



5G 网络下的云化虚拟现实

平台技术白皮书

(2020)

中国通信标准化协会

2020 年 1 月

版权声明

本白皮书版权属于中国通信标准化协会，并受法律保护。
转载、摘编或利用其他方式使用本白皮书文字或者观点的，应
注明“来源：中国通信标准化协会”。违反本声明者，本协会
将追究其相关法律责任。

前 言

云化虚拟现实（Cloud VR）将 VR 的制作上云、内容上云、渲染上云，是实现提升 VR 用户体验的必然阶段，也是当前 VR 产业自主选择规模化发展之路。云化虚拟现实凭借共享云上的计算和存储资源，降低用户体验 VR 业务的终端硬件成本；通过云平台对基础设施的升级维护，降低用户端设备更换和应用升级的成本；通过云平台对内容的版权管理，保护 VR 内容的安全并提高内容开发者的积极性。云 VR 平台的建设使得 VR 产业的生态更加丰富，需求得到匹配，从而促进云 VR 端到端的用户体验提升。

随着我国 5G 商用步伐的不断迈进，5G 移动网络与云 VR 业务的结合已成为重要趋势。移动云 VR 为用户的沉浸式体验增加了多自由度扩展，将进一步提升移动用户的 VR 业务体验。本白皮书结合了 5G 高通量、低时延、以及高可靠的技术特性，对业界在 5G 网络与云 VR 平台融合的技术探索进行了深入介绍。本白皮书基于 2018 年中国通信标准化协会发布的《云化虚拟现实总体技术研究白皮书》，进一步探讨了 5G 网络下云 VR 平台技术的实现细节，为云 VR 平台的功能要求、安全能力以及典型

云 VR 业务实现等提供了技术参考，旨在为我国 VR 产业云 VR 平台建设和发展建言献策，推动我国 VR 产业更好、更快地发展。

本白皮书由中国通信标准化协会移动互联网应用和终端技术工作委员会（TC11）虚拟现实/增强现实（VR/AR）子工作组负责编写。主要编写单位包括：中国信息通信研究院、华为技术有限公司、腾讯云计算（北京）有限责任公司、腾讯科技（上海）有限公司、中国电信集团公司、中国移动有限公司、中国联合网络通信有限公司、宏达通讯有限公司(HTC)、北京邮电大学、北京京东世纪贸易有限公司、北京沃东天骏信息技术有限公司、蚂蚁金融服务集团、北京三星通信技术研究有限公司、高通无线通信技术(中国)有限公司、北京市商汤科技开发有限公司、北京小米移动软件有限公司、烽火通信科技股份有限公司、中兴通讯股份有限公司。

编写人：聂蔚青、尤昉、郑倩、任能、彭圣平、倪慧、李峰、祝谷乔、折小强、代威、方亮、王杨军、李志成、杨宇、雷艺学、张卓筠、许晓中、封薇薇、杨蕾、陈仲华、马翠娟、刘项、李炜中、欧中洪、武娟、李志斌、傅蓉蓉、钟秀芳、李芳、杜志敏、蒋慧、王宇、王妮娜、游根节、杨星、彭文佳、刘享军、白国兴、陶锐、叶小阳

目 录

一、云 VR 业务发展与挑战	1
(一) 云 VR 产业环境已具备，业务体验在逐步提升	1
(二) 传统 VR 平台架构被打破，正向云化平台发展	3
(三) 云 VR 平台面临新一轮的挑战	4
二、5G 网络技术带动云 VR 业务发展	6
(一) 5G 网络特性概述.....	6
(二) 基于 5G 网络 VR 切片，提供大带宽、高质量连接.....	8
(二) 基于 5G 边缘的协同调度，降低传输时延.....	9
(三) 基于 5G 网络 QoS 增强，服务云 VR 业务.....	10
三、5G 网络下的云 VR 平台功能要求	13
(一) 开放云 VR 平台能力，服务 VR 头端内容商	13
(二) 开放边缘云 VR 业务入口，支撑接入与计算服务	14
(三) 催化云 VR CDN 下沉，提供就近服务.....	15
四、5G 网络下的云 VR 平台技术方案	16
(一) 云 VR 平台的系统架构.....	16
1. 中心云的组成.....	17
2. 边缘节点组成.....	18
(二) 云 VR 平台的业务功能和能力开放.....	19
1. 云 VR 平台的核心业务功能	19
2. 面向行业的能力开放	21

(三) 5G 网络与云 VR 平台的协同服务	22
1. 5G 本地业务分流	22
2. 边缘 CDN 协同调度	23
3. 端边协同渲染	24
4. 5G 网络组播 VR 业务	25
(四) 云 VR 平台的安全能力要求	25
(五) 云 VR 平台的业务实现	26
1. 云 VR 视频业务实现	26
2. 云 VR 游戏业务实现	27
五、5G 网络下的云 VR 平台总结与展望	28
参考文献	30
附录 1 缩略语	31
附录 2 码率计算方法	32
1. 云 VR 视频	32
2. 云 VR 游戏	33

一、云 VR 业务发展与挑战

千兆家庭宽带的普及和无线网络发展，使得网络传输能力提升、数据流量价格下降。《中国宽带速率状况报告》显示，中国固定宽带和移动宽带用户的体验速率均在快速提升，2019 年 Q1 固定宽带网络平均下载速率达到 31.34Mbit/s，与去年同期相比提升幅度达到 55.5%；移动宽带用户使用 4G 网络访问互联网时的平均下载速率达到 23.01 Mbit/s，与去年同期相比提升幅度也达到了 20.4%。

虚拟现实（Virtual Reality, VR）指对真实或虚拟环境的模拟或复制，通过深度感知与交互实现用户的沉浸式体验。当前，国家已明确 VR 产业为战略性新兴产业，不仅用于娱乐领域，也在社交、通信、房产、旅游、教育等行业广泛应用。IDC 预测，2019 年全球 AR/VR 市场规模为 168 亿美金，于 2023 年将达到 1600 亿美金。

网络与云的基础设施升级带动了云 VR 业务的发展，传统的 VR 业务和终端服务器逐步迁移上云，帮助云 VR 的配套终端设备“瘦”身，推动云 VR 业务逐步走入个人、家庭和工业场景。同时，无线网络从 4G 向 5G 推进，将变革云 VR 业务的移动端体验，5G 网络下的云 VR 业务迎来发展机遇。

