

白皮书

5G 时代来临，存储行业将迎来 哪些新的发展机遇

目录

执行摘要	3
5G 移动设备的优势	4
5G 掀起移动设备改革浪潮，催生大批新型应用程序	4
5G 移动设备的新功能	5
5G 支持的新用例	7
存储服务供应商面临重大机遇	11
接口性能比较	11
结论与建议	14
作者、版权、用户协议及其他基本信息	15

摘要:

在下一阶段的移动设备开发工作中，5G、新颖的外观及丰富的内容消费和创建体验将成为彰显特色的关键。

5G 移动设备存储主要发展趋势：

- 更好的顺序读/写速度和性能
- 大容量，256GB、512GB 及以上
- 降低成本，包括 3D NAND、TLC、QLC 的应用
- 提高控制器质量，如架构、使用寿命、损耗均衡和预留空间
- 嵌入式存储接口，包括 UFS 2.1、UFS 3.x、UFS4.x 和 PCIe
- 提高可靠性，延长使用寿命

5G 复杂度攀升，预计每台设备生成及消耗的数据量相当于当前设备的数倍之多。5G 吞吐量更高，势必推动生成更丰富多彩的应用，比如实时游戏。AI 应用程序越来越先进，选择存储的难度也越来越大。为提高边缘计算性能，在设计阶段初期考量存储问题的重要意义与日俱增。

鉴于技术持续进步，从 2D 迁移到 3D，从 TLC 升级到 QLC，闪存成本不断下降。然而，以 5G 为中心的设备需要采用优质存储解决方案。不同外形和功能的 5G 移动设备的存储要求各不相同，涵盖性能、延迟、IOPS、读/写速度、数据保留、容量、温度范围、恢复能力等诸多方面。

在 5G 浪潮的推动下，以下一些移动设备首当其冲，面临重大发展机遇：智能手机、互联 PC、平板电脑和独立扩展现实 (XR) 头戴式显示器 (HMD)。所有这些设备的存储需求迥然相异。此外，这些设备还将催生一些新的用例，很可能创造更多的服务收入。例如：

- 智能手机、平板电脑和 XR HMD 移动端云游戏。
- 直播体育节目和串流播放 8K 高清内容
- XR HMD、直播体育节目和家庭电影的 360 度内容
- 智能手机（如新款 iPad 和下一代 iPhone (iPhone12)）摄像头的 ToF 传感器将充当光场相机，捕获/创建 3D 内容并通过 XR HMD 呈现

从 4G 过渡到 5G 的初期，eMMC 5.1 尚可满足某些设备的需求。然而，鉴于 5G 吞吐量（Gbps 级）较高，UFS 接口最适合用来满足大多数 5G 设备的需求。互联 PC 需同时采用 UFS 存储和 PCIe SSD，而其他设备则更倾向于采用 UFS 作为主存储接口。

