



从 WRC-19 议题看 5G 与未来移动通信发展趋势

方箭¹, 朱颖², 郑娜¹, 李芃芃¹

(1. 国家无线电监测中心, 北京 100037; 2. 中国信息通信研究院, 北京 100191)

摘要: 首先, 概述了 5G 全球发展状况, 阐述了世界无线电通信大会(WRC)和移动通信发展之间的关系。然后, 基于 ITU-R 发布的 5G 愿景建议书中的应用场景, 分析了移动互联网和物联网两种重要的 5G 场景, 并结合 WRC-15 的大会成果, 将 WRC-19 与 5G 相关的议题进行梳理, 阐述了其产生背景和核心工作内容。最后, 总结了相关议题在全球技术和频谱方面的研究现状, 给出未来研究趋势。

关键词: 5G; WRC-19; 高频段; 无线局域网; 智能交通; 物联网

中图分类号: TN92

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016161

A look at 5G and future mobile communication development trend from the point of WRC-19 agenda items

FANG Jian¹, ZHU Ying², ZHENG Na¹, LI Pengpeng¹

1. State Radio Monitoring Center, Beijing 100037, China

2. China Academy of Information and Communication Technology, Beijing 100191, China

Abstract: Firstly, global 5G development status was outlined. And the relationship between world radio communication conference (WRC) and mobile communication development was introduced. Based on the application scenarios in the ITU-R recommendation of 5G visions, two important 5G scenarios, mobile internet and internet of things were analyzed. Then those WRC-19 agenda items which related to 5G were sorted out combined with the results of WRC-15. The background and core tasks were illustrated. Finally, the global technology and spectrum status of research were summarized and the future study tendency was pointed out.

Key words: 5G, WRC-19, high frequency band, wireless local radio network, intelligent transportation, internet of things

1 引言

在全球 4G 商用方兴未艾之时, 5G 研究工作呈加快发展的趋势。2016 年 1 月, 工业和信息化部启动了 5G 研发试验, 并将试验分为 2016—2018 年的技术研发试验阶段

和 2018—2020 年的产品研发阶段, 旨在推动全球统一标准的制定和 5G 研发的产业化进程。美国、欧盟、日本、韩国等国家和地区纷纷提出 5G 试验计划和商用时间表, 力争引领全球 5G 标准与产业发展。

在标准化方面, 5G 工作主要在 ITU 的框架下开展。自

收稿日期: 2016-05-13; 修回日期: 2016-06-07

通信作者: 郑娜, zhengna@srcc.org.cn

基金项目: 国家科技重大专项基金资助项目 (No.2014ZX03001027)

Foundation Item: The National Science and Technology Major Project of China (No.2014ZX03001027)



2012年以来,ITU启动了5G愿景、未来技术趋势和频谱等标准化前期研究工作,2015年6月,ITU-R 5D完成了5G愿景建议书^[1],明确5G业务趋势、应用场景和流量趋势,提出5G系统的8个关键能力指标,并制定了总体计划;2016年初启动5G技术性能需求和评估方法研究,2017年底启动5G候选提案征集,2018年底启动5G技术评估和标准化,并于2020年底完成标准制定^[2,3]。2015年7月,ITU-R SG5确认将“IMT-2020”作为唯一的5G候选名称上报至2015年无线电通信全会(RA 15)审批通过,会议规定了后续开展IMT-2020技术研究所应当遵循的基本工作流程和工作方法^[4]。技术评估工作主要在ITU-R 5D中开展,而有关5G频率则通过世界无线电通信大会(world radio communication conference, WRC)相关议题研究确定。

2015年11月,WRC-15大会在瑞士日内瓦召开,大会涉及40多个议题,反映了全球无线电技术、业务发展的现状,体现了无线电频谱资源开发利用的新趋势。针对IMT新增全球统一的频率划分议题,最终,1 427~1 518 MHz成为IMT新增的全球统一频率,部分国家以脚注的方式标注470~694/698 MHz、3 300~3 400 MHz、3 400~3 600 MHz、3 600~3 700 MHz、4 800~4 990 MHz频段用于IMT,这些频段成为5G部署的重要频率^[5]。同时,为适应全球ICT的发展趋势,在WRC-19研究周期内,设立了高频段、智能交通、机

