

频谱共享技术及其在 5G 网络中的应用建议

Study on Spectrum Sharing and Its Application in 5G Network

王学灵(上海邮电设计咨询研究院有限公司,上海 200092)

Wang Xueling(Shanghai Posts & Telecommunications Designing Consulting Institute Co.,Ltd.,Shanghai 200092,China)

摘要:

5G 网络高速率、大容量的特点带来对带宽需求的增加,使得频谱资源紧缺的问题更加突出。频谱共享技术是解决频谱资源受限的有效手段之一,同时提升了频谱资源利用效率。通过对频谱共享技术的研究和介绍,提出频谱共享使用的思路和建议,作为未来 5G 及 B5G 无线组网中频谱策略的借鉴。

关键词:

频谱共享;认知无线电;电视白频谱;动态分配
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.12.010
文章编号:1007-3043(2019)12-0052-04
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:

The high-speed and large-capacity features of 5G network bring about an increase in bandwidth requirements, which makes the problem of shortage of spectrum resources more prominent. Spectrum sharing technology is one of the effective means to solve the limitation of spectrum resources, and at the same time improves the efficiency of spectrum resource utilization. Through the research and introduction of spectrum sharing technology, the idea and suggestion of spectrum sharing are proposed, which can be used as reference for spectrum strategy in 5G and B5G wireless networking in the future.

Keywords:

Spectrum sharing; Cognitive radio; TV white spectrum; Dynamic allocation

引用格式:王学灵. 频谱共享技术及其在 5G 网络中的应用建议[J]. 邮电设计技术, 2019(12): 52-55.

1 概述

5G 在增强移动宽带(eMMB)模式下的峰值速率为数十 Gbit/s, 根据《国家无线电管理规划(2016—2020 年)》, 为 IMT 储备不低于 500 MHz 的频谱资源。面对如此大的带宽要求, 一方面, 3 GHz 以下频谱已经分配殆尽, 从 WRC-15 对 IMT 频段的协调结果来看^[2], 6 GHz 以下可能实现全球统一频谱的只有 3.5 GHz 频段 100 MHz 左右的频段, 远不能满足 5G 三大应用场景下对频谱的需求; 另一方面, 因为现行频谱管理机制的原因, 存在利用效率低下的情况^[6]。下面通过对频谱共享技术的研究, 分析共享频谱技术解决频谱资源

受限和提升频谱利用效率提供的可能性, 从而为 5G 时代频谱共享提供借鉴。频谱共享技术也是近年来业界研究的热点之一。

2 频谱共享技术

频谱共享技术研究的主要对象主要分为 2 类, 一类是授权频段, 现有 IMT 频段都是授权频段, 运营商通过分配和拍卖的方式获得, 又分为独占和共用 2 种情况。独占技术有授权共享接入(LSA), 跨频谱共享主要包括非授权频谱 LTE 辅助接入(LAA)、非授权频谱 LTE 接入(LTE-U)、LTE 与 Wi-Fi 链路聚合(LWA)等技术。另一类是非授权频段, 如 MulteFire 技术。对授权频谱的共享使用主要包括认知无线电技术^[1]、动态频谱共享技术。

收稿日期: 2019-09-10

2.1 电视白频谱及认知无线电

电视白空间/白频谱(TVWS),美国 FCC 将其命名为“超级 Wi-Fi”,是指广播电视的空闲频谱,包括已分配未使用或未充分使用(如发射台停播时段)、相邻频道间的保护频段以及“模数转换”腾退出来的“数字红利”频段。广播电视频谱属于低频段范畴,具有损耗低、绕射能力强的优点,是部署广域覆盖网络的优选频段。除了 APT700 频段已经被广泛应用于 LTE 组网建设之外(独占使用为主),白频谱的应用主要是采用认知无线电技术,通过频谱感知、地理位置信息库及信标接收 3 种方法实现对白频谱的共享使用^[5],白频谱的应用场景主要是在农村等偏远区域的应急广播及宽带通信,国外已有应用。欧美国国家认知无线电的应用起步较早,发布了很多具有指导意义的规范和标准,我国目前虽然尚未出台相关政策,但相关研究已取得实质进展。

2.2 动态频谱共享技术

动态频谱共享技术采用资源池的方式,通过动态监听信道、感知无线环境、确定参数、信道分配和管理实现对频谱的共享^[3-4]。主要包括机会频谱接入(此用户在主用户不用的情况下使用频谱)、频段重叠共享(控制此用户对主用户的干扰水平情况下实现对频谱的共享使用)、动态频谱分配(根据频谱的使用情况统计,统一对不同系统进行频谱的动态分配)和公共频谱共享(非授权频谱供不同的系统使用)等技术^[6]。

