

5G 高新视频的双频段协同传输

张文军 黄一航 何大治 宋利 徐胤

(上海交通大学未来媒体协同创新中心, 上海 200240)

摘要: 为保证广播电视业务在新兴网络媒体冲击下仍具有强大持续的公众影响力, 我国广电需紧跟 5G 商用化进程, 构建以精品高新视频节目为基本内容、以移动终端为主要传输对象的新型 5G 广播电视传输网络, 为用户提供随时随地、低成本、高质量的稳定收看及个性互动服务。基于我国广电部门统一运行和管理 600MHz 和 700MHz 双频段这一独特优势, 本文提出了 5G 地面广播网与 5G 移动通信网的跨网协同传输方案, 即在 600MHz 频段上使用 5G 大塔广播方案提供共性内容的大范围广播分发, 同时, 为解决大塔广播覆盖能力不足和互动能力缺乏的问题, 在 700MHz 频段上借助 5G 蜂窝组网方案的部分资源, 实现个性化补包和个性互动内容的单播传输。以此形成的 5G 高新视频传输承载网, 将兼备低成本高效分发与个性化互动收看双重优势, 很好的为用户提供一个面向移动终端的全国性公共服务。

关键词: 5G 广播; 双频段网络; 协同传输
中图分类号: TN934 **文献标识码:** A

Dual-Band Cooperative Transmission of Novel High Quality Video in 5G Era

Wenjun Zhang, Yihang Huang, Dazhi He, Li Song, Yin Xu

(Cooperative Medianet Innovation Center, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: To guarantee a strong and persistent social influence of television broadcasting service under the challenge of the emerging media, China broadcast industry needs to keep up with the commercialization of 5G and construct a novel 5G television broadcast network, aiming to provide mainly mobile users with low-cost high-quality and interactive services anytime and anywhere. Considering the unified operation and management of 600MHz and 700MHz dual bands by CBN, this paper proposes a cooperative transmission structure consisting of 5G terrestrial broadcast and 5G mobile communication networks, which will provide common content by adopting 5G broadcast scheme in 600MHz band, and utilize a 5G cellular network in 700Mhz band to achieve package repacking when broadcast signal is weak as well as transmission of interactive content as per individual preference. This low-cost high-quality video service bearer is able to simultaneously support the low-cost delivery and personalized interaction and will be taken as one of important national public service for the mobile terminal

Key words: 5G Broadcasting; Dual-Band Network; Collaborative Transmission

1. 引言¹

电视一度在中国人的家庭生活中处在非常重要的位置。但随着手机/PAD终端的广泛普及, 手游、短视频和网络剧等吸引了年轻人的大多数注意力, 电视对于他们来说可有可无, 往往只是客厅完整性的一种象征, 或者在体育比赛和大型活动才会被想起。因此, 尽管依旧有着稳定的市场, 但电视开机率却逐年下降, 据 TCL 最新发布的数据, 受智能手机及平板电脑等移动终端的影响, 电视机的日均开机率已经由 3 年前的 70% 下降到了 30%, 55 岁以上的人成为收看电视的主流人群。

与传统广播电视业务的遇冷境遇所不同的是: 手机厂商们的大举入局, 让智能电视得到了所有未有的关注, 新型的智能电视展示出强劲的增长势头。代表性的包括华为荣耀智慧屏, 其口号是“我们做的不是电视, 而是电视的未来”, 以及搭载摄像头、具有社交功能的海信智能电视 S7 系列。

广播电视行业的这一冷一热现象, 映射出当下广播电视产业面临的挑战: 电视平台仍然具有很好的发展空间和机遇, 但广播电视的服务转型已经迫在眉睫。

回顾过去四十年发展, 我国广播电视行业及时面对时代发展的需求, 经历了“数字化整转”、“双向化整转”和“互联网整转”这关键的“三转”^[1], 实现了广播电视的数字化、双向化和网络化。但进入二十一世纪的第二个十年, 随着 4G/5G 为代表的电子信息技术的发展, 我国进入了以手机和 Pad 为主要设备的移动互联网的时代, 广播电视怎么转型发展成为一个需要明确的问题。