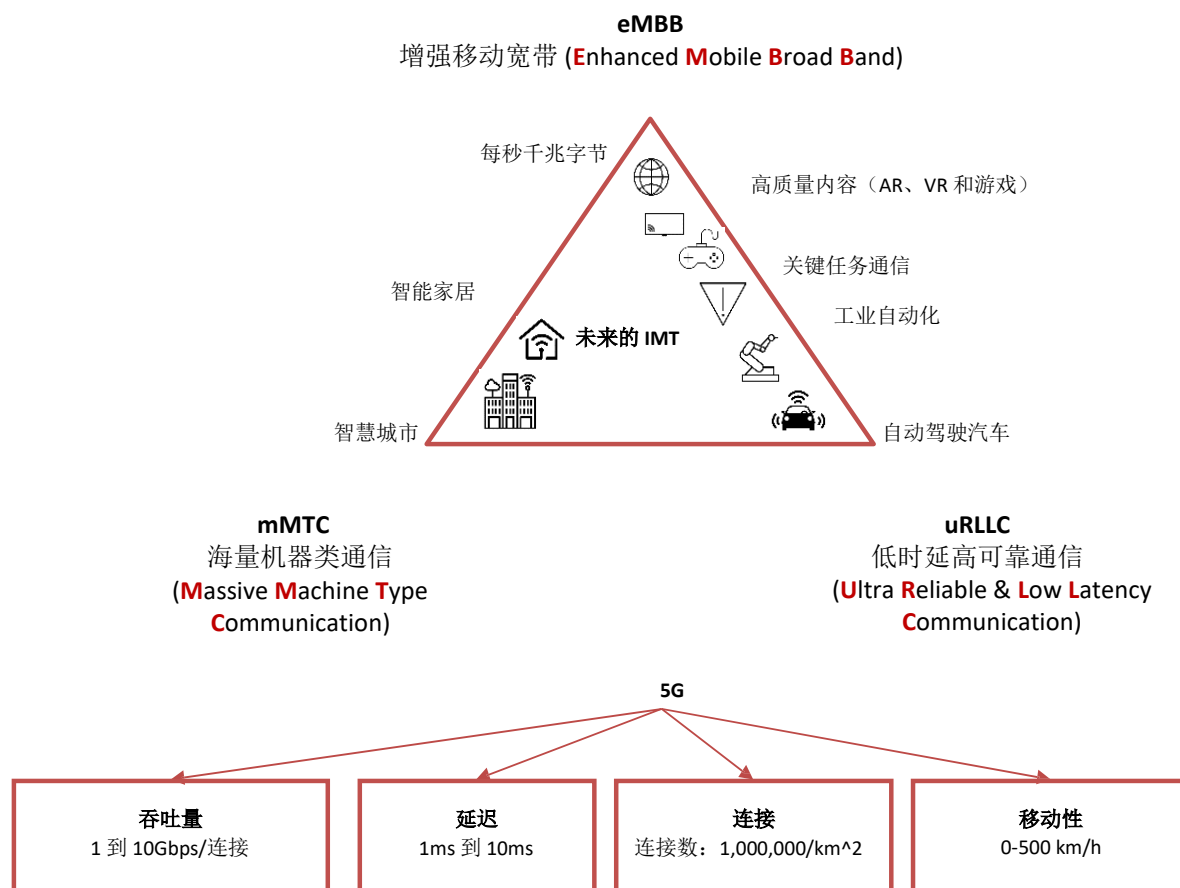
5G 移动设备将如何发展 5G 移动设备的优势

5G 掀起移动设备改革浪潮，催生大批新型应用

5G 的优势绝不仅限于速度。从 4G 升级到 5G 比从 3G 过渡到 4G 更加非同凡响。5G 推出了大量新功能，如增强移动宽带 (eMBB)、海量机器类通信 (mMTC) 和低时延高可靠通信 (uRLLC)。鉴于初期基于 5G 非独立组网 (NSA) 部署 5G 网络，只有部署 5G 独立组网 (SA) 才能使应用程序真正实现低时延。

目前主要有两种 5G 频谱：mmWave 和 sub-6。sub-6 5G 可以利用现有的发射塔，使用更少的基站实现更高的性能。另外，sub-6 每个手机发射塔的信号范围大于 mmWave。因此，部署 sub-6 5G 的费用低于 mmWave。尽管如此，理论上而言，mmWave 5G 在速度和延迟方面的表现均优于 Sub-6 5G。对于普通消费者而言，sub-6 的速度已经足够快。但是，移动应用需要同时满足低延迟和高带宽两项要求，mmWave 5G 堪称唯一选择。

图 - 1: 主要 5G 功能



5G 具有以下三大性能优势：

- 以更低的单位成本实现更高的吞吐量

5G 网络将以更低的成本提供更高的单位网络容量（实现极高的用户数据速率或供极高数量的用户同时使用），即能够连接大量低成本/低功耗 IoT 设备，每位成本指标较低。这对于促进未来发展非常重要，因为数据通信增长速度日益加快，只有 5G 网络才能满足需求。

采用融合 MIMO 技术与波束成形的新型天线设计、更高效的调制方案、高阶调制和新频谱（低频、中频和高频）等提升频谱效率，进而增加容量并提高数据速率。

- 低延迟

4G 网络的典型往返时间 (RTT) 延迟约为 40-47 毫秒 (ms)。5G 网络的目标是延迟低于 1ms。由于延迟更小，将可以实现从前无法企及的新用例，例如 XR、沉浸式游戏、互联 PC 等。

为实现超高可靠性和低延迟，5G 提出了多种机制。包括天线和频率分集、基于非动态或基于冲突的上行链路传输、控制和数据通道专用自适应调制和编码方案、快速重传以及新式空中接口帧结构和参数集。