3 LTE 频谱共享技术分类

LTE 引入了多项频谱共享技术,包括支持跨频谱类型聚合的授权接入(LAA/LTE-U)、支持跨技术聚合的 LTE 和 Wi-Fi 链路聚合(LWA)、与现有运营商和其他部署模式共享频谱的共享授权接入(LSA),以及支持在非授权频谱独立部署运行的 MulteFire 技术。如表 1 所示,不同的需求可采用不同的频谱共享接入方式。

下面对这几种频谱共享技术逐一进行介绍。

3.1 授权共享接入(LSA)

授权共享接入(LSA)采用频谱管理授权机制,使授权用户使用特定未使用频段提供服务,不对原有系统用户产生干扰,是 3GPP R14 标准方案。主要是运营商使用原先用于卫星通信、政府、军队使用的频段为用户提供 LTE 服务。LSA 技术实现简单,使用前和使用过程中对拟用频段进行识别和监测,能够较为简单

表 1 LTE 不同频谱共享技术

共享方案	共享方式	是否授权频谱	部署策略
LSA	共享	授权	由运营商和其他部署模式共享授权频谱
LAA	载波聚合	跨频谱,锚定授权频谱,自适应开关	针对移动运营商在非授权频段使用 LTE 来实现新的小区部署
LTE-U	载波聚合	跨频谱,锚定授权频谱,自适应开关	针对移动运营商在非授权频段使用 LTE 来实现新的小区部署
LWA	跨技术聚合	跨频谱,锚定授权频谱,双连接	以现有 Wi-Fi 运营商为目标进行部署
Multe-Fire	共享	非授权	拓宽 LTE 生态系统以增加新的部署机会

地实现授权用户和主用户双赢。目前,法国、意大利与爱立信、诺基亚、红色科技在 2.3~2.4 GHz 频段试点进行了广泛的技术试验;美国谷歌公司进行了平台开发与应用试验,推动美国在 3.5 GHz 上的 LSA 发展公民宽带无线服务(CBRS)。

3.2 跨频谱类型共享接入

IEEE 阵营的 Wi-Fi 技术和 3GPP 阵营的 LTE 技术已经成为了最为成功的两大无线技术,前者以短距、室内覆盖为主,后者以广域覆盖为主,各有优缺点。一直以来,两大阵营在不断的博弈过程中也相互借鉴,业界也一直尝试将两大技术进行融合。

3.2.1 授权 LTE 辅助接入(LAA)

授权辅助接入(LAA)是将 LTE 网络中部分业务卸载到未授权频段,即由包含着大量 Wi-Fi 业务的未授权频段承载部分 LTE 业务。LAA 支持先监听再通话(LBT——Listen Before Talk),从而能够有效规避与频段内现有系统的干扰问题,是 3GPP R13 标准方案。LAA 是一个非独立(NSA——Non-Stand Alone)的方案,即授权频谱与非授权频谱通过载波聚合(CA)的方式捆绑使用,而不能单独使用。LAA 是 LTE-U 的演进升级,LAA 的演进方向为 eLAA。2017 年初,沃达丰在土耳其开通首个 LAA 商用网,利用 5 GHz 的 40 MHz 非授权频谱和 2.6 GHz 的 15 MHz 授权频谱进行三载波聚合。

3.2.2 非授权 LTE 接入(LTE-U)

非授权频谱 LTE 接入(LTE-U),将未授权频谱作为次选频谱,通过载波聚合技术将未授权频谱与授权频谱整合到一起,从而可以实现频谱的高效利用。与 LAA 方式类似,是授权频谱与非授权频谱通过 CA 方式捆绑使用,不可单独使用。两者的主要区别在于,LTE-U 是由 LTE-U Forum 提出的方案在 3GPP R12 版

本中体现,并且不支持 LBT 技术。LTE-U 原理如图 1 所示。

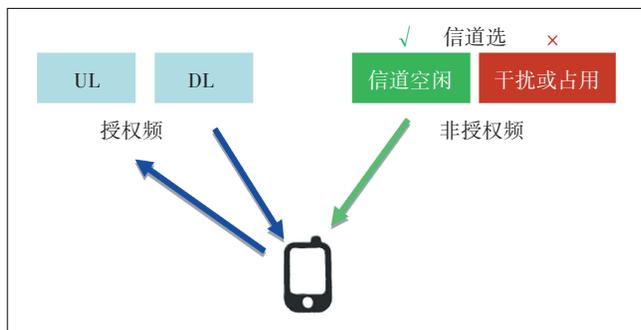


图 1 LTE-U 原理示意图

3.2.3 LTE 与 Wi-Fi 链路聚合(LWA)

LWA 技术可分离 LTE 数据有效载荷,部分业务流量通过 Wi-Fi 网络传输(Wi-Fi 接入网,如图 2 所示),剩余的流量通过 LTE 网络传送,从而有效提升 LTE 服务的性能。与 LAA/LTE-U 的区别是借助 Wi-Fi 网络而不仅仅是 Wi-Fi 频段将部分 LTE 流量通过 Wi-Fi 进行隧道传输(即流量经过 LTE 网络而不是经过 Wi-Fi 回到互联网),剩余流量通过 LTE 自身运行。因此 LWA 是聚合授权和非授权频谱的结合。