2018 年 11 月, 国家广电总局印发了《关于促进智慧广电发展的指导意见》, 明确提出了加快智慧广电建设和突出移动优先的策略。2019 年 6 月, 中国广电与中国移动、中国联通、中国电信获得了工信部颁发的 5G 商用牌照, 正式成为第四家 5G 运营商。

我国广电已经明确了“移动优先”的转型发展

的方向, 但如何利用已有的优势和特点找到突破点成为关键。本文认为: 构建面向手机的双频段 5G 广播电视传输系统是实现广电“移动优先”转型发展的重要抓手和着眼点。原因在于:

- 1) 技术可行: 基于 LTE 网络架构的 5G 广播技术标准已经制定, 双频段 5G 网络可以有效加强双网协同。
- 2) 资源具备: 模数转换提供的数字红利 (600MHz 和 700MHz 频率资源), 广电 5G 牌照使得双频段网络统一运营成为可能。
- 3) 时机成熟: 投入小见效快 (700MHz 网络宏蜂窝, 600MHz 大塔覆盖), 可以得到国家新基建发展战略的支持。

文献 2 中提出“我国广电兼具广播运营商和电信运营商的双重身份”和“抓住 3GPP 的 5G 广播和未来 6G 广播机会, 让广播电视内容通过广播网络进入手机, 是广播电视发展关键之战”^[2]。文献 3 中提出构建“广电 5G 通信网和广电 5G 广播网, 并加强双网协同覆盖”^[3]。上述论文的观点与本文不谋而同。

与此同时, 网络纷繁复杂的生态环境, 导致媒体过度娱乐化现象时有发生, 现有广播电视节目内容雷同、品牌专业化程度不高, 在与各类新兴媒体的市场竞争中逐渐处于劣势, 用户流失情况也愈加严重。

上述情况亟待通过一个国家级电视媒体来实现正本清源和价值弘扬。庞大的受众群体和强大的群众粘合度是价值观有效传播的重要前提。为了扩大广播电视受众、增强广播市场竞争力, 我国广电正面临着两个重要的机遇。首先, 高新视频产业目前正处于蓬勃发展的阶段, 部署具有“高新”特征的广播电视节目能够引起大量用户的观看兴趣, 有机会形成庞大稳定的观看群体。其次, 5G 网络的产业化应用在全球范围内正如火如荼地开展, 我国广电同时掌握着技术、频谱和塔站等软硬件资源, 有能力快速建设用于“高新”广播电视节目传输的 5G 网络。针对这一应用, 本文提出将 5G 地面广播与 5G 移动通信结合起来共同构成一张协同传输的网络, 目的是以极低的成本向移动终端直接推送精选的“高新”电视节目。该传输网络的构建将通过手机拓展业务触角, 为用户提供无时不在、无处不在的高质量视频服务, 从而实现广电用户群体的扩大和社会影响力的重塑。

本文的主要内容安排如下: 第 2 节对具有“高

项目资助: 国家自然科学基金 (61671297), 上海市自然科学基金 (STCSM 19ZR1426600), 国家重点研发计划 (2018YFB1802202, 2019YFB1802703) 上海市数字媒体处理与传输重点实验室 (STCSM 18DZ2270700)

作者简介: 张文军, 黄一航, 何大治, 宋利和徐胤均来自上海交通大学, 通讯作者是何大治, hedazhi@sjtu.edu.cn

新”特征的广播电视业务进行了简单介绍。第3节对所提基于5G网络的双频段协同传输系统的总体架构及关键技术进行了描述。第4节对全文进行了总结。

2. 具有“高新”特征的广播电视业务

随着视频处理技术和无线传输技术的飞速发展，为用户提供随时随地的沉浸式观赏体验逐渐成为媒体服务提供商的一致目标。国家广电总局于2019年首次对外提出了“高新视频”这一新概念。高新视频同时强调了视频质量的“高格式”和应用场景的“新概念”。“高格式”是指融合了4K/8K、3D、高帧率(HFR)、高动态范围(HDR)、广色域(WCG)、沉浸式声音(Immersive Sound)等高新技术格式的影像内容；“新概念”是指具有新奇的影像语言和视觉体验的创新应用场景，能够引发观众兴趣并促使其产生消费的概念。高新视频是先进技术和应用场景的深度融合，为用户带来全新视听体验，催生更多的视听新业态。

