



我国移动通信频谱重耕的价值探讨和实施策略

朱东照¹, 史俊潇², 余毅¹

(1. 华信咨询设计研究院有限公司 杭州 310014;

2. 杭州电子科技大学通信工程学院 杭州 310018)

摘要: 对不同无线频谱资源如何影响移动网络的投资及覆盖进行了研究, 结合我国移动通信频谱资源的分配现状以及移动业务发展情况, 分析了频谱重耕的重要性和必要性, 从移动通信多网协同和网络部署的角度探讨了移动通信频谱重耕所带来的价值, 并提出了频谱重耕的实施策略。

关键词: 移动通信; 频谱重耕; 频谱效率; 网络覆盖; 投资效益

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015017

Discussion of the Value and Implementation Strategy Brought by Frequency Re-Farming in China Mobile Industry

Zhu Dongzhao¹, Shi Junxiao², Yu Yi¹

(1. Huaxin Consulting Co., Ltd., Hangzhou 310014, China;

2. School of Communication Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The issues of investments on mobile network and its coverage affected by different wireless spectrum was studied, with the importance and desirability of frequency re-farming being analyzed systematically in reference to the current spectrum resource allocation and development status of mobile services in China. The value brought by frequency re-farming was explored from the perspective of cooperative networking and mobile network deployment, as the implementation strategy of frequency re-farming was proposed.

Key words: mobile communication, frequency re-farming, spectrum efficiency, network coverage, investment benefit

1 我国移动通信频谱现状

根据公开的资料, 目前我国已规划的移动通信频谱资源总计为 687 MHz, 其中 447 MHz 已分配给三大运营商。

如图 1 所示, 在已规划的移动通信频谱资源中, TDD 的频谱资源有 345 MHz, 占了 50.22%; 1 GHz 以下的频谱资源有 72 MHz, 包括 800 MHz 的 cdma2000 和 900 MHz 的 GSM, 占了 10.5%。1 GHz 以下的频谱具有良好的传播覆盖能力, 十分珍贵。

已分配至三大运营商的 447 MHz 频谱资源中, 中国移动有 235 MHz, 占 52.6%; 中国联通有 122 MHz, 占 27.3%; 中国电信有 90 MHz, 占 20.1%。总的来说, 各大运营商的频谱资源与其用户及业务规模相适应。在已分配的频谱中, 用于 2G 网络的频谱资源有 152 MHz (中国电信 cdma2000 的频谱为 2×10 MHz, 假设其 cdma2000 1x 业务占用的频谱为 10 MHz), 占 34%。由于 2G 网络历经多年建设, 覆盖完善, 用户和业务量尚大, 但频谱资源有限且频谱效率不高, 因此 2G 网络的负荷是偏高的。据中国移

