



综述

我国频谱共享的可行性研究与推进建议

周钰哲

(中国电子信息产业发展研究院无线电管理研究所, 北京 100846)

摘要: 目前,我国工业和信息化领域一系列战略稳步推进,5G、移动互联网等信息技术快速发展,无线电频谱资源的稀缺性再次凸显。频谱共享为解决频谱资源的稀缺问题提供了解决方案,并被国际主流国家积极推行。在分析国内外频谱共享研究与应用现状的基础之上,进一步讨论了我国推行频谱共享的意义和挑战,给出了频谱共享可行性评估和分析框架,并提出了频谱共享的推进建议。

关键词: 频谱资源;频谱共享;无线电管理

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016108

Feasibility research and suggestions of spectrum sharing

ZHOU Yuzhe

Radio Management Institution, China Center for Information Industry Development, Beijing 100846, China

Abstract: With the advancement of information and industry strategies, 5G technologies, and mobile internet, scarcity of radio spectrum resources highlighted again. Spectrum sharing provides a solution to the problem of spectrum scarcity. It is currently and actively under research by the international mainstream countries. Based on the analysis of domestic and international spectrum sharing research and application, the purposes and challenges of the spectrum sharing were further discussed, feasibility assessment framework for spectrum sharing was provided, and some suggestions were proposed to promote the implementation of spectrum sharing.

Key words: spectrum resource, spectrum sharing, radio management

1 引言

频谱是具有经济和社会价值的有限资源,是信息化和工业化深度融合的重要载体。研究表明,当前无线频谱利用中最突出的问题是整体频谱利用效率低。导致这个问题的主要原因在于当前所采用的无线频谱利用技术的落后以及现有无线频谱政策的局限。频谱共享作为提高频谱利用率、解决频谱短缺的重要手段之一,为当前频谱紧张局面提供了一种极为有效的解决途径。频谱共享是指由两个或两个以上用户共同使用一个指定频段的电磁频谱。共享

用户可分为主用户和次用户。主用户是指最初被授予频段且愿意与其他接入者共享资源的用户;次用户是指其余被允许按照共享规则使用频谱的用户。按照不同的标准,可将频谱共享分为不同的类型,如授权式和免许可式,共存式、非协作式和协作式,下垫式、填充式和交织式,开放式、分级式和动态式等^[1]。频谱共享的实现技术可分为两大类^[2]:一是感知类,如认知无线电技术;二是共享数据库类,如频谱池技术。将这两类技术结合起来使用,如美国三层频谱接入机制^[3](如图1所示)中采用的基于数据库的认知无线电技术等,可获得更好的频谱利用率。

