

云游戏和 5G

捕捉机遇

白皮书

游戏市场分析公司 Newzoo¹ 数据显示，现今全球电子游戏玩家已达到 25 亿，约占世界总人口的三分之一。从 1980 年的经典街机游戏《吃豆人》，到时下流行的跑射游戏《使命召唤》，电子游戏的发展始终取决于当时的技术水平。而当下出现的一股新趋势，使游戏比以往更加触手可及：云游戏。据国际市场研究机构 Research and Markets 预测，在 2019 年的 3.06 亿美元基础上，全球云游戏市场规模将于 2024 年增长至 31.07 亿美元，复合年增长率为 59%²。其驱动力部分源自 5G 技术的推广应用。

本白皮书将概述云游戏发展为通信服务提供商 (CSP) 创造的机遇，包括其对网络的需求，以及用户体验质量 (QoE) 如何被衡量。

1 2019 年全球游戏市场预计将实现 1521 亿美元的收入，美国超越中国成为最大市场，2019 年 6 月 18 日

2 按产品、设备类型、解决方案、玩家类型、地区划分的云游戏市场——至 2024 年全球预测，2020 年 1 月

目录	
执行摘要	3
云游戏是什么？	3
云游戏为何（再次）兴起？	5
由何造就良好的游戏用户体验？	7
为 QoE 评估网络	10
玩家将如何接入云游戏服务？	11
通信服务提供商有哪些业务机会？	12
结论	13
了解更多	13
缩略语	14

执行摘要

云游戏的出现，代表着对“电子游戏如何交付玩家”的重新思考和定义。游戏软件在云端运行，用户设备只需用于画面查看及交互。这意味着使用更便宜、性能更低的设备，也可以驾驭目前需要专业游戏主机才可支持的游戏。不过由于海量数据将通过网络传输，这同时也意味着机遇与挑战并行。

通信服务提供商 (CSP) 可通过打造并推广 5G 服务实现的出色游戏体验，促进业务增长。CSP 们还可以与游戏供应商合作，签订协议将游戏与网络服务捆绑，成为游戏比赛及其他各类活动的专用网络供应商。

打造良好游戏体验的关键在于：确保用户体验可被具体评估。可将内容分辨率、视频质量、每秒帧数和应用程序延迟等关键质量指标 (KQI) 对映到网络关键性能指标 (KPI)，以便从已知的网络参数中推断用户体验。

本白皮书将介绍云游戏概念、部分领军供应商以及云端托管游戏的架构选项；概括介绍用户将如何接入云游戏、云游戏对网络的要求，以及 CSP 们如何应对挑战，打造全新游戏服务。

云游戏是什么？

传统意义上而言，游戏软件需要在玩家设备上运行。例如，软件需被下载至主机、需在 PC 端安装，或者以手机购买的应用程序形式存在。以往的游戏需依赖设备中的图形处理单元 (GPU) 生成高质量图像，打造场面宏大、引人入胜的游戏体验。许多游戏都需要功能强大、价格不菲的硬件作为支撑。一台游戏主机的售价约在 350 美元到 500 美元之间；而一台能够支撑高耗能游戏的专业游戏 PC，价格则可能高达 4500 美元。

云游戏的工作机制不同。它将计算和图形处理转移至云端，因此性能较低的设备也能够支持游戏体验，包括智能电视、更便宜的 PC、旧型号的笔记本电脑等设备。手机和平板电脑的游戏能力也将得到拓展，能够支撑复杂画面游戏，其画面复杂程度将远超当今移动设备上流行的休闲游戏。只要有网络连接便可以享受云游戏，可用设备范围广泛，并能够获得与当今专业游戏设备相近似的体验。

最为重要的是，云游戏无需预先安装软件，游戏过程顺畅无阻。以往的主机游戏，开始游戏前首先需要下载大批量数据，造成整个游戏过程的延缓。但在云游戏中，选择好游戏之后，玩家可以立即开始游戏，顺畅程度大幅度提升。移动端订阅用户有更大几率尝试体验新游戏，也更可能愿意额外支付一小笔订购费，以便能够按需体验游戏，其服务机制与今天许多人选择订购的无限量音乐服务相仿。对于通信服务提供商 (CSP) 而言，与游戏供应商合作是云游戏为其业务增长创造的新机遇。

现有多家平台已有/正启动云游戏服务：

- **谷歌 Stadia** 于 2019 年 11 月正式发布，官方宣称能够以高达 4K HDR 和每秒 60 帧的速度在兼容移动设备的电视上通过 Wi-Fi 运行游戏³。
- **微软 Project xCloud** 现已发布预览版，提供 50 款 Xbox 游戏，可在安卓手机或平板上在线畅玩⁴。
- **英伟达 GeForce NOW** 将云游戏服务带到笔记本电脑、台式机、Mac、SHIELD TV 和安卓设备上⁵。2020 年 2 月正式上线，旨在让玩家将以往购买的游戏带入云端。
- **PlayStation Now** 使用云端服务，将索尼旗下 PlayStation PS4、PS3、PS2 中的游戏带入 PS4 及 Windows PC⁶。
- **Apple Arcade** 服务，仅需一次订购即可在苹果手机、平板、电脑及电视设备⁷上畅玩 100+款游戏。
- **Shadow** 提供具有专有存储的云 PC，可从任何设备上访问接入⁸。
- **Hatch** 提供无需下载的移动端游戏，现已兼容安卓，其它平台陆续上线中⁹。

