

引用格式:邹峰. 广播与6G移动通信融合[J]. 中国传媒大学学报(自然科学版), 2024, 31(05):59-63+82.  
文章编号:1673-4793(2024)05-0059-06

# 广播与6G移动通信融合

邹峰

(国家广播电视总局科学技术委员会, 北京100866)

**摘要:**本文根据广播与通信融合的发展历史、国际电信联盟的建议书和中国IMT-2030(6G)推进组发布的白皮书,分析了广播融合于后5G和6G时代存在的主要问题,提出了广播与6G移动网络适配的新型广播网络结构、演进路线和目前需要研究的重点工作,旨在进一步推动我国广播与移动通信的融合。

**关键词:**融合;广播;6G移动通信;垂直行业

**中图分类号:**TN929.5; TN931 **文献标识码:**A

## Integration of broadcasting and 6G mobile communication

ZOU Feng

(Committee of Science and Technology, National Radio and Television Administration, Beijing 100866, China)

**Abstract:** Based on the development history of broadcasting and communication integration, ITU Recommendations and the white paper issued by China's IMT-2030 (6G) Promotion Group, in this paper the main problems existing in the post-5G and 6G era of broadcasting integration were analyzed, and a new broadcasting network structure, evolution route and key tasks that need to be studied for the adaptation of broadcasting and 6G mobile networks were put forward, so as to further promote the integration of broadcasting and mobile communications in China.

**Keywords:** integration; broadcasting; 6G mobile communication; vertical industry

## 1 前言

2023年6月12日-22日,国际电信联盟无线电通信部门5D工作组(ITU-R WP5D)第44次会议在瑞士日内瓦召开。会议期间,国际电联正式发布了《IMT面向2030及未来发展的框架和总体目标建议书》(以下简称《建议书》),确立了6G发展的愿景。与此同时,2023年12月科技部启动了由国家广播电视总局推荐上海交通大学承担的国家重点研发计划《6G与广播融合体系关键技术研究与应用》,从国家层面上开启了广播与6G融合的研究。

## 2 6G的技术特性

### 2.1 中国6G的架构和技术特点

2023年6月4日,工业和信息化部金壮龙部长在第三十一届中国国际信息通信展览会上表示将前瞻布局下一代互联网等前沿领域,全面推进6G研发技术<sup>[1]</sup>。2023年12月5日,IMT-2030(6G)推进组发布了《6G网络架构展望》和《6G无线系统设计原则和典型特征》白皮书,明确了我们国家6G网络是天地一体的6G网络<sup>[1]</sup>。这里要特别强调指出,6G和前面的4G、5G不一样,4G、5G仅限于地面的

网络,没有天空,覆盖国土面积的30%多(人口覆盖可以达到99%),6G网络是含有天空的网络,覆盖的国土面积几乎达到100%<sup>[2]</sup>。根据国际电联的《建议书》和我国发布的两个白皮书,可以规划出我国天地一体的6G网络架构如图1所示。