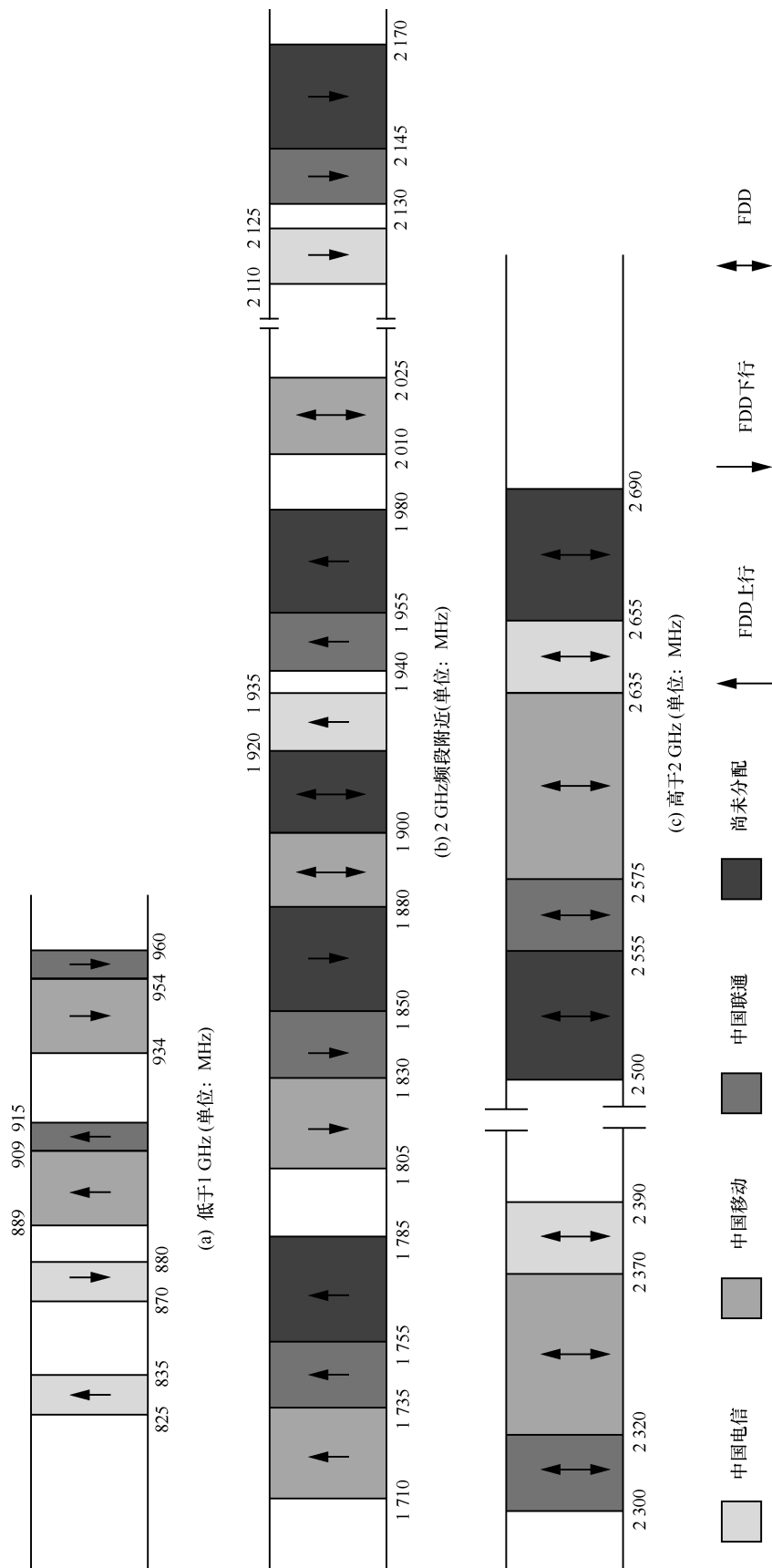


图1 中国移动通信频谱规划和分配



动 2013 年年报, 其 GSM 的网络利用率为 71.0%, 而 TD-SCDMA 网络利用率为 27.1%。在已规划而未分配的 240 MHz 频谱资源中, 目前最为关注的是 1.8 GHz 频段的 2×30 MHz, 即上行 1 755~1 785 MHz, 下行 1 850~1 880 MHz。这是目前全球 LTE FDD 网络漫游可选核心频段之一, 也是国内剩余不多的尚未分配的 FDD 频谱资源。目前中国电信和中国联通的 LTE FDD 试验网就部署在此频段上。

2 频谱重耕的需求

2.1 无线频谱的价值

无线频谱是不可再生的稀缺资源, 直接影响了移动网络的投资、覆盖、容量和质量等。无线频谱的价值和频段高低、技术制式、国际漫游等几大因素相关。

无线频谱的高低和电波传播能力直接相关, 频段越高, 传播损耗越大, 基站覆盖范围越小, 所需基站数量越多, 网络建设投资也就越大。高频段的频谱在提升容量方面有优势, 一方面高频段的频谱资源相对充裕, 另一方面高频段的频谱特征减少了天线的尺寸, 更有利于采用 MIMO 技术, 特别适合于在密集市区提升网络容量。移动网络部署中, 高低频段的科学组合能大大提升频谱的价值, 低频段广覆盖, 高频段增容量, 不仅降低网络建设成本, 也加快网络部署速度。