（一）云 VR 产业环境已具备，业务体验在逐步提升

在内容为王的时代，用户渴望优质的 VR 内容。原始 VR 内容的丰富受益于专业的 VR 终端与配件，以及低成本的制作软件。专业的 VR 音视频采

集设备，如高性能头盔、手持输入装置、体感输入装置、高清摄像头等款式多样；终端感知设备如高清显示屏、3D 音响、手套、指夹等性能持续提升；VR 游戏设计工具如 Unreal Engine、Unity 3D 等界面友好而丰富，开创了头端 VR 视频、VR 游戏、VR 行业应用内容的繁荣。总体来看，国内 VR 市场的内容生态已初步完善，主流厂商纷纷推出了 VR 视频、VR 游戏、以及 VR 行业应用专区。

随着 VR 终端芯片的计算能力增强，高可用的 VR 终端开始出现，终端厂家推出多种款式和价位的 VR 一体机和移动 VR 头盔，以适应不同行业的用户需求。当前，移动 VR 头盔摆脱了数据线的束缚，正成为主流 VR 设备。VR 一体机已支持无线传输，有较强计算能力，是有上升前景的移动 VR 设备；搭载智能手机的移动 VR 头盔，易用、低价、且便携性强，也能获得优质的 VR 体验。

运营商开始发布云 VR 业务，也有越来越多的用户开通云 VR 业务，标志着云 VR 的产业环境已具备，达到规模推广的条件。伴随着 5G 商用的到来，5G 网络下的云 VR 业务也纷纷进入初始商用阶段，部分商用情况如表 1 所示。

表 1 全球 5G VR 商用情况（注：仅列举全球部分商用情况，数据来源于网络）

时间	运营商	商用/试商用情况
2018 年 3 月	KT Corp GS Retail	共同推出 5G 网络 VR 主题公园 VRIGHT。
2019 年 2 月	Orange	MWC 上演示基于 5G 的 AR、MR HoloParty 业务。

2019 年 2 月	SKT+DT	MWC 上联合演示 Oksusu 5G Social VR 业务。
2019 年 4 月	LG U+	推出 5G AR/VR 业务，预计年底推出 5G 云 VR 业务。
2019 年 5 月	中国移动	浙江移动展示了 5G 网络下的云 VR 业务。
2019 年 7 月	中国电信	北京世园会使用 5G 网络下的无人机 4K VR 直播鸟瞰世园。
2019 年 10 月	中国电信	四川电信商用 5G 网络下的云 VR 业务。
2019 年 10 月	中国联通	中国联通在广州商用验证云 VR 游戏业务。

（二）传统 VR 平台架构被打破，正向云化平台发展

传统 VR 业务提供商需要开发独立的业务平台，单一平台架构仅支持少量的终端应用。云 VR 平台统一对接多个设备的应用运行环境，厂家的业务应用变得简单可移植，如图 1 所示。云 VR 平台主要解决方便终端用户体验和使用的问题，包括：

1). **降低用户终端成本**：游戏类 VR 内容的本地主机用到高性能 GPU 显卡渲染，用户购置主机和终端硬件的成本提高。在云 VR 场景中，GPU 渲染功能从本地迁移到云端，使得终端更加轻便与高性价比，降低了用户的设备成本。

2). **提高设备使用率**：用户通常在家里或者利用碎片时间使用 VR，大部分时间设备是闲置的，导致资源的极大浪费。云 VR 平台服务利用虚拟机技术，一个硬件可以分时复用给多个用户，提高了设备利用率。

3). 方便用户快捷使用: PC VR 的内容分散在各个平台, 需要用户先下载到本地主机才能使用。云 VR 平台可聚合内容, 开发者在云上进行快速的内容迭代发布, 用户即点即玩、无需下载, 同时解决盗版问题, 促进内容产业的发展。

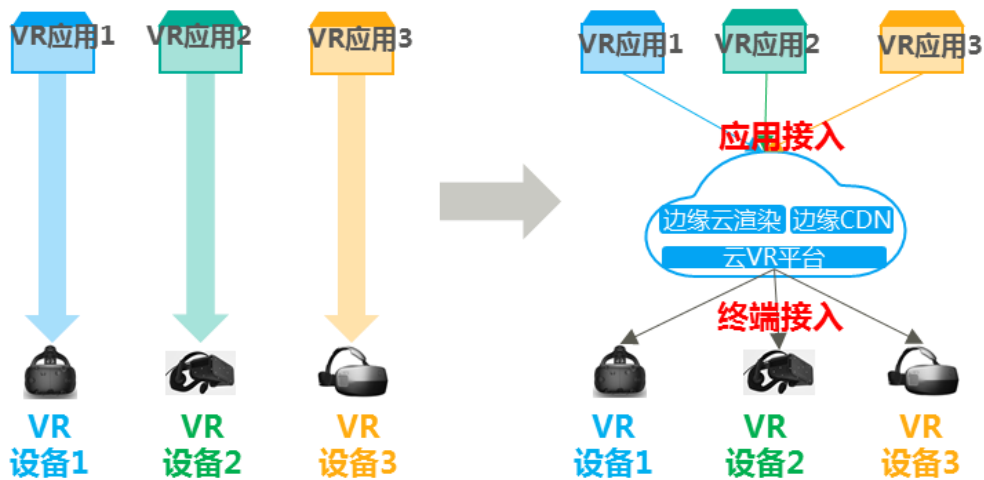


图 1 云 VR 平台应用接入

(三) 云 VR 平台面临新一轮的挑战

借助强大的云基础设施, 云 VR 平台实现了 VR 内容制作、版权管理、内容运营、编码、内容分发、渲染计算等功能。通过高速稳定的网络将 VR 内容传输到终端, 在 VR 终端完成余下的计算、解码和播放功能。整体来说, 云 VR 平台降低了业务对终端的要求, 接入云平台的终端可变得更‘瘦’, 价格也将大幅降低, 有助于 VR 成为全民可用的普惠业务。

随着接入的 VR 业务规模增大, 云 VR 平台的发展面临新一轮的挑战:

1). **平台生态待构建**: 平台生态依赖于内容应用的积累、终端成本降低以及用户规模的增长。内容厂商和游戏厂商在统一的云 VR 平台制作内容和开发游戏, 借助公有云和运营商拓展用户, 可减少带宽成本。VR 瘦终端提供更低门槛的用户端设备, 可一定程度的解决成本问题。未来移动手机支持 VR 捕捉、定位等交互功能, 可带来更多应用场景。

2). **传输能力待提升**: VR 业务对分辨率、帧率、色域、位深、动态范围等维度的要求在不断提升, 数据量增大带来网络传输压力。移动 5G 网络的大带宽网络切片, 配合边缘协同调度以及 CDN 网络下沉, 可大幅提升网络的传输能力。

3). **计算能力待增强**: VR 业务的实时解码、渲染特征, 以及超低时延连接对平台的计算能力提出了极高的要求。云 VR 平台通过构建基于边缘云渲染和边缘 CDN 的 VR 业务混合云计算方案, 增强算法效果和统一运算能力。

