

5G 毫米波业务需求和灵活帧结构方案分析

Analysis of 5G Millimeter Wave Service Demand and Flexible Frame Structure Scheme

张忠皓,高 帅,李福昌,马静艳(中国联通研究院,北京 100048)
Zhang Zhonghao,Gao Shuai,Li Fuchang,Ma Jingyan(China Unicom Research Institute,Beijing 100048,China)

摘 要:

毫米波系统是 5G 移动通信系统的重要组成部分,是 5G 满足大带宽需求的重要手段。对具体业务进行分析,明确毫米波适用场景和业务需求,提出适应不同业务需求的毫米波帧结构和灵活帧结构方案,并对方案进行可行性分析。

关键词:

毫米波;大上行;灵活帧结构
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.04.001
文章编号:1007-3043(2021)04-0001-04
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:

Millimeter wave system is an important part of 5G mobile communication system and an important means for 5G to meet the demand of large bandwidth. The specific business is analyzed, the application scenarios and business requirements of MMW are defined, and the MMW frame structure and flexible frame structure schemes that adapt to different business requirements are proposed, and the feasibility of the schemes is analyzed.

Keywords:

Millimeter wave; Large bandwidth uplink transmission; Flexible frame structure

引用格式:张忠皓,高帅,李福昌,等. 5G 毫米波业务需求和灵活帧结构方案分析[J]. 邮电设计技术,2021(4):1-4.

1 概述

回顾移动通信网络演进的历史,可以看到 2 条明显的发展脉络。一条是以移动网络能力为代表的移动通信技术的发展,一条是承载在移动网络上的业务的发展与变化。随着技术的发展,移动通信网支持的速率快速增加,服务能力不断增强,以移动互联网应用为代表的移动视频、手游、移动支付等业务应用得以迅猛发展。而不断丰富业务类型,反过来对移动通信网的容量、速率和服务能力提出了更高的要求。

目前三大运营商已经开始大规模建设 5G 网络,通

信系统的演进必将带来更加丰富多样的业务类型,增强现实、虚拟现实、超高清全景视频等多种大容量、高速率应用即将迸发,推动人类社会信息交互方式的进一步升级。

毫米波拥有超大带宽资源和灵活弹性的网络配置能力,可以满足和适应未来通信更高速率和差异化业务应用的需求。尽管现阶段高频段毫米波的发展面临诸多挑战,但随着相关技术的不断突破和高频器件产业的持续发展,毫米波及更高频段凭借其丰富的频率资源的天然优势,必然成为现阶段 5G 乃至未来 B5G/6G 通信技术的重要组成部分。

目前毫米波产业链已经在高频器件性能、波束赋形和波束管理算法、链路特性等方面开展了很多研

收稿日期:2021-02-20

究。运营商也已经开始从系统应用角度考虑 5G 毫米波部署和应用问题。参考文献[6]分析了毫米波系统关键技术,并提出推动毫米波产业发展的建议。参考文献[7]提出毫米波的几种主要的部署场景,进一步提出了设备和终端的发展要求和网络部署规划。

随着对业务需求的深入研究,毫米波应用场景和具体需求也逐渐变得明晰,特别是在大上行业务需求逐渐增强的情况下,毫米波如何更好地适应业务需求成为人们关注的重点。本文首先简要分析毫米波系统特点,对 5G 业务需求进行深入分析,明确毫米波适用场景和具体需求,根据大上行业务的需求,提出适应不同业务需求的毫米波帧结构和灵活帧结构方案,并对方案可行性进行分析。

2 应用场景和灵活帧结构需求分析

2.1 应用场景分析

从毫米波传播特性和覆盖能力考虑,5G 毫米波适合部署在相对空旷无遮挡或少遮挡的园区环境。经过多次行业会议和研讨会讨论,业界已经明确毫米波典型的部署场景,具体如下:

a) 行业专网场景。5G 毫米波系统与 MEC、AI 技术相结合,可以为覆盖区域提供“大容量高速率+本地化”的智能解决方案,满足行业客户低时延、大带宽、安全隔离的需求。

b) 品牌价值区。毫米波在部署初期将与 6 GHz 以下频段的 5G 系统结合,形成 5G 系统高低频混合组网方式,用于重要品牌价值区域的覆盖,提升品牌价值,或者用于人流密集场所和热点区域的吸热,提供进一步的大容量上传能力。

c) 大带宽回传场景。毫米波可以作为无线回传链路,利用高达 800 MHz 带宽、10 Gbit/s 的系统峰值速率,可应用在一些无法布放光纤或布放光纤代价过高的固定无线宽带场景,或者毫米波自回传组网场景。

