



综述

动态频谱共享研究现状及展望

冯岩,孙浩,许颖,方箭

(国家无线电监测中心,北京 100037)

摘要:动态频谱共享作为解决频谱供需矛盾的有效方式之一,在国际上受到了广泛关注。首先,对动态频谱共享的发展情况进行了概述。然后,对国际上动态频谱共享的政策制定、标准化及应用情况等进行了梳理。最后,结合无线电管理现状,分析了实施动态频谱共享在频率管理、台站管理及无线电监测等方面的影响及挑战。

关键词:动态频谱共享;认知无线电;白频谱;高效利用

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016062

Review and prospect on the research of dynamic spectrum sharing

FENG Yan, SUN Hao, XU Ying, FANG Jian

State Radio Monitoring Center, Beijing 100037, China

Abstract: As one of the most efficient ways to alleviate the problem of spectrum scarcity, dynamic spectrum sharing has drawn worldwide attention. Firstly, the concept of dynamic spectrum sharing was briefly introduced. Next, from the aspects of rulemaking, standardization and application, the international development of dynamic spectrum sharing was fully investigated. Finally, based on the current situation of radio management, the impact and challenges on frequency management, radio station management and radio monitoring were analyzed.

Key words: dynamic spectrum sharing, cognitive radio, white space, efficient utilization

1 引言

作为无线通信技术乃至信息通信产业持续创新发展的核心资源和重要载体,无线电频谱资源既是国际层面也是国家层面的稀缺性战略资源。在满足民航、铁路、气象、电力等传统行业和部门在信息化、智能化建设发展中用频需求的同时,还需应对移动互联网、物联网等新一代信息通信技术对频谱资源提出的巨大挑战。根据思科 2015 年

发布的《全球移动数据流量预测 2014-2019》调研报告^[1],到 2019 年,全球移动数据流量将由 2014 年的每月 2.5 艾字节(Exabyte, EB),增长至超过 24.3 EB/月,其中将有 97% 产生自智能设备。海量的移动设备和机器对机器(machine to machine, M2M)应用以及更加快速广泛的蜂窝网络,将推动移动流量显著增长,进而极大增加对频谱资源的需求。频谱资源的合理配置将对未来信息通信产业发展产生至关重要的影响。

收稿日期:2015-11-02;修回日期:2015-12-16

通信作者:许颖,xuying@srrc.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 (No.2014ZX03001027)

目前,主要采用独占授权方式分配和使用大多数商业和非商业频谱,即无线电管理部门通过行政化和市场化的方式将不重叠的频带分配给特定的用户独占使用。独占授权频谱对用户的技术指标和使用区域等有严格的限制和要求,能够有效避免系统间干扰并可以长期使用。然而,这种方式在具备较高的稳定性和可靠性的同时,也存在着因授权用户独占频段造成的频谱闲置、利用不充分等问题,加剧了频谱供需矛盾。为解决频谱资源供需矛盾日益突出、部分频段频谱利用率低的问题,各国无线电管理部门根据技术发展和应用需求,纷纷加强频谱资源优化配置,对频谱资源使用权进行适时调整。清频、规划调整是近年来调整频谱使用权的主要措施之一,但存在实施时间长、耗资大协调困难等问题。随着以认知无线电系统(cognitive radio system, CRS)为代表的无线电新技术的出现,动态频谱共享成为可能。用户可以在不同时间、不同地理位置和不同码域等多个维度上共享频谱,实现不可再生频谱资源的再利用,克服传统的“条块分割”式静态频谱使用政策下频谱资源利用不均衡的缺点,提高频谱使用效率。基于动态频谱共享的无线电新技术是解决当前无线电频谱资源瓶颈问题的关键,是无线电业务发展的新引擎,同时也将影响无线电频谱分配方式以及管理政策。

2 频谱共享概述

目前欧美等地区和国家陆续针对频谱共享开展了研究工作。美国、英国等国家已经在广播电视频段“白频谱”(TV white space, TVWS)上实施了免执照使用方式。欧洲提出了授权共享接入(licensed shared access, LSA 或 authorized shared access, ASA)管理架构。美国提出了“频谱高速公路计划”,通过频谱接入管理系统以等级接入的方式实现商业系统对联邦频谱的共享。各个研究组织、产业联盟、咨询机构等也相继发布了研究报告,共同对频谱共享进行探讨^[2-6]。