作为面向移动终端，并兼顾大屏电视及双屏互动的“高新”广播电视业务：在高格式方面，视频内容应至少达到1080p清晰度并支持4K/8K等更高质量规格，以兼顾小屏手机并适配大屏电视的扩展；在新概念方面，视频服务应支持包括触屏滑动、双指放大、特效选择等高自由度的互动功能，充分发挥移动终端的个性化禀性。

“高新”广播电视从业务的重要性上可以划分为**基本共性内容**和**个性互动内容**。其中，基本共性内容面向全体广播受众，包含主视角画面（也称为导演视角、主摄像机视角）；而个性化互动内容面向特定的受众，包含增强的服务数据内容，如主视角之外的多视角画面、高级XR特效渲染指令等。

基本共性内容可以作为一个业务独立呈现，非常适合在广播链路上进行分发，为大量用户提供基本公共服务。个性互动内容需要与基本共性内容相结合，叠合形成新的业务形态，为用户带来增强体验，较为适合采用点对点的单播模式实现更新颖的个性化服务。

以体育实况转播的篮球比赛为例，除了正常观看主视频（基本共性内容）外，还可以通过个性互动内容实现**多机位自由视的交互视频**，该场景中其余机位画面数据作为个性化内容提供给不同的用户，这些用户通过边缘计算或本地渲染完成视角的

自由切换，如图1所示。



图1. 共性内容与个性内容划分示意图

基本共性内容随着手机投屏技术的发展和應用，需要满足越来越高的分辨率、越来越宽色域、越来越强的动态性等要求，导致单个视频的数据量不断增加。与此同时，各种大型活动、体育比赛和直播视频的蓬勃发展，海量用户的同时收看也带来了网络数据通量的指数增长。个性互动内容为了在基本共性内容的基础上提供个性化互动服务，需要及时实现边缘计算与本地渲染之间的数据交互与任务切换，因此对端到端延时的要求也非常苛刻。

“高新”广播电视业务的承载网络需要同时具有高通量且低延时的特征，现有的5G网络可以通过消耗大量的带宽资源并部署海量基站的方式来满足上述要求。而中国广电作为我国新的5G网络运营商，目前还不具有这样的条件和能力，亟待通过寻找一种更优的传输方案解决这一问题，从而更快更好的为全国用户提供高质量的视频公共服务。

3. 5G 双频段协同传输技术

与部署海量基站和消耗大量带宽所不同的是，可以通过构建双频段5G协同传输网络来实现对“高新”广播电视业务的高效承载，本节将对协同传输网络进行详细描述。

1) 整体架构

对于一个面向消费电子的系统来说，标准技术的研究与制定是不可或缺的，传统广播电视已经完成了几代技术标准的制定，但基于移动通信网络的MBMS（Multimedia Broadcast Multicast Service，多媒体广播多播服务）标准一直没有得到足够的关注和应用。近年来，随着5G时代的到来，该标准越来越受到了广播运营商和设备商的关注，诸多技术及商业因素导致其成为向移动终端拓展广播业务的重要技术工具。在今年8月份发布的Release-16（简称Rel-16）标准中，移动通信标准的制定组织3GPP（3rd Generation Partnership Project）对MBMS标准进行了改进，形成了“基于LTE的5G地面广播”标准规范，该标准规范从技术上扩大了广播网络的

覆盖范围并提升了移动终端的接收能力，保证了从技术层面对移动电视业务的支持。同时，我国广电作为传统的广播运营商和新进的移动运营商，同时拥有 600MHz 和 700MHz 频段的频率资源，基于目前已有的全国范围的地面广播塔站资源，通过部分宏蜂窝规模的双向网建设，可以快速实现网络资源的聚集。

依据电波传播特点，穿透能力较强的 600MHz 频段适合承载大塔广播信号。因此，在上述的 600MHz 频率和全国范围的地面广播塔站资源的利用上，本文建议利用 600MHz 频谱和全国范围的地面广播塔站资源建设一个 5G 地面广播网。通过较低的部署成本，可以快速构建一张覆盖全国的地面移动广播网，面向手机等移动终端，传输“高新”广播电视业务中的基本共性内容。

