技术是当前 GPU 解决多路并行渲染的主要技术方式。

GPU 虚拟化技术。该技术实现大致可分为直通、透传、共享、虚拟四种。直通是将 GPU 资源直接分配给游戏实例，是最为简单的实现方式，但硬件资源使用率低，并发承载能力差，基本无法满足云游戏的性能要求。透传通过虚拟机的方式将虚拟系统与真实 GPU 一对一绑定，使虚拟机可以直接使用 GPU 获取其 3D 加速能力。这种方式提高了 CPU 等的利用率，且对 GPU 厂商的驱动无依赖，是目前国内云游戏厂商采用的主流方式，也是容器化支持最为完善的一种方式。但透传模式不支持资源分割，无法做到充分的隔离，同一台服务器渲染的游戏之间存在相互影响的可能性，且对 GPU 资源来说依然存在浪费。共享则是多个虚拟机共用真实的 GPU，通过竞争的方式获取 GPU 算力资源。该方式资源利用率较高，实现方式也不繁杂，且不需要 GPU 厂商做额外的适配工作。但在调度方面存在一定相互影响和延迟，隔离性、安全性相对较差。虚拟则是在之前的基础上更进一步，对多个虚拟机公用的 GPU 进行隔离，既提高了并发能力，又实现了互不影响。当前主流 GPU 虚拟化方案有 Nvidia 的 GRID、AMD 的 MxGPU 和的 Intel GVT-g，谷歌 Stadia 云游戏平台采用的 AMD S7150 显卡也使用的是这种虚拟模式。然而相比于直通方案，该模式下对 GPU 的调度会产生一定开销，导致 GPU 资源照成一定程度的浪费，也加大了云游戏的成本。



来源：5G 云游戏产业联盟

图 17 GPU 直通、GPU 透传示意图



来源：5G 云游戏产业联盟

图 18 GPU 共享、GPU 虚拟示意图

高性能传输接口技术。不同于手机/平板电脑上的 GPU 只服务一个客户，云服务器 GPU 的设计必须保证数据的输入输出有足够的带宽，来保障多路流媒体数据的处理能力。当前高性能云服务 GPU 通常会选择 PCIe Gen4x16 接口，来应对 20 路以上的虚拟化应用。但随着云游戏场景并发需求的增高，高性能传输接口技术依然有很大提升空间。

高性能内存接口技术。在图形处理过程中 GPU 对于显存的访问非常频繁，导致业界高性能的内存接口，比如 HBM 技术和 GDDR6 技术，都是最先被用在 GPU 产品中。HBM 技术能够达到最高的显存

带宽，但由于生产和封装技术复杂，掌握其核心技术的供应商不多，导致其成本偏高；而 GDDR6 技术，依赖其 4~5 倍于传统 DDR4/LPDDR 的传输速率和较为低廉的成本，已经被几乎所有当代主流 GPU 选为显存接口的首选。

多芯片级联技术。该技术可实现将多颗 GPU 芯片通过接口技术级联起来，从而提供更高的显示渲染和编解码性能，以及更大容量的显存，而无需占用额外的系统 PCIe 接口。这些特性对于不断提高的云游戏画质需求和更大分辨率/更高帧率的移动图形显示的发展趋势而言，都具备很强的吸引力。同时，多芯片级联技术的使用还能够提升芯片良率，设计灵活度，以及更充分的利用不同工艺节点的优势来量身定制复杂芯片组。当前主流高性能商用显卡制造商均发展了自己的多芯片级联技术，如 NVIDIA 的 NVLINK 方案和 AMD 的 chiplet 方案。这些技术的实现，依赖于高速接口 IP 的使用，高性能封装技术的应用，和可拓展的系统架构设计；这些技术的日益完善将为云服务器 GPU 的未来发展奠定了良好的技术基础，使得未来的云服务 GPU 性能更强大，组合更灵活，而性价比也更高，进而为云游戏市场提供更有力的硬件支持。

云游戏将重构 GPU 在服务端与客户端的功能边界，实现模式和技术的双重产品创新，为产业注入革新驱动力。当前 GPU 应用场景分为两大类，在客户端场景下进行渲染等对图像信号的处理，在服务端进行 AI、机器学习、深度学习等高并发类计算。而云游戏对视频图像的高并发的处理和计算需求，使得产业界对 GPU 性能的需求越

来越高，新技术、新场景和新模将相辅相成，将重新界定 GPU 在服务端与客户端功能的边界，催生更多形态创新、差异配置的新产品，为产业注入活力，甚至引发下一轮技术革命浪潮。

（五）流媒体技术开启用户视听体验新篇章

流媒体是指基于流式传输技术，可在网络上连续实时播放的媒体文件，音频、视频等多媒体类信息都属于流媒体。**流媒体技术**是一种处理可实时传输流媒体文件的网络传输技术。其实现基理是将连续的影像和声音信息在服务端进行复杂的压缩/编码处理，继而通过网络按照一定逻辑向用户终端实时传送，最终实现用户端的即点即看功能。