- 高设备连接密度

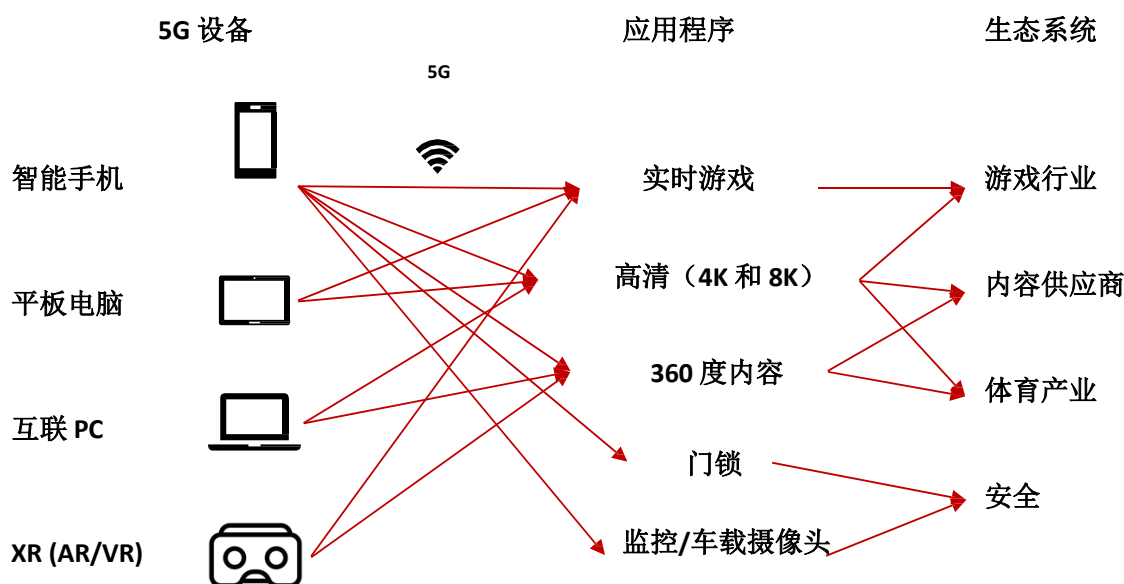
5G 覆盖范围极广，每平方公里最多可以连接百万台设备。与此同时，5G 还能显著降低每台设备的连接成本。这一特性对于 IoT 应用很重要，因为 IoT 需要连接大量设备，比如智慧城市等。尽管 IoT 设备（如智能仪表等）属于低带宽设备，在移动网络上生成的数据流量很小，但却会创建大量信号数据。

5G 不仅可以灵活高效地处理只发送数据量少且突发传送不频繁的简单设备，还能处理快速发送大量数据的先进设备。

5G 移动设备的新功能

5G 的主要优势在于速度快和延迟低。对于移动通信用户而言，最大的愿望莫过于实现闪电般的浏览速度，无需缓冲即可流畅地观看视频。此外，速度更快意味着系统可以接入大量本地数据。另一方面，延迟低且速度快，支持大量用户同时访问云数据并彼此互动，而且不会产生丝毫延迟。eMBB 是 5G 的一大特色，不仅可以满足这些期望，而且可以为至少四种 5G 设备创造优势并支持多种新应用。

图 - 2: 5G 移动设备和应用程序



- 5G 智能手机

鉴于 5G 可以提供高性能沉浸式数据密集型内容，用户普遍要求在智能手机上访问更多内容，智能手机 OEM 纷纷顺应趋势，积极开发大屏手机。然而，屏幕较大意味着外形尺寸较大，重量也会随之增加。为满足大屏需求又避免笨拙机身，大部分顶级智能手机 OEM 陆续尝试开发可折叠智能手机。此外，5G 智能手机还可作为热点，以访问远程运行计算机资源。超低延迟 5G 连接适合召开移动会议及进行多任务处理。

因此，只需连接显示器，5G 智能手机即可使用远程桌面功能，与远方的同事建立无缝协作。用户可以依托 5G 的高速优势在社交媒体应用程序（如微信、Whatsapp 和 Facebook）中分享/存储更多内容。为享受 5G 带来的所有这些创新应用，智能手机必需提高运行速度并配备高容量。

除智能手机以外，5G 还可以实现 4G 无法企及的大量应用。应用包括但不限于：互联 PC、平板电脑和 XR 设备。下面进行详细分析：

- **互联 PC**

Microsoft 一直积极推动打造互联 PC，希望它能够像智能手机一样便携灵活，迄今至少已有十年之久。为打造始终连接的 PC，需建立完善的生态系统，包括处理器、操作系统和无线连接。合作伙伴越多，成功几率越大。2017 年，Intel 和 Qualcomm 加入竞赛，利用 eSIM 和专用 SoC 开发始终连接的 PC。但是，由于 4G 速度还不够快，功率消耗随之增加，4G 互联 PC 尚未得到普及。

2020 年，OEM 纷纷在消费电子展 (CES) 展出 5G 互联笔记本电脑。始终连接的 PC 可以随时访问互联网，电池续航时间长，携带也十分方便。目前还属于利基市场，仍在努力开发当中，必需获得 Windows 应用程序的支持才能用于基于 X86 和 ARM 的解决方案。预计到 2025 年，这一细分市场有望增长至 3,270 万台。鉴于设备平均售价 (ASP) 较高，将演变成为高收入市场。

PC 或笔记本电脑使用 SSD，相比之下，移动设备主存储仍以 eMMC 或 UFS 居多。iPhone 采用 PCIe，显然是一个例外，因为它构建了专属生态系统。尽管如此，过去几年，一些中低端笔记本电脑或 Chromebook 开始使用 eMMC 作为主存储。随着 UFS 3.x 的普及，UFS 将开始广泛应用于中高端互联笔记本电脑。究竟选择 UFS 还是 SSD？这一点与解决方案供应商息息相关。智能手机生态系统的系统设计人员更倾向使用 UFS，而现有的笔记本电脑制造商则更支持使用 SSD。