从用户权利上区分,频谱使用方式可以分为如下 3 种:独占授权使用,只存在单一主用户,具有使用频段的绝对优先权,其他非授权用户不得使用该频段;免执照使用,用户使用频段不受限制,彼此之间享有同等的使用权利但均不受到保护,需要通过技术手段避免相互产生干扰;动态共享使用,在保证主用户不受干扰的前提下,通过设计牌照权限(如规定接入时间、接入地点、发射功率、干扰保护等),赋予次用户相应的频谱使用权利,次用户可使用数据

库、频谱感知、认知无线电等技术,在空间、时间、频率等不同维度上与主用户共享频谱。作为一种新兴的频谱使用模式,动态频谱共享并不能替代现有的独占授权方式和免执照方式,而是两种传统模式的补充。无论是欧洲的授权频谱接入模式,还是美国的等级接入模式以及 TV 白频谱模式,都属于在传统独占授权管理和免执照管理模式基础上发展出的一种补充、过渡式的频谱共享管理模式。从使用方式上考虑,免执照使用也可以认为是一种共享模式,用户具有相同的使用权利,用户之间通过动态频谱选择等机会接入的方式共享免执照频段。而 ASA/LSA 等频谱共享方式与免执照使用的主要区别在于,除了用户之间的共享使用外,还需与已有主用户共享频段。表 1 对现有几种频谱使用模式进行了比较。

表 1 频谱使用模式比较

类别	授权模式	授权共享模式	TV 白频谱	免执照模式
用户等级	最高	次要	次要	无
已有主用户	无	有	有	无
牌照发放	需要	需要	不需要	不需要
牌照区域有效性	全国	全国或分区域	无	无
频谱使用方式	独占	共享	机会接入	机会接入
功率	高功率	高功率/低功率	低功率	低功率
QoS	有效保证	有效保证	不保证	不保证
感知	不需要	可选	可选	不需要
数据库	不需要	需要	需要	不需要

3 国际标准化组织研究进展

2007 年世界无线电通信大会(WRC-07)确定了 WRC-12 的 1.19 议题:根据第 956 号决议的要求,对引入软件无线电和认知无线电需采取的规则措施及相关性进行研究。2009 年,ITU-R WP 1B 工作组完成了 ITU-R SM.2152 报告书,对认知无线电定义如下:“无线电发射机和/或接收器采用的一种可以了解其操作和地理环境、确定政策及其内部状态的技术;一种能够根据了解到的情况动态和自动调节参数和协议以达到预定目标的技术;也是一种可从了解到的结果中汲取经验的技术。”WP 5A 工作组围绕 ITU-R 241 号问题,开展了陆地移动业务中认知无线电技术的相关研究工作,陆续推出了 ITU-R M.2225 和 M.2330 报告书,对陆地移动业务中的认知无线电系统的定义、关键技术、潜在应用、无线电业务共存等问题进行了阐述。此外,WP 5D 工作组于 2011 年完成了 ITU-R M.2242 报告书,对 IMT 系



统中认知无线电的应用及关键技术进行了重点研究。WRC-12通过了ITU-R第58号决议,决定继续开展“认知无线电实施和使用”方面的研究工作,包括在相关无线电通信业务和频带上应用CRS的技术需求、特点、性能和可能带来的收益等问题。目前,WP 5A工作组正在对ITU-R 241号问题进行修订;同时WP 1B工作组开展了两个新研究报告的制定工作,分别对“采用认知能力的无线电系统动态频谱接入涉及的频谱管理原则、调整和相关问题”和“支持频谱和电信网设施共享使用的创新性管理工具”进行研究。

欧洲邮电管理委员会(European Conference of Postal and Telecommunications Administrations, CEPT)也围绕认知无线电等频谱共享技术,开展了一系列技术及战略研究工作。在共享白频谱方面,2008年发布了24号报告对470~862 MHz频段白频谱上部署新应用的初步可行性进行研究。之后,电子通信委员会(Electronic Communications Committee, ECC)又相继发布了159号、185号、186号报告,分别对470~790 MHz频段白频谱设备的技术和操作需求等进行了研究。2015年5月,发布了最新的236号报告^[7],给出了国家实施使用地理位置数据库的TV白频谱的管理框架指南。从2011年开始,欧洲电信标准化协会(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)针对TV白频谱相继完成了多项技术规范(TS)、技术报告(TR)及欧洲标准(EN)的制定工作,主要包括TR102 907、TS102 946、TS103 143和TS103 145等,研究和规范了白频谱的使用案例、系统需求、地理位置数据库信息交换及白频谱使用的系统架构和程序等。ETSI于2014年发布了关于白频谱设备(WSD)的欧洲统一标准EN301 598^[8],包含了一系列技术需求及测试流程,为白频谱设备在欧洲的发展奠定了基础。白频谱设备在使用时,应符合要求以避免有害干扰。ETSI目前正在进行EN303 144和EN303 387标准制定工作,规定不同地理位置数据库之间信息交换的参数和流程以及白频谱协同使用的信令和信令交换协议。