云游戏涉及的流媒体技术主要包括视频流的编码、推拉流（传输）和解码。云游戏是基于云计算的游戏方式，其所有游戏实例均运行在服务端，由云服务器渲染出的游戏画面进行编码，网络依据推拉流协议执行传输，用户终端接收后进行视频流的解码和播放。用户终端通过视频流技术可实现应用的即点即用，随后将用户输入的控制消息返回给云服务器，完成游戏控制和状态的更新。



来源：公开资料整理

图 19 云游戏的框架及用到的流媒体技术

云游戏流媒体传输的推拉流协议以 TCP(RTMP)协议和 UDP(RTP)

协议为主。基于 TCP 的 RTMP 协议优点是成熟度较高，CDN 支持情况好，但其延时较大，抗丢包和抗弱网能力都较差。基于 UDP 的 RTP 协议能够满足云游戏场景低延时、抗弱网等复杂网络的需求。但其缺陷一是推流可靠性难以保证，需要引入可靠性机制（如 NACK 或 ACK 反馈，FEC 前向抗丢包算法等）来保证音视频完整性；二是需要通过拥塞控制的方式自我实现传输控制。

表格 4 云游戏主要推流协议性能对比

协议	大概延时	优点	缺点
RTMP(HTTP-FLV)	500ms-2 秒	基于 TCP,各个 CDN 厂商都支持，成熟度高。	延时大,抗丢包和抗弱网能力较差。
RTP	<100ms	大都基于 UDP,当前互动直播,音视频通话使用。延时很低。	需要自实现传输控制,可靠性等

来源：公开资料整理

当前应用于云游戏的主流视频压缩算法是 H264。相较于 H264，虽然 H265、VP9、AV1 具有更高的压缩比，在传输方面具有很大优势，但也会给其编解码效率(时间)带来一定损失。现有编码能力与渲染能力的不匹配已导致一定程度的 GPU 资源浪费，编码能力将成为制约云游戏服务端处理能力的瓶颈之一。

表格 5 云游戏主流编码算法特点对比

编码格式	发起者	特点
H264/H265	国际标准化组织(ISO) 国际电信联盟 (ITU)	H264 当前应用最广泛,相比 H265 压缩效率较低。H265 新一代视频编码标准,同等内容相比 H264 可以节省 50%以上的带宽,非免费。
VP9	Google	由 Google 主推的视频编码格式,开放,免费。压缩编码效率和 H265 相近。
AV1	开放媒体联盟 (AOM)	主要由 Google、Intel、Netflix、腾讯、爱奇艺等几十家企业形成的开放媒体联盟开放的新一代视频编解码标准。压缩效率高,优于 H265 和 VP9,免费。

来源：公开资料整理

云游戏的视频传输需要流媒体技术在达到通用能力基础上，还可实现零丢包，抗抖动和动态码流调整等目标。由于云游戏没有缓存设置，也无法通过客户端的本地游戏信息进行时延掩盖，一切游戏变换均来源于服务端传输的视频流，因此其对时延要求非常严苛，传输过程中出现的任何丢包、网络抖动等都可能对其游玩体验造成功能影响，乃至影响游戏结局。因此云游戏场景下对流媒体技术的要求比通用视频场景更高，需要各类抗丢包、抗网络抖动算法支持，还需根据网络带宽随时调整码流参数以免数据阻塞。

未来，更加适用于云游戏场景的流媒体技术将聚焦编码协议、编码技术和推拉流协议三方面进行提升。从编码协议来看，未来将逐渐从 H.264 向压缩比更高，更为节省传输流量的新技术迁移；从编码技术来看，Intel、AMD 以及 nVidia 等大厂将聚焦硬编码技术更新，以提高编码执行效率和画面质量；从推拉流协议来看，当前没有一个既定的标准协议完全适用于云游戏场景，未来面向云游戏的特定传输协议应具备：一是更低延时、更好的抗丢包性能、适用于音视频传输等特性；二是编码推流端应该能支持动态码率，根据播放端的网络状况及时调整编码推流端的码率以达到低延时流畅的云游戏体验；三是网络模块支持准确及时的网络带宽情况探测，以实现码率的动态调整。

四、保障体系构建

（一）云游戏标准化体系

云游戏的技术和产业发展都离不开标准化。云游戏产业体量庞大，涉及的产业链条繁多，其关系也较为复杂。云游戏行业的标准化将打通整个云游戏产业链，消除行业内部壁垒，推动产业链上下游企业融合发展。目前，我国云游戏行业尚处于起步阶段，还未形成公认的最佳实践，云游戏技术标准化仍需游戏企业的不断尝试，最终才能形成被广泛接受的技术标准。