收稿日期:2015-12-14;修回日期:2016-03-12

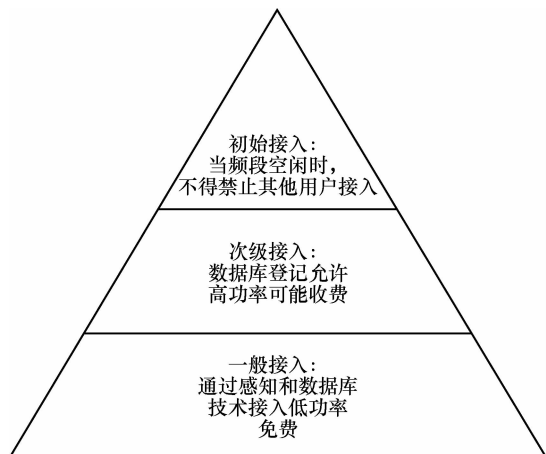


图 1 三层频谱接入机制

2 频谱共享国内外研究与应用现状

2001 年,英国 Surrey 大学 Paul Leaves 等人最早提出动态频谱分配概念。自 2002 年开始,美国联邦通讯委员会(Federal Communications Commission, FCC)、IEEE 802.22 工作组以及欧盟第七框架计划(Framework Program 7, FP7)都致力于研究利用认知无线电技术实现利用暂时空闲的频谱进行无线通信。维吉尼亚工学院、美国加州大学、美国乔治亚理工学院以及德国 Karlsruhe 大学在各种频谱感知技术及共享频谱池技术方面取得了显著成效。2010 年,美国提出了“频谱高速公路计划”^[4],通过实施新的频谱结构和无线电系统架构,并采用一种频谱资源管理网络实现微小区低功率二次接入或一般授权接入,预期可将频谱容量扩充 1 000 倍以上。2011 年, FCC 将 3.5~3.6 GHz 频段确认为优先共享频段,并制定相应的频谱共享监管框架,以促成这段频谱共享的实现。2012 年,欧盟委员会推出了一项使许多新无线技术可以共享免执照的频段以及能使用电视频道间的白频谱的频谱共享计划^[5]。同年,欧盟成立 METIS 2020 项目组,负责推进 5G 中的频谱共享研究。2013 年,欧盟在《促进境内市场无线电频谱资源共享》报告中研究了推动频谱共享计划的挑战和问题,进一步出台了批准企业间共享无线频谱资源的政策。同年,诺基亚西门子通信公司主导的现场 TD-LTE 试验中,证明授权共享接入(authorized shared access, ASA)技术可通过动态访问未充分利用的频谱,可为未来 5G 网络奠定坚实基础。2014 年,美国政府在部分城市开展频谱共享试点计划,推广三层频谱接入机制;同时,欧盟通过定义“有益共享机会”确立了 ASA 的基本框架。2015 年, LTE-U(LTE-Unlicensed)论坛

发布了首个关于应用 5 GHz 非授权频谱的技术规范^[6],包括与 Wi-Fi 技术的共存规范。同年,诺基亚通信与 T-Mobile 共同研发授权辅助接入(license assisted access, LAA)解决方案,并预计在 2016 年成为 3GPP(the 3rd Generation Partnership Project)产业标准^[7]。

目前,我国国家通信标准化协会和多个“863”计划、“973”计划等国家重大专项课题都在积极探讨无线通信系统之间的频谱共享方案,例如 694~806 MHz 广播系统、2.3~2.4 GHz 雷达系统和 5G 移动通信系统(5th generation mobile communications system)等。中国信息通信研究院正在研究 TD-LTE 系统实现分时频谱共享的方式^[8]。国家无线电监测中心对我国频谱高速公路战略进行了研究,指出频谱共享有利于推动技术创新和产业进步。此外,我国已提出在一定频段内感知和分配频谱的技术,多个大学研究机构也对认知无线电、动态频谱分配技术做了相关研究。

由此可见,推行频谱共享已成为国际主流趋势,世界主要国家和地区都在加紧制定和研究适合本国或地区的频谱共享模式和计划,相关的技术研究也不断进步。虽然发达国家的频谱共享技术和政策尚未定型,研究成果仍然比较零散,频谱共享系统并未大规模商用,但是可以看出欧美国家实行技术研究和政策措施并行,而我国更加注重于技术研究,相关的政策措施较少。

3 我国推行频谱共享的意义与挑战

3.1 我国推行频谱共享的意义

随着移动互联网、物联网等新一代信息通信技术的飞速发展以及智能终端的普及,无线电技术和应用不断涌现,相应的频谱资源需求将呈现爆发式增长。例如,中国信息通信研究院估计 2020 年之前我国需要 1 177 MHz 的国际移动通信业务频谱^[9]。以目前的无线电业务使用情况来看,根本无法弥补频谱资源的严重短缺。而频谱共享可以为各类业务增加可用频谱的数量,提高频谱资源的利用率,从而有效缓解我国频谱资源的供需矛盾。

无线电频谱资源几乎是以无偿或者非常低的费用分配给使用者,频谱的初始分配决定了某些用户独占频段,从而造成大量无线电频谱资源的闲置浪费,其潜在价值无法得到挖掘。频段在时间和空间的维度上并未得到充分利用。而频谱共享可以缓解频谱利用率的不平衡程度,降低频谱的重置成本,充分利用频谱资源的潜在价值。