2.2 典型业务需求分析

体育场馆是毫米波应用的典型场景。毫米波与 sub 6 GHz 系统相结合,为场馆提供无线网络服务。具体业务需求包括:场馆内电视台媒体的 4K、8K 摄像转播,实时 VR 影像、运动员视角影像等多角度实时体验业务,满足公众自拍直播和场馆安保等业务服务。

2.2.1 转播和摄像需求分析

在运动会中,比赛场馆众多,比赛场地频繁更换,运动员和观众等人员位置也随时移动更换。摄像机

借助高带宽和高速率的毫米波进行转播和摄像,能够避免重复布线工作,更加灵活快捷。

如图 1 所示,以滑雪赛道场景为例,在竞赛区域部署固定机位和移动机位,并且部署 VR 4K 直播机位。各机位的网络容量需求如表 1 所示。则区域网络上行带宽需求可达 1.3 Gbit/s 左右。

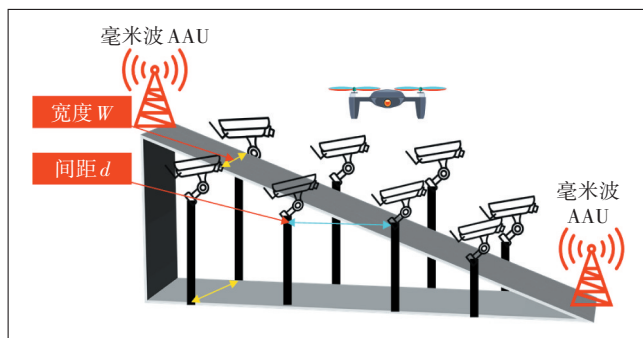


图 1 毫米波系统部署滑雪赛道场景

表 1 摄像机位网络容量需求

机位	压缩后上行带宽需求/(Mbit/s)	机位个数
竞赛区机位	4K: 40~80	8
	8K: 120~160	
移动机位	4K: 40~80	1
	8K: 120~160	
VR 直播机位	4K: 40~80	1
	8K: 120~160	

2.2.2 360° 全景观赛

冬奥会场馆部署 360° 摄像头+5G 毫米波网络进行比赛直播,电视观众不再只能固定欣赏平台拍摄的画面,可以随意选择镜头和角度,改变观赛视角。

以 VR 观赛为例,如果赛场 4K VR 席位 100 个,8K VR 席位 50 个,VR 的网络容量需求如表 2 所示,则区域网络下行带宽需求可达 7.5 Gbit/s 左右。

表 2 VR 网络容量需求

视频源	带宽需求/(Mbit/s)	座席需求
全视角 4K 2D	25	100
全视角 8K 2D	100	50

2.3 灵活帧结构需求

5G 时代的通信业务需求将会更加多样化,传统 eMBB 业务以下行容量需求为主,但如安防监控、远程医疗等大带宽上行需求正日益凸显,现阶段固定化的组网方式和资源配置难以满足差异化的业务需求,需要更灵活的资源配置和协同融合的弹性网络。图 2 给出了 5G 业务场景。



图2 5G业务场景

即使在同一个行业应用的不同时段,也需要灵活地配置上下行网络容量资源。以安防监控为例:在日常监控中,4K 高清摄像头将监控视频图像回传网络,需要大带宽上行业务保障能力;突发安全事故后,需要将事故发生时的视频和目前实时监控视频发送到附近警卫终端,快速告知情况,需要大带宽下行业务保障能力;出警后,监控中心和警卫间需要实时进行视频远程互动,需要上行和下行保障能力。图3给出了安防监控系统的工作流程。