5G商用后，产业各界竞相开展云游戏标准化研究。2019年10月，华为联合网易发布了《云游戏体验白皮书》，给出了业界首个云游戏体验模型；2020年3月，腾讯联合深圳市标准技术研究院发布了《云游戏参考架构与安全要求》，成为国内首个发布的云游戏标准；2020年10月，5G云游戏产业联盟发布了《云游戏术语与定义》标准，同期还有《云游戏参考架构》、《云游戏服务平台通用技术要求》、《5G移动边缘计算支持云游戏系统的技术要求》、《OTT终端设备支持云游戏的技术要求》、《云原生游戏软件开发流程指南》和《云游戏基础资源能力评价体系》等多项标准正在紧锣密鼓的技术讨论和制定中。

标准体系是保证云游戏标准化工作科学完整有序推动的基石。在产业发展初期，尤其是技术爆发期，各种标准需求和产物快速迭代。此时急需一套标准体系框架，能够根据整个行业的构成与发展，结合标准化需求的必要性、紧迫性和可行性，从顶层设计入手，建立一套

科学的、合理的标准化推进方案，避免出现重复立项、技术矛盾、内容零散等问题，阻碍产业发展。

5G 云游戏产业联盟于 2020 年 10 月发布的《云游戏标准体系研究报告》给出了国内外首个云游戏标准体系架构。该体系涵盖了云游戏应用、云游戏开发平台（含游戏内容和游戏开发）、云游戏服务平台、云游戏平台、终端侧、网络侧六项产业要素，同时还加入了贯穿整个产业链的安全类标准体系，以及通用类标准。5G 云游戏标准体系框架图如下图所示。



来源：中国信息通信研究院

图 20 5G 云游戏标准体系框架图

通用类标准是制定 5G 云游戏领域内广泛适用的基础类标准，包括与 5G 云游戏相关的各类术语，指导 5G 云游戏发展的各类导则等基础类标准，以及相关的关键技术标准，主要包括基础类标准、关键技术类标准和用户体验类标准。

游戏内容标准体系较为复杂，建议根据产业的成熟度与需求更迭

循序渐进。当前列出的建议标准化的类别包括：云原生游戏类、云游戏版权版号类、未成年防沉迷类以及云游戏用户数据资产安全类。

游戏开发标准是对在云游戏开发过程中，开发者需要用到的通用性功能进行标准化规定。基于这些统一的基础标准，游戏开发者在不同的游戏引擎上可以快速开发出各种云游戏，且无需修改即可在不同的云游戏平台上正常运行。本部分体系包括游戏业务相关、平台能力相关以及用户交互相关三类标准。

云游戏服务平台标准主要是制定 5G 云游戏服务平台涉及的相关标准，指导云游戏服务平台的开发与设计，包括云游戏服务平台的通用技术要求、平台框架、与相关网元的接口及互操作标准、关键技术性能指标及评测标准等。

云游戏网络标准体系的制定原则是，为了保证用户良好的互动性体验，云游戏业务对网络传输提出了很高的要求，并推动网络向高带宽、低延时、无线化方向演进。同时，不断提升的传输分发能力，也推动了云游戏业务清晰度和帧率的进一步增强，从而使用户体验和满意度得到提升，最终促进业务普及。鉴于云游戏业务对传输网络的需求，因此技术上还需要涵盖接入网、承载网、边缘计算、网络运维与监控等诸多领域。

云游戏平台标准体系主要是制定 5G 云游戏服务平台适用的基础类标准以及相关的技术标准。

云游戏终端设备标准体系分为关键技术类和产品类。其中，关键技术类为终端通用的关键技术类标准，产品类则主要面向不同形态的

终端产品类标准，以适用于不同设备不同场景的标准化需求。

云游戏应用标准是针对5G云游戏应用统一入口制定的系列标准体系，包括与应用统一入口相关的应用场景、应用协议与评测体系等基础类标准，以及与总体框架、前端/管理系统、技术指标与接口要求等相关的关键技术标准。

云游戏安全是保证云游戏业务和应用使用的重要组成部分，制定云游戏安全标准可以保证云游戏业务开展的规范化，云游戏安全标准包括内容安全、个人信息保护、数据安全、业务和应用安全、平台安全、网络安全、终端安全、运营安全等各项标准。

（二）用户体验评价体系

随着云游戏从初期的野蛮生长逐渐向精细化运营时代过渡，游戏质量和用户体验将成为未来的兵家必争之地。随着云游戏的普及，产业界抢占用户和流量的竞争也逐渐白热化。越来越多的游戏硬件制造商、云游戏内容提供商和云游戏服务器厂商开始注重如何依靠提升用户体验吸引更多的用户资源。然而由于技术的尚不成熟，在保证玩家游戏体验上，云游戏与传统游戏相比还有一定差距。如何准确而有效地评测用户在云游戏中的实际体验及云游戏服务器的产品质量，仍是亟待解决的关键问题。面对蓬勃发展的云游戏业务，其质量评估已经成为该项业务发展的迫切需求。