当然, 云 VR 平台为固网和移动网络用户提供服务, 5G 和 Wi-Fi 是移动 VR 业务的两大入口。Wi-Fi 在光纤入户后转成无线信号, 适合家庭、办公等固定场所内的移动 VR 场景; 5G 网络下的 VR 从固定变成了移动化场所, 支持实时内容生产、实时海量传输、随时随地消费, 使得 VR 产业链的覆盖范围和效率得到大幅提升。

二、5G 网络技术带动云 VR 业务发展

工信部于 2019 年 6 月 6 日发放了 5G 商用牌照，标志着中国进入 5G 商用元年。在 4G 时代，移动视频消费持续增长，运营商通过优质 VR 内容提升用户粘性，促进纯 VR 内容的聚合与生态合作。随着 5G 手机发布以及 5G 网络快速建设，5G 将在几年内规模普及。在 5G 时代，云 VR 业务将开启深度运营，云 VR 制作、边缘云硬件加速、高端移动 VR 头盔将为 VR 业务带来极致体验，如图 2 所示。



图 2 5G 网络下的云 VR 体验

在 5G 网络下，云 VR 视频、VR 游戏以及 VR 行业应用是流量主体。5G 网络的高带宽、低时延和高可靠性的技术特性为云 VR 业务提供了技术基础。而同时，云 VR 业务对网络性能和部署提出了更高的挑战，5G 网络与业务的协同发展成为使能移动环境下云 VR 业务的关键要素。

（一）5G 网络特性概述

4G 改变生活，5G 改变社会。5G 网络作为信息时代的基础设施，面向的应用类型千差万别。5G 网络充分考虑到未来业务的发展和演进趋势，

针对增强型移动宽带、超低时延超高可靠性通信及海量物联网连接等典型业务，设计了灵活与高效的 5G 网络技术。其中增强型移动宽带与超低时延超高可靠性通信技术可用于移动云 VR 业务的部署。

根据 3GPP 标准定义的 5G 网络特性，下载速率可达 20Gbps，控制信号的网络传输时延小于 10 毫秒，增强型移动宽带 eMBB 用户数据的网络传输时延小于 4 毫秒，使得云 VR 业务接入 5G 网络成为可能，如图 3 所示。

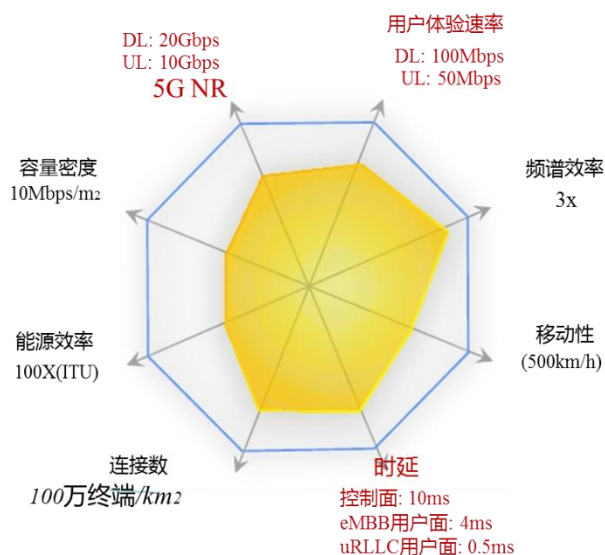


图 3 5G 网络特性

5G 网络引入了大量新的技术，驱动移动网络架构向灵活、智能的方向发展。5G 网络基于功能模块化、接口服务化、控制与转发分离、接入无关、灵活锚点等原则，其逻辑架构如图 4 所示。

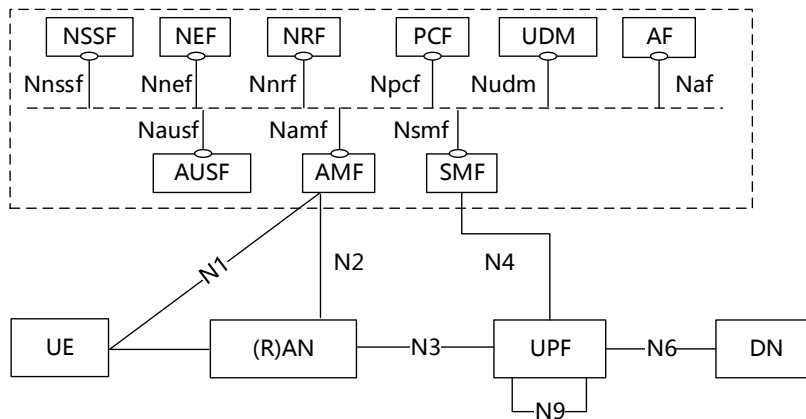


图 4 5G 网络服务化架构

（二）基于 5G 网络 VR 切片，提供大带宽、高质量连接

5G 网络切片是将网络中的计算、存储、传输等资源和功能进行隔离的技术。不同的网络切片可能部署不同的功能模块（例如移动性管理，计费管理，策略控制管理，安全管理等），实现不同的性能要求（例如时延，移动性，可靠性，速率等），或提供对特定用户群的支持（例如政府职员，漫游用户，虚拟运营商等）。在统一的网络基础设施上，5G 网络切片能够给不同的应用场景提供相互隔离的网络环境，并按照各自的需求灵活定制网络功能和特性，切实保障不同业务的 QoS 需求。5G 标准定义了三大典型场景，对应的网络切片类型是 eMBB 切片、mIoT 切片、uRLLC 切片。

5G VR 业务由于其业务需求的差异性，也可能采用 5G 切片技术来保障业务。5G VR 切片可以根据业务的需求模型，定制 VR 业务的低时延和

大流量切片网络,为其分配独立的网络资源,并允许动态扩缩容网络资源,以及管理资源的生命周期。切片网络能更好的承载 VR 视频业务、VR 游戏业务、以及 VR 行业应用。

1). 面向云 VR 视频业务,例如: VR 点播、VR 直播,对带宽要求高,定制 5G VR 视频切片;

2). 面向云 VR 游戏业务,要求大带宽、即时响应和低时延,定制 5G VR 游戏切片,支持 VR 渲染服务;

3). 面向云 VR 制作业务,5G 网络为高清 VR 视频提供大带宽上行切片,支持 VR 的 5G 直播上行服务。

(二) 基于 5G 边缘的协同调度,降低传输时延

5G 网络的另一个重要特征是对边缘计算的原生支持。通过将用户面网元及业务处理能力下移到网络边缘,实现了分布式的业务流量本地处理,避免了流量的过度集中,从而大大降低了对核心机房和集中网关的规格要求。同时边缘计算也缩短了回程网络的距离,降低了用户报文的端到端传输时延和抖动,使得云 VR 等超低时延业务在移动网络的部署成为可能。

