

5G XR 关键技术挑战和方案研究



Key Technical Challenges and Solutions for 5G XR

王新台/WANG Xintai, 袁知贵/YUAN Zhigui

(中兴通讯股份有限公司, 中国 深圳 518057)
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

DOI: 10.12142/ZTETJ.202303012

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1228.TN.20230620.1151.002.html>

网络出版日期: 2023-06-20

收稿日期: 2023-04-15

摘要: 扩展现实 (XR) 业务引入 5G 仍面临业务识别和保障、网络接口开放、头显终端不成熟等诸多挑战。研究了 XR 业务的特征和分类, 并提出智能优先比特率 (Smart PBR) 方案和无线接入网 (RAN) 分组时延预算 (PDB) 协同调度方案。Smart PBR 方案可为 XR 业务提供带宽确定性保障。RAN PDB 协同调度方案可使小区中满足 PDB 要求的报文比例显著增加, 大大提高用户体验质量。本研究对推动 XR 业务在 5G 网络中部署有一定的指导意义。

关键词: 业务模型; 小区容量; 业务特征; 业务识别与保障; 智能优先比特率; 分组时延预算协同调度

Abstract: Extended reality (XR) services in the 5G network still face many challenges such as service identification and guarantee, network interface openness, and immature head display terminals. The characters and classification of XR services are discussed, and the Smart PBR and radio access network (RAN) packet delay budget (PDB) collaborative scheduling schemes are proposed. The Smart PBR scheme can provide bandwidth deterministic guarantee for XR services. The RAN PDB collaborative scheduling scheme can significantly increase the proportion of packets that meet PDB requirements in the cell, greatly improving the quality of experience. This study has certain guiding significance for promoting the deployment of XR services in 5G networks.

Keywords: service model; cell capacity; service character; service identification and guarantee; intelligent prioritised bit rate; packet delay budget collaborative scheduling

引用格式: 王新台, 袁知贵. 5G XR 关键技术挑战和方案研究 [J]. 中兴通讯技术, 2023, 29(3): 64-72. DOI: 10.12142/ZTETJ.202303012

Citation: WANG X T, YUAN Z G. Key technical challenges and solutions for 5G XR [J]. ZTE technology journal, 2023, 29(3): 64-72. DOI: 10.12142/ZTETJ.202303012

扩展现实 (XR) 作为元宇宙的重要技术支撑, 越来越受到业界关注^[1-4]。各大视频和游戏平台已经出现一些虚拟现实 (VR) 类应用, 比如 VR 全景视频、VR 云游戏等。随着头显的轻量化发展, 增强现实 (AR)、混合现实 (MR) 类应用也越来越多。目前这些头显主要通过有线或者 Wi-Fi 连接到服务器, 而这限制了用户使用业务的范围。随着 5G 网络覆盖的逐渐完善, 5G 大带宽、低时延、高速率的连接特性可满足 XR 业务的需求^[5-7]。然而, XR 业务承载仍然面临不少挑战。本文中, 针对 XR 业务在 5G 网络中的部署, 我们提出了一些解决方案和建议。

1 XR 业务特征分析

XR 是 VR、AR、MR 的总称, 本质上是基于虚拟空间的 3D 视频。相对于 2D 视频, XR 增加了沉浸感和存在感, 即被虚拟环境环绕的感觉以及身处虚拟空间的感觉。为了实现这些感觉, XR 业务提供了姿势流、触觉流、视频流等。其

中, 姿势流为身体姿势动作产生的数据流, 触觉流为穿戴设备触摸产生的数据流, 视频流为 3D 空间视频投射到 2D 空间产生的视频流 (视频流通常包括声音流)。这些数据流使用不同的传输协议, 包括实时传输协议 (RTP)、安全实时传输协议 (SRTP) 等。为了降低传输数据量, 图像需要压缩编码。相应的编码协议有 H.264、H.265、H.266 等, 图像编码方案有图片组 (GOP) 编码和 Slice-based 编码。

在传输上基于不同的帧/片码流和声音码流的打包传输方式, XR 的业务模型可以分为两种: 下行业务模型和上行业务模型。

1) 下行业务模型

a) 单流模式

I 帧/片、P 帧/片、B 帧、声音等码流混在一起传输, 形成一个流。互联网协议 (IP) 五元组为源地址、源端口号、目的地址、目的端口号和协议类型, 通常被用来进行报文过滤, 但无法分辨流数据。由于流数据的差别体现在 IP 净荷

的 RTP 报文里，因此我们可通过帧类型、时间戳等进行分辨。

b) 双流模式

双流模式下的 XR 数据在传输时主要分成两个流。根据端口型号，IP 五元组将这两个流进行分离。

典型的双流模式为 I 流模式和 P 流模式，即将 I 帧/片编码后的码流封装到 I 流中，将 P 帧/片编码后的码流封装到 P 流中。需要说明的是，B 帧通常会被归入 P 流中。