3.3 非授权频谱共享接入(MulteFire 技术)

MulteFire 技术通过非授权频谱(如全球 5 GHz 非授权频谱)上独立运行 LTE 技术来部署无线网络。一方面,由于使用了多种 LTE 设计中的复杂特征, MulteFire 网络能够为用户提供与 LTE 类似的高品质服务;另一方面, MulteFire 技术具备与 Wi-Fi 网络一样易于部署的特性。 MulteFire 支持 LBT 技术,技术设计符合全球非授权频谱的监管法规,包括欧洲和日本等

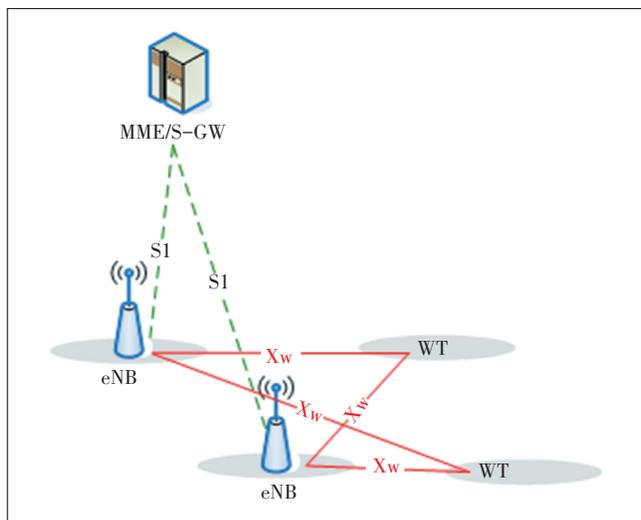


图 2 LWA 架构原理图

地区所要求的“载波侦听”特性,使其能够在全局范围内部署。 MulteFire 技术架构如图 3 所示。

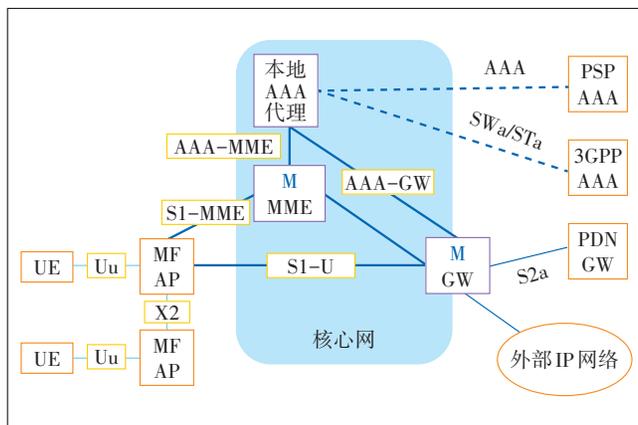


图 3 MulteFire 技术架构原理图

4 未来 5G 网络频谱共享

以上介绍的 LTE 频谱共享技术在 4G 时代并没有大规模的使用,但是随着频谱共享标准制定、技术研发等工作的不断推进,将在 5G 网络以及 B5G 网络中实现其价值。

未来 5G 网络建设需要采用高频、中频和低频进行网络建设,以适应 5G 三大应用场景的频谱需求。未来 5G 新空口(NR)频谱共享将在 LTE 频谱共享方案的基础上进行演进,如表 2 所示。

表 2 未来 5G 网络频谱共享技术

共享方案	共享方式	5G 共享方案
LTE-U/LAA	跨频谱聚合	基于 NR 的 LAA
LWA(LTE+Wi-Fi)	跨技术聚合	多接入方式的聚合:NR、LTE、Wi-Fi
CBRS/LSA	与现有系统分层共享	基于 NR 的分层共享
MulteFire	独占非授权频段	基于 NR 的 MulteFire

4.1 运营商与其他运营主体的频谱共享建议

4.1.1 电视白频谱再利用

目前 1 GHz 以下的频谱资源已经基本分配完毕,无空闲频谱资源可供分配。因为对 700 MHz 频段(698~806 MHz,广电有线电视)的重新利用受到行业限制,所以还有很大变数。WRC 将在 2020 年之后,考虑 470~698 MHz 频段,即数字电视微波接力频段的分配工作。因此,对此 300 多 MHz 的频段建议采用频谱共享方式,满足广电部门与运营商的频谱需求,具体方案可参考 CBRS 的推进方案,提升频谱利用效率的同时解决运营商低频段的频谱资源需求问题。