用户体验模型的本质是提取产品自身的可量化性能参数，梳理其使用者的体验用户指标体系，并探寻二者间的逻辑和数学关系。对于云游戏来说，首先可从云游戏的产品特点和使用方式入手，从人因角

度对其用户体验的指标项进行分析和梳理；其次，应对梳理好的人因指标进行影响因素倒推，将其与服务、网络与客户三端能取到的参数进行映射；最终通过数据拟合的方式给出人因指标与性能参数间的数学模型，即云游戏用户体验模型。由于数据拟合涉及大量数学计算，在本报告中不做过多推演，下文将主要对人因指标和性能参数进行逻辑关系梳理。

1. 用户体验指标

视听质量、交互感受和产品体验构成了云游戏用户体验的核心价值指标体系。云游戏的本质是“交互”的音视频流，精美的画面和优质的音效可为用户带来一流的视听享受；流畅的交互体验能够将游戏玩家吸引到游戏中，通过提供沉浸式体验，保证游戏玩家在云游戏中获得与本地游戏类似的游戏体验与情绪共鸣；而产品体验保障是对用户云使用云游戏产品全流程的体验保证。因此，云游戏用户体验一级指标由视听质量、交互感受和产品体验三方面组成。

视听质量。从视觉和听觉的感知维度来看，视听质量可由画面质量、音频质量和音画同步质量三方面构成。在不受卡顿、花屏等体验损伤因素影响的情况下，视听体验质量用来表征用户体验移动游戏时所见、所听的主观感受。从音视频文件播放效果来看，视听质量包括流畅度、清晰度、保真度等方面。

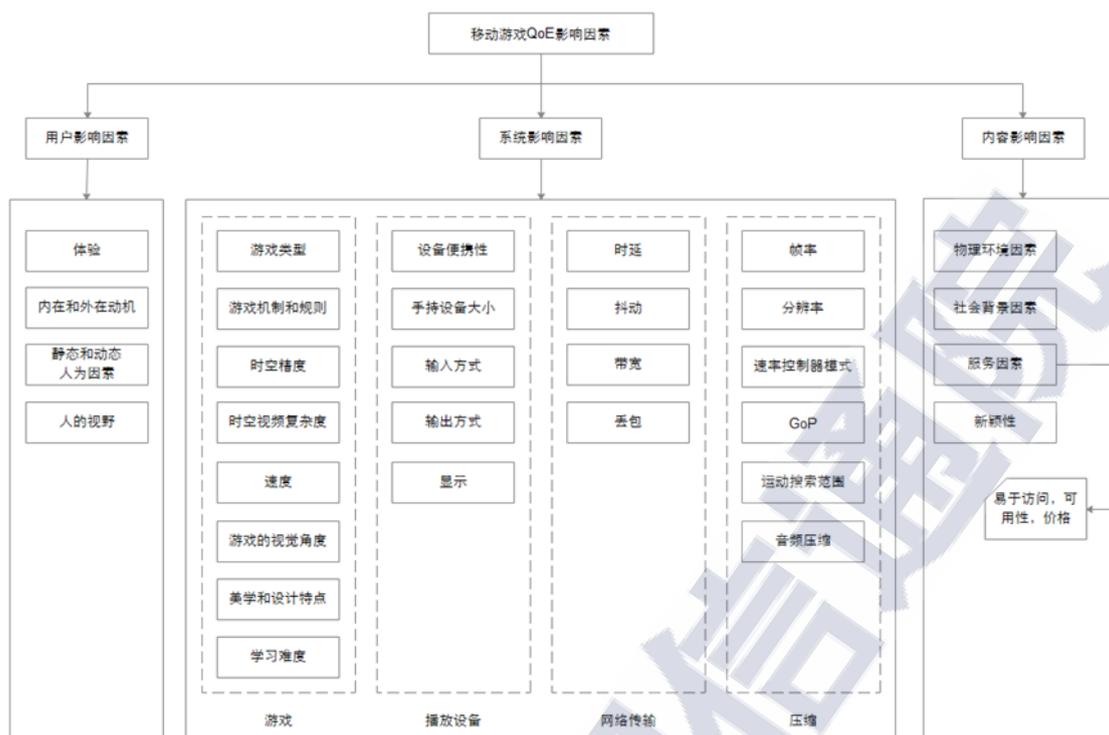
交互感受。从用户的感知层面来看，交互感受可分为因时延产生的操作延时，以及因受网络数据传输质量影响而带来的呈现体验损伤。对于云游戏来说，由于其技术实现的特殊性，传输带宽、时延抖动及

丢包都可导致画面的卡顿和花屏；而手机游戏由于渲染和显示都在终端实现，几乎不存在呈现体验损伤。

产品体验。从通用软件角度看，云游戏产品体验可分为云游戏产品的功能可用、性能好用和隐私安全三方面。由于设定产品体验的目标是让游戏玩家完美体验到游戏全流程，因此从云游戏的用户行为角度来看，产品体验还可分为私有游戏账户体验、游戏社交体验、隐私安全、产品稳定、交互友好等方面。