2) 上行业务模型

a) 单流模式

与下行单流模式相比，上行单流模式包含上行姿势流数据。

b) 双流模式

姿势与控制数据一个流，视频等其他数据一个流。

c) 三流模式

三流模式通常为：姿势一个流，I 帧一个流，P 帧一个流。此外，三流模式也可以是：姿势一个流，声音和数据一个流，图像一个流。

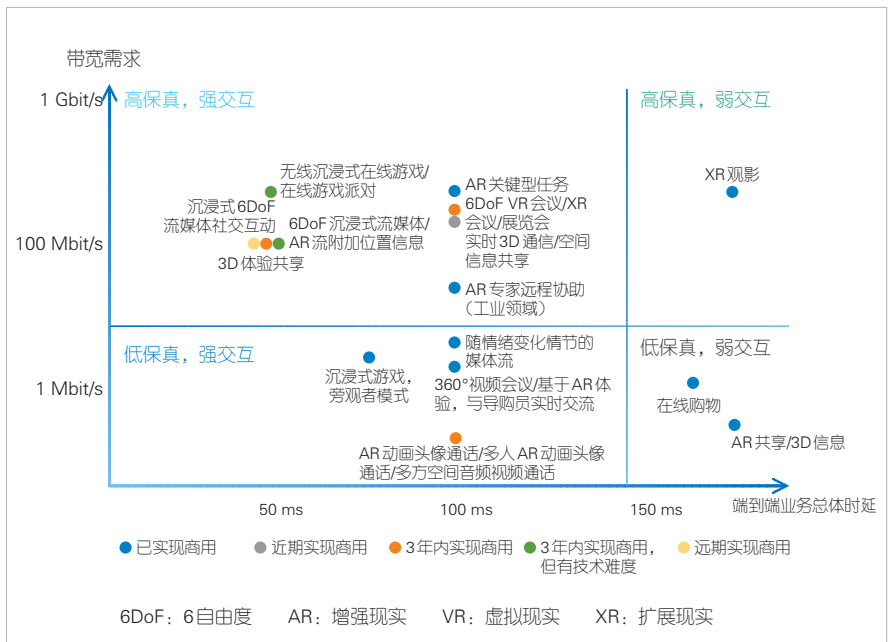
不同 XR 业务使用不同的业务模型，比如：对于 VR 业务，上行使用一个姿势流，下行使用单流或两流模式。具体使用哪种模式取决于编码器输出码流的封装方式。

3GPP 26.928 中描述了 23 种 XR 业务场景。依据不同的服务质量 (QoS) 要求，这些 XR 业务可分成四大类，具体如图 1 所示。

负责 XR 业务的渲染、数据发送和接收等；3) 5G-XR 客户端：即 XR 终端功能，负责 XR 终端的图像显示及本地渲染、姿势和动作的收集，以及视频数据的收发、XR 业务质量的测量等。

5G 系统负责在 XR 应用和终端应用之间建立通道，并提供 QoS 保障。其中，N33 和 N5 接口负责与第三方应用信令对接，接收第三方 XR 应用发起的 XR 业务 QoS 请求，并将其发送给 5G 核心网 (5GC) 以建立专用 QoS Flow。

XR AF 属于第三方应用的网元。XR 应用大多使用有线或 Wi-Fi 的连接方式，不需要提供 QoS 保障，因此通常没有 XR AF 网元。该网元的缺失在一定程度上会减缓 XR 在 5G 中的部署速度。



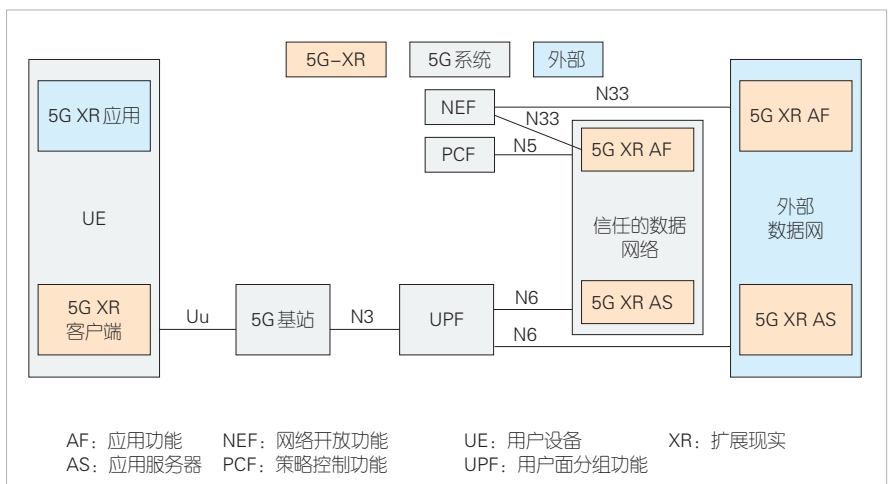
▲图1 XR业务分类

2 5G XR业务面临的技术挑战

2.1 5G XR业务部署架构

5G XR业务部署架构如图2所示，其中，蓝色代表第三方应用提供商提供的具体应用，黄色代表XR业务的功能块，灰色代表5G系统已有的功能和相关接口。

XR业务的功能块主要包括3种：1) 5G-XR应用功能 (AF)：即XR应用功能，负责XR业务的管理、注册、性能监控和管理、会员用户管理等；2) 5G-XR应用服务器 (AS)：即XR应用服务器，



▲图2 5G XR业务部署架构

2.2 头显终端及连接方式

XR的终端有VR和AR两种类型，连接方式包括有线连接和无线连接。

有线连接是指，XR头显通过电缆连接路由器、交换机，或者先连接到一个XR专用本地设备，然后由本地设备连接路由器，随后通过路由器和交换机连接到XR服务器。无线连接分为Wi-Fi无线连接和5G连接。Wi-Fi无线连接在业务和信令流程上与有线连接一样，没有专门的QoS保障。5G连接是指，通过5G承载网络实现XR头显与XR服务器之间的连接。有线连接和Wi-Fi无线连接使得XR业务只能在室内使用。5G承载网络具有带宽大、时延短的特点，可显著扩大XR业务在移动场景下的使用范围。

理想的XR头显重量轻、携带方便、耗电低，并自带5G通信模组，比如XR眼镜。然而，目前市面上还没有这样的产品。目前主流的XR终端是VR设备。虽然该设备支持有线连接和Wi-Fi无线连接，但是存在设计缺陷，用户无法在室外移动。不支持5G网络连接的特点进一步限制了XR设备在室外的应用。