云游戏的两种不同工作机制（见图表 1）：

- **视频流**是目前最主要的方式，所有游戏逻辑和图像都在云端处理，并将视频传输回终端设备。使用这种方式，游戏设备无需高效能 GPU，因此可适用设备范围广泛。但其高质量视频的在线回传需要高速宽带网络支撑。
- **指令流**是 Hatch 所应用的解决方案。和视频流技术一样，游戏逻辑和图像指令均在云端处理，但图像渲染需要使用终端游戏设备的 GPU 完成。云端向终端设备发送场景渲染的指令。相比于视频流，指令量级较轻，因此网络需求也相应较低，但其图像质量受限于终端设备的 GPU 性能。

3. <https://store.google.com/gb/product/stadia>

4. <https://www.xbox.com/en-GB/xbox-game-streaming/project-xcloud>

5. <https://www.nvidia.com/en-gb/geforce-now/>

6. <https://www.playstation.com/en-gb/explore/playstation-now/>

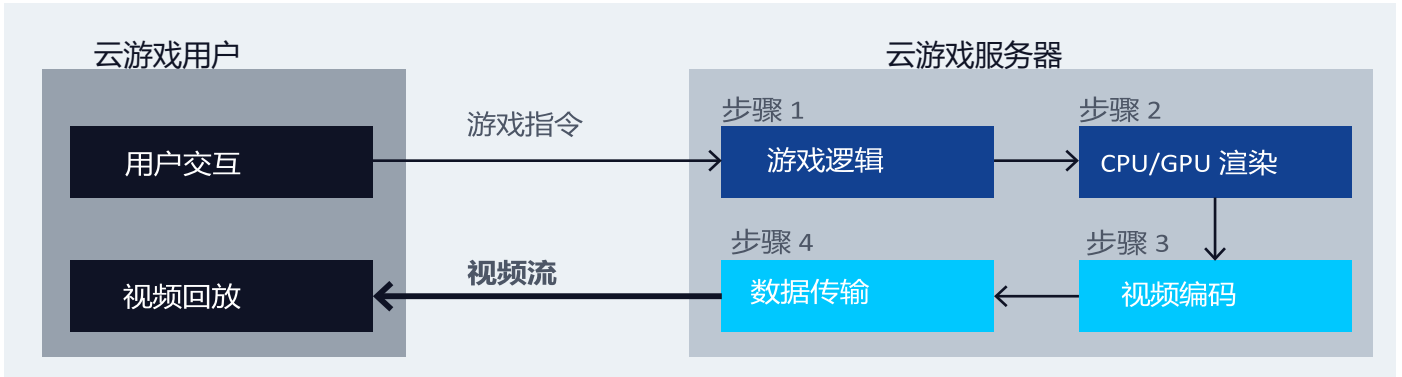
7. <https://www.apple.com/apple-arcade/>

8. <https://shadow.tech/gben>

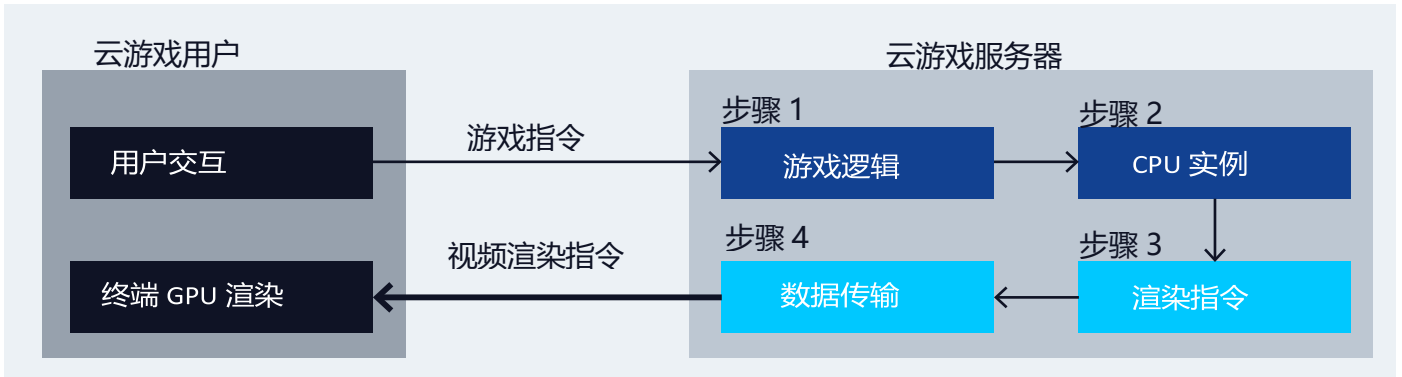
9. <https://playhatch.com/>

图表 1. 视频流 vs 指令流。两种解决方案下，游戏指令均发送至云端。视频流回传游戏的视频流，指令流回传场景渲染的指令。

视频流



指令流



云游戏为何（再次）兴起？

普通玩家或许并不了解，云游戏领域的探索和开发已有超过 10 年之久，领军者包括 Gaikai、StreamMyGame 和 OnLive 等。这些公司意在实现主机级游戏体验，但绝大部分的探索尝试最终均黯然收场，不过索尼旗下的云游戏产品 PlayStation Now 的推出，确实是建立在对 Gaikai 的收购基础之上。前人的尝试多以失败告终，那么新一代云游戏公司又应如何走向成功？