- **平板电脑**

连接蜂窝网络的平板电脑已具备 4G 连接功能。自 2012 年起，Apple 宣布 iPad 支持 4G LTE 网络。三星和华为也已展出过 5G 互联平板电脑。5G 平板电脑用例范围十分广泛，包括游戏和各种视频应用程序，它们都需要具备高带宽和低延迟特性。但是，绝不仅限于这些用例。随着 5G 应用的不断发展，企业可能会发现 5G 互联平板电脑市场规模十分庞大。预计到 2025 年，5G 平板电脑出货量将达到 3,070 万台。

- **独立 XR HMD**

独立 XR HMD 开创了一种全新的内容通信、协作、使用或创建模式。它们可以提供沉浸式扩展现实环境，在特定场景中模拟很多现实情境。独立 XR HMD 不仅限于游戏，还广泛应用于许多其他领域和业务，如电子商务、教育、培训、医疗和广告。但是，由于独立 XR HMD 的硬件要求较高，因而过去几年发展并不顺利。另外，独立 XR HMD 还需具备高速低延迟互联网连接，现阶段网络还无法满足要求。

5G 低延迟互联网连接可以解决 VR HMD 显示器图像生物识别信息不匹配及耳前庭系统振动感引发潜在头晕的问题。此外，VR 视频至少比具有同样 PPI、刷新率和压缩率的普通 2D 视频大 10 倍，因为一个完整的 VR 视频由来自不同视角的两个 VR 流组成。因此，5G 是满足高带宽需求的无线技术之一。与现有的主流无线技术（如 Wi-Fi 或 4G）相比，5G 可以提供更卓越的用户体验。

预计到 2025 年，XR 设备出货量将达到 1,700 万台。一旦 5G 独立网络大范围推广使用，将实现 5G XR 所需的低延迟体验，届时 XR 体验将进一步改善。

- 移动 Wi-Fi 路由器 (Mi-Fi)

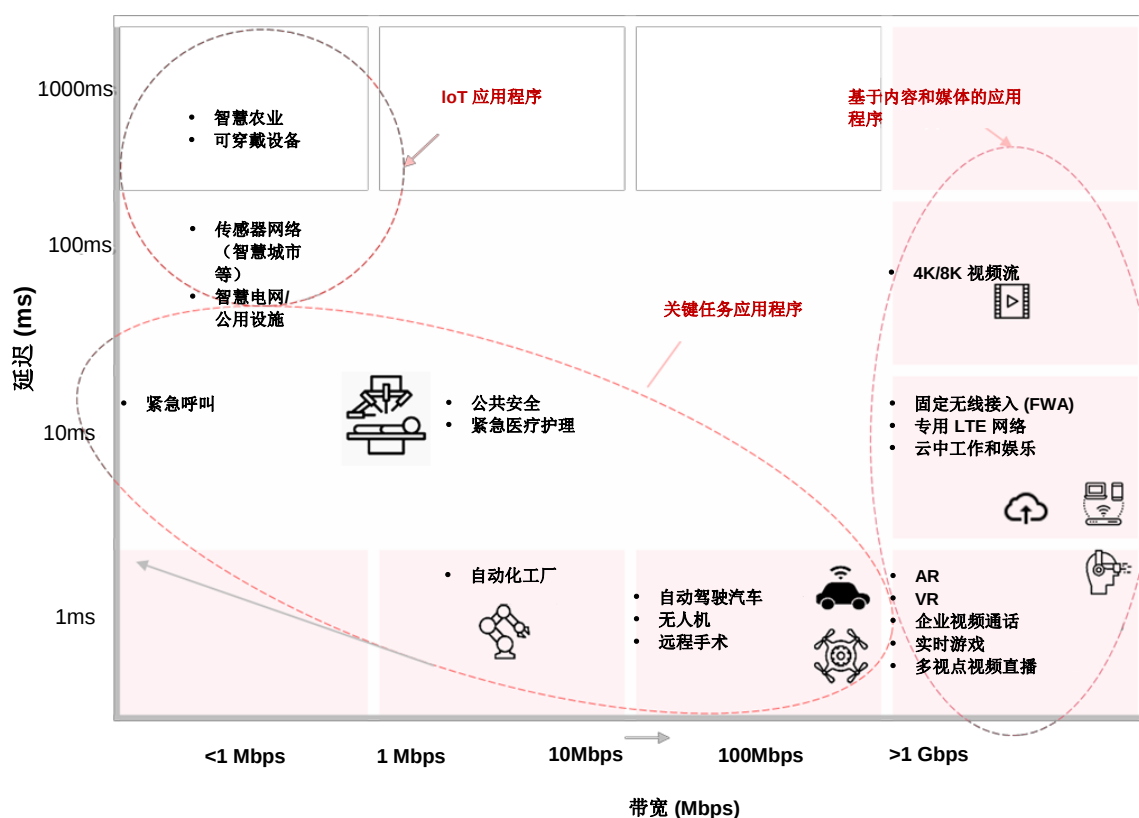
所谓 Mi-Fi 热点是 5G 的重要设备之一，预计出货量排名第二，仅次于智能手机 - 至少 5G 推出初期如此。Mi-Fi 热点是最早支持 5G 网络的设备之一。5G 热点可以随时随地启用高频率低延迟网络。除用作移动热点以外，还可使用用户驻地设备 (CPE) 类设备作为家庭网关路由器，替换/补充最后一英里连接的有线解决方案。由于射频前端 (RFFE) 复杂、基带要求高且内存速度器速度快，5G 热点的价格高于 4G。