根据大城市的 COST231 Hata 无线电波传播模型, 假设基站天线高度为 35 m, 在不考虑建筑物穿透损耗的室外情况下, 不同频段的传播损耗、基站覆盖半径及基站数量见表 1。

表 1 不同频段的无线电波传播能力对比

频率/MHz	L/dB	基站半径之比	基站数量之比
830	98.96	1	1.00
900	100.15	0.92	1.17
1 750	109.94	0.48	4.28
1 930	111.38	0.44	5.18
2 350	114.28	0.36	7.60
2 600	115.77	0.33	9.25

从表 1 可知, 相对于 800 MHz 频段, 2.6 GHz 频段覆盖同一区域需要 9 倍以上的基站数量。当然, 此表仅是理论上的分析, 并没有考虑室内覆盖以及馈线、接头等损耗, 实际情况会复杂得多。但毋庸置疑, 频率越高, 覆盖能力越差, 需要的基站数量越多, 网络建设投资也越大。这从目前国内三大运营商 3G 网络建设情况得以体现。截至

2013 年年底, 中国移动 TD-SCDMA 基站数量为 44.6 万个, 中国联通 WCDMA 基站数量为 40.7 万个, 而中国电信 cdma2000 基站数量约为 25 万个, 但比较三者的网络覆盖效果, 反而中国电信 cdma2000 的网络覆盖最广, 其根本原因在于中国电信 3G 网络部署在 800 MHz 频段上, 而中国移动和中国联通的 3G 网络频谱在 2 GHz 附近。

由于频谱资源的稀缺性, 提升频谱效率一直是移动通信技术进步的核心驱动力。从参考文献[1]可知, 同样的频谱, 所采用的技术不同, 导致了频谱效率的不同, 如图 2 所示, LTE 频谱效率约为 GPRS 的 50 倍, 频谱的价值自然也大大提升了。

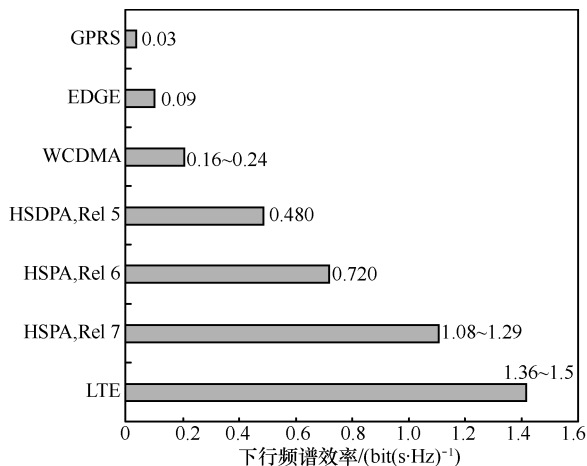


图 2 不同制式频谱效率的演进

除了频段高低和技术制式, 频谱价值还和国际漫游息息相关。如果该频谱及其所采用的技术制式有利于国际漫游, 那么这就意味为庞大的规模效应, 可以降低整个产业链的成本, 自然能提升频谱价值。例如, 2G 时代的两种主流技术制式为 GSM 和 CDMA, 从技术性能而言, 两者不分伯仲, 但 GSM 全球漫游更便利, 产业链更发达, 因此 GSM 的频谱价值也更高。

2.2 频谱重耕的必要性

无线频谱是发展移动通信业务所必不可少的稀缺资源, 因此, 如何科学高效地配置频谱资源, 不仅是政府监管部门的责任, 也是运营商和设备制造商所关心的问题。频谱资源是不可再生的, 除了获取新的频谱资源外, 如何进一步提升现有频谱资源的使用效率更为关键。我国 1 GHz 以下的具有良好传播性能的频谱资源基本上用于 2G 网络, 而目前 3G、4G 网络主要使用 2 GHz 以上的频谱资源, TD-LTE 的核心频谱更是在 2.6 GHz 附近, 这十分不利于 LTE 网络的快速部署和完善覆盖。对我国这样一个地域广阔、人口分布密集且不均匀的国家而言, 迫切需要低频段