共享建议:中国对电视白频谱的再利用,以政府分配/拍卖、独立占用为主,广电总局拥有电视白频谱的规划和使用权,因此我国的白频谱还没有得到开发和利用。随着国家三网融合的发展,广电行业也涌现大量的新颖应用,对频谱的需求也随着增加。国家监管部门应该尽快做好电视白频谱的规划和利用,摆脱目前广电无牌照却占用电视白频谱,通信运营商有牌照却没有电视白频谱的局面,可以通过基于NR的分层共享等频谱共享技术,让“数字红利”频段发挥其真正的效益。

4.1.2 毫米波频谱共享

5G 网络对高频段频谱的需求是低频段的数倍甚至几十倍,只能通过毫米波的大带宽来满足要求。根据 2016 年 12 月 1 日开始实施的《中华人民共和国无线电管理条例》对无线电频谱的划分,高频段特别是毫米波频段,很多是政府和军队在使用。从全球范围来看,也是这样的情况。

共享建议:对毫米波的频谱共享,需要国家层面的推进和管控。一方面要做好政府及军队部门对频谱使用情况梳理和安全影响评估,另一方面在保证安全的前提下,政府要做好该段频谱的共享监管。政府监管机构的主要任务是频谱发现方式、门限值设定、协同合作及地理位置信息系统的规定,在不影响现有用户使用的前提下实现频谱共享,政府应该出台相关鼓励政策,支持运营商、设备制造商投入资源对频谱共享相关的技术进行研究。

4.2 运营商已授权频谱共享建议

运营商已授权频谱共享分为 2 个方面。

a) 运营商之间频谱共享,即运营商之间将各自分配到的 5G 频谱进行共享。该频谱共享可以借鉴印度政府的类似做法,允许 2 家运营商共享服务区域内特定频段的频谱,以提高频谱利用率。5G 时代,中国不排除采用类似的做法,除了带来频谱的高效率使用,还带来运营商网络建设投入的降低。

b) 运营商内部的频谱共享,即 5G 频段与 4G 频段的频谱共享。注意这里的频谱共享和 4G 时代的频率重耕(Refarming)是有区别的,前者是频谱共享使用,有分时独占共享和分频段共享 2 种情况,而后者是频谱的独占使用。5G 与 4G 频谱共享,可以采用 LTE 与 GSM 频谱共享方案,选择上行共享或者下行共享。在运营商内部进行频谱共享,目前已有成功商用案例。

4.3 频谱共享面临的挑战

可用频谱资源的缺乏、对现有频谱资源的高效率利用的需求推进频谱共享,通信行业管理部门及运营商有支持频谱共享的意愿。另一方面,频谱资源共享技术经过多年研究,已经有商用案例,技术已经不是主要问题。但是频谱共享面临的挑战也是显而易见的,主要是在安全和监管方面。

a) 国家无线电行政管理部门对相关频谱资源的协调、授权以及频谱资源使用情况数据库的建立与维护。

b) 军队使用的频谱的使用涉及国家机密,需要做好评估及防护措施。

c) 对非法使用频谱资源问题的解决。

5 总结与展望

采用频谱共享技术可以获得更多的频率汇聚、增强的本地宽带以及实现构建专有的物联网网络。随着包括人工智能机器学习算法在内的技术的不断进步,也将大大提升网络的共享能力和效率。频谱共享对运营商、制造商以及用户都是有利的,但是因各方存在利益冲突,需要政府监管机构和频率使用方以及各相关组织的通力协作,政府主导、产业界支持,从而使频谱共享早日实现。

参考文献:

- [1] WANG F, KRUNZ M, CUI S. Spectrum Sharing in Cognitive Radio Networks[J]. Infocom the Conference on Computer Communications IEEE. 2007, 4 (4): 1885-1893.
- [2] 周钰哲. 动态频谱共享简述[J]. 移动通信, 2017, 41(3): 14-17.
- [3] 董帝娘. LTE 和 GSM 网络动态频谱的研究和应用[J]. 移动通信, 2017, 41(21): 70-75.
- [4] 赵楠, 武明虎, 周先军, 等. 基于频谱合约的协作频谱共享方法[J]. 计算机应用, 2015, 35(7): 1805-1808, 1819.
- [5] 王兴军, 程云笛, 黄星煜. 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.
- [6] 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(41): 60-62.

作者简介:

王学灵, 高级工程师, 硕士, 主要从事无线网络规划、咨询与设计工作。