目前 3GPP 规定的 600MHz 频段的频谱规划情况如表 1 所示。

表 1. 600MHz 频段划分

频段	上行范围	下行范围	双工方式
n71	663~698	617~652	FDD

由于目前的 600MHz 频段能用于下行广播的频率只有 35MHz，紧缺的频谱资源决定了不能支持大量节目传输。基于精品节目和全国适用的考虑，本文提出传输 10 套“高新”广播电视节目的基础共性业务的设想，如表 2 所示：

表 2. “高新”广播电视节目基础业务设想

节目内容	央视文化精品， 重大事件直播	教育、纪实、体育竞 技、新闻时政等
节目清晰度	4K	1080P
节目数量	2	8
传输速率需求	20Mbps	5Mbps
总速率需求	80Mbps	
可用带宽	35MHz	
预期频谱效率	2.3bps/Hz	

在构建面向基本共性内容服务的 5G 地面广播网中，还需要考虑复杂接收环境所引起的接收中断和丢包现象，以及用户对个性互动内容的需求。利用 700MHz 频段的双向传输能力对单用户进行个性化补充是一个较好的选择。在这种情况下，以移动通信系统为基础的单广播多模统一管理机制的优势便凸显了出来。于是，以 5G 地面广播网为基础，以 5G 移动通信网为补充，面向“高新”广播电视业务的双频段双模式协同传输场景如图 2 所示。

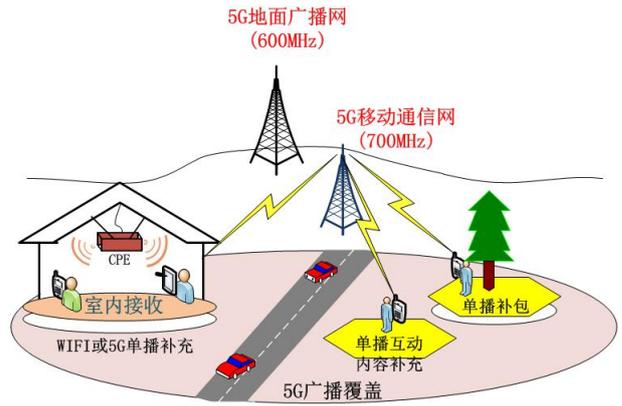


图 2. 面向“高新”广播电视业务的协同传输示意图
与传统的 5G 单播传输方案相比，双频段双模式协同传输方案可以通过适当调整“广播”“单播”的资源占比，以低成本高效率的方式给大量用户提供灵活、稳定的“高新”广播电视服务。

2) 基于 600MHz 频段的 5G 地面广播传输系统

3GPP 在 2018 年 6 月批准了一项基于 LTE 的 5G 地面广播的研究项目，分析了原有 EnTV 广播方案的不足，并于今年 8 月份最终形成了 5G 地面广播的增强方案，写入到了 Rel-16 标准中。Rel-16 重点解决了中塔中功率 (MPMT) 和高塔高功率 (HPHT) 场景下的可靠传输问题。其中，MPMT 具有两种可行的参数配置方案，一是原有 EnTV 中的 200us CP 长度配置，可支持 60Km 的站间距；另一种是新引入的 300us CP 长度配置，可支持 100Km 的站间距，这也是 HPHT 场景下的参数配置方案。相比之下，上述第一种方案的子载波间隔为 1.25KHz，可以支持更高速度的移动接收，但其覆盖能力弱于第二种方案。上述参数配置及接收特点被总结在表 3 中。

表 3. 面向大覆盖的 5G 地面广播典型传输参数

子载波间隔 (KHz)	CP 长度 (us)	符号周期 (us)	站间距	接收特点
1.25	200	800	60Km	城内 车载
0.37	300	2700	100Km	户外 步行

为了提高 5G 广播的广域传输能力，除了新参数的引入外，Rel-16 还在两个方面进行了技术改进：一个方面，覆盖范围的扩大会导致信号经历的信道环境更加复杂多变，因此精确的信道估计与均衡是信号准确接收的重要前提。而信道估计的精确程度与导频信号的映射方式直接相关，因此 Rel-16 针对广域覆盖场景设计了新的导频模式^[4]。另一个方面，