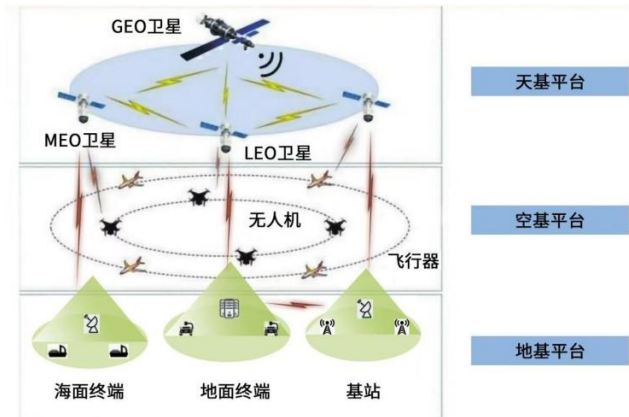


图1 我国6G网络架构

## 2.2 国际电信联盟《建议书》的核心内容

ITU《建议书》中有四大关键词<sup>[3]</sup>:超越通信(beyond communications)、泛在(ubiquitous)、可持续(sustainability)和智能(intelligence)。《建议书》明确提出了6G四大设计原则、六大场景、七大目标、九大发展趋势和十五项能力指标。四大设计原则为可持续性、安全性/隐私性/弹性、连接未连接的用户、泛在智能;六大场景为沉浸式通信、超大规模连接、极高可靠低时延、人工智能与通信的融合、感知与通信的融合、泛在连接,与5G的三大典型场景eMBB(enhanced mobile broadband)、mMTC(massive machine type communications)、uRLLC(ultra-reliable low-latency communications)相比新增了人工智能与通信的融合、感知与通信的融合、泛在连接等3大新场景,并有了明显的增强和扩展;七大目标为实现包容性、泛在连接、可持续性、创新、安全性/隐私性/弹性、标准化和互操作、互通性等,支撑构建包容性的信息社会,实现可持续发展目标;九大趋势为泛在智能、泛在计算、沉浸式多媒体和多感官通信、数字孪生和扩展世界、智能工业、数字医疗与健康、泛在连接、感知和通信的融合、可持续性;十五项能力指标为连接数密度、移动性、时延、可靠性、定位精度、峰值速率、用户体验速率、频谱效率、区域流量密度、感知相关指标、AI相关指标、安全隐私韧性性能指标、可持续性性能指标、覆盖、互操作,包括了原5G的9个增强指标,同时引入了定位精度、感知、AI、可持续性、覆盖、互操作等6个新增指标。6G与5G的主

要性能指标对比如表1所示,由表1可知6G的技术性能指标比5G有了大幅度提高。从建议书的核心内容可以发现,6G已经为融合广播做好了准备。特别是对eMBB技术特性的进一步增强和完善,上行速率的大幅度提升,以及无线空口技术大幅度发展,使广播融合于6G成为可能。

表1 6G和5G的主要性能指标对比

关键性能指标	5G 参数值	6G 参数值
峰值传输速率	1Gbps-10Gbps	100G-1Tbps
用户体验速率	0.1Gbps-1Gbps	1G-10Gbps
网络时延	1-10ms	0.1ms
网络连接数	100万个	1000万个-1亿个
移动性	500 km/h	1000 km/h
频谱效率	较4G高3~5倍	较5G高3~5倍
全球覆盖率	约70%	>99.9%
定位精度	10cm(三维)	1cm(三维)
接收机灵敏度	-120dB	-130dB

## 3 广播与移动通信融合的演进、技术特点及现状

### 3.1 “多媒体广播多播业务(MBMS)”的提出和主要技术特点

对于多媒体内容的分发,点对面的广播传输模式相对点对点的通信有巨大的网络成本和内容承载质量优势。随着移动终端多媒体业务需求的增加,通信运营商提出了在通信领域除单播、组播模式外增加广播模式的需求。2002年在3GPP(3rd generation partnership project)Rel6(Release6,Release可以理解为3GPP的一个规划)中提出了“多媒体广播多播业务”(MBMS, multimedia broadcast multicast service),也称多媒体广播组播业务,成为以后移动电视业务的技术基石<sup>[4]</sup>。后来又发展到Rel7(2005年6月6日-2007年3月6日)版本。MBMS标准工作于2001年7月提出,2002年10月启动,2005年9月标准冻结,实际网络实施是2007年,2008年前3G网络开始推广MBMS业务。多媒体广播/多播业务(MBMS)在Rel6、Rel7版本的3G系统中已经取得了完整的实现<sup>[4]</sup>。但是受当时技术的影响,在Rel6/Rel7中,MBMS功能更多的是通过对3G网络架构的改进而实现的,因此MBMS逻辑架构要依附于已有的3G网络架构。针对广播技术MBMS主要进行了两方面改进:一是通过增加新的功能实体广播多(组)播业务中心(BM-SC, broadcast multicast service center)来提供与管理MBMS业务;二是在已有的功能实体上(包括GGSN

(gateway GPRS supporting node)、SGSN(serving GPRS supporting node)、BSC(base station control)/RNC(radio network controller) 和 UE(user equipment)) 增加对 MBMS 业务的支持。因此 Rel6/Rel7 的 MBMS 可以看作是对 3G 系统的一种功能扩展,远无法满足日益增长的业务需求,尤其是用户和运营商对手机电视业务的强烈需求。2009 年 1 月 3GPP 开始了 Rel8(2006 年 1 月 23 日 - 2009 年 3 月 12 日)的规范制定,同时并行开展 Rel9(2008 年 3 月 6 日 - 2010 年 3 月 25 日)、Rel10(2009 年 1 月 20 日 - 2011 年 6 月 8 日)的研究。

### 3.2 “演进的多媒体广播多播业务(EMBMS)”的提出和主要技术特点

随着通信长期演进(LTE, long time evolution)技

术的发展,3GPP 在 Rel8 中对广播多播技术进行了增强,提出了 EMBMS (evolved multimedia broadcast multicast service) 业务,并在后续的 Rel10、Rel11 版本中进行了优化<sup>[5]</sup>。EMBMS 既支持原有的 3G 网络,同时也支持 LTE 接入网络,保证了系统的兼容性。EMBMS 在逻辑架构、业务模式、传输方式和信道结构等方面进行了重大改进。