2.3 网络带宽、时延、容量

XR业务包含VR、AR、MR等多种类型。不同XR业务的帧率、分辨率、头显刷新能力不同，服务器视频编码压缩的协议和图像压缩方案也不同。这导致服务器编码之后输出的码率不同。实际上，相同业务的码率也有可能不同。在未来，XR AF具有性能监测功能，能依据信道质量自适应调整码率。在网络质量不同的情况下，相同头显的码率是不同的。这给空口带宽带来很大的不确定性。

不同XR业务对时延的要求不同。通常，VR业务比如VR视频、VR直播等，对时延要求不高；而MR、AR业务则对时延要求较高，要求用户设备（UE）到服务器的单向时延在10ms内。5G网络中使用默认QoS Flow的普通终端难以达到这个时延要求。如果要达到这一时延要求，就需要引入

一些专有保障措施。这些专有保障措施通常会耗费更多的空口资源。

表1为3GPP 23.501对XR业务使用的标准5QI的QoS要求。其中，5QI 80是3GPP R17之前推荐的，而5QI 87、5QI 88、5QI 89、5QI 90是R17新增的。

通常XR云平台能够统计XR业务的时延，以便在服务器侧评估网络质量。中兴通讯XR云平台端到端时延分解如图3所示。

图3中，云渲染平台没有对动作捕获时延T0和上屏渲染时延T9进行专门统计。主流程时延包括指令处理时延T2、游戏渲染时延T3、视频编码时延T4、发送等待时延T5、终端调度时延T7、视频解码时延T8。指令上行时延T1和视频接收时延T6构成网络时延。基站内部网络时延分解如图4所示。其中，上行T1是指：从UE无线空口到核心网后经过N6接口再到服务器的时延；下行T6是指：从服务器经过N6接口到核心网后再到UE无线空口的时延。

无线链路控制（RLC）的业务数据单元（SDU）时延和PDCP层处理时延可通过基站关键性能指标（KPI）获取。网络时延和主流程时延可通过大空间云渲染平台获取。其中，RLC SDU时延包括空口时延、基站RLC层处理时延。

这里我们以5G NR 100 Mbit/s带宽商用小区为例，测试40 Mbit/s的VR业务。在轻载情况下，从QoS Flow 5QI9服务器到UE的单向时延为15~20ms。在网络拥塞的情况下，该时延达到几百毫秒。因此，该带宽仅能满足对时延不敏感的VR业务，难以满足对时延敏感的AR和MR业务。

XR业务对网络速率（码率、传输开销）及时延要求不同，导致小区可承载的XR用户数（XR业务数）有很大差异。根据3GPP 38.838，2.6 GHz频段、100 MHz带宽的NR小区，仅能支持12个XR用户（这是极限情况下的容量）。显然，XR业务在5G网络中的规模应用仍面临巨大挑战。

▼表1 3GPP标准中XR的5QI QoS要求

5QI 值	资类型源	默认优先级	分组时延 预算/ms	RAN 分组时延 预算/ms	分组错误率	默认最大 突发数据量/B	默认平均 窗口时延/ms
80	Non-GBR	68	10	8	10 ⁻⁶	N/A	N/A
87	时延敏感 GBR	25	5	4	10 ⁻³	500	2 000
88		25	10	9	10 ⁻³	1 125	2 000
89		25	15	14	10 ⁻⁴	17 000	2 000
90		25	20	19	10 ⁻⁴	63 000	2 000

3GPP: 第3代合作伙伴计划
5QI: 5G QoS标识

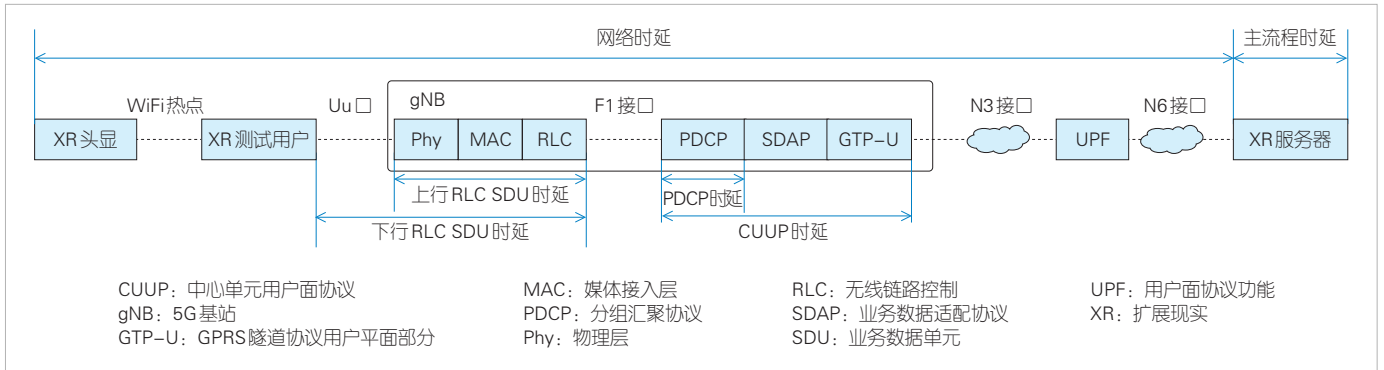
GBR: 保障速率
Non-GBR: 非保障速率

QoS: 服务质量
RAN: 无线接入网

XR: 扩展现实



▲图3 中兴通讯XR云平台端到端时延分解



▲图4 基站内部网络时延分解

2.4 XR业务识别

5G网络是无线网络，其可靠性与有线网络有一定的差异。5G网络要想实现对XR业务的保障，需要首先识别XR业务；在识别之后，需要根据XR业务的特征，在调度优先级、丢包策略、时延保障等基础上进行参数优化，才可以满足QoS保障要求。