小区获取子帧（CAS）作为信号帧前部携带关键信息的重要信令信号，其传输能力直接决定了后续载荷信号的传输能力上限，因此针对 CAS 的性能提升也是 Rel-16 中的重要内容^[5]。

考虑到 5G 移动通信网的补充传输能力，可以将 5G 广播的覆盖完整性在一定范围内进行范围的缩放以确保在广域覆盖场景下仍具有较高的传输效率。本文针对上述的 MPMT 和 HPHT 两种覆盖场景，分别将站间距与覆盖率适当降低，得到如下仿真结果。

表 4.地面广播（5G）的系统级仿真结果

CP 长度(us)	覆盖场景	站间距 (Km)	90%覆盖 SNR(dB)	频谱效率
200	MPMT	50	18.1	2.15
300	MPMT	50	20.2	2.38
	HPHT	90	18.8	2.24

从表 4 的仿真结果可以看到，广域覆盖场景下的频谱效率大约为 2.24bps/Hz，采用约 35MHz 的频率资源，可以传输近 80Mbps 数据，接近实现前文所提到的 10 套“高新”广播电视节目的业务承载。

3) 基于 600M/700MHz 双频段的协同传输方案

上文已经对 5G 大塔广播方案的技术参数进行了介绍，本文接下来将重点描述如何在 700MHz 频段上利用 5G 移动通信网来实现个性化的内容补充，包括丢包内容的补偿和个性互动内容的传输。

个性化内容补充主要涉及两个方面：个性化需求检测和个性化内容传输，其整体过程可简化为图 3 所示。其中，个性化需求检测包括用户的丢包情况检测和互动需求检测。值得注意的是，为了便于理解双频段的关系，图中只用了一个基站图标，而实际的广播和单播链路可能分别来自不同的基站。用户终端首先利用数据包中的校验字段或用户动作反馈来判断是否需要向源端请求个性化内容。若判断为是，则根据数据包头中的参数信息向源端请求特定数据包。基站获得请求信息后判断是否存在本地已缓存的内容，若存在则可以直接补发到用户终端。若基站侧未缓存请求数据包，则其向媒体服务提供商请求该数据包，然后经由基站补发到用户终端。

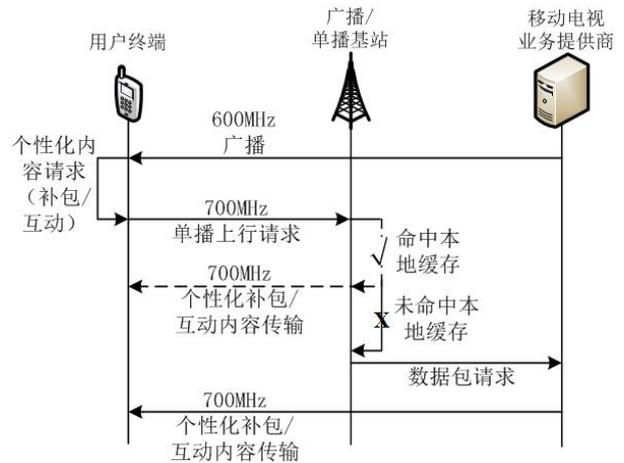


图 3. 个性化内容请求示意图

图 4 进一步说明了如何利用 5G 地面广播网与 5G 移动通信网实现“高新”广播电视业务的协同分发。图 3 中的 5G 地面广播网用于为大覆盖范围内的所有用户提供统一的服务，不涉及任何用户管理，因此其核心网功能较为简单^[6]。而协同传输的主要难点在于单播链路的个性化内容补充功能。考虑到与 5G 核心网的兼容特性，单播链路主要基于 3GPP 最新提出的 5G 媒体流架构（5G Media Streaming Architecture, 5GMSA）。该架构具有明显的模块化特征，其设计目的是为了帮助外部媒体提供商快速统一地访问相应网络功能^[7]。而本文则是利用了其灵活的媒体管理机制来控制单播链路完成部分用户的个性化内容补充。