MediaTek、UNISOC 等大批厂商纷纷推出芯片组，未来很多企业将能够以更低的价格推出热点。内存价格进一步下降，还可缩小 4G 与 4G 路由器之间的差距。由于 5G SoC 价格下跌，5G 路由器的价格将在 2023 年后下降，然后提高采用率和更多的应用。

5G 支持的新用例

- 5G 支持的新用例

图 - 3: 5G 应用程序：延迟与带宽



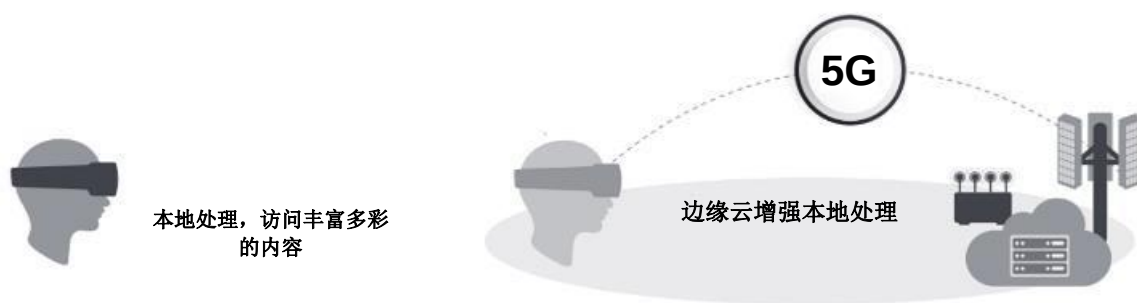
- 增强现实和虚拟现实

增强现实 (AR) 和虚拟现实 (VR) - 或者将二者并用，也称之为混合现实 (MR) 或扩展现实 (XR) - 是一种新型内容通信、协作和消费模式，很多时候还支持创建内容。当前这一代 XR 设备要求使用智能手机或功能强大的 PC 才能提供身临其境的体验。两项解决方案的体验满意度均受到某种程度的限制，因为智能手机本身不足以提供真正沉浸式的体验，而通过有线网络连接 PC 有时又会妨碍享受沉浸式的体验。

因此，为提供更卓越的用户体验，需要使用 5G XR。5G 具有低延迟和高带宽特性，不仅有助于采用更小的设备，还能为创新型 XR 产品提供更出色的用户体验及更长的电池续航时间。同时，还能有效改善企业的 XR 体验。现阶段推行了大量计划（如 Qualcomm XR 企业计划），势必有助于进一步提高 5G 时代的 XR 普及率。

结合 ToF 传感器、新款 iPad 摄像头及下一代 iPhone (iPhone 12) 的杰出性能，将可以捕获图像和深度信息，因而可以充当光场相机，创建 3D 内容并通过 VR/AR 耳机呈现。另外，人们也可以在未来的 Macbook 中运用这项技术，支持用户更改虚拟背景。在家办公异军突起，成为一种新兴工作方式。配备 ToF 传感器的摄像头可改进相关功能，为人们在家远程办公营造无缝虚拟背景。

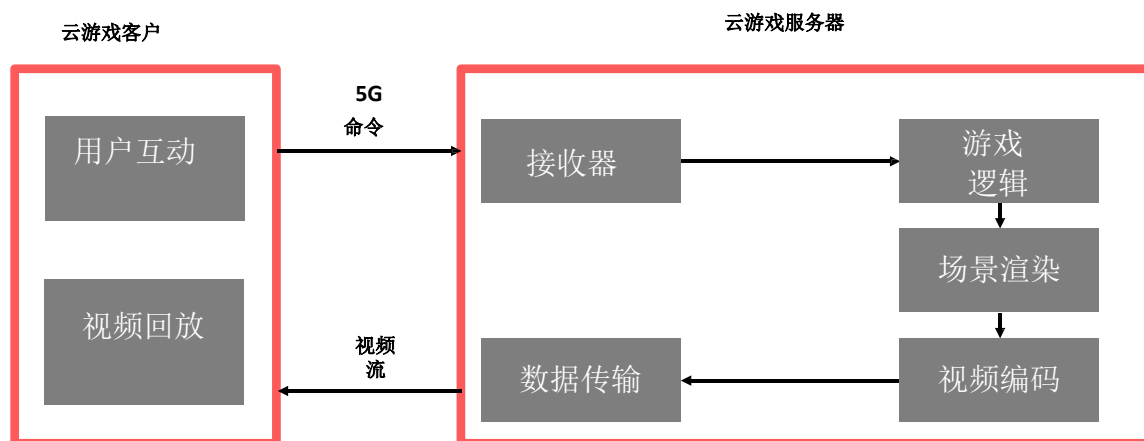
图 - 4: 采用 5G 连接和增强边缘云基础架构的 XR 设备
资料来源: Qualcomm