推行频谱共享能有效实现频谱资源精细化管理。频谱



精细化管理是现代管理模式和无线电管理内容的高度融合。目前,对于频谱资源的规划与利用都是建立在静态的频率规划的基础之上。动态的频率规划和管理机制能够实现空间、时间和频率 3 个维度上频谱的最大化利用,符合未来频谱管理创新的趋势。

频谱资源是大数据时代最宝贵的基础性资源之一,频谱资源匮乏将制约国家或者地区的相关技术和产业的发展,从而在国际或地区竞争中处于不利地位。推行频谱共享将为新一代以无线电为信息载体的信息通信技术在重点行业和重要企业中的应用提供“宽带、高速”的基础资源保障,从而提升相关产业和企业的竞争优势,如信息化水平和总体运行效率,有利于实现相关产业的转型升级。

我国陆地边界情况最复杂,无线电干扰也日益严重。目前,大多通过降低发射功率或者牺牲可用频段等方式来解决双边相互干扰的问题,这在一定程度上降低了边境地区居民的宽带通信体验。若能推行同陆上邻国之间的频谱共享,则可以使边境双方居民均有较好的通信服务质量,也有助于开展边境频率协调工作。

3.2 我国推行频谱共享面临的三大挑战

第一,共享技术和环境约束多。首先,频谱共享的效果依赖于共享频段的技术特性,如频段大小和频率高低。例如,候选的共享频谱优先考虑 5 GHz 以上的高频段,但高频段的传输特性受天气因素影响较大。其次,频谱共享受共享系统复杂性的影响。动态频谱共享通常涉及多种系统、接入技术、频段和协议。因此,要求设备具有一定的灵活性和复杂性。频谱共享的动态性还将带来较大的不确定性,进而可能造成系统稳定性的下降。最后,频谱共享客观条件的约束,例如共享地点、时间、网络和协议覆盖范围以及网络基础设施支撑水平等。

第二,共享参与方间的协调难度大。我国频率划分规定的无线电业务主要由政府、军方和商业用户使用。此外,还要有无线电管理机构参与其中。由于军队的频谱规划和使用以及分配给广电和公众移动通信频谱的特殊性,加之各方目前对频谱的回收和再分配意愿较冷淡,造成了部分空闲频段的释放困难,加大了无线电管理机构实施频谱共享统筹规划的难度。此外,频谱共享的可行性和实际效果将由次用户的投资决策驱动。当频谱共享的成本过高或预计收益太低时,次用户对频谱共享的投资意愿就会下降,从而增加推行频谱共享的难度。

第三,传统频谱监管方式的不适应性。首先,我国频谱

分配政策较单一,无线电频率资源分配欠优化。频谱资源的监管主要依靠行政手段,限制了市场激励手段的实施。其次,频谱使用的事后管理和监测力量不足。用户违规使用未授权频段会引起干扰,从而降低频谱共享的效果,造成主用户对频谱共享意愿的下降。最后,无线电监管数据库功能尚不完善。频率、台站、设备、监测等数据库缺乏动态频谱数据共享、地理信息、统计分析和实时更新能力,导致无线电监管的动态决策能力较低。

4 频谱共享可行性评估框架

频谱共享的可行性应当从参与共享的主客体特点、技术、非技术(包括经济和政策管理等)角度进行分析。下面提出适用于我国的一般频谱共享的可行性评估框架。

4.1 主客体特点

频谱共享的主体主要包含 3 个参与方,即监管部门、主用户和次用户。为了使频谱共享成为现实,每个参与方都扮演着重要的角色。

- 监管部门:保障足够的频谱资源,维护主用户权益,鼓励次用户之间的竞争。
- 主用户:提供频谱与次用户进行共享,并遵守共享承诺。
- 次用户:获取频谱共享许可,提供基础设施,遵守共享条款以及有效地利用频谱。次用户一般包括运营商、其他用频机构和用户。

监管部门制定共享条款时,一般希望条款覆盖范围足够广,能够适用于多种情况,以便于降低次用户的共享成本,对共享方案的监管比较简易。主用户希望频谱价值最大化,次用户希望制定个性化条款以使自己可以充分利用共享频段^[10]。