云 VR 业务也催化了 CDN 下沉到边缘,就近提供服务。边缘 CDN 下沉部署后,可与 5G 用户面网元部署在同一个机房,缩短业务访问路径。5G

边缘网络经过配置后，便能本地协同感知 VR 业务，实现精准寻址和精确调度。主要功能包括：

1). **边缘节点寻址**：边缘 CDN 同步 VR 业务的签约信息到 5G 网络。当终端 VR 业务发起时，5G 网络可根据用户的位置、地址和业务的部署信息，动态的将请求快速地调度到合适的边缘 CDN 节点，从而实现终端到边缘节点的段地段路径最优，节省网络时延，提升网络效率。

2). **本地业务分流与连续性**：终端发起业务访问时，5G 核心网根据配置信息对业务是否可以本地分流进行识别。若识别为本地业务，用户数据网关将业务转发至边缘 CDN 或者边缘云渲染处理；识别为非本地业务，则将业务转发至中心 CDN 处理。当终端移动时，通过路径和边缘节点的同步迁移，实现业务的连续性。

（三）基于 5G 网络 QoS 增强，服务云 VR 业务

根据《Cloud VR 网络方案白皮书（2018）》中定义的 Cloud VR 不同发展阶段，以及对网络 KPI 的要求。在不同体验阶段下的云 VR 游戏业务和 VR 视频业务的带宽要求如表 2 所示。

表 2 不同体验阶段下云 VR 业务的带宽要求

阶段	起步阶段	舒适体验阶段	理想体验阶段	极致体验阶段
典型视频全景分辨率	4K	8K	12K	24K~
主流终端屏幕分辨率	2-3K	4K	8K	16K~

VR 视频业务 (全景 3D)	建议 码率	全视角: \geq 40Mbps	全视角: \geq 120Mbps FOV: \geq 80Mbps	FOV: \geq 280Mbps	FOV: \geq 760Mbps
	建议 带宽	全视角: \geq 60Mbps	全视角: \geq 180Mbps FOV: \geq 120Mbps	FOV: \geq 420Mbps	FOV: \geq 1140Mbps
VR 游戏 业务	建议 码率	\geq 40Mbps	\geq 65Mbps	\geq 270Mbps	\geq 770Gbps
	建议 带宽	\geq 80Mbps	\geq 130Mbps	\geq 540Mbps	\geq 1.5Gbps

注：计算方法参见附录 2

云 VR 业务体验与时延强相关，若要用户无眩晕感，VR 业务的运动到图像更新的时间 MTP (Motion to Photon) 要求小于 20 毫秒。当前，5G 云 VR 业务还处于起步阶段，移动云 VR 业务的端到端处理时延要求小于 80ms，各环节对网络的时延要求如图 5 所示。

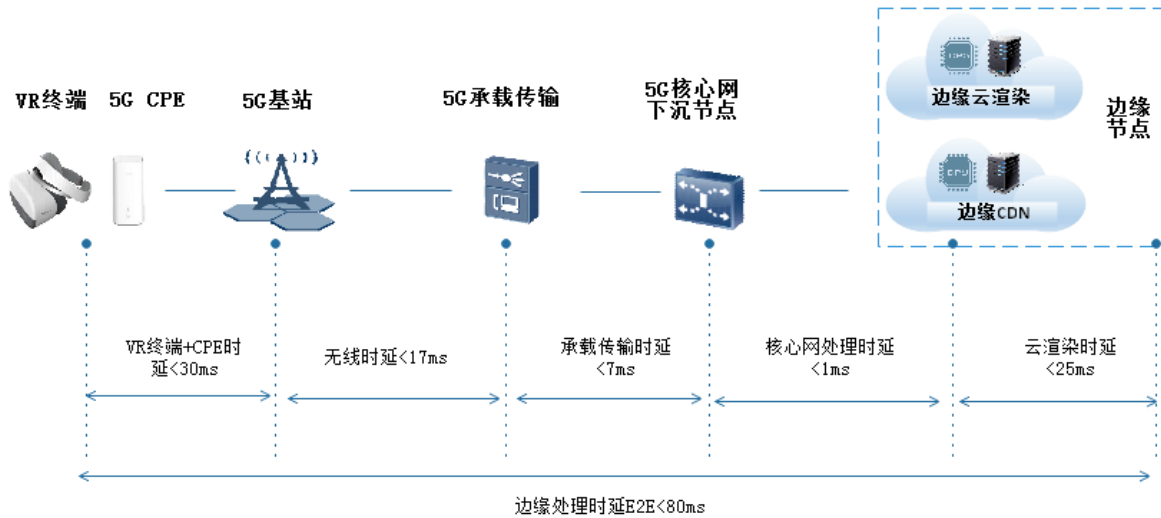


图 5 5G 网络下的云 VR 业务时延要求

5G 网络能感知上层传输的 VR 业务流的特征，进行相应的 QoS 优化，从而提供更好的业务体验。

1). **媒体感知的 QoS 调度:** 5G 网络针对不同 VR 业务对用户体验的影响，提供差异化的 QoS 调度，如：在起播阶段、交互阶段以及播放阶段，或者根据不同的媒体帧和流内容，提供差异化的网络带宽和下载速率。

2). **自适应码流调整:** 5G 网络可以实时监测流带宽情况，并将该信息开放给终端或服务器，以辅助业务层进行快速高效的码流切换。

3). **网络调度优化:** 网络可以感知云 VR 等媒体业务的流量模型，并基于该模型进行端到端资源预留和调度，避免由于资源拥塞导致的时延和抖动。

三、5G 网络下的云 VR 平台功能要求

云计算时代，云 VR 平台的软硬件松耦合且加速优化，低成本和低功耗芯片已成为两大竞争利器，依赖领先工艺和物理设计技术提高芯片的集成度。云 VR 软件系统对框架和接口的依赖代替了对具体硬件平台的依赖，虚拟化技术的发展加速了 VR 业务摆脱硬件限制。

（一）开放云 VR 平台能力，服务 VR 头端内容商

相对于传统的自建平台模式，内容商和中小 Pay-TV 运营商通过租用云 VR 平台资源来运营和分发其 VR 内容，向外提供服务。VR 内容商无需自建平台，即可聚焦内容生产，VR PGC 和 UGC 内容生态得以繁荣丰富。借助云平台强大的用户基数与服务通道，云 VR 平台可快速建立平台生态，带动 VR 内容推向终端用户。

云 VR 平台支持内容厂商灵活制作、上线和管理其业务。VR 内容直接由内容厂商分发给终端用户，交易过程更加简单灵活。传统 PayTV 厂商以相对更低的成本分发 VR 内容，业务模式简单。方便内容厂商和运营商管控 VR 内容的分发和消费，版权得到保障。