• 移动云游戏

手机游戏是一种依赖远程云服务器（而非本地设备本身）的现行产品。远程云服务器可以进行场景渲染，接着以高度压缩流的形式将渲染后的场景发回设备。因此，基于云服务的移动端游戏可以降低设备成本，使更多的受众更轻松地享受游戏乐趣。此外还有一个好处：它可使智能手机始终保持低温，电池续航时间随之延长。目前，4G 及以下版本的云移动端游戏面临的一大局限性在于，因延迟导致玩家-服务器-玩家的响应时间过长。5G 延迟低于 1ms，而且运营商可以通过专用 5G 网络切片和不间断边缘计算提供游戏串流市场专用网络。5G 很可能成为转型契机，真正实现实时游戏，就像全程在设备本身处理一样。同时，也将为运营商开创新的商业版图和收益源泉。

图 - 5: 移动端云游戏的工作流程



因此，通过 5G 推动衍生的云移动端游戏服务，玩家几乎可以随时随地畅玩游戏。而且，不仅可以使智能手机，平板电脑乃至互联 PC 也能达到同样的效果。Nvidia、Sony、Microsoft 和 Google 已分别推出游戏串流服务：GeForce Now、PlayStation Now、Stadia 和 Project xCloud。另外，美国 Sprint 与 Hatch 建立合作，共同开发 5G 游戏服务。

• 8K 高清内容

8K 电视可以通过超高速无线网络接收高清内容。理论上而言，组合运用高速 5G 连接和 8K 显示器可以克服串流式传输 8K 内容的难题，无需在家中安装高速固定线路互联网连接。

现阶段，我们发现包括三星、夏普和华为在内的多家电视供应商推出了支持 5G 连接的 8K 显示器。但是，鉴于目前没有适合 8K 的显示内容（如电影和电视节目），因而采用人工智能 (AI) 技术将现有内容升级到 8K 电视标准。

- **360 度内容**

未来可能推出观看各大体育赛事的新渠道，这也是当前“一维”内容无法实现的高度。5G 可以提供身临其境的体验（如 360 度内容），观众将能够从多个角度观看游戏。不同于必须通过昂贵虚拟现实设备专门制作的串流式传输 360 度直播体育节目，现在创建 360 度内容容易得多。此外，一些内容网站（如 YouTube 和 Facebook）还支持照片和视频形式的 360 度内容，而且可以在智能手机或平板电脑上进行查看。因此，每个人都可以营造身临其境的体验并与公众或朋友分享。随着内容质量的提升及 360 度沉浸式照片或视频的诞生，用于观看 360 度内容的设备将需要配备性能更优越的 5G 连接，真正实现高带宽和低延迟。