针对IMT频率紧缺、新频段无法在短时间内完成清频等问题,2011年5月CEPT频谱管理工作组(WG FM)第72次会议上高通公司和诺西公司提出了授权共享接入(ASA)的概念^[9],IMT用户采用认知无线电、地理信息数据库等技术实现频谱共享,在不对授权频段上主用户产生干扰的情况下,获得授权后可动态接入当前未被占用的频谱资源。欧盟委员会无线电频谱政策小组(Radio Spectrum Policy Group, RSPG)发布了关于频谱共同使用及共享方法的报告^[10],提出了

与ASA类似的概念,即许可共享接入(LSA)。CEPT将起初的ASA概念扩展为LSA,为LSA用户和主用户在特定频段的共享制定技术支撑,包括LSA可用频段选取、频率规划、干扰保护准则制定等方面,潜在应用也由移动固定通信网(mobile/fixed communication network, MFCN)扩展至其他应用。2012年9月WG FM会议上,成立了FM53“可重配系统和授权频谱接入”项目组和FM52“2 300~2 400 MHz频段”项目组,分别对LSA实施指南以及2.3 GHz频段部署LSA的频率规划和政策条款进行研究。2014年2月ECC发布了205号报告^[11],对LSA的适用范围、共享框架、频率分配、授权过程、协调一致和移动固定通信网应用等问题进行了总结。目前,CEPT正在研究无线宽带与节目制作和特殊事件(PMSE)共享使用2.3 GHz频段的统一技术条件和解决方案等问题,已发布55号、56号和58号报告。随着LSA在政策和研究层面上的逐步推进,ETSI也于2012年开始同步进行LSA的标准化研究并完成了相应的研究报告和技术规范,包括2.3 GHz频段部署LSA移动宽带系统的无线电频谱电磁兼容问题(TR103 113)、系统需求(TS103 154)及正在进行的系统架构技术规范(TS103 235)等。ETSI通过标准化工作制定满足监管要求的统一标准,包括具体频段上的共享机制、系统架构和设计规范。

4 国际频谱共享实施案例及分析

4.1 欧洲2.3~2.4 GHz授权频谱接入

2012年欧盟通过了开展无线电频谱政策计划的提案(Decision No.243/2012/EU),欧盟委员会在“促进境内市场无线电频谱资源共享”通讯报告^[12]中表明支持LSA作为频谱共享的一种方式,分析了频谱共享的政策背景及挑战等,并提出了境内频谱共享的后续实施建议。作为对欧盟委员会推进LSA实施计划的响应,2013年RSPG提供了包括LSA定义、法律、监管、牌照以及实施等方面的意见^[13],将LSA定义为“一种对有限数量的授权用户在单独授权体制下使用已经分配或将要分配给一个或多个主用户的频带运营无线电通信系统的监管方式。LSA方式下,依据频谱使用权利等共享规则,新增用户经过授权后使用频谱(或部分频谱),包括主用户在内的所有授权用户均享有一定的服务质量(QoS)保证。”LSA不是新的授权体制,而是一种通过引入其他授权用户促进已分配频谱高效使用的管理方法。LSA用户可以在空间或时间维度上与主用户共享频段。由于LSA的牌照数量有限,用户可以通过协作规划

等静态方式,或使用公共数据库、认知无线电等动态方式,解决或避免潜在的干扰问题。如果授权主用户要求其他限制,还需要建立一个能够更新信息、获取数据和提供接入条件的综合管理系统等。

在授权共享的频段选取方面,起初欧洲考虑了 2.3 GHz 频段(移动业务与军用/无线摄像机共享)和 3.8 GHz 频段(移动业务与卫星业务共享)。目前主要实施方案是在 2.3 GHz 频段上以 LSA 方式部署移动宽带网络。国家管理机构和主用户通过建立 LSA 频谱仓库,提供 LSA 频谱的时间、地点可用信息。LSA 控制器通过从 LSA 频谱仓库获取的信息,在可用区域/时间控制移动运营商网络接入 LSA 频谱。若由于主用户保护等限制要求,某些区域 LSA 频谱不可用,则移动网络接入使用原授权频段。欧洲 METIS、CORE+、CoMoRa 等项目也相继开展了 LSA 的研发工作。2013 年 4 月,芬兰在 2.3 GHz 频段上进行了全球首次 ASA/LSA 频谱共享试验。在 LSA 框架下,TD-LTE 系统共享其他系统的现有频段,两种网络的服务质量都得到保证。试验结果表明,通过采用 LSA 方式共享频谱,运营商能够将移动宽带网络的带宽提升 18%^[14]。