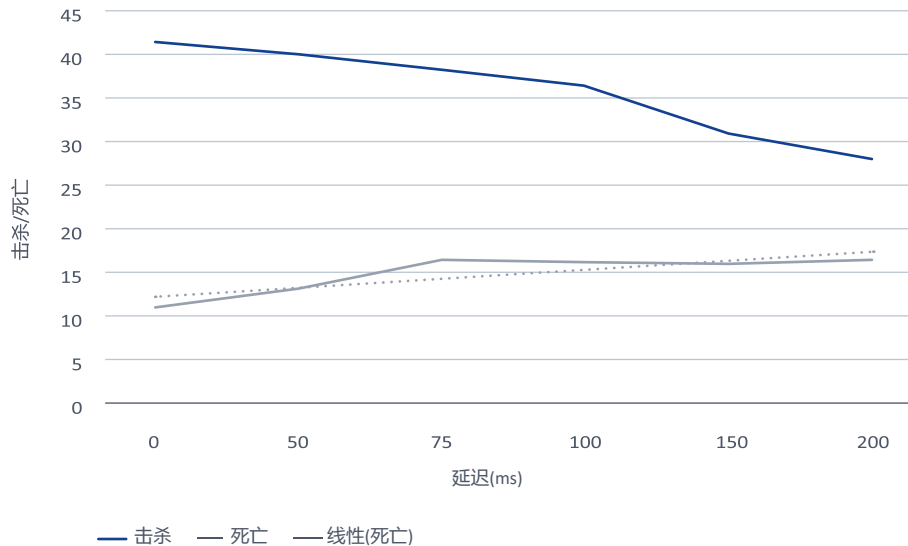
想要寻找这个问题的答案，首先需要明确打造愉悦在线游戏体验的决胜性因素。贝尔实验室的研究表明，“应用延迟”是游戏中最重要的影响用户体验因素之一¹⁰。应用延迟指的是玩家“发起行为”与游戏“响应”之间的时间差，游戏中表现为渲染图像在屏幕上的刷新。造成应用延迟的原因包括：远程服务器处理、渲染、编码和将更新后的图像传输到用户屏幕等操作的耗时。竞技游戏中，胜败通常取决于玩家双方的应用延迟程度。图表 2 通过展示“在线第一人称射击 (FPS) 游戏中延迟的影响”¹¹对此进行了阐释。

10. M Jarschel*, D. Sven Scheuring, T. Hoßfeld, Gaming in the clouds: QoE and the users' perspective, Math. Comput. Model., vol. 57, no. 11, pp. 2883–2894, 2013.

11. T. Beigbeder, R. Coughlan, C. Lusher, John Plunkett, Emmanuel Agu, Mark Claypool, The Effects of Loss and Latency on User Performance in Unreal Tournament 2003, SIGCOMM'04 Workshops Aug. 30+Sept. 3, 2004

图表 2. 延迟对在线竞技游戏的影响研究

在线第一人称射击 (FPS) 竞技



“应用延迟直接影响竞技类游戏对抗结果，破坏用户体验及 QoE。”

该图表显示，随着延迟的增加，玩家击败（或杀死）对手的能力下降，玩家角色的死亡几率上升。这解释了玩家对低延迟的需求，以及为何在高延迟的情况下将很快放弃在线游戏。尽管此研究基于第一人称射击游戏，但也对赛车游戏、团队足球对抗等其他游戏进行了测试，结果均类似。

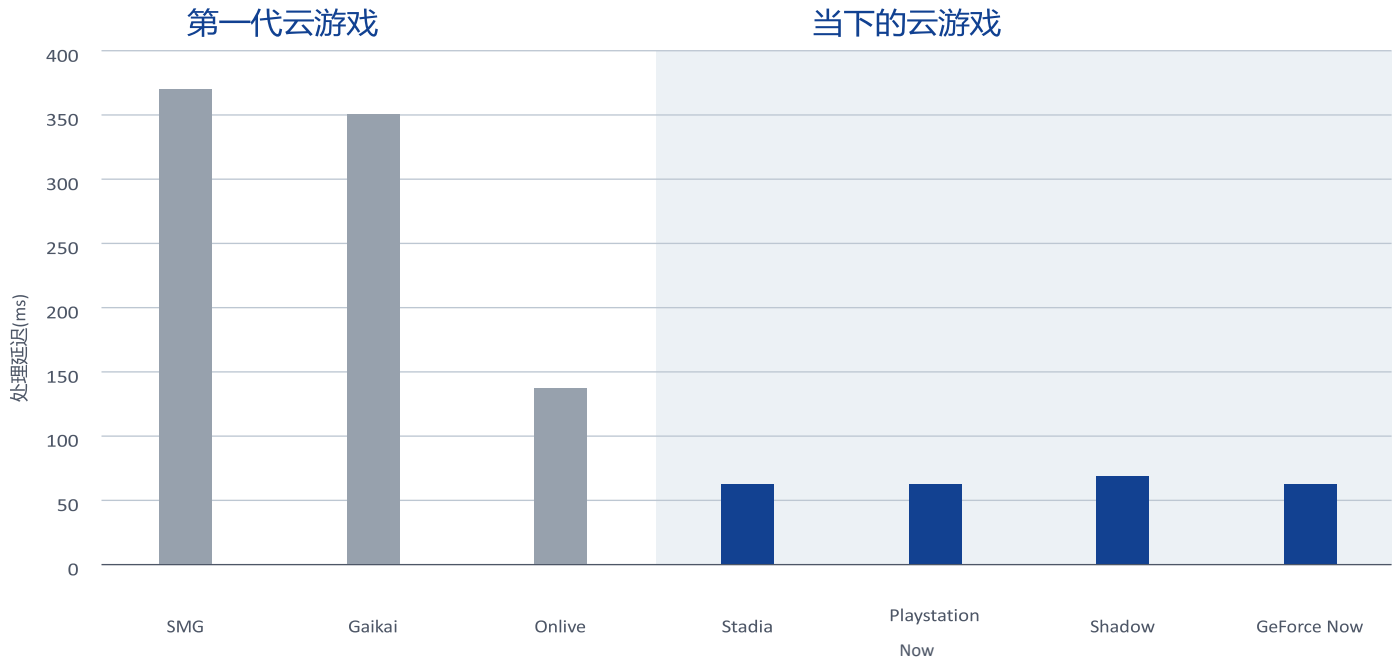
区分网络延迟和处理延迟很重要。处理延迟通常与计算和渲染相关。渲染复杂游戏图像时，往往存在大量延迟，且此时处理延迟可能大于网络延迟（参见图表 3）。