器类通信、无线接入系统等一系列研究课题,这些课题有的与5G用频直接相关,有的则与5G应用相关,因此,在5G研究周期内,WRC-19议题研究工作的开展十分重要。

本文将分析移动通信的发展与历届WRC的关系,并依据5G应用场景分析5G与WRC-19相关议题的关系,重点分析相关议题的现状及其未来发展趋势。

2 WRC与移动通信发展

WRC^[6]是ITU成员国审议无线电频率和卫星轨道资源的划分和使用规则,修订国际电信联盟《无线电规则》,立法规范无线电频谱和卫星轨道资源使用的国际会议,每3~4年召开一次。1993年之前,它被称作世界无线电行政会议(world administrative radio conference, WARC)。由于在1992年瑞士日内瓦举行的一次委员会上,国际电信联盟重组,这个会议随后被称为WRC。大会议题的大致范围一般提前4~6年确定,最终由理事会在大会前两年确定,而《无线电规则》的修订是基于WRC议题讨论结果决定的。WRC有关决议和最终结果将直接关系到各国无线电频谱和卫星轨道资源的使用权益,影响到通信、广播电视、航空、航天、气象、海洋、交通、空间遥感探测、卫星导航定位、雷达等无线电业务的发展,涉及各国核心利益。WRC结构关系如图1所示。从图1可以看出,WRC对整个ITU工作的开展具有前瞻性和指导性,对相关行业的发展意义重大。

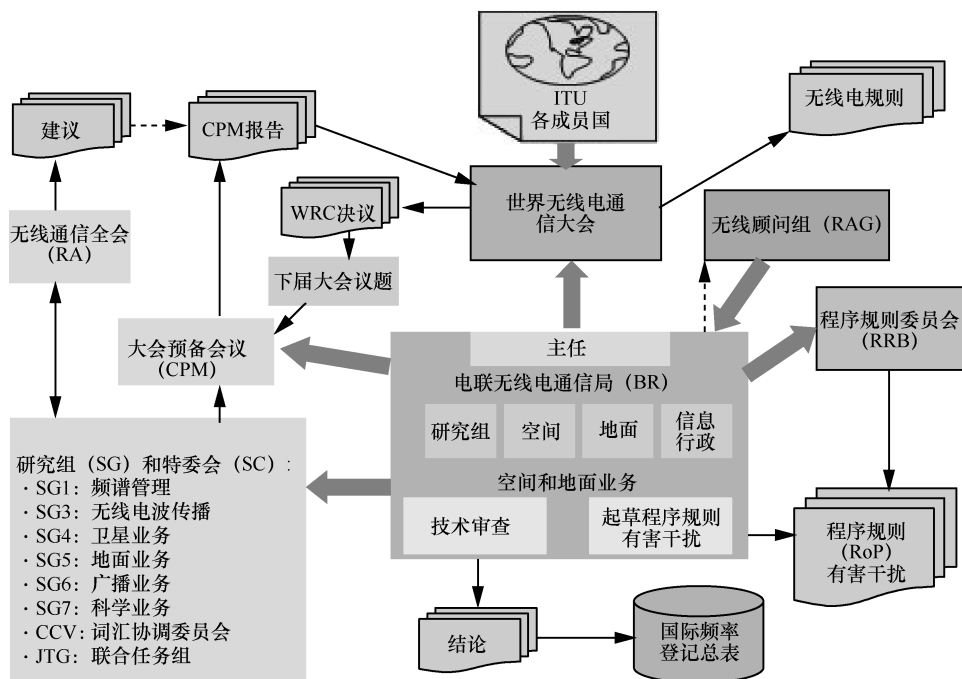


图1 世界无线电通信大会结构关系示意

对于公共移动通信而言,WRC 成果也贯穿其发展历程,特别是对于致力于全球标准统一的 3G 和 4G 系统。图2 为公共移动通信和相关 WRC 议题成果的历程。从发展历程来看,基本每 10 年会出现一次技术的革新,而大约每隔 8 年 WRC 会进行一次重大的移动通信相关频谱的划分,两者的历程是充分契合的。例如 WARC-92 确定了 3G(主要是 UMTS) 的频谱;WRC-2000 扩展了 3G 频谱;WRC-07 确定了 4G 频谱;WRC-15 扩展了 4G 频谱,确定了 5G 部分频谱;WRC-19 则将扩展 5G 高频段频谱。世界主要国家也在此基本框架下,根据本国使用现状和移动通信发展趋势,使用上述频段部署系统。例如,我国 3G 系统部署主要依托于 WARC-92 和 WRC-2000 确定的频谱;4G 系统部署主要依托于 WRC-2000 和 WRC-07 确定的频谱。WRC 确定的频谱数量呈现增长趋势,反映了公共移动通信的快速发展对频率资源的需求在不断增长。而相比于历史上每两届 WRC 为移动通信进行一次频率划分,连续在 WRC-15 和 WRC-19 设立为移动通信寻找频率划分的议题,反映了未来 5G 对频率资源的迫切需求。