在逻辑结构上,EMBMS 提出了独立的架构,见图 2,在核心网中定义了 MBMS 逻辑实体,在接入网中定义了动态管理 MCE (multicast coordination entity) 功能实体,并且定义了相关的控制面、用户面接口。EMBMS 这种完整、独立的扁平化逻辑架构,便于对 MBMS 各部分功能进行灵活部署,有利于 MBMS 的资源优化和性能提升。

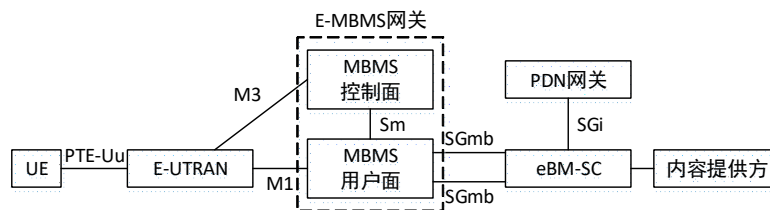


图2 EMBMS逻辑架构

随后几年 EMBMS 技术得到了飞速发展, EMBMS 开始向承载类型演进,在传输方式上提供广播和多播两种承载类型。当使用 MBMS 承载广播业务时,业务数据会向业务区域内的所有用户发送,用户无需向网络进行注册便可以接收数据;在使用多播承载时,业务数据只向特定用户进行传输,为了接收业务数据,用户必须向网络进行注册,并将用户信息保存在网络的相关节点之中。MBMS 广播和多播是针对不同的业务需求提供的不同承载类型,具有不同的业务流程。为了满足业务不断发展的需要,Rel9 正式提出了 EMBMS 概念,又定义了增强广播承载类型,这种承载类型介于广播和组播之间,吸收了广播中流程简单和组播中资源优化的优点。同时 EMBMS 开始了传输方式和信道结构的演进。

### 3.3 “进一步演进的多媒体广播多播业务(FEMBMS)”的提出和主要技术特点

在 3GPP 广播技术不断演进的同时,世界范围内广播界也在利用传统无线广播技术开展双向、移动接收、车载电视以及面向手机屏幕等运营,以寻求扩大无线广播业务范围,但是美国、欧洲、日本、中国的实践均以失

败告终。随着微电子技术、材料科学、计算机技术迅猛的发展,全球的广播从业者再次意识到:(1)无线广播发展的出路依然在个人移动终端;(2)传统广播技术和规模难以支撑所需的新业务发展;(3)新技术的发展已使传统广播技术融入现代通信技术成为可能。为此国际上出现了两个路线图,一是以美国 ATSC3.0 为代表,谋求以美国广电行业为主,独自完成的 ATSC3.0 广播标准为基础,与 3GPP 合作发展相关技术,进入 3GPP 标准序列<sup>[6]</sup>,但是被 3GPP 拒绝;二是有鉴于此,欧洲和中国形成共识,认为最佳的技术途径为直接加入 3GPP 组织,将广电业务融合到 3GPP LTA-A 以后的标准序列中,在其内推动广播技术未来发展。因此在 3GPP 的 Rel14 (2014 年 9 月 17 日 - 2017 年 6 月 9 日)版本中基于广播行业的用例和需求对 EMBMS 进行了扩展和增强,根据广播需求引入了新特性,包括用于车联网(V2X, vehicle to everything)通信的 MBSFN(multicast/broadcast single frequency network)和 SC-PTM(single-cell point-to-multipoint network)。其增强性体现在对系统架构和界面的简化,以及对 LTE 物理层的扩展;并整合进 EnTV(enhanced television service) 工作项目,5G 地面广播增强方案的研究是以 Rel14 版本中的 EnTV 为基础的。

Rel14以前的EMBMS是基于LPLT(low power pow tower),但用于广播的载波资源最高只能达到60%,不能有效满足广播业务的带宽需求。在Rel14中,来自欧洲和中国的广播机构主导引入了FeMBMS(further enhanced MBMS),支持高功率广播大塔的大站间距单频网组网<sup>[7]</sup>,使用专用载波近100%的资源承载广播业务,支持无SIM卡单向接收和业务数据透传等。Rel14版本的FeMBMS已经和地面数字电视广播有很多相似之处,特别是其可利用广播大塔资源,使它成为了广播运营商青睐的标准。2018年欧洲在德国慕尼黑开展了Rel14广播技术试验,结果充分证明了广播技术和系统的可用性,验证了实际效果。