该图表突出反映了第一代云游戏供应商面临的挑战：在叠加网络延迟前，处理延迟已达到三分之一秒或更久。如今，出于服务器技术的进步和 GPU 的使用，处理延迟已大幅降低。GPU 天生擅长图像处理，因此已广泛应用于游戏主机，且近年来还被引入云基础设施。近期测试显示云游戏处理延迟已经低至 60 毫秒。

游戏处理延迟无疑取决于游戏具体情况，画面越丰富的游戏需要更多时间处理。目前虚拟 GPU (vGPU) 已经减少了云端的游戏处理延迟，网络对云游戏的支持作用愈加重要。凭借更低的网络延迟和基于 GPU 的云服务器，从主机游戏到云游戏的无缝过渡或将重塑整个行业。

图表 3. 早期和当下云游戏平台中的处理延迟，含 StreamMyGame (SMG)、Gaikai、OnLive 和目前的 Stadia、PlayStation Now、Shadow 、 GeForce NOW

云游戏处理延迟



由何造就良好的游戏用户体验？

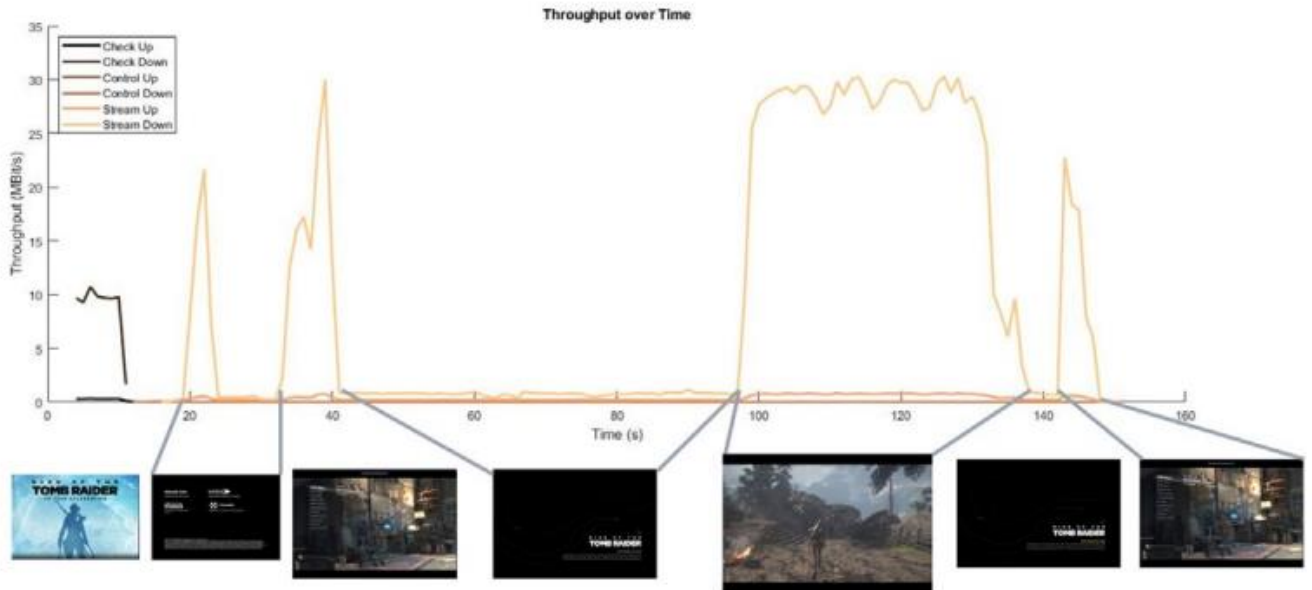
我们已通过研究证明，整体延迟是影响云游戏 QoE 的一大关键因素，但它不是唯一一项指标。与延迟相关的一项指标被称为“视频帧速率”（以每秒帧数为单位/FPS），其取决于应用延迟和可用网络带宽。传统视频的帧速率为每秒 24 或 30 帧，但游戏市场正在向更高的帧速率 (60/120) 加速升级，尤其还配有分辨率更高的视频。提高视频帧速率不仅可以改善播放的流畅度，还可以增强玩家的对抗能力¹²，与减少应用延迟的效果类似。

通常情况下，游戏渲染服务器会根据带宽和网络往返时间动态调整视频帧速率。更高的帧速率会对带宽提出更高需求，约需增加 20% 或更多。

贝尔实验室评估了 Google Stadia 以 1080p/60 FPS 流式传输启动游戏《古墓丽影：崛起》在开始几分钟里对带宽的需求（见图表 4）。由图表 4 可见，在游戏活跃环节，1080p 需要~30Mbps。评估还发现，Stadia 支持 45Mbps 网速下的 4K 分辨率、~30Mbps 网速下的 1080p 分辨率、10Mbps 网速下的 720p 的分辨率。Stadia 持续监测得出，用户会话终止前可达到的最大往返时间 (RTT) 是 75 毫秒。