的频谱来扩大 LTE 网络的覆盖。自 2008 年以来,全球掀起了频谱重耕(frequency re-farming)的热潮,即迁移替换原先的 2G 用户和业务,关闭原有 2G 网络,利用 2G 网络的频谱资源部署 3G 网络,甚至 4G 网络。例如,2007 年芬兰运营商 Elisa 利用原 GSM 网络 900 MHz 频率开通首个 UMTS900 网络,相对于 UMTS2100,UMTS900 可节省 50%~70% 的运营成本。据 GSA 统计,截至 2014 年 2 月份,全球有 80 个商用 UMTS900 网络部署在 53 个国家。除了提升频谱效率外,频谱重耕的关键驱动力还在于充分利用原先 2G 网络 1 GHz 以下优质的频率来加快新网络部署,扩大和完善网络覆盖,降低建设和运维成本。

随着 4G 网络的部署以及 2G/3G/4G 网络的共存,全球频段划分更加分散,根据 3GPP IMT 频率规划,低频段的如 Band28 在 700 MHz 附近,高频段的如 Band43 在 3.6 GHz 以上。因此,4G 时代,频谱重耕还有另一个重要目标,即在全球范围内选择合适的频段开展国际漫游。

2.3 频谱重耕的可行性

随着 3G 网络覆盖的完善,智能终端的普及以及移动互联网的发展,我国移动用户和业务大规模地从 2G 网络向 3G 网络迁移,如图 3 所示。2013 年,我国 2G 用户出现负增长,减少了 5 185 万户,3G 用户比例提升至 32.7%。2014 年上半年,3G 和 4G 用户保持加快替代 2G 趋势,移动宽带用户(即 3G 和 4G 用户)累计净增 8 312.9 万户,总数达到 4.85 亿户,占移动电话用户的比重达 38.5%,平均每月提高 1 个百分点。自 2009 年发放 3G 牌照以来,我国移动互联网的数据流量年复合增长率高达 80% 以上,而传统的语音和短彩信业务增长乏力,收入萎缩,流量正成为收入增长新一波驱动力。

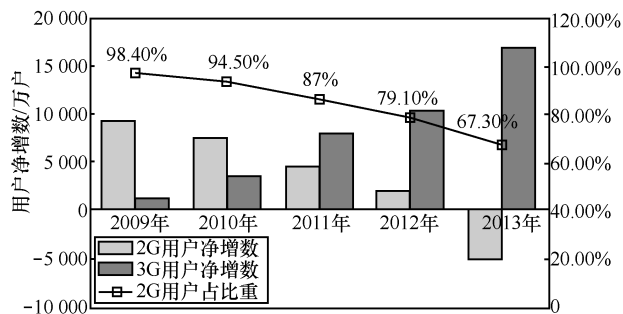


图3 2009-2013年2G/3G移动电话更替情况

随着 GSM 等 2G 网络的衰退,现有 2G 网络的频谱资源必将逐步腾退出来,用于更先进的 3G、4G 甚至 5G 技术。因此,随着 2G 用户和业务加快向 3G 和 4G 迁移,2G

网络利用率将逐步降低,这为频谱重耕提供了可行性。

3 频谱重耕的价值探讨

3.1 目前国内 3G 网络建设状况

自 2009 年三大运营商获取 3G 牌照以来,截至 2013 年年底,中国移动 TD-SCDMA 基站数量为 44.6 万个,网络利用率为 27.1%;中国联通 WCDMA 基站数量为 40.7 万个;中国电信 Ev-Do 基站数量约为 25 万个。目前三大运营商 3G 网络的总体利用率并不高,就覆盖而言,由于中国电信 3G 网络使用 1 GHz 以下的 800 MHz 频段,其覆盖范围更广一些。