频谱共享的客体是指可以共享的频段。与专用频段不同,任何共享频谱都必须完成一定程度的协调(包括标准化等)。例如,600~700 MHz 广播电视白频段、2.4 GHz ISM(industrial scientific medical)频段、FCC 的 3.5 GHz 频段以及 LTE-U 的 5.8 GHz 频段等。此外,对于 ITU 已划分为专用的频段,而其中仍有其他用户使用的,例如 450 MHz 对讲频段,还可以利用频谱共享作为释放频段的过渡手段。

4.2 共享机会

频谱共享协议的动态性质将显著影响次用户与主用户频谱共享的可行性、复杂度和确定性。频谱块的大小和给定范围内的次用户数量,是决定频谱共享价值以及共享

方法的主要因素。动态性一般通过时间和地理位置两个维度来衡量,如图2所示。

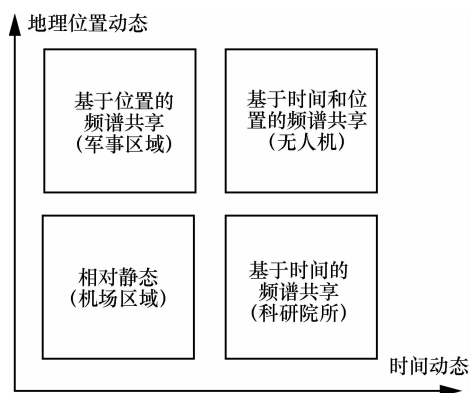


图2 频谱共享的动态性

例如,在机场区域允许运营商建造并运营稳定的网络属于相对静态的共享协议,而无人机要求接入频率根据时间和地理位置变化则属于高度动态的共享协议。当协议的动态性增加时,无论是时间还是地理位置,次用户有效使用频谱的能力将随着技术和运营复杂度以及管理成本的增加而下降。协议的动态性越强,越需要更复杂的技术和运营解决方案^[1]。

4.3 经济影响因素

频谱共享的经济影响因素包含两大部分:一是主用户的收益和成本,二是次用户的收益和成本。频谱共享的经济影响分析一般考虑以下因素。

- 频谱在专用情况下所能产生的经济收益为主用户频谱共享所能产生收益的最大值。
- 从这个最大值开始,用一定的折损来反映主用户频谱共享协议所涉及的各项条款的特性,如服务的时间和范围限制、协议期限、频率协调程度和人口等限制条件。
- 分析次用户的投资意愿,包括额外频谱产生的经济收益(如提升网络效率、降低网络成本、增加用户接入量等)、以及各种可能减少次用户投资意愿的成本因素(如合同期限、运营时间和范围、基础设施条件、共存风险、共享复杂性和不确定性等)。

此外,在评估频谱共享的收益和成本时,还有经济影响因素以外的因素需要考虑:一是监管成本,即不断增加的共享应用可能造成监管机构管理成本的上升;二是主用户从专用转变到共享可能产生的额外社会效益,即主用户没有高效利用其专用频谱,预计共享后会产生相应的额外

社会效益。

4.4 监管的作用

在分析频谱共享的可行性和促进频谱共享的过程中需要考虑我国监管部门的以下作用:

- 确定共享机会;
- 转换或升级现有主用户的频谱许可,以允许该频段能够提供基于频谱共享的服务;
- 建立激励机制,鼓励主用户参与共享;
- 保证次用户拥有市场机会竞争共享许可;
- 指导谈判和实施过程,管理国家或地区范围的频谱登记;
- 在不同国家间推进频段协调和标准化。

5 我国频谱共享的推进建议

频谱资源共享将对移动互联网、云计算、物联网以及智慧城市等相关产业的发展起到积极的推动作用。然而,要将频谱共享付诸实践并不简单。如何应对我国频谱共享进程中要遇到的问题和挑战值得进行深入研究。有关频谱共享的具体推进建议如下。