12. M. Claypool, K. Claypool and F. Damaa, The Effects of Frame Rate and Resolution on Users Playing First Person Shooter Games, 5th ISCA/DEGA Workshop on Perceptual Quality of Systems (PQS 2016)

图表 4. Google Stadia 在 1080p/60fps 时的带宽要求



为确定整体用户体验，我们需要确认影响用户体验的因素——KQI。游戏的 KQI 包括内容分辨率、视频质量、每秒帧数和应用延迟。本文语境中，视频质量是指在实时视频传输中出现的伪影——例如，画面冻结、像素化、平铺等，通常是由数据包丢失所导致的结果。

衡量 KQI，通常会计算其与其目标数值之间的差值，被称为 KQI 中的减损，以百分比表示。举例来说，让我们来看一下应用延迟。图表 5 是由贝尔实验室咨询部针对增强现实 (AR)/虚拟现实 (VR) 游戏开发的应用延迟减损模型¹³。

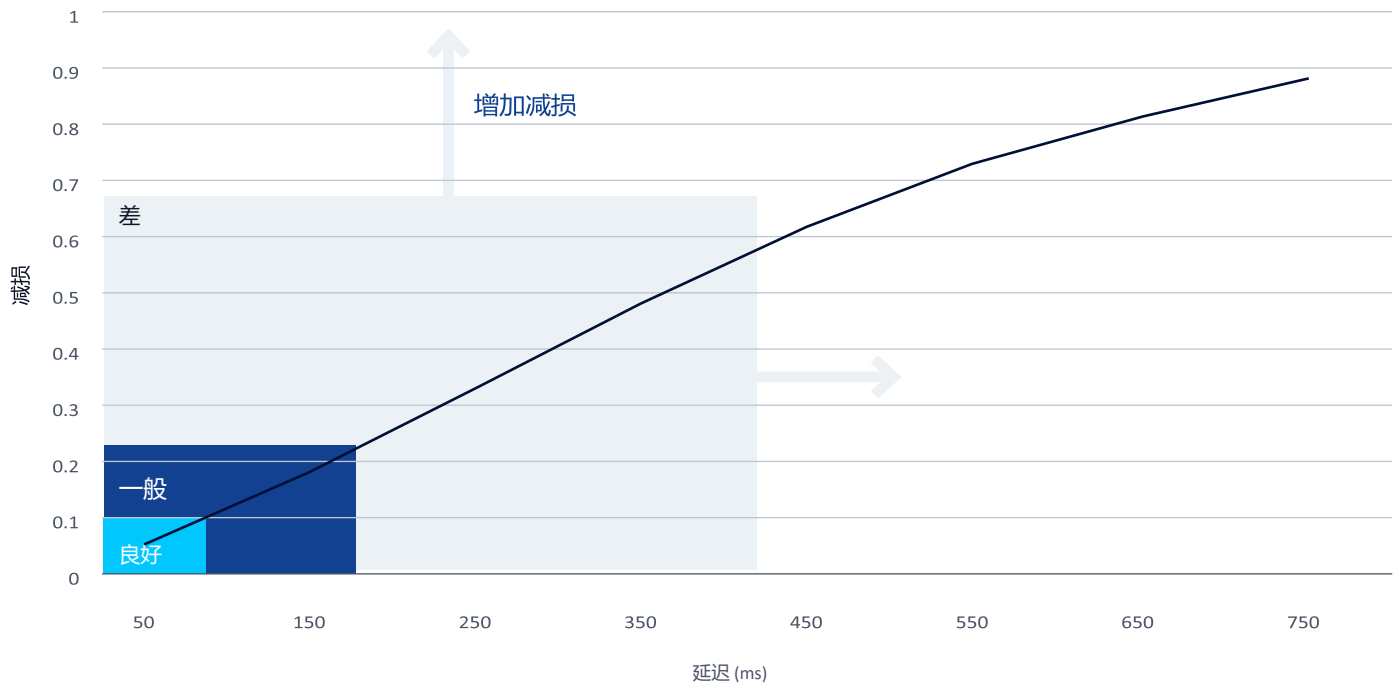
从该图表中可看出，延迟低于 75 毫秒时，游戏的减损小于 10%。图表中浅蓝色区域表示减损程度良好，深蓝色区域表示减损程度适中，灰色表示减损程度较差。

使用类似方式，将减损模型应用于内容分辨率、每秒帧数，以评估云游戏中的整体用户体验。以上两项评估在本文中没有进行描述，但相关示例均曾在贝尔实验室和贝尔实验室咨询部往期研究中^{10 13}给出。

10. 3 M Jarschel*, D. Sven Scheuring, T. Hoßfeld, Gaming in the clouds: QoE and the users' perspective, Math. Comput. Model., vol. 57, no. 11, pp. 2883–2894, 2013.