XR业务的识别对XR AF有一定的依赖性。XR AF短时间内无法商用，这导致XR业务的识别面临较大困难。如果XR AF能实现商用部署，则不同XR业务的QoS要求可由XR AF提出，并通知到5G核心网。随后，核心网会依据QoS的要求建立专用QoS Flow。这样XR业务就可以在专用QoS Flow上进行，QoS保障就有了基础。进一步地，XR业务的具体业务特征，如I流和P流的帧周期、帧大小，会对基站的调度优化有较大帮助。比如，我们可依据XR的业务周期和报文大小进行配置授权（CG）等。

此外，在XR AF不能商用部署的情况下，XR的业务特

征需要借助核心网或者基站，通过深度报文识别（DPI）的方式来识别。这给XR业务的规模部署带来不确定性。

2.5 XR业务保障

XR业务在完成识别后，需要满足QoS要求，即满足分组时延预算（PDB）、丢包率和码率要求，同时要考虑小区中存在多用户、多业务流、多业务场景的情况，比如NR语音（VoNR）用户、VIP上网用户、实时游戏用户、工业控制与自动化用户、XR用户，以及XR用户多业务流。这些用户或业务流在小区中体现为各种QoS Flow。如何协同业务流，最大程度地满足QoS要求，提高小区容量，同时又不会引来普通用户和VIP用户的投诉，是5G网络面临的一大挑战。

2.6 网络能力开放

在XR部署到5G网络后，5G网络需要向XR AF开放接口，即图2中的N5和N33接口。XR AF可以利用这些接口向

5G网络发起专有QoS保障、业务性能监测、网络性能监测等申请。XR AF还可以根据5G网络提供的业务速率、时延等指标动态调整分辨率、帧率，从而产生不同的码率，比如：网络在空闲时可以提供更高的分辨率和帧率，在拥塞时提供可接受的分辨率和帧率。XR AF由第三方应用负责开发和部署。由于XR业务尚处于发展阶段，XR AF的部署在短期内还无法商用。

由于XR业务的QoS要求比普通的上网业务高，如果没有XR AF的辅助，XR专用QoS Flow就不能对具体XR业务的QoS提供保障。这会严重影响XR业务在5G网络的应用。

3 5G XR业务解决方案

3.1 头显近距离连接

XR的头显形式有多种^[8]，如图5所示。其中，最理想的形式是XR5G-A5，即轻薄眼镜。该头显自带5G通信模组和电源模块，比较省电，可在各种移动场景中使用。但受限于显示技术、芯片、电池等，这种头显在短期内还无法商用。

目前XR头显与网络的连接方式主要包括以下4种：

1) Wi-Fi或有线连接

XR头显通过有线直接连接到路由器（或者通过头显Wi-Fi连接到路由器），然后通过有线网络连接到XR应用服务器。目前市场上的主流头显多采用这种连接方式。这种方式的缺点是用户只能在有限的空间内移动。

2) Wi-Fi+普通5G热点中继连接

头显的Wi-Fi接入5G智能终端的Wi-Fi热点，通过5G

网络连接基站，然后连接到服务器。

3) Type-C和普通5G智能终端中继连接

头显的Type-C接口可通过Type-C连接线与5G智能终端相连接，并通过5G网络连接基站，然后连接到服务器。

4) 头显自带5G无线模组连接

头显上的5G无线模组先连接到基站，再连接到服务器。

XR与5G技术结合后，可能的连接方式是方式2、方式3、方式4。其中，由于方式4的通信模组增加了头显重量，在短时间内使用这种连接方式的头显还无法实现商用。方式2和方式3是目前可行的连接方式。一些对时延要求较低的VR业务可采用方式2。实测表明，方式2和方式3从UE到UPF的单向时延分别约为20、18 ms，可以满足大多数XR业务场景时延要求。如果空口使用优先级高的专用QoS Flow进行承载，同时引入5QI级专有保障方案，那么时延会进一步降低。在使用方式2时，多个用户的5G手机Wi-Fi热点可能存在干扰，信道质量会受到影响。方式3使用Type-C接口连接，其信道质量相对稳定。更重要的是，Type-C接口还可以给头显充电，因此方式3的优势更加明显。

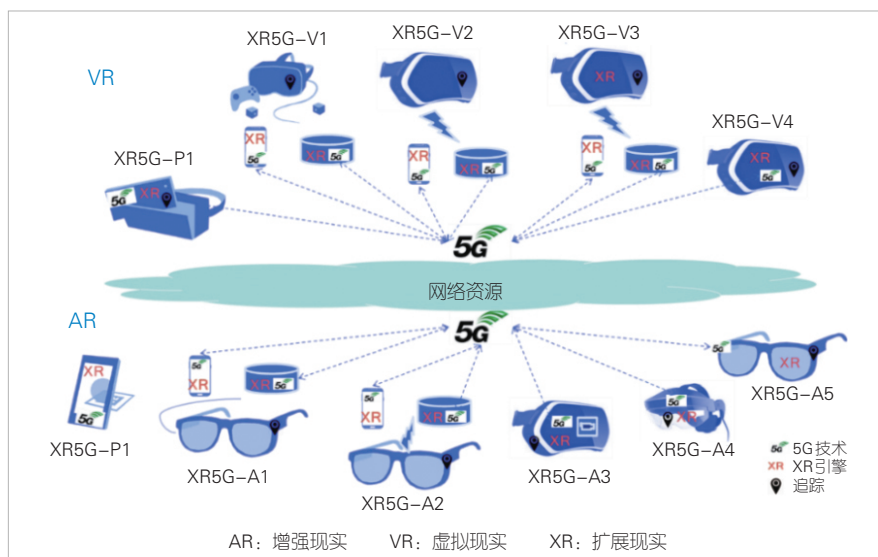
3.2 XR业务网络承载保障

XR业务大多对时延敏感，需要大带宽，并要求QoS保障能够在专用QoS Flow上进行。因此，5GC需要依据QoS建立XR专用QoS Flow，并绑定特定XR 5QI。3GPP定义的适合承载XR的QoSFlow主要有5QI 80、5QI 87、5QI 88、5QI 89、5QI 90。其中，5QI 80是非保障速率（N-GBR）QoS Flow，5QI 87、5QI 88、5QI 89、5QI 90是Delay Critical GBR QoS Flow。