云 VR 平台提供的开放能力，包括：

1). 开放租户服务：在分配租户后，行业用户即接入定制化的业务服务。租户根据用户数据设计和全方位管理业务，如：VR 内容打包、定价、折扣、促销和版权管理等。

2). 开放线上服务: 云 VR 平台将平台功能组件化, 供上层业务调用或复用, 行业用户根据业务需求选择需要的组件与服务。提供线上服务, 如业务申请、业务开通、业务监控等。按需付费, 节省租户的初期投资, 降低新业务的风险。

3). 开放在线维护: 管理业务流程, 集中运维, 可视化界面监控业务运营情况。

(二) 开放边缘云 VR 业务入口, 支撑接入与计算服务

云 VR 平台由集中化向边缘分布式扩展, 带动渲染、转码和缓存加速业务卸载或分流到边缘云处理。有研究表明, 相比于中心集中提供服务, 边缘云从距离上更近, 可降低约 30% 传输带宽, 以及节省 50% 网络时延。

边缘云作为云 VR 平台的开放入口, 可向终端用户提供相对简单的轻量服务, 以降低用户的接入门槛。边缘云支持多租户, 方便用户快速开通业务。从数据安全的角度, 边缘云有利于部分权限在本地的垂直行业开展 VR 业务。云平台提供强大的计算资源和智能应用, 经过训练后下发到边缘执行, 可增强边缘计算和智能服务能力。

边缘云 VR 业务主要包含 VR 上行制作服务、媒体智能服务和 VR 云渲染两大功能。

1). VR 上行制作服务: 依托 5G 切片提供的媒体上行能力, 在边缘提供 VR 视频拼接以及编转码服务, 提供高画质、高分辨率 VR 视频内容以及直播现场的实时音视频交互体验, 降低现场的采播成本。

2). **VR 媒体智能服务**: 根据业务需求, 边缘云调用计算能力做媒体智能训练和推理, 用以提升 VR 业务的画质清晰度, 以及提升用户观看的舒适体验。

3). **VR 云渲染**: 对于实时互动业务, 如 VR 赛车游戏, 提供实时计算以及低时延渲染服务。

(三) 催化云 VR CDN 下沉, 提供就近服务

CDN 加速 VR 内容传输, 用于缓解骨干网的带宽压力。中心 CDN 取得 VR 内容后, 转码并分发到边缘节点, 边缘 CDN 通过 5G 网络传输到用户设备。VR 业务发展催化了 CDN 下沉, 就近提供服务, 可降低网络的传输时延。

运营商建设边缘 CDN 具有天然优势。边缘 CDN 部署在靠近用户的位置, 使运营商流量本地化, 减少运营商骨干网的带宽压力。相比传统的省级和地市级 CDN, 边缘 CDN 下沉至移动网络区县位置, 可节省成本和提高网络传输效率, 可降低约 16% 的用户访问时延。

综合以上分析, 未来 2~3 年, 5G 网络下的云 VR 平台可支撑 VR 业务的极致体验, 主要体现在 5G 网络节省上行链路、下行链路的网络时延; CDN 下沉部署节省业务处理时延; 此外, 随着 IT 技术演进, 终端解码芯片与服务器 GPU 能力提升, 将同步支撑设备的处理时延下降。

四、5G 网络下的云 VR 平台技术方案

云 VR 平台走向边缘和中心结合、线上与线下交互的混合机制。既能发挥云平台的计算能力，又能有效利用边缘云的数据安全和保护功能。面向行业用户，从边缘开放连接界面给行业合作伙伴，定义业务接口模型、服务模式，提供开放的服务化标准接口。

云 VR 平台是原始 VR 内容的制作、运营和分发平台。为个人和企业的 VR 内容提供丰富的业务能力。快速集成行业 VR 内容，帮助行业内容商通过云平台开放其 VR 服务。另外，也能为直接接入平台的各类 VR 终端提供服务。

（一）云 VR 平台的系统架构

云 VR 平台由中心云和边缘节点组成，系统架构如图 6 所示。

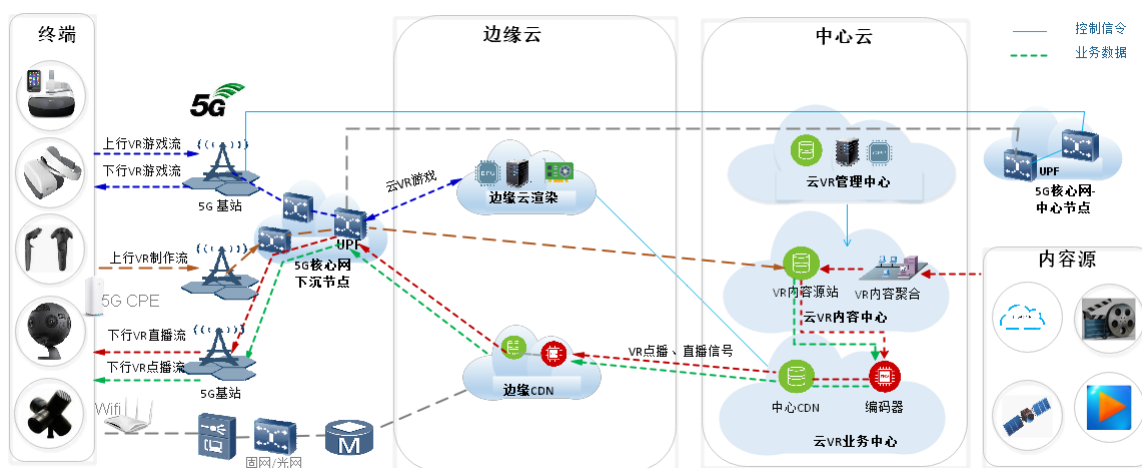


图 6 云 VR 平台的系统架构

1. 中心云的组成

VR 中心云部署在省级及以上的数据中心，提供全面的平台功能，包括如下部分：

1). 云 VR 内容中心

内容中心聚合来自 VR 内容商、VR 影视公司、以及互联网 VR 内容库的原始 VR 内容。用专业的 VR 内容编辑软件制作和拼接处理，注入到内容源站供 VR 业务中心调用。

2). 云 VR 业务中心

业务中心对 VR 内容转码、封装、打包、加密、流化，通过 CDN 分发。业务中心对 VR 业务进行管理，例如：业务订购、资源分配、生命周期管理等；同时，运营 VR 业务，挖掘 VR 内容的市场价值，例如：智能搜索、业务推荐、智能广告等。

3). 云 VR 管理中心

管理中心负责云平台的软硬件资源，为 VR 业务提供基础能力支撑。管理的硬件资源包括服务站点的 CPU、GPU、智能网卡、高速存储等；软件资源包括虚拟环境等。同时，对资源的安装部署、升级维护以及生命周期进行管理。