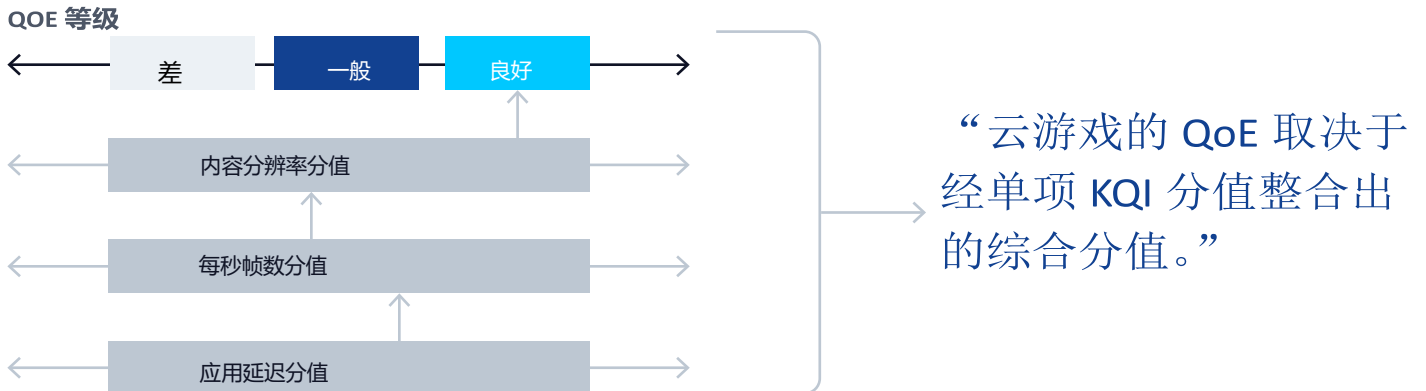
13. B. Krogfoss, P. Perez, J. Bouwen, J. Duran, Quantifying the value of 5G and edge cloud on QoE for AR/VR, 2020 Twelfth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)

图表 5. 云游戏中应用延迟的减损模型



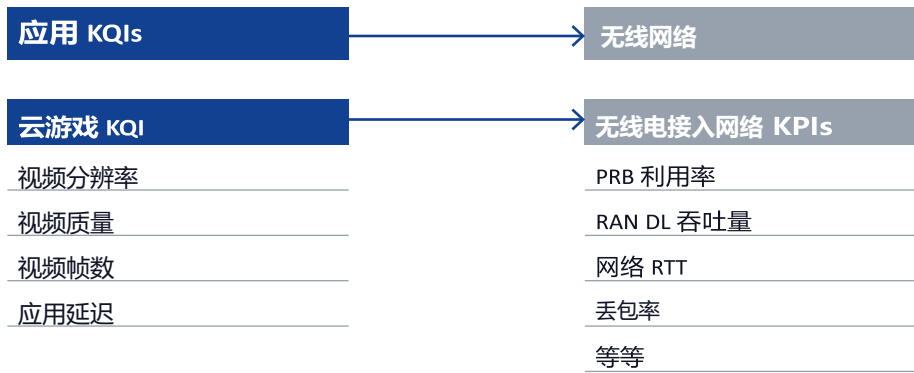
为建立能够反映整体用户体验的综合 QoE 分值，我们将每项 KQI 的单独分值进行组合（相加或相乘）（参见图表 6）。

图表 6. 在单项 KQI 分值基础上建立综合 QoE 分值



要了解如何在通信服务提供商(CSP)的网络中评估游戏 QoE，我们需要将 KQI 与 CSP 网络中的可测量参数联系起来。通常，我们会将单项应用 KQI 与一项或多项网络 KPI 相关联（参见图表 7），即可根据各项网络 KPI 推断出 KQI 性能。例如，内容分辨率主要受吞吐量影响，因此从无线接入网络 (RAN) 吞吐量数据中，可推测出交付给用户的内容分辨率。视频质量可能会受到丢包率 (PLR) 的影响，因为丢包会导致图像伪影，从而影响整体体验。通过 PLR 数据，可推断出视频质量减损。

图表 7. 为确认 QoE，各项 KQI 须与 RAN KPIs 关联



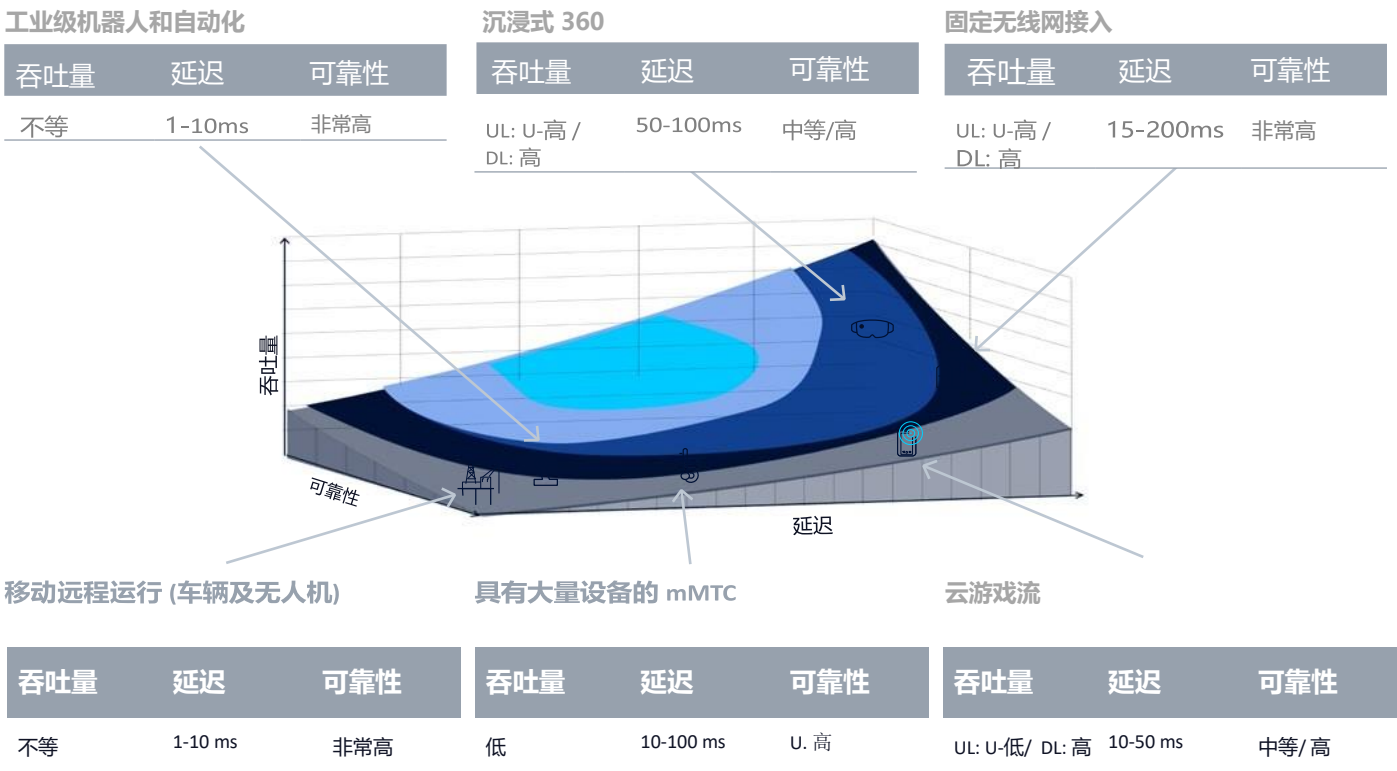
“为确认应用 QoE，每项应用 KQI 分别与 RAN KPIs 相匹配/关联。”