3 WRC-19 相关议题分析

为扩展 IMT 特别是 5G 系统高频段频率资源(6 GHz 频段以上),设立了 WRC-19 1.13 议题。同时,WRC-19 还

设立了智能交通、机器类通信、5 GHz 频段无线接入系统等议题,这些议题虽然不直接与 5G 用频相关,但也是 5G 拓展和应用的重要方向^[7,8]。

3.1 5G 场景分析

相对于以往的历代移动通信系统,5G 不仅满足人之间的通信,还将渗透到社会的各个领域,以用户为中心构建全方位的信息生态系统。由于 5G 需要满足人与人、人与物、物与物的信息交互,应用场景将更加复杂和精细化。为此,我国于 2014 年发布《5G 愿景与需求》^[9],定义了连续广域覆盖场景、热点高容量场景、低时延高可靠场景、低功耗大连接场景 4 类主要应用场景。2015 年 6 月,ITU-R 5D 完成了 5G 愿景建议书,定义 5G 系统将支持增强的移动宽带、海量的机器间通信及超高可靠和超低时延通信三大类主要应用场景,ITU 定义的 5G 主要应用场景如图 3 所示。总体而言,两者分类是一致的,均可分为移动互联网和物联网两大类场景,下述的 WRC-19 相关议题也从此角度进行分类。