3.2 目前国内 4G 网络建设状况

2012 年,中国移动在 9 个城市开展了 TD-LTE 规模试验,建设了 2 万个以上的基站;2013 年,中国移动进一步扩大了试商用规模,建设了 20 万个以上的基站;2013 年 12 月 4 日,我国正式颁发 TD-LTE 经营许可,2014 年中国移动 TD-LTE 基站建设总量累计将超过 50 万个,中国电信和中国联通也开展了 TD-LTE 的网络建设。2014 年 6 月 27 日,工业和信息化部正式向中国电信、中国联通两大运营商颁发“LTE/第四代数字蜂窝移动通信业务(LTE FDD)”试商用经营许可,两大运营商根据许可,在部分城市开展了 LTE FDD 的网络建设和试商用。从目前情况看,中国移动无疑走在了 TD-LTE 网络建设和商用的前列,中国联通 WCDMA 全网峰值速率为 21 Mbit/s,HSPA+多载波峰值速率为 42 Mbit/s,短期内 4G 网络的建设压力不大;而中国电信的 cdma2000 网络峰值速率仅 3.1 Mbit/s,没有平滑演进升级的路径,为了应对竞争,其建设 4G 网络的迫切性可想而知。

3.3 频谱重耕的建设方案对比

为了定量探讨频谱重耕的经济价值,本文假设中国电信开展 LTE FDD 网络建设,根据是否采用频谱重耕策略分为两种建设方案。

- 方案一:不采用频谱重耕策略,LTE FDD 采用 1.8 GHz 频率的 2×20 MHz。
- 方案二:采用频谱重耕策略,从现有 800 MHz 频谱中腾出 2×5 MHz 频率用于 LTE FDD 以及 1.8 GHz 频率的 2×15 MHz。中国电信为了使其 4G 网络有一定的竞争力,特别在覆盖方面,争取在 3 年内达到其目前 3G 网络的覆盖水平。

建设方案一不采用频谱重耕,为了达到中国电信 3G 网络覆盖水平,参考中国移动和中国联通的 3G 网络覆盖情况,那么 1.8 GHz LTE FDD 网络 3 年内需要建设的基站



数量应不少于 50 万个。

建设方案二采用频谱重耕,800 MHz LTE FDD 用于广覆盖,充分利旧现有的 3G 基站站址,1.8 GHz FDD LTE 主要用于满足市区的容量需求,那么 800 MHz LTE FDD 基站建设数量只需和现有 3G 网络基站数量相当,即 25 万个。为了满足市区的容量需求,1.8 GHz FDD LTE 基站 3 年内累计建设数量应为 15 万个。

为了便于投资估算,根据现有移动网络建设经验,本文假设:LTE S111 主设备价格为 10 万元,自有站址利旧比例为 90%,在自有利旧站址上新增一套主设备的配套改造费用为 5 万元,在自有利旧站址上新增两套主设备的配套改造费用为 7.5 万元,新增站址(包括运营商之间的共建共享)的费用为 20 万元。

根据上述假设条件进行估算,建设方案一的总投资为 1 162.5 亿元,建设方案二的总投资为 705 亿元。借鉴现有三大运营商 3G 网络的覆盖对比,考虑到 800 MHz 的广覆盖能力,方案二的覆盖效果应好于方案一。就容量而言,方案一的容量大于方案二,但在 4G 发展初期,方案二的容量已足够。然而,方案一的累计投资达 1 162.5 亿元,远远大于方案二的 705 亿元,相差 457.5 亿元,而且,方案二的 800 MHz LTE FDD 网络可以充分利旧原有的 3G 网络站址,依托 800 MHz 的网络覆盖优势,1.8 GHz LTE FDD 网络仅在密集市区、一般市区等高话务区连片覆盖,其建设难度远小于方案一。为了加快进度,方案二完全有能力在两年之内完成 3 年的建设规模。