4.2 美国 3.5 GHz 频谱共享试点

美国从 NTIA 管理的联邦频谱和 FCC 管理的商业频谱两方面入手,进行频谱清查和研究,为无线宽带寻找可用频谱。2010 年 10 月,NTIA 发布《将 500 MHz 频谱用于无线宽带的计划与时间表》,确定了大约 2 200 MHz 的候选频段、协调时间表以及相应的激励措施。同时,NTIA 对 5 个重点频段的短期可行性进行了评估^[15],建议优先考虑 1 695~1 710 MHz 和 3 550~3 650 MHz 频段。针对美国频谱使用现状,为弥补现行政策的不足,有效解决“频谱短缺”问题,促进美国经济发展和确保世界领先地位,2012 年 6 月美国总统科技顾问委员会(PCAST)向总统奥巴马提交了一份报告^[16],提出“频谱高速公路计划”,采用等级接入的方式促使商业服务共享联邦频谱。同时,PCAST 还提出需要建立包含动态数据库的频谱接入系统(spectrum access system, SAS)对该民用宽带服务进行管理。SAS 保证用户只能在不对主用户造成干扰的区域使用频谱,同时也对不同级别用户间的干扰进行管理和保护。等级接入制度将用户分为以下 3 个等级。主用户接入(incumbent access, IA)频段上已经存在的联邦用户,具有频段使用的最高优先级,在划定的主用户使用区内独占频段,在 SAS 中注册后保证其不受其他系统的干扰;优先接入(priority access,

PA)在数据库中登记后,可在指定区域内拥有部分频谱的短期优先使用权,需要在 SAS 中进行注册,从而获得授权,得到一定的 QoS 保证,并免受其他次要用户干扰;一般授权接入(generalized authorized access, GAA)具有频谱使用的最低优先级,采用频谱感知或数据库等方式,设备应具备多频段操作能力和动态频谱选择功能,在指定时间和区域内可免费接入该频段,但只允许低功率发射。图 1 给出了三级用户使用区域示例。

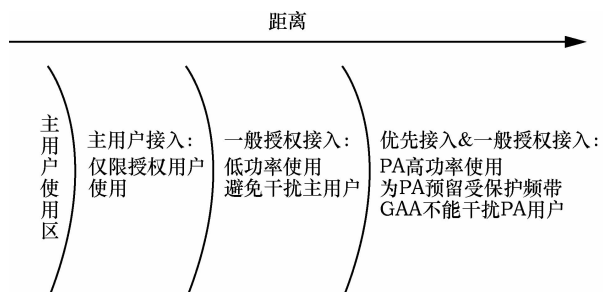
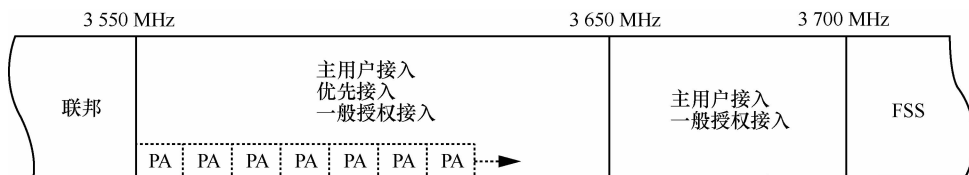


图 1 三级用户使用区域示例

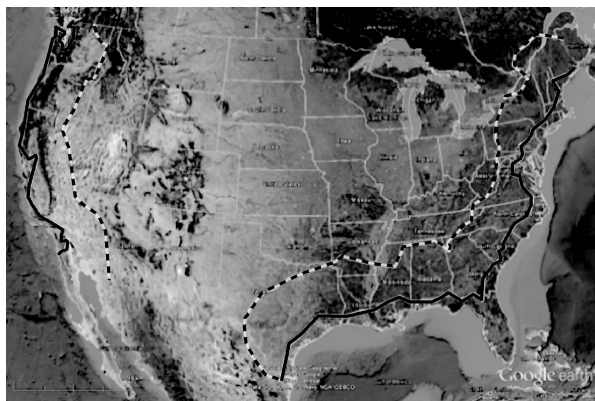
根据 PCAST 的建议,2012 年 12 月 FCC 发布 12-148 号规则制定提案公告(notice of proposed rulemaking, NPRM),研究通过以小蜂窝(small cell)的方式在 3.5 GHz 频段上开展频谱共享,部署新型民用宽带服务(citizens broadband service)。3 550~3 650 MHz 频段目前分配给美国国防部雷达系统(如海军舰载雷达)等使用。另外,相邻的 3 650~3 700 MHz 频段已经以低功率、轻执照的方式分配给非联邦卫星固定业务(fixed satellite service, FSS),包括非联邦卫星地球站(接收)、空对地操作和馈线链路等,与联邦主用户进行共享。因此,在后续的 3.5 GHz 频段共享试验中,美国将 PCAST 建议使用的 3 550~3 650 MHz 频段扩展至 3 700 MHz。根据 NTIA 的评估报告^[15],若对 3.5 GHz 频段进行拍卖,为保留必要的联邦服务,在美国东西海岸线附近的陆地区域需要 200 英里的隔离区。采用小蜂窝的方式能够减小与主用户的隔离区,同时带来容量的成倍增长。