3.2 WRC-19 相关议题背景及内容

3.2.1 移动互联网相关议题背景及内容

(1) 议题 1.13

为实现 5G 愿景中增强型移动宽带系统支持 10~20 Gbit/s 的峰值速率、100 Mbit/s~1 Gbit/s 的用户体验速

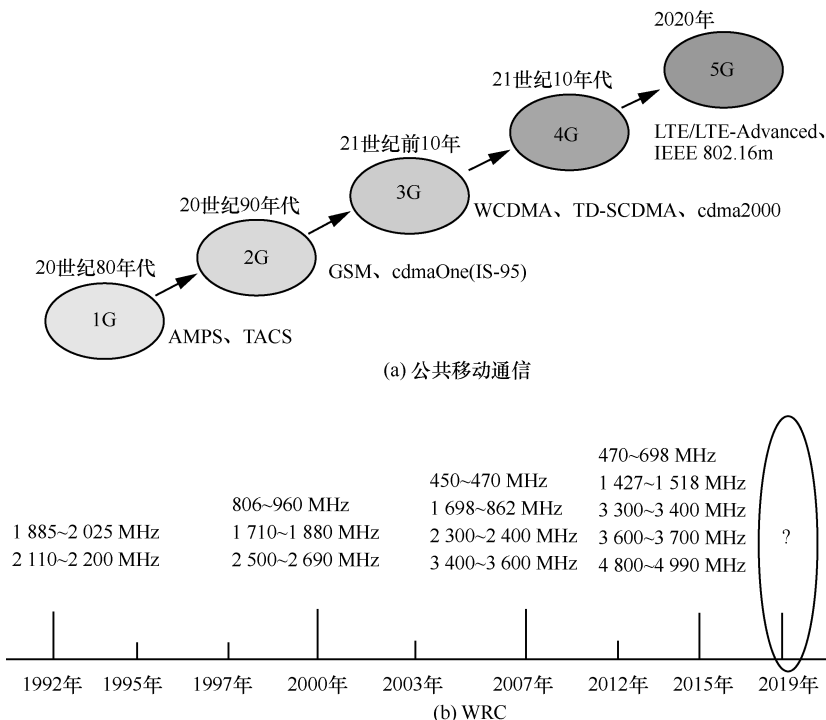


图2 公共移动通信和世界无线电通信大会发展历程

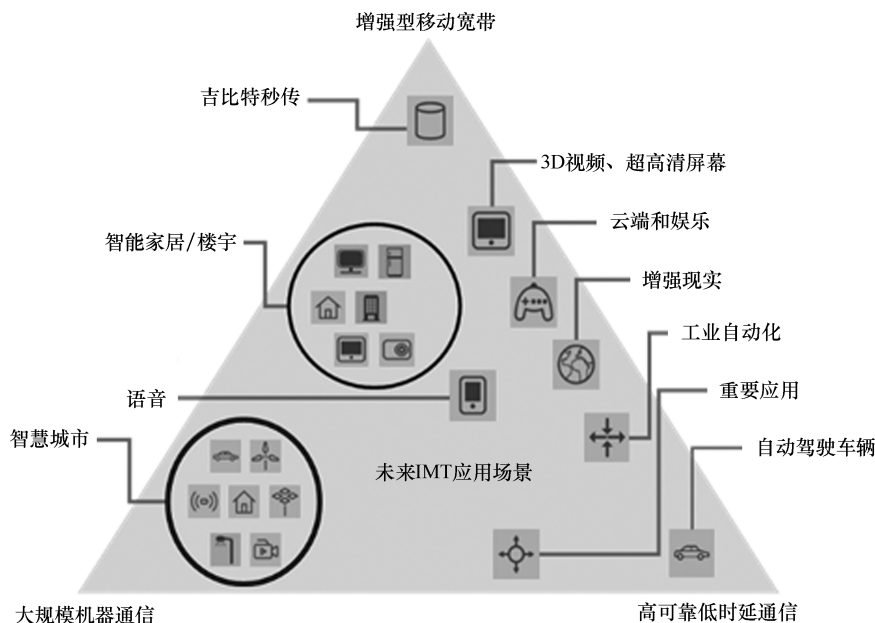


图3 ITU定义的5G主要应用场景

率的需求,原有低频段的带宽资源已远远不能满足其要求,而考虑到在高频段范围内寻找连续大带宽比在低频段内寻找具有更大的可能性。为此,经过WRC-15的多轮讨论和协调,根据大多数国家和组织的意愿,会议通过了WRC-19 1.13议题。

WRC-19 1.13 议题:根据第238号决议(WRC-15),审议为国际移动通信(IMT)的未来发展确定频段,包括为作为主要业务的移动业务做出附加划分的可能性。具体工作包括频谱需求和候选频段两方面。

① 频谱需求

在WRC-19之前开展并及时完成适当的研究,以确定在24.25~86 GHz频率范围内IMT地面部分的频谱需求,同时顾及以下方面:

- 此频率范围内操作的地面IMT系统的技术和操作特性,包括通过技术进步和高效频谱技术实现的IMT演进;
- 为IMT-2020系统设想的部署方案以及对高密度城区和/或高峰时间段内高数据流量的相关要求;

- 发展中国家的需求;
- 需要频谱的时间表。

② 候选频段

在WRC-19之前为以下频段开展并及时完成适当的共用和兼容性研究(酌情考虑邻频),并同时考虑对这些频段内主要业务提供保护,这些频段具体如下。

- 具有移动业务为主要业务划分的各频段:24.25~27.5 GHz、37~40.5 GHz、42.5~43.5 GHz、45.5~47 GHz、47.2~50.2 GHz、50.4~52.6 GHz、66~76 GHz和81~86 GHz。
 - 可能需要提供移动业务作为主要业务附加划分的各频段:31.8~33.4 GHz、40.5~42.5 GHz和47~47.2 GHz。
- 具体频段分布情况如图4所示。

(2) 议题 1.16 和 议题 9.1.5

在WRC-15 1.1 议题中,美国提出了扩展5 GHz频段(5 350~5 470 MHz频段和5 725~5 850 MHz频段)用于无线接入系统,但JTG 4-5-6-7 研究结果表明,现有的干扰缓解技术无法确保RLAN(无线局域网)系统不对无线电定

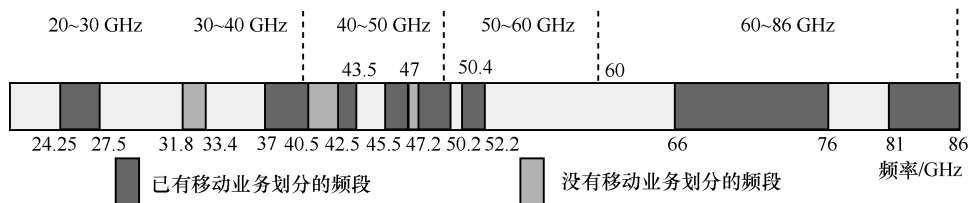


图4 WRC-19 1.13 研究频段

位业务、卫星地球探测等业务产生干扰,在 WRC-15 上并未通过。为此,美国在 WRC-15 议题 10 中提出了研究 5 150~5 925 MHz 频段用于包括 RLAN 在内的无线接入系统(WAS)的新议题(WRC-19 1.16 议题),获得通过。同时,为考虑该频段 WAS 与现有业务的兼容性问题,设立了 WRC-19 9.1.5 议题。上述两个议题虽然不是直接属于 5G 应用范畴,但是考虑到在全球 IMT 系统提出了使用非授权频段(特别是 5 GHz 频段),也是需要重点考虑的。议题内容如下。