为 QoE 评估网络

从云游戏的各项 KQI 当中，可以清楚地看出 LTE 无法有效满足实现良好用户体验所需的阈值。这一点并不意外，因为 LTE 在设计时并未将高性能应用纳入考虑。指出这一点并非是指责 LTE，而是更多地从 5G 需求的角度出发，探讨如何在新应用大批崛起的背景下创造更好的用户体验。

图表 8 说明了 5G 能够如何在延迟、吞吐量和可靠性方面满足应用需求¹⁴。

图表 8. 网络需求下的业务驱动因素，展示 LTE 和 5G 的吞吐量及延迟



14. ©2020 Nokia

在贝尔实验室咨询部对云 VR 游戏的分析¹³中，我们展示了 5G 在延迟和吞吐量上的改善，以及对于在市场中获得成功的重要性。衡量和设计高质量网络的过程是每个 CSP 仍在努力实现突破的领域。标准网络/RAN KPI 的常规衡量体系无法保证良好的用户体验。我们给出了一套流程，用于评估云游戏用户质量，其中每种类型的游戏都有一套不同的 KQI 组合，相应需跟踪的减损模型也各不相同。此外，不仅是在游戏领域，CSP 还需考虑其他未来的场景应用，如沉浸式协作、AR/VR 等，其无疑将推动对网络的要求并增加新的限制因素。

最近的研究中，我们发现 CSP 们在其网络中存在过度设计或设计不足，经分析，我们能够帮助他们优化成本和效率，延长现有投资的生命周期并改善用户体验。本文中所描述的 QoE 方法已经过验证，使用这套方法，贝尔实验室咨询部与 CSP 合作，通过利用分析相关性和行业最佳实践，量化并衡量用户体验。

在以网络为中心的视角之外，可以使用客户体验指数 (CEI) 等指标了解客户对服务的体验。它将服务数据与营销活动系统中的信息相整合，以便云游戏供应商可以同时查看目标区域内的活动和客户体验等数据。这有助于供应商确认有意愿订购该服务的主要目标人群。信息可从运营支持系统 (OSS)、IT 和交易数据中导入，且可以在需要保护用户体验的情况下发出通知，进行主动干预。

玩家将如何接入云游戏服务？

云游戏的两种场景：

- **家中玩游戏：**最开始，大部分游戏时间可能会在家中度过。在此场景下，固定有线互联网接入将提供最佳游戏体验，大多数现有的宽带用户已拥有满足云游戏需求的带宽和足够低的延迟。CSP 们可进驻家庭市场，通过固定无线接入 5G 服务，拓展现有用户群。这将会把宽带引入服务欠缺的社群，同时也将云游戏的覆盖范围拓展至这些社群。较低的延迟需求和持续的高带宽消耗将会造成挑战，但可以在室外接收器和室内网关中应用高增益天线，以实现所需的服务质量。
- **家外玩游戏：**移动设备始终伴随着我们，让我们保持时刻在线，这意味着我们会在移动场景转换中（例如旅行时）使用设备。云游戏的部分优势在于，它能让玩家随身携带游戏，无论身在何处都可以开始或继续游戏。因此，云游戏无需等待下载，几乎可以瞬间开始游戏的能力十分具有吸引力。

连接性对于确保云游戏的可行、提供高质量体验而言至关重要。尽管移动性是云游戏所承诺的一大重要组成部分，但在短期内，它会构成多项挑战。4G 可以满足指令流的带宽和延迟需求，但不太可能满足视频流平台的性能需求。一旦云游戏流平台迅猛发展，4G 网络将无法扩展以满足需求，尤其是如果在此基础上进一步增加额外服务，如 AR、VR，或其它对延迟和带宽敏感的应用。

13. B. Krogfoss, P. Perez, J. Bouwen, J. Duran, Quantifying the value of 5G and edge cloud on QoE for AR/VR, 2020 Twelfth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)

5G 将提供更大的可扩展性，有能力应对新频段以提高无线网络的容量，采用新的传输方法以减少空中接口的延迟，且拥有使用边缘计算和网络切片来管理体验质量的新功能。

随着网络对云游戏的支持能力日益增强，云游戏平台有望将服务拓展至移动设备。

通信服务提供商有哪些业务机会？

随着游戏玩家逐渐接受云游戏，网络将在游戏体验的质量中发挥关键作用。即使 CSP 们不开设针对性的游戏服务，用户也可能会使用现有的服务来尝试云游戏。如果游戏缓慢或无法播放，该 CSP 的品牌或将遭受损失。目前的许多无线数据合约，会在消耗一定额度的带宽后限制速度，这种模式将不太可能与需要消耗海量数据的云游戏相兼容。