2. 系统性能参数

根据 ITU-T G.1032，从广义上讲，影响游戏体验质量的因素包括用户、系统和内容 3 个大类，进一步可分解为 30 多个小类（见下图）。由于云游戏当前阶段并不具备条件将所有影响因素及其相关 KPI 指标都纳入体验评估范畴，从性能参数可获取，指标可测量的角度来看，本报告在此选取部分有代表性的云游戏用户体验产品性能参数。



来源：5G 云游戏产业联盟

图 21 ITU-T G.1032 对游戏 QoE 影响因素的划分

分辨率。画面中的像素个数；随着显示屏幕逐渐趋向大屏化，画面分辨率和清晰度之间联系更为明显。

帧率。每秒到达本地终端显示在显示器上的画面数量；主要取决于云端显卡的渲染帧率以及终端显示器的刷新率。

码率。视频流在网络侧每秒传输的数据量；码率越大即每秒传输的画面帧越多以及画面质量越高，但是对网络的要求也越高，若降低码率即提高画面压缩比则会影响画面的质量，影响用户的呈现质量体验。

带宽。网络侧数据流传输的最大通道容量；若网络带宽不足，码流传输时出现流量突发情况会造成云游戏视频流丢包或超时重传，使用户在体验时感受到画面迟钝感以及操作上的迟滞感。

时延。时延是影响云游戏体质量和成功与否的关键因素，云游戏

中定义时延为从用户通过终端设备发出指令到屏幕上游戏画面更新的时间差；相比本地游戏，云游戏额外增加了云端抓屏和编码、网络传输、终端解码等流化处理时延。

抖动。当前硬件编解码相对可控的情况下，网络抖动是造成帧间隔不稳定的根本原因，画面帧之间的不稳定与游戏画面传输实时性的冲突；相连帧时差过大会导致画面的停顿，相连帧同时到达会导致画面的跳帧，在稳定帧间隔基础上提升帧率才能真正提升云游戏体验。

3. 用户体验模型

视听质量模型。影响画面质量体验的性能参数有画面码率、画面帧率、画面分辨率、屏幕刷新率、屏幕分辨率以及画面编码方式等；影响音频质量部分的性能参数有音频码率、音频声道数、音频编码等指标；对两部分因素分别加权求和，可得到画面质量以及音频质量子体验指标项，联合量化的声画同步程度可得到视听质量子体验指标项。

交互感受部分。呈现体验的连续性和完整性可由游戏过程中平均卡顿时长及卡顿频率和数据丢失率等参数来度量；用户交互时延可由其操作响应时长来表征；综合的交互感受可将得到的子体验指标项进行加权平均计算后得到。

产品体验部分。功能性方面可从登录、分享、相册等穿透功能的实现程度，语音交互的能力，以及游戏的易用性等方面进行度量；性能可从游戏异常掉线、闪退、无响应、强制关闭等故障发生率以及自恢复能力等方面对其系统稳定性进行度量；隐私安全可从其账号安全、数据加密和信息隔离等维度进行度量。

五、 发展趋势展望

（一）云原生引领云游戏进入新纪元

现有云游戏产品以“云化游戏”的形式为主。云化过程是将游戏存在的环境由本地变为云端，游戏客户端在云端服务器上运行，并将渲染完毕后的游戏画面或指令压缩后通过网络传送给用户。云游戏和用户数据存储云端服务器上，本地终端上不再需要安装游戏文件和存储用户数据。云化后游戏的存在和构成方式由本地系统模块混搭变为云端统一调用，运维环境也从本地转变到了云端服务器。主流的游戏云化平台分为 ARM 和 X86 两种架构，分别面向手游和主机游戏的云化。游戏云化可以直接将现有的手机和主机游戏直接搬到云端，使游戏提供商能方便的兼顾云游戏、移动游戏和主机游戏市场，目前市场上的大部分云游戏都是通过云化方式来实现的。

云游戏生态需要大量高品质游戏内容，以体现出云游戏相较于本地游戏更好的用户体验，从而促进云游戏的发展。内容是云游戏的灵魂，优秀的内容作品才是吸引玩家的本源。随着云游戏产业的蓬勃发展，部分游戏开发商盲目追求短期利益，采用“短、平、快”（开发周期短、内容平淡、快速投入运营）的开发策略，热衷于“模仿”、“抄袭”，游戏产品同质化严重，游戏丰富度、创新度不足等问题渐渐浮出水面。可以预见，有朝一日当玩家对“爆款”游戏的热情慢慢淡去，云游戏的快速发展也将失去了驱动力。

云原生游戏将是未来高质量游戏内容的发展方向。首先，云原生游戏具备自携带所有云平台特性的属性，其诞生之初就注定其有不同

于现有游戏的创新玩法；其次，云原生游戏植根于云游戏技术，其即点即玩，不占用终端算力的特质与云化游戏一脉相承，大大降低了用户的进入门槛；最后，云原生游戏将催生新的商业模式，这无疑为在红海中厮杀的游戏研发商而言提供了新的商业价值，同时也会反向激励其将重心更多地向高质量游戏品质上转移。