2. 边缘节点组成

云 VR 边缘云部署在地市及以下边缘机房，如 5G 本地核心机房，位置与周边区域的用户密度和站点容量相关。受制于机房空间、散热、成本等因素，边缘需要支持轻量化、分布式、多节点共部署。包括如下部分：

1). 边缘云渲染

边缘云渲染具有强大的计算能力，对硬件的要求高，GPU 具有突出的并发计算能力，是其主要计算资源。云渲染主要服务 VR 游戏、VR K 歌、VR 社交、VR 购物等强交互业务。通过实时硬件加速和稳定网络可支持终端左右分屏渲染、位置跟踪、陀螺仪等功能。

2). 边缘 CDN

边缘 CDN 为云 VR 视频用户提供就近服务，缓存热点内容和加速内容传输，以获得超低时延业务体验。边缘 CDN 支持 VR 分片缓存、汇聚、推送、注入、抽取、FOV 转码、流化、预取等功能。

VR 终端在 5G 网络下连接云 VR 平台。5G 基站接收业务请求，建立网络连接，分发业务请求到边缘 CDN、边缘渲染节点或中心云服务器处理。VR 终端转动角度，实时下载码流并解码，即可观看 VR 视频和接入 VR 游戏。

（二）云 VR 平台的业务功能和能力开放

云 VR 平台由多个业务功能模块组成，向行业内容商提供 VR 制作、VR 点播、VR 直播、VR 游戏等服务，如图 7 所示。



图 7 云 VR 平台功能分层

1. 云 VR 平台的核心业务功能

云 VR 平台的核心业务功能包括：

1). VR 制作

云 VR 制作服务由现场演播车采集多路 VR 视频信号，通过 5G CPE 上行传输到 5G 网络 UPF 以及边缘节点，由云 VR 边缘或平台的专业 VR 编辑

软件实时合成全景视频以及编转码处理，并分发到 CDN 节点进行传输，或直接在直播现场导播室处理，实现高画质 VR 视频内容的实时生成和低时延导播和快编。该服务可降低内容厂商的设备成本、服务成本以及内容制作成本。

2). VR 点播

云 VR 点播业务向用户开放 VR 电影、电视剧、综艺、纪录片、体育赛事的录播、演唱会录播等在线 VR 内容。旅游厂商通过 VR 影片将完整真实地呈现地方的风土人情；公益机构通过 VR 纪录片向外界展现大自然保护、边缘地区探索等问题。

3). VR 直播

云 VR 直播业务通过 360 度全景画面、空间音效等带来沉浸式的直播观看体验，例如：实时球赛、运动会、演唱会等。用户通过 VR 头盔，随着头和眼睛的转动，感觉与明星面对面、聆听现场的呐喊声、与朋友异地分享和交流等。

4). VR 游戏

云 VR 游戏业务通过 VR 头盔走进虚拟游戏世界，通过身体、头部、手眼动作与其他游戏伙伴互动。当前，云 VR 游戏类应用丰富，用户群体庞大，流行如光电舞者、射击、休闲闯关等 VR 游戏。：

2. 面向行业的能力开放

云 VR 平台通过开放接口（如：API、SDK）向外提供丰富的业务能力，面向行业的主要业务能力有：

1). VR 教育

云 VR 平台为教育企业提供专业 VR 内容的制作、拼接、三维投影建模、线上互动等服务。可用于企业的专业知识培训，帮助员工学习，增强专业技能。

2). VR 医疗

云 VR 平台为医疗企业提供虚拟 VR 手术室，多人实景协同虚拟会诊等服务。用于医疗培训、临床诊疗、医学干预、远程医疗等方面。沉浸式 VR 体验帮助病人康复，例如：治疗恐高症，治疗中风患者。VR 医疗手术视频具有教育意义，临床实习医生通过 VR 直播/点播学习，增加经验。

3). VR 零售

云 VR 平台为零售企业的产品与品牌营销创造出 VR 体验场景。用户通过特定场景中的虚拟体验与产品进行深入的全方位互动。将产品的技术亮点、质感等购买价值更加直观地呈现给用户，例如：VR 汽车试驾。

4). VR 旅游

云 VR 平台为旅游企业采集景点的 3D 景观，根据人文历史故事，创造虚拟体验场景。用户使用 VR 游览景点，身临其境的观赏景色。

5). VR 房产

云 VR 平台为房地产企业的海量房源提供 VR 呈现。用户身临其境观看目标房产内的全方位的三维图像，节省看房的时间成本。将外景 VR 航拍和室内 VR 全景采集等生成全景看房频道，例如：贝壳 VR 看房。

（三）5G 网络与云 VR 平台的协同服务

在 5G 网络下，5G 核心网的用户网关 UPF 与边缘 CDN、边缘云渲染节点交互，实现本地 VR 业务处理。UPF 提供端边协同服务，主要是识别用户的业务请求，根据用户等级、用户行为提供有保障的网络，以及大带宽、低时延的网络切片。

以下为几种典型协同技术：

1. 5G 本地业务分流

5G 用户网关 UPF 识别用户消息，按照策略将数据分流到目标节点，主动卸载数据流量到边缘处理。5G 用户网关 UPF 的过滤策略包括但不限于 IP 地址、端口、IP 前缀、用户位置、网络切片标识，将符合过滤规则的上行数据包分流到本地数据网络的边缘 CDN、边缘云渲染节点，或转发到中心服务节点处理，如图 8 所示。

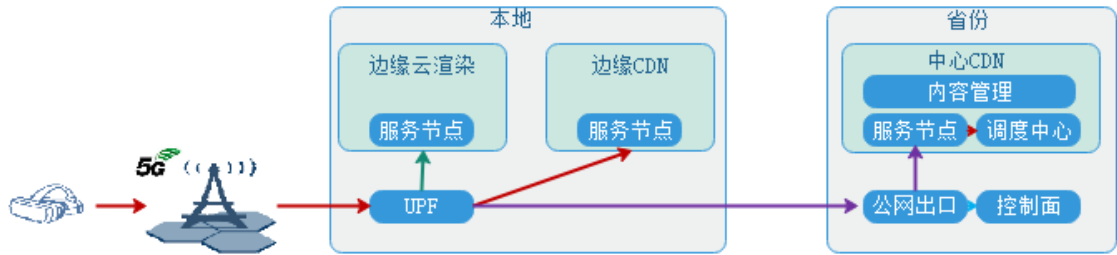


图 8 5G 本地业务分流

如果运营商已经部署边缘计算平台，则边缘 CDN 和边缘云渲染可作为子应用统一管理。

2. 边缘 CDN 协同调度

同一个云 VR 用户可能匹配到多个边缘 CDN 节点，UPF 获取用户请求后，根据用户业务请求的地址判断出该用户的接入位置处有边缘节点部署，并为用户分配边缘节点的业务服务器地址，缩短业务调度时间。以下是几种边缘 CDN 节点的典型调度方式：

