

5G-A在超高清浅压缩编码实时视频制作中的应用研究

Research on Application of 5G-A in Real Time Video Production with Ultra High Definition Shallow Compression Encoding

曾伟,钟检荣,范君,肖瑞(中国联通北京分公司,北京100038)

Zeng Wei,Zhong Jianrong,Fan Jun,Xiao Rui(China Unicom Beijing Branch,Beijing 100038,China)

摘要:

介绍了超高清浅压缩编码实时视频制作的优势及其对网络传输方面的需求,说明了5G-A的技术优势,提出了5G-A应用于超高清浅压缩编码实时视频制作系统的架构及保障方案,最后介绍了该系统的应用效果。

关键词:

5G-A; 超高清; 浅压缩; 网络传输

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.01.001

文章编号:1007-3043(2026)01-0001-04

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

It introduces the advantages of real-time video production using ultra-high definition shallow compression coding and its requirements for network transmission, then it explains the technical advantages of 5G-A, proposes the architecture and guarantee scheme of 5G-A applied to the ultra-high definition shallow compression coding real-time video production system, and finally the application effect of the system is introduced.

Keywords:

5G-A; Ultra high definition; Shallow compression; Network transmission

引用格式:曾伟,钟检荣,范君,等. 5G-A在超高清浅压缩编码实时视频制作中的应用研究[J]. 邮电设计技术,2026(1):1-4.

0 引言

在数字化水平持续提升的今天,5G网络早已成为城市乃至国家的新型基础设施,5G网络的蓬勃发展给数字化转型和智能化升级提供了强大动力。然而随着信息技术的持续发展和各类新业务的不断升级,5G网络已无法满足日益增长的传输需求,5G-A逐渐成为人们关注的焦点。5G-A网络具有超大带宽、超低时延、超高容量的特点,相比5G更有能力赋能各行各业。超高清浅压缩相对传统压缩方式画质更好、编码时延更小,可达到视觉无损,是高质视音频制播的发展趋势^[1-2],但其要求的传输速率很高,5G无法满足其

需求,而5G-A则可以很好地为其提供速率、时延方面的保障,从而达到理想的效果。

1 超高清浅压缩编码简介

视频的分辨率是指视频在一定区域内包含的像素点的数量,常见的720P的分辨率为1280×720像素,1080P的分辨率为1920×1080像素,2K的分辨率为2560×1440像素,4K的分辨率为3840×2160像素,8K的分辨率为7680×4320像素。物理分辨率达到720P以上称作为高清(High Definition, HD)。分辨率达到4K以上(例如4K和8K),则被称为超高清。超高清视频具有出色的画质表现,画面更细腻,能带来更逼真、更震撼的观看体验(见表1)。

视频被拍摄下来后,需要传送到视频制作系统进

收稿日期:2025-11-17

表1 视频分辨率定义

分辨率	名称	像素	长宽比
8K	全超高清(Full Ultra, HD)	7 680×4 320	16:9
4K	超高清(Ultra HD)	3 840×2 160	16:9
2K	四倍高清(Quad HD)	2 560×1 440	16:9
1080P	全高清(Full HD)	1 920×1 080	16:9
720P	高清(High Definition, HD)	1 280×720	16:9
480P	标清(Standard Definition, SD)	640×480	4:3

行处理,再传送到显示端进行播放。刚拍摄下来的视频,尤其是高清、超高清视频,数据量非常大,为适应网络传输带宽,便于数据传送,会对视频进行一定程度的压缩。传统的压缩方式一般称为深压缩,其压缩比例为80:1~300:1,在大幅降低视频传输带宽需求的同时,画质也相应受损。浅压缩编码相对传统压缩方式画质更好、编码延时更小,可达到视觉无损,大幅提升用户观看体验,是高质量视音频制播的发展趋势。但是浅压缩的压缩比例一般为2:1~8:1,浅压缩完成后仍要求网络具有较大的传输带宽,在分辨率相同的情况下,压缩比例越小,画质越好,要求的传输带宽越大。

传统广播电视视频制播,一般以有线连接为主,通过有线的方式把视频数据传送到视频制作系统。有线连接的方式存在如下2方面的问题。

a) 不利于摄像机的移动。在视频摄像过程中,有些场景下是需要摄像机移动拍摄的,如果后面连着一根“辫子”,摄像机移动起来极为不便,并且场面混乱。

b) 在一些临时性的场合,可能事先并没有有线网络,不具备有线传输的条件。于是使用无线网络传输视频数据的需求呼之欲出。

5G网络相对于4G网络,传输速率有了很大提升,上行速率可以达到100 Mbit/s,在不少场景中,5G网络被用于视频直播的传输^[3-4]。但是由于数据速率仍然不足,因此多采用深压缩传输,大幅降低视频码率,而无法采用可以提供更优画质、更短时延的浅压缩方式。