WRC-19 1.16 议题:根据 239 号决议,审议 5 150~5 925 MHz 频段内包括无线局域网在内的无线接入系统(WAS/RLAN)的相关问题,并采取适当规则行动,包括移动业务做出的附加频谱划分。具体如下:

- 研究 WAS/RLAN 在 5 GHz 频率范围的技术特性和操作要求;
- 开展研究以便确定可能的 WAS/RLAN 缓解技术,从而促进与 5 150~5 350 MHz、5 350~5 470 MHz、5 725~5 850 MHz 和 5 850~5 925 MHz 内现有业务的共用,同时确保对现有业务(其中包括现有和规划中的使用)的保护;
- 开展有关 5 150~5 350 MHz 频段内 WAS/RLAN 应用和现有业务之间的共用和兼容性研究,探究实现 WAS/RLAN 室外操作的可能性,包括可能的相关条件;
- 进一步开展 WAS/RLAN 应用同现有业务之间的共用和兼容性研究。

WRC-19 9.1.5 议题:根据第 764 号决议,审查在《无线电规则》^[10] 第 5.447F 和 5.450A 款中引证的 ITU-R M.1638-1^[11]和 M.1849-1^[12]建议书的技术和规则的影响。

- 研究在脚注 5.447F 和 5.450A 中,将引证的 ITU-R M.1638-0 建议书替换为 ITU-R M.1638-1 建议书对上述脚注中所述业务的技术和规则影响,同时确保不给这些脚注中引用的业务施加不必要的限制。
- 研究在脚注 5.447F 和 5.450A 中,增加一项新的对 ITU-R M.1849-1 建议书的引证对上述脚注中所述业务的技术和规则影响,同时确保不给这些脚注中引用的业务施加不必要的限制。

3.2.2 物联网相关议题背景及内容

(1) 议题 1.12

本议题是由日本在 APG15-4 会议上首先提出的,旨在

全球范围内统一 ITS 频率,并提出了相应的决议草稿。日本认为,考虑到 ITS 技术广泛应用以及人们对安全驾驶需求的不断增加,有必要从全球范围上协调统一 ITS 的频率,从而更好地实现跨境货物、观光等运输,推进 ITS 通信设备在交通工具制造时实现生产线上的预安装制造,以便向全球各地销售。议题内容如下。

WRC-19 1.12 议题:根据第 237 号决议,在现有移动业务的划分下,尽可能实施演进的智能交通系统,考虑可能的全球区域统一频段。

(2) 议题 9.1.8

在 ITU-R M.1036 建议书^[13]的 694~790 MHz 频段的频率安排方案中,部分方案涉及机器类通信的频率配置。为此,ASMG(阿拉伯频谱管理组)提出建立物联网新议题的需求,致力于实现全球一致化频率。

WRC-19 9.1.8 议题:根据第 958 号决议,研究无线网络和系统技术与操作问题及频谱要求,其中包括为支持实施窄带和宽带机器类通信基础设施统一使用频谱的可能性,并酌情制定建议书、报告书和/或手册,并在国际电信联盟无线电通信部门工作范围内采取适当行动。

4 5G 相关议题研究现状及趋势

从上述 WRC-19 议题来看,核心内容主要包括技术特性、频率可用性以及统一性等,将重点分析技术特性、频率现状及未来趋势。

4.1 移动互联网相关议题研究现状及趋势

(1) 议题 1.13^[14]

为开展 WRC-19 1.13 议题的研究工作,ITU-R 设立 TG5/1 任务组负责兼容性问题;明确 ITU-R WP 5D 工作组负责 24.25~86 GHz 频率范围内 IMT 频谱需求、IMT 地面部分的技术与操作特性参数研究等^[15];明确 ITU-R SG3 研究组负责共存研究所需的高频段传播模型研究;ITU-R 其他相关业务的研究组/工作组负责共存研究所需的原有业务系统参数和保护准则研究。兼容性研究将是上述工作的核心。