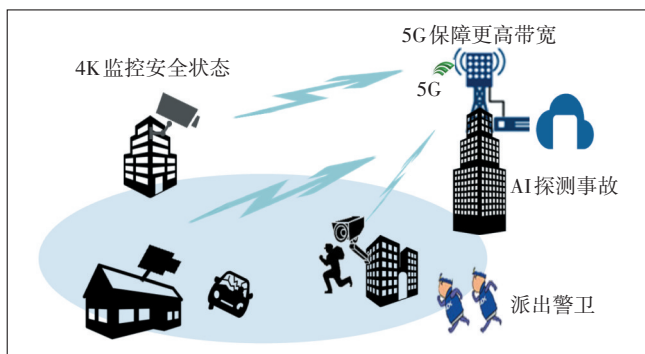


图3 安防监控系统的工作流程

在频谱和带宽动态共享的前提下,网络还需要具备灵活调整上下行网络容量的能力。TDD网络是时分双工网络,可通过调整上下行时隙结构来调整上下行网络容量。

3 毫米波灵活帧结构

在26 GHz频段5G毫米波系统帧结构讨论中,中国联通首次提出基于上行增强的毫米波帧结构配比方案,用以满足未来更加丰富的上行业务需求。目前行标中3种帧结构如图4所示。

3种方案皆为0.625 ms周期,对应120 kHz子载波带宽。3种帧结构上下行时隙比例不同,Option1帧结构下行与上行比例为3.24;Option2帧结构下行与上行比例为0.31;Option3帧结构下行与上行比例为0.79。3种帧结构中,后2种充分考虑了上行业务需求。

在高低频混合组网中,3.5 GHz频段5G系统用于

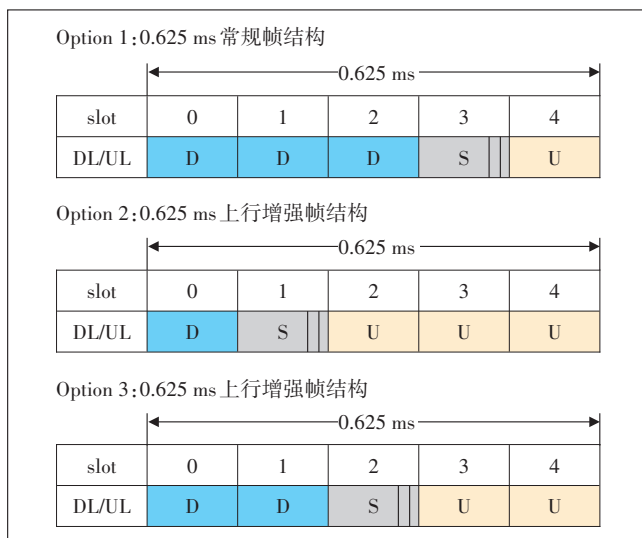


图4 5G毫米波系统Option1、Option2和Option3帧结构示意图

城市基础网络,帧结构要求相对稳定;26 GHz频段5G毫米波系统用于满足行业应用,帧结构可以根据网络需求灵活调整。

在弹性网络中,可以根据覆盖区域长时间的业务情况进行预测调整,也可以根据5G行业应用的突发性进行上下行帧结构快速调整,满足5G行业应用需求,也可以有效面对演唱会等对上行带宽需求明显的公网场景需求。

4 毫米波不同帧结构性能分析

采用不同帧结构方案,会影响毫米波系统容量、传输时延、覆盖距离等关键性能。

Option 1、2、3具有不同的上下行时隙占比,参考3GPP TS 38.306协议对不同帧结构峰值速率的计算方式,可得如图5和表3所示26 GHz毫米波系统不同帧结构上下行网络容量的对比结果。

可以看出3种帧结构在总体容量上无较大差异,不同帧结构上下行容量分配有差异,可以较好地满足了下行为主、上行为主和上下行均衡3种业务需求。同时,考虑不同组网架构,在园区内毫米波基站SA组网时,可采用DDDSU与DDSUU满足设备性能要求。