经过多轮意见征集,2015 年 4 月 FCC 正式发布了 15-47 号“3.5 GHz 民用宽带无线服务规则”^[17],采用 PCAST 提出的等级接入方式在 3 550~3 700 MHz 频段上建立包括 PA 和 GAA 在内的二级商业无线服务,与联邦主用户共享频谱。由私营商业团体运营的频谱接入系统将用于协调和管理不同层次用户的共存。如图 2 所示,PA 执照可在单个普查区域(census tract)内享有 10 MHz 信道的 3 年使用授权,在 3 550~3 650 MHz 频段内最多为 PA 使用分配 70 MHz 频谱。GAA 允许在 3 550~3 700 MHz 频段共 150 MHz 频谱

图2 美国 3.5 GHz 频段民用宽带无线服务规划示例^[17]

上采用类似免执照的方式使用,GAA 用户设备认证后可接入频谱,无需机构的进一步审批,但无法得到其他民用宽带无线服务用户的保护。FCC 同时制定了允许商业服务在美国大陆地区使用频谱感知技术的路线图。该规则的发布是美国在授权商业和联邦用户频谱共享的政策上迈出的重要的一步。美国 3.5 GHz 频段试验得到了政府、研究机构、产业界的广泛关注和参与,试验方案也逐步由理论走向实践。虽然对授权式频谱共享的成效仍存在争议,但作为传统频谱管理方式的补充方式,其短期可行性已得到认可。

2015 年 6 月 NTIA 发布了关于 3.5 GHz 隔离区分析和计算方法的技术报告(TR-15-517)^[18],给出了民用宽带无线电业务(citizens broadband radio service, CBRS)设备接入节点和用户终端的技术和部署参数、联邦雷达系统的技术特性以及隔离区的计算分析方法,并将生成的隔离区提交给了 FCC。如图 3 所示,粗实线为修正后的船载雷达隔离区,相比粗虚线所示的原先划定的隔离区大大缩小。

图3 美国 3.5 GHz 频段联邦雷达系统使用隔离区^[18]

4.3 美国 TV 白频谱发展

在对商业频谱的再利用方面,美国关注的重点集中在 54~216 MHz 和 470~698 MHz 频段的 TV 白频谱上。目前,美国对广播电视频段存在的部分白频谱采用免执照的方式,基于白频谱数据库,在严格考察和授权过程下,免执照设备机会式接入使用^[9]。TV 白频谱设备包括固定和手持设备。为了使用免执照频段,需要建立包含可用白频谱信道信息的数据库,数据库中的可用信道根据设备的类型和位置

实时变化。白频谱设备通信时,首先需要向授权的白频谱管理者发送请求。管理者根据 FCC 制定的一系列规则自动生成可用信道数据,同时避免干扰受保护的 TV 台站等主用户。白频谱设备收到信道列表后,选择信道完成通信。

2008 年 11 月 FCC 首次发布了 TV 白频谱的使用规范,允许免执照的无线电设备使用当地的空闲广播电视频段(白频谱),并认为在恰当的管理和合适的设备操作下,免执照设备使用白频谱时不会干扰已有服务^[20]。FCC 对白频谱设备进行了定义和分类,提出“地理位置数据库”、“接收外部控制信号”以及“频谱感知”3 种白频谱探测方法,并对感知的功率下限和定位的最低精度做出了相应要求。同时,FCC 给出了发射天线高度、发射功率控制、带外功率限制等技术指标,对已有广播电视服务进行保护。在 2010 年和 2012 年,FCC 又对 FCC 08-260 补充和修改,去除了对白频谱设备感知功能的强制要求,强化数据库与设备以及数据库之间通信的安全性。2011 年 12 月 FCC 批准 Spectrum Bridge 公司的“电视白频谱数据库系统”运行,这是美国第一套投入运行的白频谱数据库设备。经过在东海岸等地区的试点,2013 年 3 月 FCC 在全国范围内发放了白频谱设备授权。目前,FCC 已经批准了包括 Spectrum Bridge 和 Google 在内的 6 家数据库公司运营白频谱数据库。