从议题所提出的 11 个潜在候选频段业务划分来看,全部都有空间业务的划分。因此,空间业务兼容性将是分析重点。考虑到空间业务部署具有全球化的特点^[16],研究工作必将立足于全球角度开展。目前,相关兼容性分析工作尚未开始,在 2016 年 5 月召开的会议将确定研究框架、工作计划等相关内容,具体分析工作主要将集中在 2017 年



和 2018 年的 TG5/1 会议中开展。由于涉及候选频段范围较广,且 5G 系统处于研究初期,如何通过建模确定合适的 IMT 参数将会是工作难点,传播模型的确定工作也会给 ITU-R SG3 带来挑战。

从全球看,除了美国、韩国确定 28 GHz 频段外,大部分国家和地区尚未确定适合的频段,我国需要立足于国内使用现状,联合各方力量加快推进兼容性分析工作。

(2) 议题 1.16 和议题 9.1.5

WRC-19 议题 1.16 和议题 9.1.5 的研究工作主要在 ITU-R WP5A 工作组中开展。其研究的 5 GHz 频段是 WLAN 技术的重要候选频段,实现对 IMT 系统的分流。同时,5 GHz 频段也可以作为 IMT 技术的非授权频段,引起各方关注。

从技术而言,5 GHz 部分频段已经作为 WLAN 系统使用频段,主要技术为 IEEE 802.11a/n/ac 等,未来升级版本 IEEE 802.11ac 和 IEEE 802.11ax 也将部署在该频段。同时,2014 年 9 月,3GPP 组织正式开始了在非授权频段使用 LTE 技术的研究和标准化工作,3GPP R13 阶段该技术被正式命名为 LAA,并确定 5 GHz 频段作为目标使用频段,并在 2015 年为该频段确定了 3GPP 新频段号(band46)。

从频率而言,依据 WRC-03 形成的 229 决议,全球主要国家和地区将 5150~5 350 MHz 和 5 470~5 725 MHz 规划用于 WAS,主要用于 RLAN,中国仅开放 5 150~5 350 MHz 频段。对于 5 725~5 850 MHz 频段,由于原有固定业务等存在,开放的程度少于上述频段。其余 5 GHz 频段暂时均未开放用于 RLAN 系统,具体参见表 1。上述频段相应的技术规范也基本参考 ITU-R 229 号决议所引证的建议书(ITU-R M.1638)。

从未来发展看,美国将积极推动 5 GHz 全频段用于 RLAN 技术,为其 WLAN 技术的发展奠定充足、连续、可用的频率资源。但是,考虑到兼容性的问题,还需要考虑该频段现有部署的卫星地球探测、无线电定位等其他业务的应

用和发展,这势必将对相关技术参数(功率限值等)、干扰缓解技术(DFS/TPC)提出新的要求。对于我国而言,需要重点考虑对该频段现有业务的保护,同时考虑 LAA 等技术部署的可行性。

4.2 物联网相关议题研究现状及趋势

(1) 议题 1.12

WRC-19 1.12 议题的研究工作主要在 ITU-R WP5A 工作组中开展,目前,车联网作为智能交通系统发展的重要组成部分,在各国都引起了极大关注。

从技术角度而言,车联网技术主要包括 IEEE 802.11p 和 LTE-V 两种。IEEE 802.11p 作为 IEEE 802.11 标准扩充的通信协议,于 2010 年 7 月颁布,在考虑了实现汽车相关的合适场景基础上,对传统的无线短距离网络技术加以扩展,具体包括更先进的切换机制、移动操作、安全增强、识别、对等网络认证等方面。LTE-V 作为 4G 向 5G 发展过程中的重要技术,由我国相关企业提出并在 3GPP 开展标准化工作,其是基于 LTE 的蜂窝技术,考虑了十几种应用场景,并合理设计了移动速度、通信时延、传输可靠性、安全要求等众多因素,考虑主要由运营商来部署运营。

从频率使用角度而言,IEEE 802.11p 主要面向的是共用频谱,而 LTE-V 主要面向的是专用频谱。目前美国、欧洲均在 5.9 GHz 频段上按控制信道、安全服务、非安全服务 3 类业务规划了频率资源,日本主要规划 700 MHz 和 5.8 GHz 频段用于智能交通系统,韩国也在 5.8 GHz 频段开展了相关试验。目前我国的车联网频率规划研究工作正在开展中。