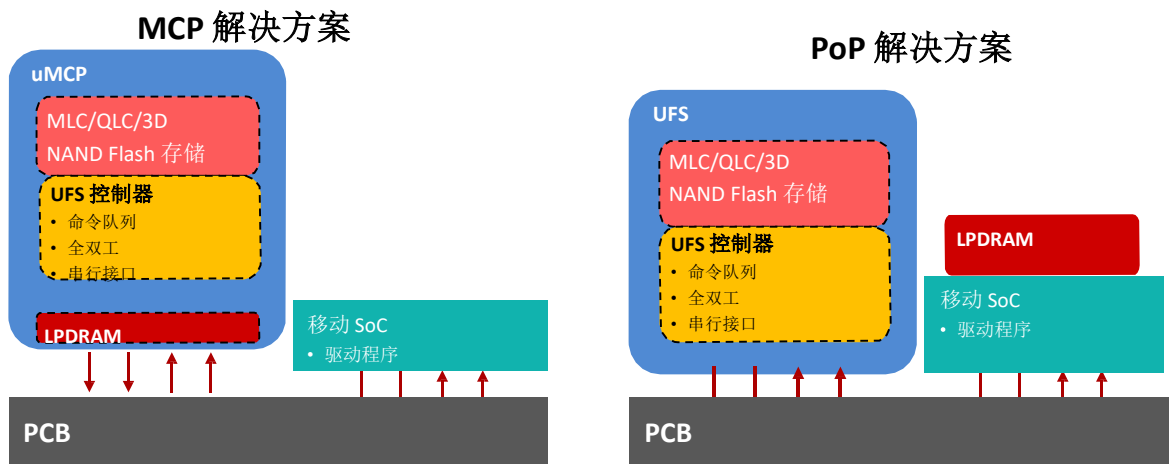


存储服务供应商面临重大机遇

接口性能比较

从封装角度而言，MCP 解决方案在中低端智能手机市场占据主导地位。另一方面，高性能移动设备的系统设计人员更倾向于使用包含低功耗 DRAM 及离散 UFS 或 eMMC 的 PoP 解决方案。PoP 解决方案的性能优于 MCP 解决方案，鉴于应用程序处理器 (AP) 可以在高频环境下直接与低功耗 DRAM 通信，AP 与 RAM 通信信号干扰随之降低。

图 - 6: 移动内存接口规格



从性能的角度而言，经过多年发展，eMMC 已然成为移动应用程序数据存储领域的主流。但是，由于 eMMC 采用并行 8 位传输，速度已达到极限。因此，UFS 有望成为 5G 时代的主流接口，因为它的串行接口和全双工数据传输协议可以提供相当于 eMMC 并行 8 位接口 2-4 倍的峰值带宽。UFS 2.x 和 UFS 3.x 的最大速度分别可以达到 11.6Gbps (1450 MB/s) 和 23.2Gbps (2,900 MB/s)。二者均远高于 eMMC 5.1 的 3.2Gbps (400 MB/s)。下一代 UFS 4.x 的速度甚至更快

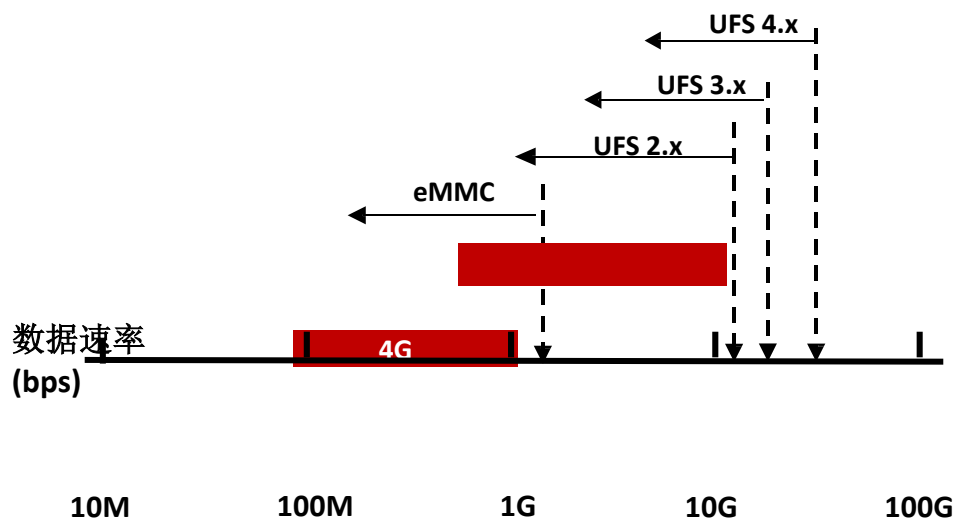
图 - 7: 移动内存接口规格

	eMMC 5.1	UFS 2.x	UFS 2.x	UFS 3.x	UFS 4.x
接口（通道）	NA	HS-G2 (2 通道)	HS-G3 (2 通道)	HS-G4 (2 通道)	HS-G5 (2 通道)
每通道性能	NA	2.9Gbps	5.8Gbps	11.6Gbps	24 Gbps
峰值数据传输率	3.2Gbps (410MB/s)	5.8Gbps (742MB/s)	11.6Gbps (1,485MB/s)	23.2Gbps (2,970MB/s)	48 Gbps (6,144MB/s)

UFS 接口与 5G 的高 Gbps 级吞吐量承诺完美契合；相比之下，eMMC 则可能成为某些 5G 驱动移动设备（如互联 PC、XR 设备、智能手机和平板电脑）的瓶颈。此外，在待机模式下，UFS 的功耗与 eMMC 相似。在活动模式下，尽管 UFS 的功耗高于 eMMC，但 UFS 能够快速传输更多数据，从而更迅速地恢复空闲状态。因此，UFS 的总功耗比 eMMC 低得多，而且可以节省电池供电 IoT 应用程序的耗电量。

另外，UFS 还可以提供更出色的整体系统性能和用户体验，因而成为 5G 移动设备内存存储接口的理想之选。5G 的传输速率为 1-10 Gbps，相比之下，4G LTE 的理论传输速率可能超过 1Gbps，但在大多数情况下，实际速度仍低于 500Mbps。基于 5G 的 XR、在线游戏和 8K 视频要求速度达到 6 Gbps，因此 UFS 在这些应用中发挥着至关重要的作用。