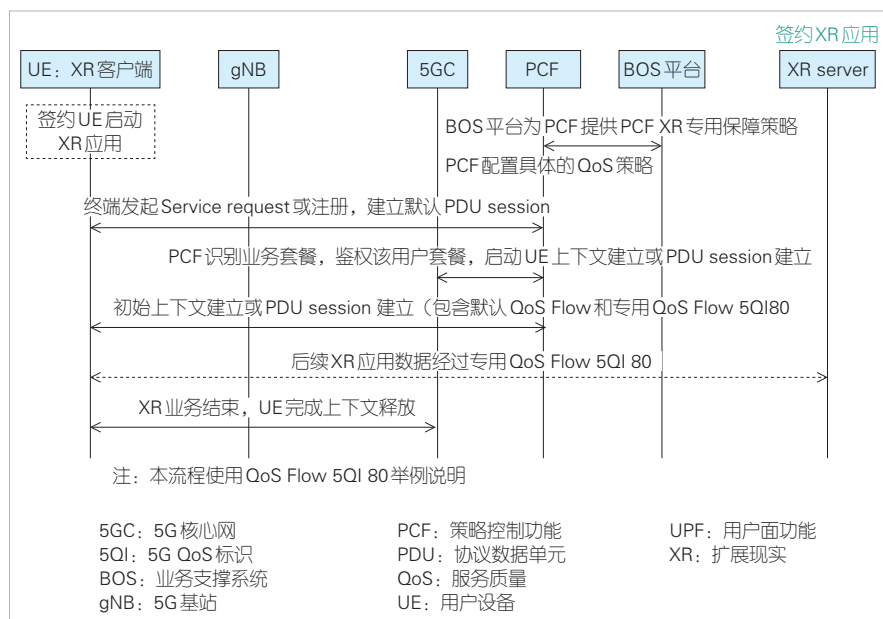
XR专用QoS Flow的建立方式主要有以下4种：

1) 网络侧静态建立XR专用QoS Flow

用户签约并为指定终端建立专用QoS Flow，如图6所示。这种建立方式不由业务触发。注册后网络使用固定的业务流模板（TFT）参数模板直接建立默认QoS Flow和XR专用QoS Flow。这种方式使用简单，无须识别具体的第三方XR应用。在商用初期用户数少，XR业务应用也较少，各XR业务的QoS要求大体相同，因此这种方式在各种XR测试中比较适用。然而，这种方式也存在不足：建立后的专用QoS Flow可能存在较长时间的闲置，会浪费基站的资源；专用QoS Flow的QoS



▲图5 多种XR头显形式^[8]



▲图6 网络侧静态建立XR专用QoS Flow

要求可能与具体XR应用的QoS要求不匹配。

2) 终端主动发起建立XR专用QoS Flow

这种XR专用QoS Flow的建立方式属于动态建立。在终端发起XR应用请求时，XR应用通知终端非接入层（NAS），携带QoS要求、IP分组过滤器。NAS层发起专用QoS Flow的建立请求。终端发起PDU Session修改请求，携带请求的QoS要求及IP分组过滤器。过滤器是IP五元组，可以对指定的XR服务器地址生效。在策略控制功能（PCF）识别和鉴权用户套餐后，QoS规则被绑定到设定的5QI中，从而建立专用QoS Flow。

目前智能终端和头显不支持这种方式。部分客户终端设备（CPE）通过配置可以主动发起专用QoS Flow的建立请求。

3) 网络侧通过UPF探测动态建立XR专用QoS Flow

通常业务支撑系统（BOS）平台或者其他业务平台会配置XR业务，并将其发送到PCF。PCF针对某些XR服务器地址、端口等，配置专用QoS Flow的建立策略。PCF将报文探测规则发送给会话管理功能（SMF），随后SMF再将其配置给UPF。

终端在上电注册时建立默认PDU Session和QoS Flow。XR业务在应用发起时，在默认QoS Flow上向XR服务器地址和端口发送数据。UPF使用预配置的探测来探测数据，并将其发送给指定的IP地址和端口。随后PCF鉴权用户套餐，并通知SMF建立XR专用QoS Flow。

这种方式无法依据真实的XR QoS要求建立专用QoS

Flow，只能根据已知的XR业务要求，预先在PCF端配置QoS参数，即需要提前知道要给哪些XR服务器（或XR应用）建立专用QoS Flow，并预先在核心网网元进行预配置。

4) XR AF动态发起专用QoS Flow建立

根据XR业务具体的QoS要求，XR AF向5GC发起专用QoS Flow的建立请求，随后携带具体的带宽、时延要求或QoS参考标识（预定义的参数模板标识），以及UE IP地址、AF标识、业务流描述信息等。PCF经过鉴权向SMF发起专用QoS Flow的建立请求。XR AF在发起专用QoS Flow的建立请求时，还可以依据自身策略进行判断，比如：判断用户是否为XR应用的会员用户——如果是会员用户，

则提供专用QoS保障。

XR专用QoS Flow的释放可以通过两种方式实现：一种是XR AF通知PCF停止专用QoS Flow，另一种是当专用QoS Flow上长期没有业务数据时自动释放。

这种XR专用QoS Flow的建立方式需要运营商部署网络开放功能（NEF）网元，适用于各种第三方应用。NEF网元负责第三方应用的鉴权。未授权的第三方应用无法拥有专用QoS保障。这样可以保障5G网络的安全。