1). UPF 地址调度：用户请求中携带 UPF 地址，CDN 调度中心基于 UPF 地址识别用户位置，就近分配边缘 CDN 节点，如图 9 所示。

2). DNS 重定向：DNS 解析用户请求，根据域名对应表自动匹配到边缘 CDN 节点。

3). NAT 地址转换：在 UPF 节点做 NAT 地址转换，CDN 调度中心基于 NAT 后的终端地址分配边缘 CDN 节点。

4). 网络切片调度: VR 内容提供商可以向基础网络运营商租用切片网络, 并取得专用的网络切片标识。UPF 设备识别切片标识, 将该切片内的用户访问请求分配到就近的边缘 CDN 节点。

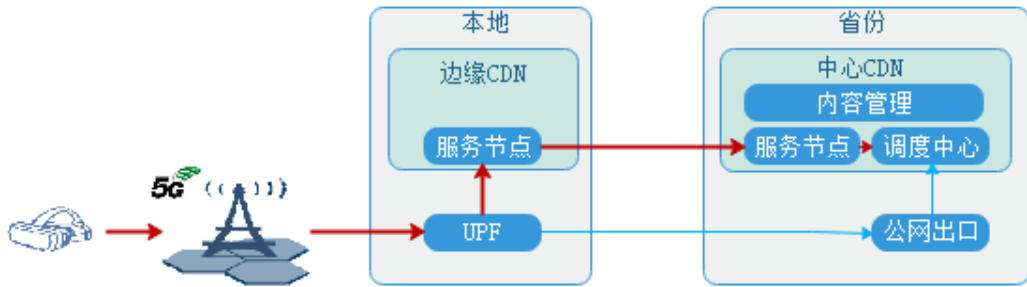


图 9 边缘 CDN 节点寻址

3. 端边协同渲染

边缘与终端的协同渲染可以有助于云 VR 游戏沉浸式体验的提升。根据 VR 业务特性和边缘设备能力, 边缘云渲染引擎支持两种部署形态, 代表两个发展阶段。

1). 阶段一 终端渲染, 对终端计算和渲染能力要求高, 渲染完全由终端完成, 可提供低时延体验。

2). 阶段二 端边协同渲染, 终端配合云做二次渲染。预计在 2022 年成熟, 裁剪部分算法放在终端, 当推理未达阈值时, 调用云端的算法提升精度。此方案可平衡端测算力不足与精度之间的矛盾, 有效提高性能, 减少 VR 视频抖动和重新缓冲时间。

4. 5G 网络组播 VR 业务

由于无线网络资源容量有限，从边缘 CDN 到用户 VR 设备之间的带宽极易形成瓶颈。比如，互联网 VR 直播，具有高并发、高通量特点，当前仅支持点对点分发，将占用大量频谱资源，易对 5G 无线网络产生冲击。

5G 网络组播方案以组播方式承载 VR 直播业务，可大大节省 VR 业务的网络带宽和频谱资源。在热点直播时段，既不降低视频质量，又能保证良好的用户体验。在同等网络资源的情况下，缓解端到端的流量压力，提升播放质量和用户体验。



图 10 5G 网络组播 VR 业务

（四）云 VR 平台的安全能力要求

云 VR 业务平台应对 VR 内容、元数据、用户访问数据、VR 业务运营数据等具有安全保护能力，并符合如下关键安全功能：

- 内容安全应具备 VR 直播防篡改、数字水印保护、VR 视频分发和播放可溯源等功能；
- 数据安全应符合租户隔离、生产数据与非生产数据隔离；

- 内容保护应符合 China DRM 视音频内容分发数字版权管理技术规范相关要求；
- 隐私保护应符合 GDPR 安全及隐私保护规范相关要求；
- 行业可信应符合 MPAA 内容安全通用规范相关要求；
- IT 基础可信应符合 ISO/NIST 等规范相关要求。

（五）云 VR 平台的业务实现

1. 云 VR 视频业务实现

云 VR 视频业务，如 VR 点播、VR 直播，对带宽要求高，需综合考虑编码、传输、解码的媒体面方案一致性，如：采用 OMAF 格式、HEVC 编码、以及基于视角传输的 FOV 方案。FOV 方案使用双流传输，包括一路高清全景分片的视频流和一路低清背景流。高清部分基于可变视角调度，按需下发分片，降低带宽。

VR 播放器按需获取相应视角的高清分片和低清全景背景流，获得高清 VR 全景视频播放体验，如图 11 所示。有研究表明，基于 FOV 方案的 4K VR 视频业务可降低网络带宽占用，支撑 MTP<20ms，带宽节省约 50%~60%。

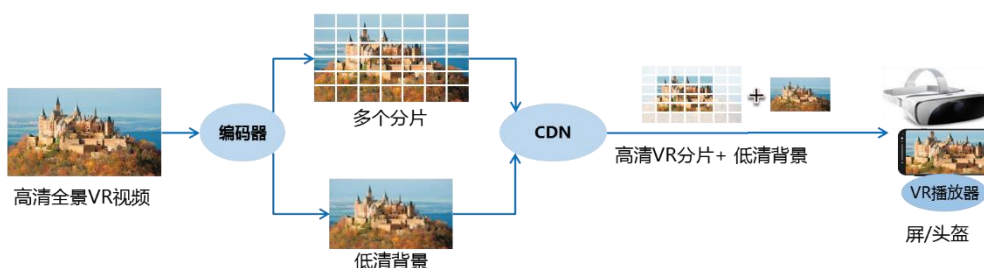


图 11 云 VR 视频业务流程

2. 云 VR 游戏业务实现

对于强交互的云 VR 游戏业务，对时延要求高，主要由边缘云 VR 渲染节点提供服务，VR 游戏 EPG 配合界面交互。其中，边缘云渲染节点负责渲染、低时延编码、实时推流、动作捕捉计算、参数交互等功能；VR 终端负责低时延解码、后处理、双目输出、手柄交互等功能，如图 12 所示。