云原生游戏是指基于云平台特性策划、开发和运营的，能充分发挥云平台优势的云游戏产品。云原生游戏的核心在于具备云原生的技术及本源，具体可表现为三个特性：一是基于云平台的技术特点而设计，能够实现游戏跨系统、视频流实时交互和算力云端化；二是能够在云上以最佳方式运行，具体技术表现为突破传统 C/S 架构、可根据接收终端的网络情况及机型分辨率来动态调整推送的视频流的画质、以及以微服务的方式，在云端完成不同模块不同分工的渲染；三是能够充分发挥云平台优势，实现跨屏、直播互动和高渲染，用户侧明显感知到用户体验提升的效果，同时也创造更多新的场景和模式。

云原生游戏将开创云游戏的新纪元。云原生游戏的出现将打破现有云游戏技术和产业双格局，对游戏开发者、运营者、用户和设备制造商而言都是一个全新的机遇。

对开发者而言，云原生游戏带来开发理念更新。基于微服务的云原生游戏在开发过程中其逻辑处理、数据管理等不同模块是相互隔离、没有耦合的，可以保证游戏的安全性、底层架构和逻辑的稳定性，有利于分布式并行开发。未来的云原生游戏的开发工具应是一个开源的、开放式的工作平台，所有开发工作都在云端进行，所有平台工具从线

下移至云端服务器，逐渐形成新时代的云原生开发平台。

对运营者而言，云原生游戏将改变传统渠道分发模式。由于游戏触达玩家的方式呈现多元化的趋势，未来即点即玩的云原生游戏不需要下载，用户选择游戏的成本逐渐下降，传统渠道中的应用商店角色将被弱化；直播和短视频等新兴内容形态和媒体平台将逐渐成为游戏推广的重要载体；随着 5G 技术的发展，云原生游戏可实现与图片、音频、视频、互动等信息的有效融合，通过短信推送方式，依托运营商用户体系抢占各类传统移动应用平台用户资源，从而彻底颠覆传统发行渠道的分发模式。

对用户而言，云原生游戏将开启全新用户体验。云原生游戏对云平台技术的充分运用在客户端主要体现在创造更多新的场景和模式。以云游戏+直播的混合模式为例，主播可以将游戏的即时状态分享给粉丝，千人不同平台同时竞技或将成为可能，游戏直播或将发展成一种新型生态。游戏社交可能会被重新塑造，人们不需要专业的游戏设备，利用普通的电视或者显示屏就可以全家一起游戏，极大丰富了用户的社交场景。

对设备商而言，云原生游戏将创造新的研发需求。随着外设设备的加入，云原生游戏将突破屏幕操作限制，引入更多创新玩法。以手游为例，目前手游用户操作仅通过点击与滑动两种方式来实现绝大部分游戏操作，对游戏的创新玩法具有较大的局限性。云原生游戏的实现将极大地拓宽游戏研发思路，吸引更多厂商及玩家探索多种硬件操作结合的可能性。

（二）指令流与视频流的双路线融合

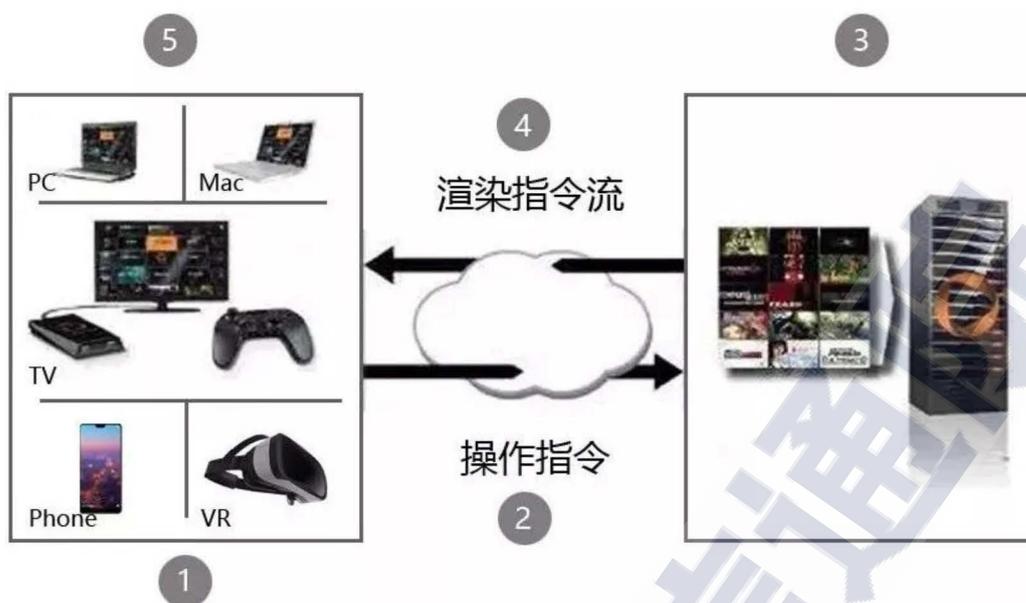
当前云游戏在技术实现上可分为视频流和指令流两种方式。视频流是将游戏的画面在云端服务器渲染后编码成视频格式，传输给云游戏客户端，由客户端对视频进行解码后展示在用户终端侧。指令流的方式是将云端服务器将游戏的渲染指令传输给云游戏客户端，云游戏客户端利用用户终端的显卡进行渲染，再将游戏画面展示出来。