5GMSA 同样采用了控制平面与用户平面分离的结构，一方面定义了面向外部数据的应用程序接口，M1d 和 M2d，分别对应控制平面与用户平面；另一方面也定义了面向用户终端的 M4d 和 M5d 接口。特别地，5GMSA 为用户终端定义了一个媒体会话管理单元，如图 4 所示。该单元可以向核心网提供两个重要的用户反馈报告，消费报告和测量报告。消费报告涉及当前媒体的特征和用户接收能力等信息，可以用于实现传输策略的优化。而测量报告则是用于对用户的体验质量进行周期性监测，保障用户的观看体验。

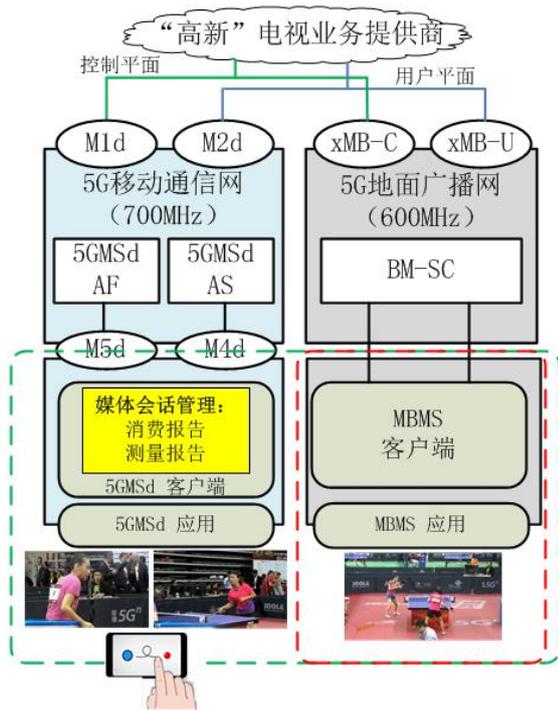


图 4. 5G 地面广播网与 5G 移动通信网协同传输架构

基于上述架构，“高新”广播电视业务的运营商可以从 M5d 和 M1d 接口获取媒体服务的反馈信息，从而及时掌握终端用户的请求和接收情况，可以很方便的完成丢包内容的补偿和互动内容的补充。

5. 结论

为了加快移动互联时代下广播电视的转型发展，本文提出了构建双频段 5G 广播电视系统的设想，通过 600MHz 频率的 5G 地面广播与 700MHz 频率的 5G 移动通信的协同传输，在全国范围内为用户提供面向手机的 10 套“高新”广播电视节目。

该方案的技术可行性高，在充分利用原有地面广播的发射塔和节传网络的基础上，通过增加一些宏蜂窝双向网的建设，可以较快的实现手机广播电视的业务拓展，为“高新”广播电视业务提供高质量的传输服务，形成“移动优先”战略的突破口，为下一步全国性广播特色业务和双向网建设提供重要的发展基础。

参考文献

- [1] 中国有线电视. 广电网络的出路在哪里?互联网转成其战略抉择, http://info.broadcast.hc360.com/list/m_pages.shtml?753934, 2017
- [2] 邹峰. 5G 广播电视演进和主要技术特点[J]. 广播与电视技术, 2020, 47(03):16-20.
- [3] 高杨, 冯景锋. 构建基于“5G 通信+5G 广播”的智慧广电新型网络[J]. 广播与电视技术, 2020, 47(01):12-18.
- [4] Gomez-Barquero D, Gimenez J J, Beutler R. 3GPP Enhancements for Television Services: LTE-Based 5G Terrestrial Broadcast[J]. Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, 2019: 1-10.
- [5] He D, Wang W, Xu Y, et al. Overview of physical layer enhancement for 5G broadcast in release 16[J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2020.
- [6] Wang H, Vandervelde H, Kim S. LTE MBMS SYNC protocol for support synchronisation of content[C]//2009 IEEE International Conference on Communications Technology and Applications. IEEE, 2009: 392-395.
- [7] Gabin F, Lohmar T, Heikkilä G, et al. 5G Media Data System Architecture[J]. SMPTE Motion Imaging Journal, 2020, 129(6): 68-74.