(1) 预先研究频谱共享机制和频谱共享计划

一方面,要科学规划,大力投入和支持频谱共享和频谱高效利用机制,加快构建我国的频谱共享框架和共享系统,如研究重要频段分时间、分地点共享的可行性。可先进行频谱共享方案试点,鼓励动态利用空闲频率资源、共享网络基础设施和无线频谱等。另一方面,应借鉴国外频谱共享计划中的管理方法和理念,结合我国频谱使用情况,加快制定适应于我国用频特点的频谱共享计划。探讨多种候选的频谱共享策略,确保频谱开放共享的进程。

(2) 加大频谱共享技术研发力度和技术交流

一方面,加大频谱共享和频谱高效利用新技术和新产品,如认知无线电技术、毫米波技术、微功率无线电技术以及全双工技术等研发投入,为频谱共享进程提供创新技术支持,进一步研究授权频谱和非授权频谱之间的协同利用,通过频分/时分双工融合来高效利用成对频谱或非成对频谱,通过频谱重构和软件定义空口技术来提升灵活配置频段的空中接口的能力,通过无线环境地图精确掌握频谱共享决策时刻的无线环境。另一方面,在政府指导推动、统筹规划的基础上,加强与欧美地区和国家在频谱共享技术和应用等方面的合作与交流,支持无线信息技术企业与研究院、高校间的联合研发等。



(3) 全面评估共享效果, 制定合理共享方案

在制定合理的频谱共享方案之前, 应当全面研究频谱共享效果以及各种因素对共享效果可能产生的影响, 评估频谱共享所可能带来的经济收益和成本, 进而确定频谱共享的可行性。通过事前审核, 合理评估各项频谱共享方案对参与方的影响以及可能带来的经济收益, 从而在此基础上做出符合技术、政策、市场全面协调的共享决策。

(4) 鼓励各方积极参与频谱共享

为了满足信息通信业务发展对频谱资源日益增长的需求, 无线电管理机构应当采取措施鼓励政府、军方和商业用户之间进行频谱共享。一是在某些频段上探究参与方之间进行频谱共享的可能性, 全面审计各参与方占用频谱资源的使用状况, 指导频谱共享的测试等。二是加速释放业务量和频谱占用严重不成比例的频段, 通过行政或经济手段清理移交空闲频谱资源。三是探索频谱动态共享的市场机制, 推动重要频段的无偿或有偿共享。此外, 实施频谱共享必须要确保主用户的合法权益不受损害, 防止其参与频谱共享意愿的下降。

(5) 探索灵活的频谱分配和使用监管方式

无线电频谱监管方式应向多种调节策略演进, 采用多种灵活使用频谱资源的方式, 并实施频谱政策改革。监管部门要在改革和促进共享的过程中做好充足的准备。第一, 确定共享机会。明确规定能参与共享的无线电台站、设备、用户以及相应的参数限制, 及时制定相应的频谱政策, 鼓励高效频谱新技术开发和运用。第二, 优化频段划分。通过频谱审计, 对使用不合理的频段进行相应的调整。开发利用新的频段, 例如 5G 规划中的移动通信频段和 LTE-U 的 5~6 GHz 等。第三, 合理引入市场机制和激励机制, 例如出租、二级市场、频谱价格机制、拍卖等试行频谱贸易方式, 鼓励主用户参与频谱共享以及次用户之间的竞争。第四, 完善无线电监管数据库。充分引入大数据、云计算、物联网等技术, 改善共享数据库对频谱监管的支撑能力, 提升无线电监管的动态决策能力。

6 结束语

频谱共享在缓解频谱供需矛盾、实现频谱价值与精细化管理、促进产业发展和国际协调中有重要作用。由于国内外频谱共享的应用研究刚刚起步, 因此, 我国应当抢占这一有利先机, 通过一系列政策支持率先形成自主的频谱共享体系。针对目前我国频谱共享面临的技术和条件约束

多、参与方协调难度大以及传统监管方式落后等问题, 提出了频谱共享可行性评估框架, 从技术、经济和政策管理等角度综合探讨频谱共享的可行性。针对我国与发达国家相比频谱共享相关政策研究不足的情况, 进一步从管理者的角度提出了通过频谱共享机制预研、技术创新、效果评估, 制定合理的方案, 鼓励各方积极参与频谱共享以及探索新型频谱监管方式等来推进我国频谱共享的政策建议。