动态建立XR专用QoS Flow可以节省5G网络资源，支持更多XR用户。此外，当第三方应用需要付费才能享有保障时，使用这种方式可以节省成本。

3.3 XR业务特征感知与精准保障

为精准保障XR业务，网络需要对XR业务特征进行感知，以确定XR业务的保障速率，满足PDB、错包率（PER）要求。此外，业务流传输打包方式也需要确定，即确定业务流是单流模式，还是双流或多流模式。在双流模式下，哪个流是I流，哪个流是P流，I流、P流的周期是多少，I帧、P帧的大小是多少，服从什么统计规律，都需要明确。基站利用这些信息进行调度优化，比如：进行不同流优先级的设置和权重调度，依据流的重要程度及流间的关系在出现传输错误时进行丢包。因为P帧是依赖于I帧的，所以当I帧出现错误时，GOP内的P帧也会出错。理论上这些出错的P帧都要被丢掉。基站不仅可以利用I流、P流的周期进行上行调度优化，比如精准匹配CG周期及授权大小，还可以依据周期

来增强非连续接收 (DRX) 功能, 减少头显用电量。

XR业务特征的识别方法有两种: 一种是3GPP标准中的方法, 即核心网与XR AF交互, 获得QoS要求及业务特征, 或者通过核心网自身的DPI识别功能直接识别XR的业务特征; 另一种是基站自身的业务识别方案, 即基于数据统计和部分解码来感知具体的业务特征。

3.3.1 基于核心网的XR业务感知方案

核心网通过XR AF与PCF的沟通, 完成XR业务特征的感知。3GPP标准只给出了这种思路, 并没有给出具体的方案。目前可能的技术方案有两种: 单业务流模式和双业务流模式。

1) 单业务流模式

XR AF将I流、P流数据当做单一的业务流, 然后发起QoS保障请求, 如图7所示。I流、P流的QoS要求是一致的。I流、P流的信息被放在RTP头中。

5GC可以将I流、P流当做一个业务流处理, 并为它们分配一个QoS流标识。这只需要通知UPF, 使用DPI功能, 解码RTP头, 将对应的I流、P流信息标记到GTP-U (GPRS隧道协议用户平面部分) 报文里。

基站则将XR业务流当做一个流处理, 并将其映射为一个数据无线承载 (DRB)。当出现I帧传输错误丢包时, 基站依据纠错能力指示来决定是否丢弃后续GOP内的P帧; 有纠错能力时, 不主动丢帧; 没有纠错能力时, 丢弃连续P帧。

2) 双业务流模式

XR AF分别将I流、P流的QoS要求在请求消息中提供给PCF, 如图8所示。它们的QoS要求可以不一样。消息中的流描述信息包含不同的IP五元组信息。

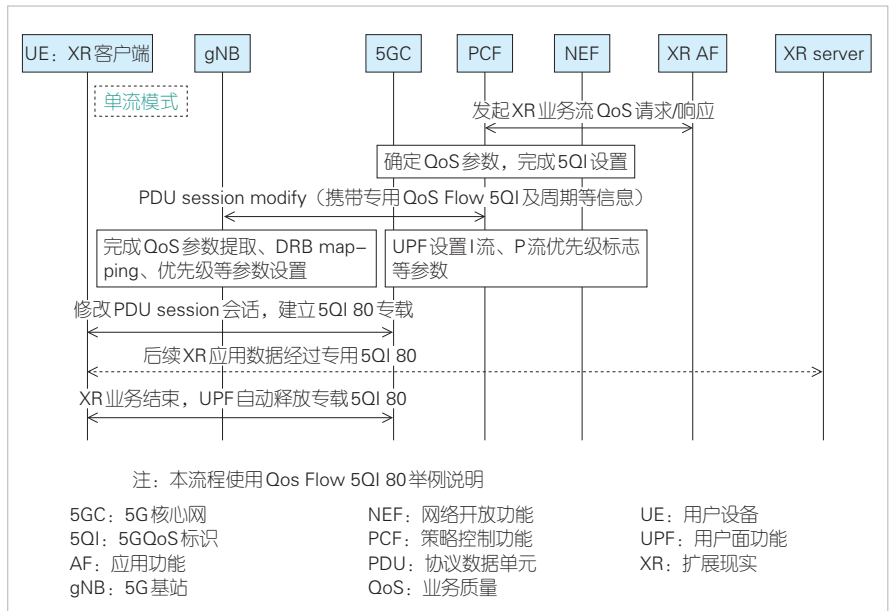
PCF依据I流、P流的QoS要求, 设置两个流的5QI及相关参数, 并通知SMF建立两个QoS Flow。随后基站收到两个QoS Flow的建立信息。该信息包含帧周期、帧PDB、帧PER等帧级的QoS要求。基站依据QoS Flow到DRB映射配置, 建

立一个或两个DRB。基站依据5QI优先级或者GTP-U头中的流优先级进行调度或者丢包处理。

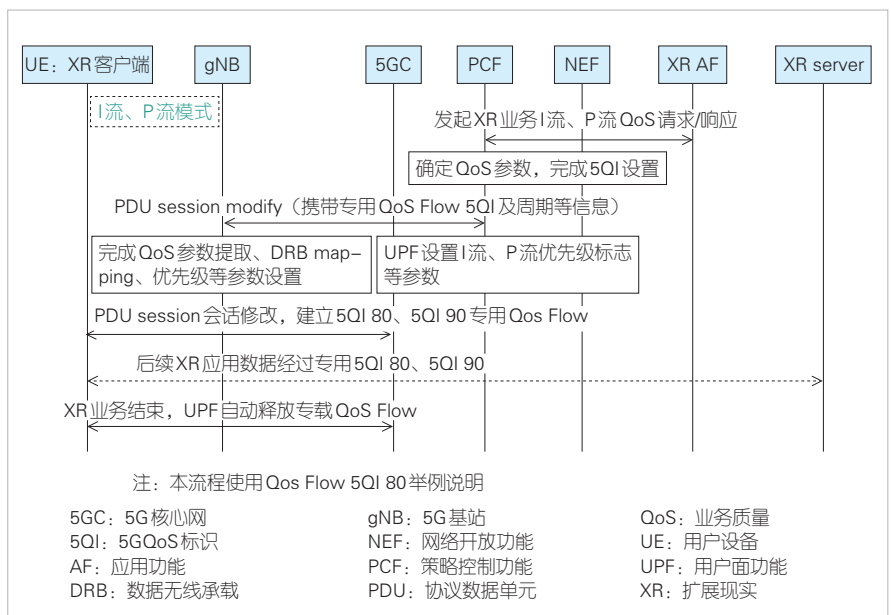
在建立这两个DRB时, 为降低复杂度, 可以仅依据调度优先级进行调度, 无须考虑两个DRB之间的数据优先级关系, 在出现传输错误时进行P流关联性丢包即可。