但之后的3GPP Rel15(2016年6月1日-2018年9月14日)未对FeMBMS做明显改进,由于Rel15后的3GPP规范称为5G规范,故Rel15之后的广播/多播称为“5G广播”。当前,5G广播技术已成为国内外广播行业的研究热点,也得到5G及相关技术方案提供商的支持。

5G广播技术现有混合广播模式和地面广播模式两种技术实现方式:(1)混合广播模式(mixed-mode)。它是基于5G NR的单播/多播/广播可以灵活切换的广播模式,可以动态且无缝的切换单播服务和广播服务。(2)地面广播模式(terrestrial mode)。它是基于LTE空口的高塔高功率(HPHT, high power high tower)的广播模式,是面向新一代数字电视服务的地面广播专网,适合在专用频谱上进行全国范围的大区域广播覆盖。3GPP所制定的5G广播目标并非由单一广播模式来完全实现,而是结合不同的业务场景,由两种广播模式分别来实现。

在3GPP Rel16版本中5G地面广播技术研究取得了一定的进展,但仍存在一系列有待解决的问题,主要是地面广播模式下覆盖范围的提升、采用非均匀星座图提升广播传输的去掉映射复杂度和性能增益、设计新的参数集满足地面广播模式下更高移动速度下的接收。同时,在地面广播和双向通信网络之间建立协同和融合也是需要开展的一个关键问题。

在3GPP Rel17版本中启动5G混合广播模式的标准制定,提出了基于5G NR(new radio)支持同步广播、组播和单播实现,Rel-17支持实现广播和单播之间的动态切换<sup>[8]</sup>。

在3GPP Rel18版本中增强了MBS(multicast/broadcast services)广播、多播、单播接收和MBS接收的资源效率等问题<sup>[9]</sup>。

在此之后的Rel19、Rel20等,因受当时的技术发展的限制,更多是关注通信解决方案,广播技术方案并不是其关注和工作推进的热点,也不是3GPP设计中关注的垂直行业。这个任务落到了5G-A和6G时代。

## 4 6G与广播融合的发展趋势

### 4.1 广播融合于后5G和6G时代存在的主要问题

传统广播与移动通信网络相互分立,网络基站设备与功能模块相互分立,缺少统一的广播协同覆盖网络架构、分发机制、频谱划分等问题。虽然两种系统存在业务层的交互通道,但缺乏异构网络中的无感切换与信息流转服务能力。当前广播和移动通信网络融合行业内缺乏统一的标准规范,目前的6G标准制定过程中依然没有把广播当作3GPP设计中关注的垂直行业,但理论已证明广播对视频直播的业务分流具有显著优势<sup>[10-11]</sup>。

### 4.2 广播融合于5G-A和6G需要解决的技术问题

#### 4.2.1 建立与6G移动网络适配的新型广播网络

对于我国广播行业来说,在3GPP标准内推进地面广播技术发展,推动3GPP持续把广播设计为其关键应用的垂直行业,是未来的一项关键任务,可以从以下几个方面开展工作:

(1)研究并建立与6G移动网络适配的新型广播网络结构(如图3所示)、对应协议以及新型广播标准体系,在3GPP技术标准中提出业务需求和技术要求,参与并推动相关标准的制定;(2)持续系统地对未来6G的广播服务提出新需求;(3)协同国际范围内,包括运营商、设备商、芯片商、应用提供商对相关产业链的大力支持。

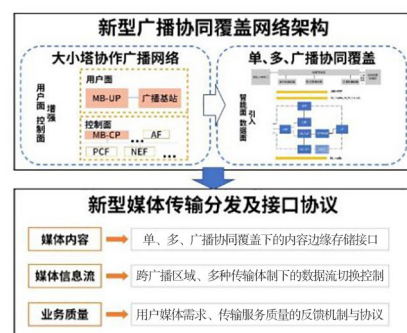


图3 6G广播融合网络新架构

#### 4.2.2 开展试验确定演进路线

利用我国广电兼具广播运营商和电信运营商的双重身份,具备丰富的广播大塔覆盖资源和广播电频率资

源,充分考虑5G-A广播网络两条演进路线,在技术成熟时选择一种或兼顾两种,建设满足未来广电发展需求的广播通信网。实现对大区域内室外或固定接收的覆盖以及利用5G混合广播蜂窝基站实现对小区内热点覆盖。针对统一网络架构缺失的关键问题,研究构建大、小塔混合组网协作广播网络架构,同时研究广播、多播和点播协同覆盖的网络架构,增强广播协同覆盖网络中控制面与用户面功能,并通过引入数据面与管理面进行点播、多播和广播的智能切换管理,实现泛在、稳定、互动、智能的新型广播协同覆盖网络。