随着激励拍卖政策的逐渐成熟,美国对 TV 白频谱的使用逐渐由免执照向激励拍卖发展。2014 年 6 月 FCC 发布了激励拍卖的 14-50 号报告和法令,包括实施拍卖的临时规则。实施激励拍卖,能够加快 600 MHz 广播电视频段重新规划使用,但是会对包括免执照白频谱设备、无线麦克风和低功率电视等重要业务产生影响。2014 年 9 月,FCC 发布了 14-144 号规则制定提案公告,为这些业务的运行制定新的规则。FCC 预计将在 2016 年初开始实施激励拍卖。

5 对无线电管理的挑战和应对

动态频谱共享方式能够弥补现行频谱管理方式的不足,在短期内解决频谱短缺的问题。在动态频谱共享模式下,无线电管理仍将继续综合运用法律、行政、经济和技术这 4 种管理手段。但是,施行动态频谱共享模式也对频谱

管理各环节提出了一些新的挑战。

5.1 频谱需求预测

准确预测频谱资源需求量既能够为新的频谱需求及时做好频谱资源分配的规划,促进相关行业和产业的发展,又避免了超前分配导致的资源浪费。目前的频率需求预测方法都是考虑独占式的频谱使用,而引入频谱共享技术后,使用场景、用户行为以及技术方式都会有所不同。首先,业务特征发生改变。业务特征是建立频谱预测模型的关键部分。在动态频谱共享模式下,由于使用权短期化、动态化,业务种类、部署场景、业务容量、传输速率等特征也将多样化发展。其次,频谱效率需要重新衡量。频谱效率评估是频谱需求预测的重要部分,动态频谱共享将是多种无线电新技术的融合,其频谱效率也将因业务采取的不同技术特征而存在较大差异。另外,频谱使用中将存在多种方式互补。未来网络将异构化发展,对频谱的使用也不会仅采用单一方式。共享式频谱使用将会对网络授权频谱和免执照频谱的需求量产生影响。

目前,ITU已形成了成熟的IMT和WLAN系统频谱需求预测分析方法。共享的频谱资源成为运营商固有分配频谱资源的重要补充,可以通过其在时间、空间的动态使用特性,分析共享频谱对于整个业务的分流比例,从部署场景出发,确定、提取相关参数,对频谱需求预测方法进行修正,统筹分析传统独占授权方式、免执照方式、频谱共享方式频谱需求总量和占比情况。

5.2 频谱统筹规划

对频谱资源进行统筹规划,是频谱管理的重要环节,从而满足各行业频谱资源需求。由于频谱资源紧张,而需求日益增长,目前在低频段已经很难找到连续可用的频谱资源。频谱共享方式,为频谱规划提供了一条新途径。未来的频谱规划可从未规划资源的继续挖掘和已规划资源的重新配置两方面入手,最大化频谱资源利用。首先,频谱共享的引入可能会改变频谱规划方式。为频谱共享寻找可用频段,可能会涉及已规划频段的补充规划或重新规划,在保护现有业务的前提下,增加新业务的共享使用。其次,需要改进兼容分析手段。在实施频谱共享前,应开展全面的兼容分析,充分评估与主用户系统共享频段的干扰风险。系统的多样性,加大了兼容分析的复杂度。一方面,应分析次用户系统和主用户系统之间的干扰水平,设计合理的技术指标和使用权限;另一方面,还应对次用户系统之间的相互影响进行测试和评估,保证各系统的服务质量。另外,应统筹

各行业频谱需求。频谱共享的方式下,次用户需要在一定条件下与主用户共享频谱,一般会涉及多个行业、多个业务之间的共享使用问题。最后,应充分考虑共享频段国际协调统一。从国际市场竞争的角度考虑,频谱共享不仅涉及国家内部的规划问题,还涉及国际上各个国家的协调统一。互操作性、漫游、频谱效率以及边境频率协调等问题,都需要国际协调一致,在国际范围内共同促进频谱有效利用。

相比传统频率规划,动态频谱规划方式更加复杂,从传统频率切割走向空间、时间、频率三维的统筹规划,根据用户的优先权特性,建立不同层级的技术和政策要求。同时,考虑不同层级用户间在使用、共存之间的关联性,确定合适的法规。在实践中,可以选择合适的频段,设计动态频率规划方案,开展技术试验试点,逐步完善规划的方法和思路。