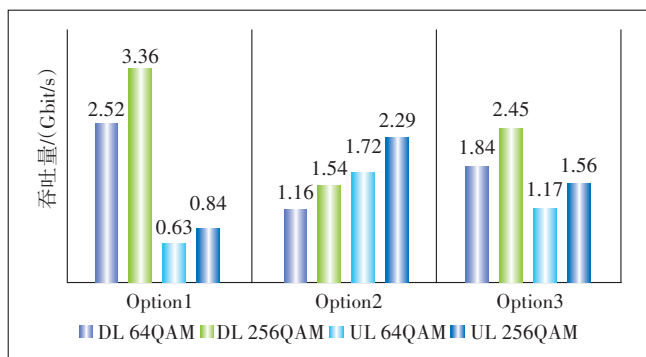


图5 毫米波不同帧结构峰值速率对比

表3 毫米波系统不同帧结构上下行网络容量的对比

帧结构	64QAM 非小区边缘单 UE 400 MHz(2流)/(Gbit/s)	256QAM 非小区边缘单 UE 400 MHz(2流)/(Gbit/s)
DDDSU	DL: 2.52 UL: 0.63	DL: 3.36 UL: 0.84
DDSUU	DL: 1.16 UL: 1.72	DL: 1.54 UL: 2.29
DSUUU	DL: 1.84 UL: 1.17	DL: 2.45 UL: 1.56

对于NR-DC组网场景,下行信令开销降低,采用DSUUU方案亦可满足上下行容量需求。

5G毫米波系统不同帧结构上下行空口时延对比如表4所示。其中DDDSU理论初传时延约1ms,DDDSU与DSUUU的初传时延则分别增大了25%与20%;在10% HARQ一次重传时延对比中,DDDSU理论时延为1.5ms,DDDSU与DSUUU的重传时延则分别增大了25%与20%。

表4 毫米波系统不同帧结构上下行空口时延对比

帧结构	初传时延/ms	10% HARQ一次重传时延/ms
DDDSU	1.25	1.875
DSUUU	1.20	1.800
DDSUU	1.00	1.500

3种方案时延最大相差0.3ms(空口),这种空口时延差异在端到端时延中影响较小,并且考虑到目前暂无对0.1ms级时延敏感的应用,3种帧结构在时延方面的差异可以暂不考虑。

3种帧结构的覆盖性能差异如表5所示。其中,毫米波频点为26GHz,全视角8K视频应用至少需要100Mbit/s的上传速率。则在400MHz带宽下,2T2R的终端选用DSUUU帧结构覆盖性能最好,在LOS路径的覆盖距离可以达到570m,而DDDSU上行覆盖性能最差,只有370m。可以看到在上行传输业务密集区域,采用Option2帧结构可以明显提高LOS经的覆盖距

表5 毫米波系统不同帧结构覆盖性能对比

帧结构	LOS径覆盖距离/m
DDDSU	370
DSUUU	570
DDSUU	510

离。

综上所述,3种方案在容量和覆盖方面具有较明显的性能差异,在未来应用中需要根据具体场景需求进行灵活的选择和转换,比如在专网场景中选择大上行Option2帧结构,在广场区域选择大下行Option1帧结构,在超低时延场景选择Option3帧结构等。采用灵活的帧结构符合差异化的行业应用需求,为用户带来更极致和贴心的5G服务体验。

5 结论

本文首先简要分析毫米波大带宽、高速率、视距传播的系统特点,对5G业务需求特别是体育场馆的业务需求进行深入分析,明确使用场景和具体的带宽需求。面对多样化的业务需求,提出适应不同业务需求的毫米波帧结构和灵活帧结构方案,并对方案进行可行性分析。

参考文献:

- [1] 陈世勇. 5G通信关键性技术[J]. 数字通信世界, 2020(2): 31-93.
- [2] 李萍,魏浩,黄静月. 高频通信技术[J]. 中兴通信技术, 2019, 25(1): 12-18.
- [3] 时翔,崔恒荣. 毫米波半导体元器件技术研究发展[J]. 电子元件与材料, 2019, 38(3): 1-6.
- [4] 石晓枫. 5G毫米波系统波束管理技术研究[D]. 重庆:重庆邮电大学, 2019.
- [5] 高帅,张忠皓,李福昌,延凯悦. 5G毫米波传播特性分析[J]. 邮电设计技术, 2019(8): 16-19.
- [6] 张忠皓,李福昌,高帅,等. 5G毫米波关键技术研究和发展建议[J]. 移动通信, 2019, 43(9): 18-23.
- [7] 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:

张忠皓,教授级高级工程师,博士,主要从事移动网无线新技术相关课题研究、标准制定、设备验证和新业务研究工作;高帅,工程师,硕士,主要研究方向为毫米波、MEC、5G通信等;李福昌,教授级高级工程师,博士,国家知识产权局中国专利审查技术专家,主要从事移动通信及固网移动融合等专业的标准制定、测试验证、课题研究等工作;马静艳,工程师,博士,主要研究方向为太赫兹、毫米波、5G通信等。