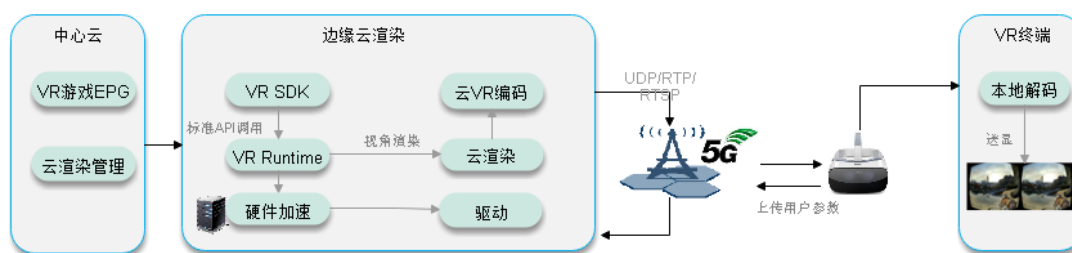


图 12 云 VR 视频业务流程

五、5G 网络下的云 VR 平台总结与展望

本白皮书对 5G 网络下的云 VR 平台建设提供了详细的技术参考和建议。随着 5G 网络建设加快推进，我国应快速建设云 VR 产业生态，广泛聚合优质的 VR 视频和 VR 游戏等内容，并促进 5G 和云 VR 的深度融合，实现 VR 行业应用的落地和商业闭环，从而释放 VR 产业巨大的市场潜力。

当前，5G 网络与云 VR 平台结合仍处于技术探索阶段，需要在更多的产业实践中探索并积累经验。现就面向未来的云 VR 平台技术进一步探索和发展建议如下：

- 建议加速和完善云 VR 标准的制定和推广工作，从而保障各 VR 平台和设备之间的互联互通性、兼容性和安全性等。同时，标准的制定还将增进行业共识，促进产业生态的繁荣发展，为云 VR 在不同垂直行业的应用推广，提供可依据、可执行的技术指导和规范；
- 建议加速 5G 网络与边缘 VR 业务需进一步融合，让 5G 网络更了解业务的需求，以提供更好的网络服务，如：5G 网络支持互联网组播，支持 VR 分片传输等；
- 建议建议各运营商的边缘 CDN 网络之间实现互联互通，通过打通 VR 媒体面的开放链路，实现运营商网络对互联网业务数据的能力开放，探索媒体网络的新型商业模式，进一步降低行业基础设施成本；
- 建议加速建立云 VR 业务端到端用户体验的评价和测试体系。

VR 发展初期实现了 360 度全景视频，用户已经可以从固定位置观看任意角度的 3DoF VR 视频。随着深度图、点云、密集光场等技术发展，不久的将来，会实现在任意角度自由移动观看 6DoF VR 视频。同时，云平台的能力也在不断延伸，VR 业务往 AR、MR 水平方向发展，虚拟与现实相互补充，推动更多虚实结合的行业应用涌现。

当前，VR 已经从复苏期逐渐步入成熟期，全球 VR 消费快速增长。VR 发展整体上依赖 VR 终端成本下降和用户体验的提升，以及平台的软硬件能力提升和计算成本降低。相信在 5G 的催化下，云 VR 平台将使能更多的行业，帮助行业 VR 厂商，为人类的生活带来更多的便利。

参考文献

- [1] 《云化虚拟现实总体技术研究白皮书》2018, CCSA
- [2] 《5G 云化虚拟现实白皮书》2019, 信息通信研究院
- [3] 《中国宽带速率状况报告》2019Q1, 宽带发展联盟
- [4] 《5G 新媒体行业白皮书》2019Q2, IMT-2020
- [5] 《Cloud VR 网络方案白皮书》2018, 华为技术有限公司
- [6] 3GPP TS 22.261 Service Requirements for the 5G system, Stage 1 (Release 17)
- [7] 2019.6, IDC's Worldwide Semiannual Augmented and Virtual Reality Spending Guide, <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45123819&from=timeline>

附录 1 缩略语

表 3 缩略语

简称	全称	中文含义
3GPP	3 rd Generation Partnership Project	第三代合作组织
AR	Augmented Reality	增强现实
VR	Virtual Reality	虚拟现实
MTP	Motion-to-Photons	运动响应时延
FOV	Field of View	视场
HMD	Head Mounted Display	头戴式显示
Cloud VR	Cloud Virtual Reality	云化虚拟现实
OMAF	Omnidirectional Media Application Format	全向媒体应用格式
3DoF	3 degree of freedom	三自由度
6DoF	6 degree of freedom	六自由度
CPE	Customer Premises Equipment	客户终端设备
CDN	Content Delivery Network	内容传输网络
HDR	High Dynamic Range	高动态范围
eMBB	Enhanced Mobile Broadband	增强型移动宽带
mIoT	Massive Internet of Things	海量物联网通信
UPF	User Plane Function	用户面功能网元
NIST	National Institute of Standards and Technology	美国国家标准研究院

附录 2 码率计算方法

本节以舒适体验阶段为例，给出表二 5G 网络下的云 VR 业务带宽要求码率的计算方法：

1. 云 VR 视频

$VR \text{ 视频码率} = \text{传输画面像素点} * \text{每像素编码比特数} * \text{帧率} * \text{压缩率}$

1). 红黄蓝三色，256 级的 RGB 彩色原图转换为 YUV420 格式后，每像素比特位为 12。

2). H.265 片源，经 Tile 转码后，总体压缩率约为 1%左右。

3). 3D 全视角视频为上下或左右拼接的存在眼视差的两幅 2D 画面。

4). 使用相同的编码技术版本，3D 效果的 VR 画面压缩效率可以比 2D 效果再提升 25%左右。

5). 主流 FOV 方案会同时传输高质量可视区域画面和低质量全视角画面。以 TWS 方案为例，当用户采取固定视角观看时，高质量可视区域画面占全视角画面的 40-50%（不规则切片）左右。另一方面，当用户在观看过程中转动头部切换视角时，为了尽可能保证高质量画面观看的连续性，终端会实时请求新的分片内容，单位时间内需要下载的分片内容也会增多，考虑人短时间内正常转头幅度在 180 度以内，所以高质量可视区域约占全视角画面的 50%左右。低质量部分 8K 全视角画面采用 H.265 编码后的码率范围约为 6-15Mbps 可根据实际情况调整。

2. 云 VR 游戏

$VR \text{ 游戏码率} = \text{终端屏幕像素点} * (1 + \text{超视角渲染比例})^2 * \text{每像素编码比特数} * \text{帧率} * \text{压缩率}$

1). 游戏渲染画面分辨率取决于终端屏幕，4K 终端屏幕分辨率为 3840*2160。

2). 游戏采用 H.264 快速编码，同等压缩率下，画质效果要低于离线压缩的视频，3D 画面仍按 1%估算。

3). 初期云渲染流化时延较大，可采用超视角渲染方案优化黑边问题，额外渲染部分按 10%左右估算。

中国通信标准化协会

地址：北京市海淀区花园北路 52 号

邮政编码：100191

联系电话：010-62302734

传真：010-62301849

网址：www.ccsa.org.cn