3.3.2 基站XR业务感知方案

在核心网由于各种原因, 比如XR AF无法商用部署或核心网自身不支持DPI功能, 基站为了实现调度优化、业务



▲图7 单业务流模式XR业务特征感知和参数传递



▲图8 双业务流模式XR业务特征感知和参数传递

质量评估、帧级性能统计，就需要对XR业务进行帧级业务特征学习和感知。

学习和感知的方案有两种：一种是特定APP ID或IP五元组信息的识别和感知，一种是非特定APP ID或IP五元组的识别和感知。

对于特定APP ID或IP五元组，我们把这些APP ID或指定服务器上的IP报文流特征做成一个特征库文件。基站在用户面利用DPI功能对报文进行解析。如果解析结果与特征库中某个应用的特征相匹配，则该业务是XR业务，同时该业务的I帧、P帧、周期等信息均可被提取。

对于非特定APP ID或IP五元组，我们利用I流、P流周期性发送数据的特征，进行数据统计。具体做法为：首先确定数据流的周期；然后部分解码报文中的RTP头，并通过报文头中的帧类型信息确定I帧、P帧，以及各帧的大小；最后识别XR业务的I帧、P帧，以及帧周期、帧大小等信息。这种方法不需要解包所有RTP报文，在确定帧边界之后，只需要解码少量报文就可以获取XR的业务特征。目前这种方法还只能用于某些特定的场景——使用H.264和H.265协议、RTP封包、UDP传输、IP报文不能加密的场景。

3.4 XR保障创新方案

要使XR业务承载到专用QoS Flow上，基站需要基于这些QoS Flow进行保障。除了通用的优先级、时延、可靠性保障手段之外，中兴通讯还提出了一些创新性解决方案。

3.4.1 Smart PBR解决方案

Smart PBR即智能优先比特率，该方案可以为XR业务提供带宽确定性保障。

XR业务的码率在多种场景下是变化的。由于分辨率、帧率、刷新率不同，对于同一种业务，不同终端输出的码率不同。这是因为服务器要依据头显的解码能力来使用头显所能支持的分辨率和帧率。另外，在空口拥塞时，服务器也可能自适应调整码率。这导致XR业务的码率并不完全固定。5QI 80是非保障速率的5QI，其带宽保障通过配置基站PBR来实现。配置的PBR大小往往与实际的XR业务带宽无法准确匹配：配置过大时，空口可接纳的XR业务用户数会减少；配置较小时，资源受限，无法保障XR业务的带宽。5QI 87~5QI 90是Delay

Critical GBR的5QI，其流保障比特速率（GFBR）由5GC带给基站。5GC从XR AF中获得业务保障速率。当XR AF不可用时，5GC则依据5QI静态配置GFBR。但所配置的GFBR与XR业务需要的带宽往往不匹配。另外，如果没有考虑空口各协议层的开销，核心网侧的保障速率将会与真实速率之间产生差异。因此，我们需要引入一种手段来准确匹配XR业务的实际带宽。

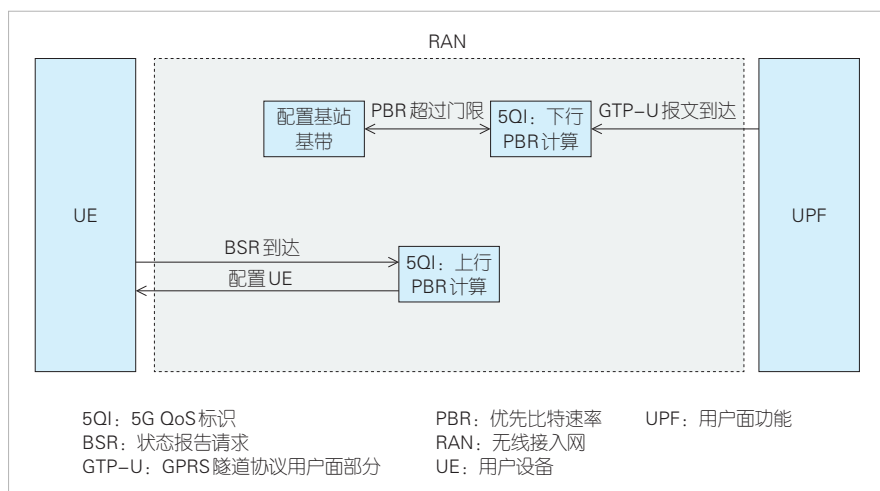
3GPP 38.331给逻辑信道配置了一个字段：prioritised bit rate。prioritised bit rate是指，在用于UE上行调度组包时，依据逻辑信道优先级优先保障的速率，属于枚举类型，其取值范围为8 kB/s~64 MB/s。Smart PBR方案利用该字段，在基站可以自动周期性学习XR业务的实际带宽，并依据带宽是否超过3GPP 38.331定义的范围，来确定是否给终端配置PBR（上行），从而实现在XR业务速率变化时，系统可以自动匹配真实业务带宽，如图9所示。