- 1、用户对终端设备进行操作控制，例如touch、鼠标、键盘、手柄等。
- 2、通过网络将操作指令发送给服务器端。
- 3、服务器端接受操作指令，通过CPU计算，再通过GPU进行渲染，将渲染后的画面进行压缩。
- 4、通过网络将画面以视频流的方式发送到终端设备。
- 5、终端设备将画面显示。

来源：公开资料整理

图 22 视频流云游戏实现流程



- 1、用户对终端设备进行操作控制，例如touch、鼠标、键盘、手柄等。
- 2、通过网络将操作指令发送给服务器端。
- 3、服务器端接受操作指令，通过CPU计算，形成渲染指令流，例如OpenGL、WebGL渲染指令流。
- 4、通过网络将渲染指令流发送给终端设备。
- 5、终端设备解析并执行渲染指令流，利用终端设备GPU进行渲染。

来源：公开资料整理

图 23 指令流云游戏实现流程

由于视频云游戏的本质是用终端设备连接云端服务器，游戏中的全部计算都是由服务器的 CPU、GPU 来处理。所以，该技术方案会将所有用户终端的计算压力全部集中到云服务器处理，然后再以视频流方式回传用户终端显示。导致视频云游戏模式的服务器压力、硬件成本，甚至是网络带宽流量成本都是巨大的。指令流云游戏的方案既能解决 HTML5 云游戏的 JS 运行效率，又能解决视频云游戏服务器显卡的计算压力以及网络传输问题，适合一些中等渲染效果的中重度游戏，但将一定计算压力转嫁到了终端侧，对终端配置有一定要求。

表格 6 视频流与指令流云游戏特性比对

	视频云游戏	指令云游戏
游戏级别	重度、超重度游戏	轻、中度游戏
运行流畅度	依赖网络条件	依赖终端设备的性能

服务器承载压力、服务器成本	高	低
网络流量消耗	高	低

来源：公开资料整理

未来 Paas 技术能力会突破现有视频流方案，诞生视频流和指令流协同渲染的商用方案，从而让云游戏成本的大幅降低。由指令流和视频流的特点分析可知，二者之间并没有绝对的优劣势之分，而是在不同的设备与场景组合下有着不同的表现特性。因此，从服务器和终端设备能力、成本运行压力等角度考虑，将指令流与视频流技术进行融合，或者让玩家能根据自身终端硬件的配置情况进行定制化选择，甚至是通过系统感知终端参数进行模式自适应切换，将是未来云游戏技术路线的一种可能的发展趋势。

（三）人工智能技术让云游戏更智能

人工智能（AI）理论和技术日益成熟，应用领域也不断扩大，未来人工智能带来的科技产品将会是人类智慧的“容器”。当前云游戏的技术实现过程中已运用了 AI 技术。如通过智能算法预测用户行为而提前进行编码和逻辑运算，以降低时延；在路由传输时利用人工智能技术进行最优路径选择和资源最优分配等。不难想象，未来 AI 将与云游戏进行更加深层次的融合，创造出更多的可能性。语音识别、计算机视觉和自然语言处理是当下人工智能技术的三驾马车，本书将从这三个技术点出发讨论未来 AI 技术云游戏的加成。

语音识别技术。语音处理主要是自动且准确的转录人类的语音。一个完整的语音处理系统，包括前端的信号处理、中间的语音语义识

别和对话管理以及后期的语音合成。云游戏加持语音识别技术可使游戏中的人物宛如真实存在般与玩家交互；通过 AI 技术实现同声翻译，使得多国玩家可以实现无缝交流，让云游戏成为国际化平台；还可对玩家在游玩过程中的语音交互内容进行甄别，消除不文明现象，提升游戏文明度。

计算机视觉。计算机视觉指计算机从图像中识别出物体、场景和活动的的能力，包含图像处理、识别检测、分析理解等技术。由于云游戏的特性，所有终端设备展示的画面都源于从服务器渲染的视频流，未来可以利用计算机视觉技术，结合预设的画面滤镜效果，在游戏画面的基础上增加玩家自定义的效果，例如将电影效果应用到游戏画面上。另外，在海外游戏引入时，必须经历本地化流程就是语言汉化。通过计算机视觉技术，可自动识别游戏画面中的文字部分进行提取后汉化，大幅降低引入成本和时长。