2 5G-A的技术优势

5G-A是5G的升级版^[5-12],以10倍于5G的带宽和容量受到业界的青睐,同时具备时延低、同频干扰小等特点,适合用于多种需要大带宽的场景中。

5G-A频谱资源多达19.25 GHz,约为sub 6 GHz整个频段带宽的3倍。考虑到5G-A频谱资源丰富的特

点,3GPP协议为5G-A定义了比sub 6 GHz频段更大的SCS(Sub-Carrier Spacing)和更宽的小区带宽,尽可能提升5G-A的峰值速率。5G-A可以支持400/800 MHz的大带宽,通过不同运营商之间的共建共享,还可以支持超过800 MHz的超大带宽,具备超大带宽通信的能力。5G-A系统支持多流传输,以及64QAM和256QAM等高阶调制方式。5G-A帧结构支持上下行不同帧结构配置方式,可根据需求选择不同的配置方式,针对不同场景实现高速率的通信业务需求。目前业界5G-A下行峰值速率可以达到近10 Gbit/s,上行峰值速率可以达到近2 Gbit/s。

5G-A相对于5G的空口时延显著降低,5G-A系统空口时隙长度slot最小可至0.125 ms,是对应5G中低频系统的1/4。5G-A的短slot能够带来短时延,当时隙配比为4:1时,5G-A比5G时延缩短2 ms。另外,由于5G-A使用超大规模天线阵列,单个波束宽度更小,使得同频干扰相比5G大幅降低。

5G-A具备大带宽、大容量、短时延等优势,因此可以很好地应用于超高清浅压缩编码视频实时制作系统。大带宽可以满足超高清浅压缩所带来的传输带宽大幅提升的需求,短时延可以满足视频实时制作系统的时延要求。

3 5G-A超高清浅压缩编码实时视频制作系统

3.1 系统设计

5G-A超高清浅压缩编码实时制作系统的架构如图1所示。4K摄像机拍摄的视频经有线传输给编码器、交换机和服务器,服务器与CPE相连,CPE通过无线信号与5G-A基站通信,5G-A基站再通过专线网络将数据回传到对端服务器,对端服务器与对端交换机、解码器相连,解码器将数据解码后在直播屏幕上展示。