CSP 们可与游戏平台合作，通过提供新的游戏服务实现业务增长。例如，CSP 们可以自己托管游戏，并将订购服务直接销售给用户。这会在订购用户中创造较高的认知价值，并使运营商能够控制整体的用户体验。但实现这一点需要大量的投入，不仅是在相关技术上，还要在建立关系获得游戏许可和营销等方面。

另一种模式是与云游戏供应商 (CGP) 合作。在此模式中，CGP 可以托管图形处理、计算和游戏内容，而 CSP 提供服务质量有保障的连接。用户能够享受可靠的游戏体验，但 CSP 无需为托管游戏而在技术或许可证上进行投入。该模式将创造机会向用户销售差异化服务，其中有多种数据方案供客户选择，其分辨率均能达到有保障的级别。

或者，该 CSP 可以使用多访问边缘计算 (MEC) 平台为 CGP 提供边缘计算资源，以便在距离玩家更近的地方托管游戏，从而减少延迟。MEC 被视为助力 5G 发挥潜力的关键，它使应用程序能够在更接近用户的地方进行托管，减少整个网络的延迟和回程。此外，借助 MEC 平台的高级功能，应用程序可以实时获知网络性能并进行相应响应，以确保终端用户体验。

在游戏比赛和人口稠密的地点，CSP 可出售专用网络，提供现场游戏所需的带宽和延迟。客户将是活动主办方或场馆。

云游戏被视为 5G 的标志性服务，CSP 们已经开始了合作伙伴关系的建立，如下方图表 9 所示。

8 IOPS: 公共安全隔离操作网络。允许网络在失去向中央核心回程连接的情况下运行。

图表 9. 目前的云游戏合作关系

云游戏供应商	服务供应商
Activision	Three
Hatch	Elisa, NTT DOCOMO, Sprint, 威瑞森电信, 沃达丰
Microsoft – Project xCloud	T-Mobile, SK 电讯, 沃达丰
NVIDIA GeForce NOW	LG U+, 软银
Stadia	英国电信集团, 威瑞森电信
Ubisoft GameCloud	中国联通, 韩国电信, 沃达丰

结论

云游戏有潜力让电子游戏更加触手可及，实现在多种设备上、无场所限制的游戏畅玩。5G 可以保障出色游戏体验所需的带宽和延迟，因此各家通信服务提供商 (CSP) 有机会通过与云游戏供应商合作实现业务增长。CSP 们须审核其现有的网络能力，并评估云游戏流媒体的需求。可通过咨询和数字化设计的手段，必须利用深入的网络规划，以确保正确的服务规模和优化方案。MEC 等新一代技术对于确保良好的 QoE 具有重要意义，虽然 5G 的初始部署将使用非独立 (NSA) 架构，但独立架构 (SA) 将支持使用端到端网络切片来定义特定级别服务的能力。为利用 5G 网络的可编程特性，服务配置和保障发挥着重要作用。由于有大量移动部件，每个部件分别有各自必须满足的一组策略和 SLA，手动配置和管理此类网络将导致运营成本呈指数级增长。自动化处理端到端生命周期的服务将是成功的关键因素。在构建连接的同时，搭建运营支持系统以支持新的合作伙伴关系和商业模式将是创造新服务的关键。利用认知分析识别新客户并管理其体验，将成为助您加速获得新收入的途径。

本白皮书中内容包含来自贝尔实验室咨询部的贡献。贝尔实验室咨询部隶属于诺基亚贝尔实验室，该部门引领行业发展，为客户提供建议，帮助他们了解并发挥下一场工业革命中经济、社会和人类的所有潜能。基于贝尔实验室的 Future X 网络愿景，并结合考虑新兴市场动态，贝尔实验室咨询部带来了跨学科的技术专家团队，配备专有工具和丰富的行业经验，能够视每位客户的具体需求提供解决方案。

了解更多

诺基亚助力数字服务商走向商用化 (Nokia Monetization for Digital Service Providers)

诺基亚边缘云—将算力带到流量所在之处 (Nokia Edge cloud - Take computing capacity to where the traffic is)

贝尔实验室咨询部——网络演进战略 (Bell Labs Consulting – Network evolution strategy)

缩略语

AR	增强现实
CEI	客户体验指数
CGP	云游戏提供商
CSP	通信服务提供商
GPU	图形处理单元
KPI	关键绩效指标
KQI	关键质量指标
MEC	多接入边缘计算
OSS	运营支持系统
PLR	丢包率
PRB	物理资源块
QoE	体验质量
RAN	无线接入网
RTT	往返时间
VR	虚拟现实

关于诺基亚

我们创造连接世界的技术。借助于诺基亚贝尔实验室的研究和创新工作，我们通过业内最完整的端对端产品组合、服务和许可，为通讯服务提供商、政府、大型企业和消费者提供优质服务。

从 5G 通讯基础设施和物联网，到数字健康领域的新兴应用，我们正在构建未来的技术发展并为用户提供颠覆性的全新体验。networks.nokia.com

“诺基亚”和“Nokia”是诺基亚公司的注册商标。此处提及的其它产品和公司名称可能是他们各自所有者的商标或商号。

© 2020 Nokia

Nokia Oyj
Karaportti 3
FI-02610 Espoo, Finland
Tel. +358 (0) 10 44 88 000

Document code: SRXXXXXXXXXEN (October) CIDXXXXXX