从未来看,5.9 GHz 频段将成为全球智能交通系统的重要频段,在此频段需主要考虑与现有卫星固定等业务的兼容性问题。我国应积极向 ITU 提出合适频段,推动 LTE-V 技术写入 ITU-R 相关建议书或报告书中。

(2) 议题 9.1.8

WRC-19 9.1.8 议题的研究工作主要在 ITU-R WP5D

表 1 全球重要国家 5 GHz 频段 RLAN 开放情况

国家和地区	5 150~5 250 MHz	5 250~5 350 MHz	5 470~5 725 MHz	5 725~5 825 MHz
美国	开放	开放(DFS/TPC)	开放(DFS/TPC)	开放
加拿大	开放	开放(DFS/TPC)	开放(DFS/TPC)	开放
欧盟	开放	开放(DFS/TPC)	开放(DFS/TPC)	开放
韩国	开放	开放(DFS/TPC)	开放(DFS/TPC)	开放
日本	开放	开放(DFS/TPC)	开放(DFS/TPC)	未开放
中国	开放	开放	未开放	开放

注:(1) 5 150~5 250 MHz 国外只能用于室内(美国除外),5 250~5 350 MHz、5 470~5 725 MHz 应用于室外时通过 DFS/TPC 与雷达共存;
(2) 欧盟 5 725~5 825 MHz 频段规划为宽带固定无线接入(BFWA);(3) 在中国实际分配的频段为 5 725~5 850 MHz。

工作组中开展。近年来,各国都非常重视物联网的发展,主要集中在技术和标准化方面,随着工业互联网、车联网等物联网应用的兴起,许多国家都将物联网相关研究上升到国家政策高度。

从技术来看,物联网涉及的技术纷繁复杂,总体来说,可以分为两大类:基于微功率(短距离)的免执照技术和公网基础上扩展的技术。微功率(短距离)的免执照技术主要包括 IEEE 802.11 (IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ah 等)、IEEE 802.15 (蓝牙、ZigBee 等) 系列技术以及联盟 (LoRaWAN 等)、企业的私有技术 (Sigfox 等)。公网的物联网技术主要包括早期的 GPRS、CDMA 以及近年在 LTE 技术框架下的 NB-IoT、eMTC 等。

从频率使用角度而言,微功率(短距离)的免执照技术主要是各国根据自身频率使用现状,所规范规划的短距离设备 (SRD) 频率,根据其用途不同,涵盖几 kHz 到几十 GHz。而 NB-IoT、eMTC 等基于公网的新兴物联网技术目前仍然在 3GPP 标准化阶段,频段主要使用现有 LTE 的标准化频段,并重点考虑了 2 GHz 以下频段。

从全球看,该议题的设立旨在寻找统一的频段,由于各国物联网频率资源使用零散且具有本国特性,找到统一的频段将面临极大的挑战。我国应积极寻找可用的物联网频段,并将合适频段写入相关 ITU-R 建议书或报告书,同时,推动我国自主的技术在 ITU 标准化。

5 结束语

未来 5 年将是 5G 技术逐渐成熟的 5 年,移动互联网和物理网都将经历飞跃式的成长和发展。在 5G 技术研究的同时,需要积极推进 WRC-19 各相关议题的研究工作,并兼顾议题与 5G 工作的衔接,实现相辅相成,互相促进。

参考文献:

- [1] ITU. IMT vision-framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond: document 5D/TEMP/625-E[R]. Geneva: ITU, 2015.
- [2] 陈晓贝. 第五代移动通信愿景和挑战 [EB/OL]. [2016-02-22]. <http://www.cctime.com/html/2016-2-22/1139541.htm>.
CHEN X B. Vision and challenges of the fifth generation mobile communications [EB/OL]. [2016-02-22]. <http://www.cctime.com/html/2016-2-22/1139541.htm>.
- [3] 罗振东, 魏克军, 陈晓贝. 标准制定即将启动, 5G 概念和技术路线逐渐清晰 [EB/OL]. (2015-04-16)[2015-12-09]. http://www.cnii.com.cn/wireless/2015-04/16/content_1561976.html.
LUO Z D, WEI K J, CHEN X B. Standardization is about to start, 5G concept and technology roadmap become clear[EB/OL]. (2015-04-16) [2015-12-09]. http://www.cnii.com.cn/wireless/2015-04/16/content_1561976.html.
- [4] 方箭, 李景春, 黄标, 等. 5G 频谱研究现状及展望[J]. 电信科学, 2015, 31(12): 103-110.
FANG J, LI J C, HUANG B, et al. Review and prospect on the research of 5G spectrum [J]. Telecommunications Science, 2015, 31(12): 103-110.
- [5] 马斌. 为变化中的世界分配频谱——从 WRC-15 看当前无线电频谱资源开发利用的趋势[J]. 中国无线电, 2016(3): 37-41.
MA B. Allocating spectrum for a changing world—a look at current exploitation trend of radio spectrum resource from the point of view of WRC-15[J]. China Radio, 2016(3): 37-41.
- [6] WRC. World radiocommunication conferences [R/OL]. (2015-11-02) [2016-02-09]. <http://www.itu.int/en/ITU-R/conferences/wrc/Pages/default.aspx>.
- [7] ITU. ITU-R final acts WRC-15[R]. Geneva: ITU, 2015.
- [8] ITU. ITU-R administrative circulars, R00-CA-CIR-0226 results of the first session of the conference preparatory meeting for WRC-19 (CPM19-1)[R]. Geneva: ITU, 2015.
- [9] IMT-2020 推进组. “5G 远景与需求”白皮书 [R]. China: IMT-2020, 2014.
IMT-2020 Promotion Group. White paper on 5G vision and requirements[R]. China: IMT-2020, 2014.
- [10] ITU. ITU radio regulations edition of 2012 [R]. Geneva: ITU, 2012.
- [11] ITU. Characteristics of and protection criteria for sharing studies for radiolocation, aeronautical radionavigation and meteorological radars operating in the frequency bands between 5 250 and 5 850 MHz: ITU-RM 1638-1[R]. Geneva: ITU, 2015.
- [12] ITU. Technical and operational aspects of ground-based meteorological radars: ITU-RM 1849-1[R]. Geneva: ITU, 2015.
- [13] ITU. Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of international mobile telecommunications (IMT) in the bands identified for IMT in the radio regulations: ITU-R M 1036-5[R]. Geneva: ITU, 2015.
- [14] 朱颖, 许颖, 方箭. 基于 WRC-19 1.13 新议题的 5G 高频段研究概况及展望[J]. 电信网技术, 2016(3): 5-10.
ZHU Y, XU Y, FANG J. Outline and prospect on 5G high frequency band study based on the new agenda item 1.13 of WRC-19 [J]. Telecommunications Network Technology, 2016(3): 5-10.



[15] ITU. Proposed revisions to attachment 2.12 of Document 5D/1042-Workplan, timeline, process and deliverables for the future development of IMT: ITU-R Document 5D-TD-0062-E [R]. Geneva: ITU, 2016.

[16] 工业和信息化部. 中华人民共和国无线电频率划分规定[Z]. 2014.

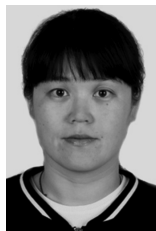
The Ministry of Industry and Information Technology. People's republic of China regulations on the radio frequency allocation[Z]. 2014.

[17] 杨森, 李明明, 方正, 等. 浅析美国 5G Wi-Fi 新频段与 802.11ac 标准[J]. 数字通信世界, 2013(6): 78-80.

YANG M, LI M M, FANG Z, et al. Analysis on U.S. new spectrum bands of 5G Wi-Fi and 802.11 ac [J]. Digital Communication World, 2013(6): 78-80.

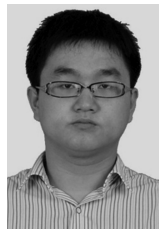


朱颖(1987-),女,中国信息通信研究院工程师,主要从事无线电频谱规划、频谱管理、电磁兼容分析等方面的研究工作,参与国家科技重大专项、“863”计划等多个科研项目。



郑娜(1984-),女,国家无线电监测中心工程师,主要从事无线电新技术、频谱管理、电磁兼容分析等方面的研究工作,参与国家科技重大专项等多个科研项目。

[作者简介]



方箭(1986-),男,国家无线电监测中心高级工程师,中国通信标准化协会 TC5 频率组副组长,主要从事无线电频谱规划、系统间电磁兼容分析、认知无线电等方面的研究工作,负责和参与国家科技重大专项、“863”计划等多个科研项目。



李芃芃(1986-),女,国家无线电监测中心工程师,主要从事边境地区无线电频率协调、系统间电磁兼容分析等方面的研究工作。