3.2 保障方案

超高清浅压缩编码实时制作系统需满足如下3个方面的保障要求。

a) 高码率保障。要求提供多个摄像机位、每个摄像机550 Mbit/s的传输码率。

b) 低时延保障。要求端到端时延控制在100 ms以内。

c) 稳性能保障。要求实现连续8 h不间断播出,性能稳定无误码。

为了满足这3个方面的保障要求,对5G-A网络进

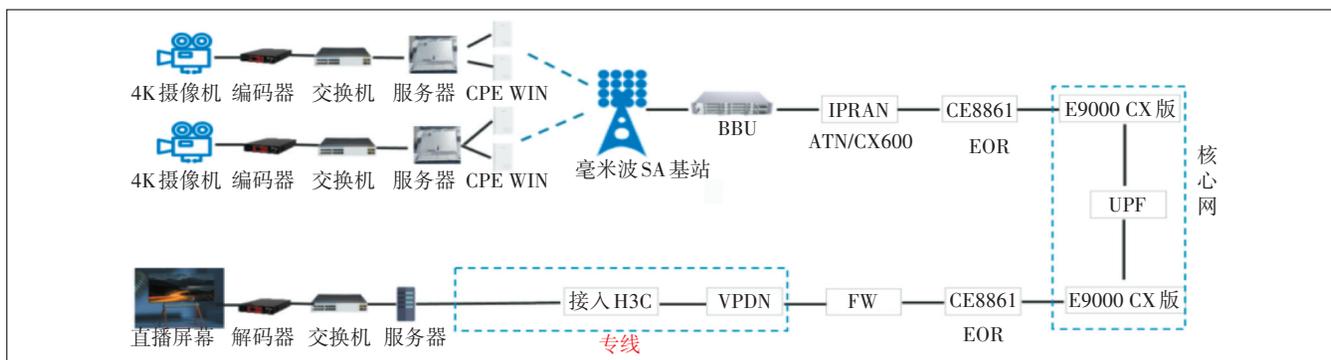


图1 5G-A超高清浅压缩编码实时制作系统整体组网架构

行了一些技术上的创新和部署设计,最终确保了系统的成功。

3.2.1 高码率保障

3.2.1.1 上行大带宽

相比传统5G,5G-A有丰富的频谱资源,无线网络使用800 MHz大带宽频谱部署,终端上行采用2CC载波聚合技术,使用200 MHz+200 MHz的带宽组合,为超高上行速率的达成提供了充足的频域资源。其技术优势在于:单载波200 MHz,让资源的分布更加连续,避免调度碎片化;上行载波聚合可以让终端使用更多的上行频谱资源。

3.2.1.2 大上行时隙配比

常规场景下,TDD时分系统中,一个时隙配比周期里,有80%的时域资源是提供给下行调度使用的,仅有20%时域资源能够提供给上行调度使用,从而导致上行速率受限。通过大上行时隙配比配置,可大幅提高上行slot调度比例,在一个时隙配比周期中,将上行调度使用的时域资源由原本的20%提升至60%。其技术优势在于:在频域资源固定的情况下,灵活调整上下行时域调度比例,可提升上行速率。

3.2.1.3 上行双连接

在处理大量上行业务时,终端长时间处于上行高功率发射和数据处理状态,对芯片产生巨大的压力并产生大量热量,这对终端整体的稳定性要求极高。上行双连接可以通过双终端分流的方法(见图2),将2个CPE同时连接到一路摄像机的编码服务器上,发端服

务器基于链路情况调整2路发包数,默认情况下主链路流量占80%,副链路占20%,从而达到降低单个终端处理压力的目的,收端服务器再对2路来包进行缓存排序,对视频数据进行复原。其技术优势在于:双终端分流,降低每个终端的数据处理量,减少单个终端的压力;根据每个终端的状态,动态分配各个终端承担的处理数据量,整体回传数据量不受影响。

3.2.2 低时延保障

3.2.2.1 短时隙配置

传统5G的子载波间隔为30 kHz,每个时隙持续时间是0.5 ms,5G-A子载波间隔更大,为120 kHz,时隙更短,每个时隙仅有0.125 ms,在相同的调度处理逻辑下,5G-A的整体调度时间相比传统5G更短,从而天然达成时延短的效果。

3.2.2.2 专网传输

摄像头视频数据通过终端回传到基站后,还需要通过基站核心网经过一系列传输设备回传至解码器的服务器上,在此过程中,任何传输设备的丢包或者抖动都会影响到整个超高清浅压缩视频的回传效果。在核心网后端防火墙处,使用专网传输,直接将数据传递至解码器的服务器上,保障整体传输质量更加稳定。其技术优势在于:专网传输带宽为10G,超大带宽使其在面对大上行时隙配比首个U slot的3倍突发流量冲击时,更加游刃有余;专网传输相关参数设置更加灵活,可以通过参数优化使整体网络更适合直播业务。

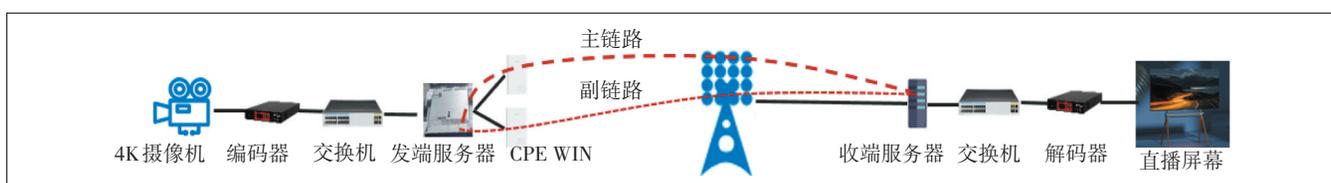


图2 5G-A超高清直播系统双链接组网

3.2.2.3 上行预调度

上行预调度是指基站主动向UE发起上行调度指示,不论UE是否向基站发送SR,每隔一段时间基站都会主动调度一次UE,以减少从UE发送SR到获得上行调度授权的时间。打开上行预调度后,上行视频直播的业务按照业务需求预分配调度资源,用户感知时延变短,改善上行业务时延。