#### 4.2.3 研究6G广播融合网络适配机制

研究6G广播融合网络中多模会话管理传输优化、协同传输重传补包机制以及节目内容多维度同步机制,实现融合网络架构的响应、重传请求、网络实时感知和自适应比特率匹配等功能。需要解决以下问题:(1)通信与广播融合的广播分流应用适配机制,业务流量和网络资源调度策略,实现多模会话管理;综合传输成本、用户体验等因素的按需、动态广播分流决策,实现多模网络协同高效传输;(2)广播网络缺失响应和重传请求机制的问题,以及利用融合网络架构实现响应和重传请求;针对多模会话补包缓存长度在时延和效果之间的矛盾,研究低延时补包缓存策略,支持多模会话协同传送。(3)多终端不同比特率和分辨率数据流的同步的问题,实现网络对不同终端带宽、延迟、丢包率的实时感知和自适应比特率匹配;针对多维度内容传输问题,研究智能媒体传输技术,增强数据包封装技术,提升同步精度。

#### 4.2.4 研究6G和广播频谱共享的帧结构和导频设计

研究6G和广播频谱共享的帧结构和导频设计,分布式广播发射塔和多接收天线终端的单频组网,以及面向高并发沉浸式视频传输等场景的空口广播传输技术,提出基于大小塔融合的MU-MIMO广播传输收发方案。需要解决以下问题:(1)6G和广播频谱共享的支持多基站同频组网的帧结构和导频设计问题,即多基站同频组网的频谱共享及帧结构设计问题。同时,面向MU-MIMO单频组网进行帧结构和导频设计。(2)分布式广播发射塔和多接收天线终端的单频组网问题,即多个广播发射塔和多接收天线可构成分布式MU-MIMO传输系统,相关的关键技术包括帧结构和导频设计、物理层子信道分割,以及接收端鲁棒的解码算法。(3)面向高并发沉浸式视频传输等场景的空口广播传输关键技术问题,即需要兼顾移动通信的实时交互和自适应特性、广播传输的可靠性和频谱效率,研究通用信道编码和非正交复用技术。

#### 4.2.5 构建多发射台协同的空口传输仿真验证平台

构建多发射台协同的空口传输仿真验证平台,开发空口基带射频传输样机系统。需要解决以下问题:(1)6G广播系统复杂性提升了与通用计算处理器运算速度之间的矛盾,即无线通信创新技术在提升无线系统传输性能的同时也大大提高了对处理器运算能力的要求,因此需构建满足广播融合于6G技术需求的实时开发平台,是一个巨大的工程挑战。(2)兼顾通信和广播的信道解码硬件实现架构的问题,即面向新型6G广播物理层传输系统,解决兼顾通信和广播的信道解码硬件实现架构,设计面向具有多边分类、多模式兼容特征的LDPC码以及相应的层调度解码算法及其硬件优化方法。(3)新一代广播评测方法缺失问题,即新一代广播系统将集成大小塔融合的MU-MIMO单频网技术、6G与广播频谱的共用融合技术,将具有基于IP协议、支持多业务的单频点传输、帧结构灵活等技术特点,现有评测方法难以满足需求。

#### 4.2.6 确定系统评估和测试方法

建立新一代广播评测方法及融合网络高新视听全链路系统测试方法,形成系统总体架构测试方案,搭建验证系统与试验网,验证融合网络对传统广播业务和高通量新业务的支持能力。需要解决以下问题:(1)基于融合网络的高新视听全链路系统测试方法缺失。现有视听传输测试方法多针对单一网络环境下的内容传输,亟需制定一套针对融合网络下高新视听传输的新的测试方法。(2)用户生成内容的体验质量精确估计,即充分研究广播业务视频内容与传统视频内容在内容和失真等方面的差异,解决现有质量评价方法在广播业务视频方面碰到的各方面适用性问题。

## 5 结束语

6G时代的新兴服务将彻底改变人们与科技的互动方式,天地海一体的通信模式、大数据的广泛应用、通用人工智能(artificial general intelligence)的加入、算力大幅度的提升,使6G不仅是对5G全面的升级,更是垂直行业应用的全面拓展,为广播融于6G提供了崭新的机会。中国的广播为全国性的基础信息服务系统,承担着面向公众公益性的信息广播任务。已建成了世界上规模最大,有线、无线、卫星等多种技术手段混合覆盖的广播传输覆盖网络,为数以亿计的用户提供视听信息服务。因此中国的广播必将随着数字信息技术的发展而发展。利用无线广播在大范围共性内容播发上的优势,实现无线广播与移动通信融合,支持网络视听高质量发展,满

(下转第82页)