下行方案参考3GPP标准中的速率分级方法。具体分级方式由基站静态配置确定。通过对下行GTP-U报文的学习，考虑空口PDCP、RLC的头开销，下行方案能够获得业务的实际速率。实际速率需要通过基站速率分级评估。如果实际速率发生变化，则基站会使用新的速率门限作为PBR。

业务带宽得到保障，XR业务的时延就能得到保障。实测表明，在网络拥塞的情况下，Smart PBR既可以保障业务带宽，又可以减小时延（最大可减小95%）。

3.4.2 RAN PDB协同调度方案

RAN PDB协同调度方案是指：在多个XR用户或者同一XR用户的多个业务流之间，或者在其他对时延敏感的5G用户的业务流之间，基于RAN PDB余量调度的方案。RAN



▲图9 Smart PBR方案架构

PDB余量越少，调度权重就越大。该方案可以解决多个时延敏感业务流之间单纯依据优先级来分配资源块（RB）的问题，尤其是5QI优先级与PDB要求不一致的问题。这使得小区中更多的UE和业务流满足PDB要求，从而提高用户体验。

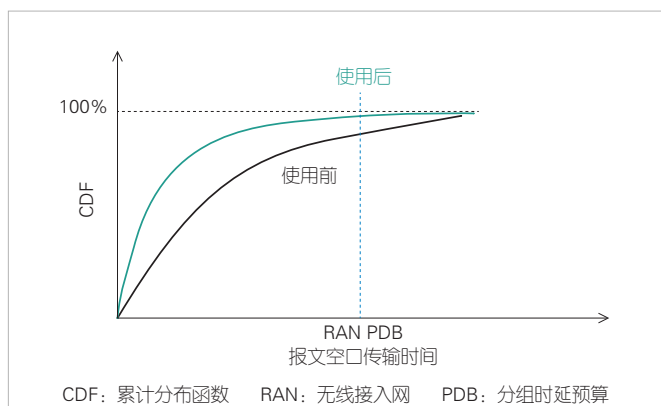
基于多个XR用户或者多个XR业务流时，不同XR业务流的PDB各不相同。小区中业务流的调度主要依据5QI的优先级。5QI的优先级越高，则调度的优先级就越高。但是5QI的优先级与PDB大小并不完全一致：有些5QI的优先级较高，但是PDB要求较低；有些5QI的优先级较低，同时PDB也较小。因此，按照5QI的优先级进行调度并不能保障每个5QI的PDB。

RAN PDB协同调度方案的思路为：在5QI调度优先级的基础上，将PDB的剩余量作为调度的权重因子。剩余量越小，调度权重因子就越大，分配的RB资源就越多。当基站能获取XR业务的I帧、P帧周期时，该5QI的RAN PDB余量可以使用帧级PDB余量，保障帧级PDB满足度，以及小区中其他业务流5QI的PDB满足度，从而提高小区中用户的整体体验。

RAN PDB协同调度预期结果如图10所示。可以看出，使用RAN PDB协同调度后，小区中满足PDB要求的报文比例显著提升。

4 结束语

XR是移动场景下元宇宙的技术基础。5G具有网络带宽



▲图10 RAN PDB协同调度预期结果

大、时延短、连接广的特性。两者的结合不仅可以发挥各自的优势，还能扩展XR业务的应用场景。然而，5G网络承载XR尚处于研究阶段。中兴通讯在5G网络承载XR业务方面持续深入研究，努力提供创新解决方案，助力XR业务在5G网络的商用部署，希望为运营商和业界伙伴提供更多技术支持。

致谢

本文得到中兴通讯股份有限公司鲁楷锋、邹斯雨、李婷、侯志远的帮助，向他们表示感谢！

参考文献

- [1] 陆平, 盛斌, 朱方. 下一代通信助力实时分布云渲染 [J]. 中兴通讯技术, 2021, 27(1): 17-20. DOI:10.12142/ZTETJ.202101005
- [2] 朱文瀚, 翟广涛, 陶梅霞, 等. 超高清内容清晰度用户体验质量评价 [J]. 中兴通讯技术, 2021, 27(1): 37-43. DOI:10.12142/ZTETJ.202101009
- [3] 吕达, 郑清芳. 构建智能实时网络, 使能5G视频业务繁荣 [J]. 中兴通讯技术, 2021, 27(1): 60-67. DOI:10.12142/ZTETJ.202101013
- [4] 徐代刚, 姜磊, 梅君君. 面向视频云微服务系统的智能运维技术 [J]. 中兴通讯技术, 2021, 27(1): 68-76. DOI:10.12142/ZTETJ.202101014
- [5] LIU Z, GAO Y, LI D P, et al. Enabling energy efficiency in 5G network [J]. ZTE communications, 2021, 19(1): 20 - 29. DOI: 10.12142/ZTECOM.202101004
- [6] XIAO K, LIU X, HAN X H, et al. Flexible multiplexing mechanism for coexistence of URLLC and eMBB services in 5G networks [J]. ZTE Communications, 2021, 19(2): 82 - 90. DOI: 10.12142/ZTECOM. 202102011
- [7] ZHANG M, LI D P, LIU Z, et al. QoE management for 5G new radio [J]. ZTE Communications, 2021, 19(3): 64 - 72. DOI: 10.12142/ZTECOM.202103008
- [8] 3GPP. Extended reality (XR) in 5G: 3GPP TR 26.928 [S]. 2022

作者简介



王新台, 中兴通讯股份有限公司RAN产品规划工程师; 长期从事无线通信系统的研发工作, 先后负责TD-SCDMA 3G系统、TD-LTE 4G系统和5G系统的研发工作; 拥有发明专利10余项。



袁知贵, 中兴通讯股份有限公司RAN首席架构专家; 拥有20年以上的移动通信技术研发经验, 负责RAN架构及5G-A演进规划工作。