图 - 8：接口和蜂窝连接的数据速率



视频消耗的数据流量最大。360 视频采用全方位 360 度全景水平视图和 180 度垂直视图，而大多数头戴式显示器 (HMD) 的用户视场角 (FOV) 仅为 90-115 度。沉浸感将随 视场角的增加而增加。另外，HMD 可见区域的分辨率直接影响观看者体验。从图 7 中可以看出，在分辨率相同的情况下，360 视频的视频大小至少是 2D 视频的 8 倍。但是，由于硬件、传输速度和视频尺寸的限制，实现高 FOV 和高分辨率的难度进一步加大。



* 假定 视场角 90 度

XR 的内存需具备高速度、高带宽和低延迟特性，因为它必须在设备中同时访问和搜索多媒体。因此，由于采用全双工和串行接口，UFS 接口的性能优于 eMMC 接口，因而处理器可以快速传输数据。

● 8K 视频

超高清电视 (UHDTV) 的分辨率为 8K 视频 (7680×4320)，相当于 高清电视 HDTV (1920×1080) 的 16 倍。一帧 8K 画面包含 3,320 万像素。如果是每秒 120 帧的高帧率 8K 视频，原始 7680×4320 视频传输时脉为 48 Gbps。经压缩后，整体流时脉可能更低，但仍高于 1Gbps。5G 带宽或许够高，足以提供串流式传输“标准”8K 视频所需的无缓冲流畅加载速度。但对于高帧率 8K 视频，5G 带宽仍略显不足，需要额外增加高速缓冲内

存，因而 UFS 3.x 成为最佳解决方案。

图 - 10: 超高清电视的数据速率

	高清 (HD) 电视	4K 超高清 (UHD) 电视	8K UHD TV	8K UHD TV
屏幕分辨率 (像素)	1920 x 1080	4096 x 2160	7680 x 4320	7680 x 4320
色深	8 位	8 位	8 位	12 位
帧率 (fps)	60	60	60	120
带宽需求 (Gbps)	0.98	4.25	15.9	47.8
每分钟文件大小 (GB)	7.46	31.9	119	358

图 - 11: 主要移动设备的存储容量 (按接口)

存储接口类型/存储消耗 总量 (百万 GB)	eMMC		UFS/PCIe		发货量 (百万 台)	
	2021E	2025E	2021E	2025E	2021E	2025E
主要移动设备						
智能手机 	-	-	74,946.2	310,773.6	273.1	1,271.2
平板电脑 	-	-	1.9	23.5	0.0147	0.1117
PC 	-	-	246.6	8869.6	2.2	37.2
XR 耳机 	14.9	-	162.9	8,393.6	1.9	21.5

鉴于 5G 移动设备要求高速传输，互联 PC 将需要采用 PCIe SSD，而其他设备则更倾向于采用 UFS 作为主存储接口。

结论与建议

- **UFS 接口最适合 5G 驱动的移动设备使用。**UFS 接口速度快且响应灵敏，可以满足 5G 时代提出的即时启动、快速启动、多任务和多处理要求。与此同时，功耗更低，因而电池续航时间延长。
- 在 5G 大带宽和低延迟的支持下，移动端游戏串流服务将实现迅猛发展。内容供应商需要了解 5G 的功能、要求和局限性，设计在任何设备上均可通过云端流媒体体验的优质移动端游戏。
- **NAND 闪存的价格不断下降。**但是，以 5G 为中心的设备需要高性能存储解决方案。移动设备制造商必须掌握不同类型闪存的特性，才能选择适当的内存来满足应用性能要求。
- 为在 5G 时代立于不败之地，闪存制造商必须了解这些 5G 设备的需求及其存储影响，发挥各种应用的市场潜力，提供适当的解决方案。

作者、版权、用户协议及其他基本信息

©2020 Counterpoint Technology Market Research. 本研究报告供 Counterpoint Technology Market Research 客户独家使用；未经 Counterpoint Technology Market Research 事先明确书面同意，不得全部或部分复制本报告或以任何形式或方式将其传送给组织外部的其他人员。接收和/或查阅本文档即表示您同意不会复制展示、修改、报告中包含的内容、观点、结论或信息，也不会将其分发、传输或披露给组织外部的其他人员。本报告中显示的所有商标均为报告自行得出的观点、结论或信息。本报告中显示的所有商标均归 Counterpoint Technology Market Research 所有，未经事先书面同意不得使用。

Brady Wang

组件与技术副总监

电子邮件: brady.wang@counterpointresearch.com

电话: +886 9365 91212



Neil Shah

研究副总裁

电子邮件: neil@counterpointresearch.com

电话: +91 9930218469



COUNTERPOINT TECHNOLOGY MARKET RESEARCH

香港 | 美国 | 韩国 | 印度 | 英国 | 阿根廷 | 中国

香港中环皇后大道中 28 号中汇大厦 20 层

info@counterpointresearch.com