参考文献:

- [1] 张晶, 陆音. 动态频谱接入: 起因、内涵与分类[J]. 科技信息, 2012(36): 48-50.
ZHANG J, LU Y. Dynamic spectrum access: causes, meaning and classification[J]. Technology Information, 2012(36): 48-50.
- [2] 文展, 曾晓辉, 陈果. 动态频谱分配与频谱共享研究综述[J]. 通信技术, 2008(7): 60-62.
WEN Z, ZENG X H, CHEN G. Survey on dynamic spectrum allocation and spectrum sharing[J]. Communications Technology, 2008(7): 60-62.
- [3] PCAST. Realizing the full potential of government-held spectrum to spur economic growth [EB/OL]. (2012-07-20) [2015-12-10]. <http://xueshu.baidu.com>.
- [4] 朱颖. 美国 3.5GHz “频谱高速公路”研究[J]. 现代电信科技, 2014(7): 63-67.
ZHU Y. American 3.5GHz spectrum highway research[J]. Modern Science & Technology of Telecommunications, 2014(7): 63-67.
- [5] 乔维, 李燕, 彭健. 欧盟积极推动频谱资源共享[N]. 中国电子报, 2013-04-16.
QIAO W, LI Y, PENG J. EU actively promotes spectrum resource sharing[N]. China Electronics News, 2013-04-16.
- [6] 于超. 浅析 LTE-U 网络技术 [J]. 广东通信技术, 2015(7): 21-24.
YU C. LTE-U network technology analysis [J]. Guangdong Communication Technology, 2015(7): 21-24.
- [7] 马秋月. LAA 标准将在明年完成与 Wi-Fi 共存面临挑战[EB/OL]. (2015-08-26) [2015-12-10]. <http://www.cctime.com/html/2015-8-26/20158252155412488.htm>.
MA Q Y. LAA standard will be completed next year, and challenges Wi-Fi coexistence[EB/OL]. (2015-08-26)[2015-12-10]. <http://www.cctime.com/html/2015-8-26/20158252155412488.htm>.
- [8] 张冬晨, 孟德香, 王丽, 等. TD-LTE 系统频谱共享应用的实现方案探讨[J]. 现代电信科技, 2012(6): 12-16.
ZHANG D C, MENG D X, WANG L, et al. Discussion of the TD-LTE spectrum sharing system application implementations[J]. Modern Science & Technology of Telecommunications, 2012(6): 12-16.

- [9] 中国信息通信研究院. 到 2020 年中国 IMT 服务的频谱需求[R]. 2013.
CAICT. Spectrum requirement of China IMT services till 2020[R]. 2013.
- [10] GSMA. The impact of licensed shared use of spectrum[EB/OL]. (2014-02-05) [2015-12-10]. [https://www.baidu.com/link?url = X6ZKPmJeYCH8vIrS6mjBH95eIRPbuqwFI8nY4-oRzRdtHwyHfe-vlh9kybaQVpCRauL3Mo_8Zq2fBA7jxzu3i6aVnIXaf1obALkk0tV--7KmORHzQOniPx3Xj5XKz-ZbU&wd=&eqid=bd9dc3a30004 bdd20000000256e4d2b0](https://www.baidu.com/link?url=X6ZKPmJeYCH8vIrS6mjBH95eIRPbuqwFI8nY4-oRzRdtHwyHfe-vlh9kybaQVpCRauL3Mo_8Zq2fBA7jxzu3i6aVnIXaf1obALkk0tV--7KmORHzQOniPx3Xj5XKz-ZbU&wd=&eqid=bd9dc3a30004 bdd20000000256e4d2b0).
- [11] 王彝. 基于分级频谱共享的动态频谱接入技术研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2013.

WANG B. Research on dynamic spectrum access based on hierarchical access model[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2013.

[作者简介]



周钰哲(1989-),男,中国电子信息产业发展研究院无线电管理研究所研究员,主要研究方向为无线电管理与监测、频谱资源管理、ICT 政策等。