5.3 频谱动态分配

与传统频谱管理方式的单系统静态独享分配模式不同,频谱共享在时间和空间上动态使用没有被充分利用的频谱资源。实施频谱共享,需要对频谱分配方式进行创新性管理。首先,分配方式从零散窄带分配向动态连续宽带分配转变。这要求频谱分配时,避免条块化频带分割,对各系统频率使用的相关性、兼容性等进行统筹考虑和动态调整,优化网络的整体性能。其次,需要对多级用户进行管理。传统的独占授权使用或免执照使用方式,转变为独占、共享、免执照使用相融合的方式。同一频段将存在多种业务、多种使用方式的用戶,这就需建立全面、完善、智能的多级用户频谱接入管理系统。通过实时掌握频谱使用情况和用户需求,实现动态的频谱分配和用戶管理,保证各级用戶的使用权限。另外,频谱使用授权方式将发生很大改变。频谱共享使用的短期性特点,使其授权方式将与传统的长期性独占授权具有很大区别。为适应共享使用中频谱牌照类型的多样化,需对授权方式进行改进。根据业务使用特征、经济条件、竞争能力等,设置合理的牌照管理模式,从多个维度对频谱使用进行动态授权。

动态频谱分配不同于原有固定分配,它根据先验信息的动态调整使用频率。因此,获取频谱使用信息是进行频谱动态分配的基础,目前国际主流的信息获取方法有感知数据库和频谱检测两种。在实际网络部署中,需根据业务使用特性,从频率分配颗粒度、分配最大带宽等角度,统筹考虑系统间、系统内、用户间的多级资源调整问题,构建包含传感器网络和动态频率数据库在内的频谱共享接入管理系统,实现资源高效、合理的动态分配。



5.4 频谱使用监管

频率使用评估、无线电监测和台站管理是频谱使用监管的重要组成部分,不但能够为寻找频谱共享可用频段提供依据,还能为动态频谱分配提供指导。频谱共享的引入,对监管方式提出了很大挑战。在频谱使用评估方面,由于频谱共享引入了大量无线电新技术,改变了传统的频谱使用模式,从多个维度对频谱进行了重复利用,需要建立新的频谱效率度量方法,统筹考虑通信容量、覆盖范围、干扰级别、传输时间、带宽等因素,衡量频谱的实际使用效率。同时,还应从工程实现、经济效益、社会效益等多个方面对频谱共享进行全面评估。在无线电监测方面,对于传统通信系统而言,其对频谱使用需符合国家频率划分和规划要求,因此,无论是针对特定业务还是特定频段进行监测,符合占用情况均有规律可循。动态占用频谱的方式将使电磁环境更加复杂,无线电监测必须考虑多种信号影响,势必将加大监测工作难度,对无线电信号监测性能、信号识别能力、干扰查找都提出了更多的挑战。在台站管理方面,采用动态频谱共享方式,会引入新型管理数据库,需与现有台站库进行数据交换。因此在数据接口、鉴权等方面应慎重考虑。另外,在台站类型设置、频率占用收费等方面也将发生改变。

无线电管理是涉及频率规划、频率监测、台站管理、频率评估多方面的闭环管理,而动态频谱共享更是上述几个方面统一的重要体现,不仅需要提升每个环节的水平,还需要加强环节之间的沟通和数据交汇,实现有机融合。此外,还应建立一套合理完善的动态分配回收机制,监测频谱共享中各级用户的接入使用情况,一旦发现对其他用户产生干扰或利用率不达标等情况,就对频谱回收再分配,达到最大化频谱利用率的目标。

6 结束语

在无线电频谱需求日趋增长、频谱资源日益紧张的背景下,动态频谱共享管理模式应运而生。无线电技术迅猛发展,为频谱共享的实现提供了环境基础。目前,欧美国家已经在共享概念、共享框架、使用原则、实施步骤、技术手段等方面引领了频谱共享管理模式的发展。面对新形势,我国应紧跟国际发展趋势,积极开展频谱共享体系研究,建立适合我国的频谱共享管理机制。同时,着手频谱清查和审计工作,利用频谱数据库和监测网,对数据进行全面收集和分析,为动态频谱共享寻找可用资源,推进我国频谱资源的统筹规划。另外,还应加速推动频谱资源市场化,

顺应市场发展的潮流和趋势,建立频谱使用授权新机制,通过竞争机制促进频谱资源的高效利用。

参考文献:

- [1] Cisco. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update 2014-2019[R]. 2015.
- [2] MIT Communications Futures Program. Toward More Efficient Spectrum Management[R]. 2014.
- [3] Deloitte. The Impact of Licensed Shared Use of Spectrum: Report for GSMA[R]. 2014.
- [4] Rysavy Research. Complexities of Spectrum Sharing-How to Move Forward[R]. 2014.
- [5] Ofcom. The Future Role of Spectrum Sharing for Mobile and Wireless Data Services-Licensed Sharing, Wi-Fi, and Dynamic Spectrum Access[R]. 2014.
- [6] Wireless Innovation Forum. Dynamic Spectrum Sharing Annual Report 2014[R]. 2014.
- [7] ECC Report 236. Guidance for National Implementation of a Regulatory Framework for TV WSD Using Geo-Location Databases[R]. 2015.
- [8] White Space Devices (WSD); Wireless Access Systems operating in the 470 MHz to 790 MHz frequency band; Harmonised EN Covering the Essential Requirements of Article 3.2 of the R&TTE Directive: ETSI EN 301 598[S]. 2014.
- [9] Qualcomm and NSN. Authorised shared access-an evolutionary spectrum authorization scheme for sustainable economic growth and consumer benefit [Z/OL]. Presentation at the 72nd Meeting of the WG FM, CEPT, Doc. FM(11)116, 2011. [2016-01-12]. [http://www.cept.org/Documents/cg-crs/363/CGCRS\(11\)07_Presentation-of-ASA-concept-\(FM\(11\)116-Attachment\)](http://www.cept.org/Documents/cg-crs/363/CGCRS(11)07_Presentation-of-ASA-concept-(FM(11)116-Attachment))
- [10] RSPG of European Commission. Report on Collective Use of Spectrum (CUS) and Other Spectrum Sharing Approaches: RSPG11-392[R]. 2011.
- [11] ECC Report 205. Licensed Shared Access (LSA)[R]. 2014.
- [12] European Commission. Promoting the Shared Use of Radio Spectrum Resources in the Internal Market: COM(2012)478 [R]. 2012.
- [13] RSPG of European Commission. RSPG Opinion on Licensed Shared Access: RSPG13-538[R]. 2013.
- [14] NSN. NSN demonstrates world's first authorized shared access field trial with TD-LTE spectrum[Z]. 2013.
- [15] NTIA. An Assessment of the Near-Term Viability of Accommodating Wireless Broadband Systems in the 1675-1710 MHz, 1755-1780 MHz, 3500-3650 MHz, and 4200-4220 MHz, 4380 MHz-4400 MHz Bands[R]. 2010.
- [16] PCAST. Realizing the Full Potential of Government-Held Spectrum to Spur Economic Growth: Report to the President[R]. 2012.

- [17] FCC. Amendment of the Commission's Rules with Regard to Commercial Operations in the 3 550-3 650 MHz Band: Report and Order and Second Further Notice of Proposed Rulemaking: FCC 15-47[S]. 2015.
- [18] NTIA. 3.5 GHz Exclusion Zone Analyses and Methodology: NTIA Report 15-517[R]. 2015.
- [19] 黄标,李景春,谭海峰,等. 认知无线电及频谱管理[M]. 北京:人民邮电出版社, 2014.
- HUANG B, LI J C, TAN H F, et al. Cognitive Radio and Spectrum Managment[M]. Beijing: Posts and Telecom Press, 2014.
- [20] 王兴军,程云笛,黄星煜,等. 聚焦“白频谱”: 国外的管理法案与标准概览[J]. 电视技术, 2014, 38(17): 47-53, 71.
- WANG X J, CHENG Y D, HUANG X Y, et al. Focus on “White Space”: overview of foreign management legislation and standards[J]. Video Engineering, 2014, 38(17):47-53,71.

[作者简介]



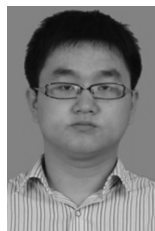
冯岩(1984-),女,国家无线电监测中心工程师,主要从事无线电新技术、频谱管理、无线电管理数据库等方面的研究工作,参与国家科技重大专项、“863”计划等多个科研项目。



孙浩(1984-),男,国家无线电监测中心工程师,主要从事无线电监测、无线电安全、频谱管理等方面的研究工作。



许颖(1987-),女,国家无线电监测中心工程师,主要从事频谱管理新方法、频谱共享技术及频谱价值评估等方面的研究工作,参与多个国家级科技项目,已发表学术论文 10 余篇。



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科学频率组副组长,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,发表学术论文 30 余篇,曾获中国通信标准化协会科学技术奖一等奖、二等奖、三等奖各 1 项,获中国通信学会科学技术奖二等奖 1 项。