3.2.3 稳性能保障

3.2.3.1 主备模式

4K摄像机的视频完全依赖CPE通过空口进行回传,如果终端出现异常则会导致对应摄像机的回传失败,从而直播中断。通过为每路视频配置2个CPE进行主备备份,将2个CPE同时接入到摄像头对应的编码服务器中,每个CPE都可以进行上行数据回传,当主用CPE突发异常无法工作时,备用CPE可以无缝衔接,将主CPE待上传数据转移至备用CPE进行上传,保证直播零中断。

3.2.3.2 超精细极窄波束

相比传统5G,5G-A拥有更密集的波束,在相同覆盖范围内,更密集的波束就意味着每个波束更窄,从而能够获取到更大的波束增益。同时,超精细的极窄波束还能够灵活地调整波束的方向,为用户选择最优的波束,提升各类信道和信号的覆盖性能及用户体验,从而获取更加稳定的回传效果。

3.2.3.3 PDCP重排优化

在上行回传的过程中,PDCP层可能会出现丢包现象,此时基站会在重排定时器时间范围内等待丢失的数据包重传,并暂停其他数据包发送。如果PDCP层丢失的数据包没有重传成功,并且重排定时器设置过长超过了视频传输缓存时长,就会造成视频直播花屏和卡顿。通过PDCP重排优化,可以更快触发PDCP的丢包重传,减少PDCP层的等待时间,从而降低PDCP丢包的概率和视频回传的花屏概率,提升直播的整体稳定性。

3.3 应用效果

该5G-A超高清浅压缩编码视频实时制作系统在某知名电影电视展会上成功展出,单路视频流传输码率超过550 Mbit/s,相比传统超高清深压缩码率提升10倍以上;回传端到端时延缩短至100 ms,仅为传统超高清深压缩时延的1/5,可同时支持多路超高清浅压缩编码视音频流。通过5G-A网络回传后的超高清视频信号与有线机位对比,传输时延和画质可完全满足

多路超高清信号高质量混合制作需要。

4 结束语

5G-A超高清浅压缩编码视频实时制作系统依托室内外5G-A网络的超大上行、低时延能力,将多路超高清浅压缩编码的视频流实时稳定回传至后方IP化制作系统进行导播切换,进一步精简了演播环境内繁杂的线缆布设和连接,使“轻量部署、灵活移动”的5G-A无线融媒体演播区成为现实。该系统的成功应用表明:在5G-A无线网络环境下超高清、浅压缩实时内容制作技术已基本成熟,可实现演播室的轻量化便捷部署,可以为媒体行业5G-A新媒体应用注入新的活力。5G-A将持续扩展行业数字化转型空间,激发数字经济新动能。

参考文献:

- [1] 许春蕾,李岩. 8K超高清浅压缩编码技术研究与应用实践[J]. 现代电视技术,2024(1):68-72.
- [2] 董兵,张刚,赵国强,等. JPEG-XS视觉无损压缩编码技术内场传输应用[J]. 现代电视技术,2021(10):63-65,135.
- [3] 张福坤. 超高清直播在广播电视行业的应用[J]. 电视技术,2024,48(5):131-133.
- [4] 陈万里. 基于毫米波通信技术的超高清视频传输方法研究[J]. 激光杂志,2024,45(5):170-175.
- [5] 薛松岩,庞继勇,汪少波,等. 5G-Advanced:面向未来的持续技术演进[J]. 邮电设计技术,2022(8):17-22.
- [6] 闫志宇,李明豫. 5G-Advanced发展趋势分析[J]. 邮电设计技术,2022(8):12-16.
- [7] 张忠皓,周瑶,李福昌,等. 5G毫米波产业发展现状分析[J]. 邮电设计技术,2021(2):37-41.
- [8] 樊明波. 基于5G-A通信技术的高铁建网规划研究[J]. 通信世界,2024(10):46-48.
- [9] 张晨璐, vivo通信研究院. 5G系统观从R15到R18的演进之路[M]. 北京:人民邮电出版社,2023.
- [10] 张建国,周海骄,杨东来,等. 面相5G-Advanced的关键技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2024.
- [11] 王绍江,张波,柯雅珠. 5G毫米波智能波束管理[J]. 邮电设计技术,2018(11):7-11.
- [12] 张忠皓,李福昌,延凯悦,等. 5G毫米波移动通信系统部署场景分析和建议[J]. 邮电设计技术,2019(8):1-6.

作者简介:

曾伟,高级工程师,硕士,主要研究方向为移动通信网络优化;钟检荣,高级工程师,硕士,主要研究方向为移动通信网络优化;范君,工程师,硕士,主要研究方向为移动通信网络优化;肖瑞,高级工程师,硕士,主要研究方向为移动通信网络优化。