自然语言处理。自然语言处理包括知识的获取与表达、自然语言理解、自然语言生成几个核心环节，涵盖知识图谱、对话管理、机器翻译等研究方向。云游戏中非常重要元素之一就是 NPC(非玩家控制角色)，例如马里奥里面的鸭子，RPG 游戏中的剧情 NPC，动作游戏中的各种敌人等。将 AI 与 NPC 结合可以让 NPC 变得更智能、更真实、更生动、更场景化。例如使用 AI 可以让 NPC 在棋类云游戏中变得更有“棋风”。而云游戏内置 AI 助手，玩家可对游戏发出语音指令和互动，一是能够解放双手，二是能够更好地通过理解玩家诉求而提升使用体验。

（四）信息安全将愈发受到产业重视

信息安全是云游戏产业可持续发展的必要保障。云游戏有别于传统客户端游戏的重要一点在于其数据的存储计算都在云端进行。游戏产业与云计算技术的融合使得传统大型游戏摆脱了硬件、场景等桎梏，但与此同时将数据部署在云端这种架构模式也带来了安全性、保密性等方面的担忧。因此，信息安全技术未来将越来越多地运用在云游戏中。

云游戏信息安全由系统安全、内容安全和用户安全三部分组成。其作用对象分别对应了云游戏系统、云游戏内容和用户隐私数据、运营数据等。系统安全包括但不限于系统安全防护、数据安全、运维安全、方刷机制等。内容安全指云游戏平台针对上架的游戏内容与玩家的信息进行安全管控，避免出现盗版游戏或者出现损害玩家的行为，具体包括游戏版权安全、游戏防盗版、防作弊和账号安全。用户安全又包括用户信息安全、用户实名认证、未成年人防沉迷、误充值退款等功能。

（五）云游戏技术将实现场景社会化

云游戏技术架构可复用于其他高算力、大视频流交互场景。云游戏的技术架构不仅仅可用于云游戏的运行，其技术实现实际上可复用于任何使用了4K/8K、3D、VR/AR/MR、高帧率（HFR）、高动态范围（HDR）、广色域（WCG）等高技术格式，具有新奇的影像语言和视觉体验的，能够吸引观众兴趣并促使其产生消费创新应用场景。正如本书前文所述，这些新的应用场景由于缺乏用户体量从而缺少市

场驱动力而一直无法落地；云游戏的出现打破了这种技术与场景间究竟应该先有鸡还是先有蛋的无声博弈，使得产业界能够将技术资源聚合，共同建设一套能承担如此高算力、大视频流需求的基础设施，为其他高新创新应用场景提供了发展的软硬件基础。

未来云游戏将打破场景界限，实现技术资源复用，场景社会化的演变。2020年10月，网易的逆水寒游戏作为会议工具，成功举办了国际分布式人工智能会议。该会议可容纳超过1000人同时在线，参会专家可根据个人喜好创造符合自己形象气质的虚拟人物参会，整个会场采用中国古典风格渲染，既给参会专家创建了一个身临其境，犹如置身现场般的优质参会体验，也让世人领略了一把中国传统文化之美。未来，随着云游戏基础设施的逐渐完善，利用这套高性能承载系统可以在上午为学生开设实时互动视频课堂，下午为患者实施远程手术治疗，晚上观看沉浸式影视节目和体育赛事。场景的模式将被打破，资源的复用将创造出更多的新需求、新体验。云游戏引发的不仅仅是游戏玩家的体验升级，更是全世界信息通信技术的一场革新。

编制组人员名单

参编单位：中国信息通信研究院、深圳市腾讯计算机系统有限公司、华为技术有限公司、北京科技大学、北京奇艺世纪科技有限公司、Arm 中国 安谋科技（中国）有限公司、北京庭宇科技有限公司、上海星游纪信息技术有限公司、百度时代网络技术（北京）有限公司、咪咕互动娱乐有限公司、杭州顺网科技股份有限公司、江苏视博云信息技术有限公司

起草人员：曾晨曦、林瑞杰、苏兆飞、黄云霞、宋佳明、王孟坤、陈曦明、寻微微、操伟、许敏华、方亮、雍凯、于洋、聂蔚青、陈进、毛雪鹏、刘春阳、沈文学、黄巍、许海涛、马霁阳、穆琳、张硕、马蓁蓁、周志伟、王忠、左建春、刘智勇、王锐、王屹东、陈翊翔、陶清乾，李兆明、陈乐、范凯强、曹涛、黄勇、林良、李鹤、朱根俊 李月红、李华宇

中国信息通信研究院 泰尔终端实验室

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62304633-2923

传真：010-62304633

网址：www.caict.ac.cn



5G 云游戏产业联盟

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62304633-2913

传真：010-62304633

网址：www.5gcga.org.cn