上述方案对比纯属虚构,因为目前中国电信 3G 网络及业务全部运营在 800 MHz 的 2×10 MHz 频谱上,在不增加 800 MHz 频谱资源的前提下,几乎很难腾出 2×5 MHz 频谱用于 LTE FDD 网络部署。上述对比仅用来探讨频谱重耕可带来的经济价值,并没有现实意义。

3.4 频谱重耕的价值

尽管上述建设方案的对比十分粗浅,忽略了很多因素,但仍可从方案对比中知悉,采用频谱重耕策略,利用 1 GHz 以下的频率来建设 LTE 网络,不仅可以大大节省建设投资,而且可以大大加快建设进度。因此,频谱重耕的价值是巨大的。

2012 年以来,为了加快 WCDMA 网络部署,中国联通也在尝试频谱重耕策略,即在部分中西部人口稀疏地区,腾出部分原有 GSM 900 MHz 频谱用于 WCDMA 网络建设,即 UMTS900 网络,扩大网络覆盖,降低网络建设投资。但鉴于

中国联通 900 MHz GSM 频谱资源仅有 2×6 MHz,且 GSM 用户及业务量尚大,频谱重耕的区域有限,效益也不明显。

目前中国移动也在利用偏远乡村地区相对空闲的 GSM 900 MHz 频段开展 GSM-Hi 技术的试点,GSM-Hi 空口采用 OFDM 技术,频谱带宽为 2×5MHz,峰值速率可达 17 Mbit/s,与 3G/4G 网络共享 EPC,主要用于解决偏远乡村地区移动宽带接入的困难。

美国 Verizon 移动运营商是全球 LTE 商用化的最大推动者和领头羊,2010 年 12 月 5 日正式推出“4G LTE”业务,下行速率为 5~12 Mbit/s,2013 年底 LTE 完全覆盖原有 3G 区域,并在 2014 年推出 VoLTE 业务,争取 2016 年彻底关闭原有 CDMA 网络,利用其频谱资源部署 LTE 网络,进一步提升容量。Verizon 快速部署 LTE 的关键原因是采用了 700 MHz 频段的 2×10MHz FDD 频谱。2008 年美国就拍卖了所谓“数字红利”的原模拟广电的 700 MHz 频段。根据美国 FCC 的拍卖公告,2008 年拍卖 700 MHz 频谱的平均价格为 1.28 美元/MHz-pop,而 2006 年拍卖 AWS 频谱(2 GHz 附近)的平均价格为 0.54 美元/MHz-pop。可见,不同频段的频谱价值相差很大。

4 频谱重耕的实施策略

如上所述,频谱重耕能带来巨大的经济价值和社会价值,不仅是必要的,而且是可行的。目前我国使用 1 GHz 以下频谱的 2G 网络还承载着大量的用户和业务,频谱重耕是一项系统工程,不仅涉及网络,还影响用户、业务和终端等,十分复杂,因此,运营商应统筹规划,分步实施,系统推进,采取多网协同策略、VoLTE 策略和终端多模多频策略等逐步推进频谱重耕工作。

4.1 多网协同

鉴于移动网络技术的持续演进,中国移动最早提出了四网协同战略,即 GSM、TD-SCDMA、TD-LTE 和 Wi-Fi。随着 2G 用户和业务加快向 3G/4G 网络迁移,为了有效地利用现有 GSM 频谱资源以及开展国际漫游,未来中国移动必将建设 LTE FDD 网络。可以预见,我国 2G/3G/4G(TDD/FDD)网络以及用户将长期共存,未来是多个不同制式移动网络之间的协同。融合的 LTE FDD 和 TDD 正成为移动宽带速率和容量的助推器,统一的标准为 LTE 的全球经济规模打下坚实基础。多网协同是长期的、动态的,随着时间的推移,不同制式移动网络的用户和业务迁移替换,存在着此消彼长,这必然导致频谱资源在不同制式间的再分

配。多网协同应合理引导用户平稳迁移替换,规划好用户和业务在不同网间的配置,做好不同系统网间的互操作和干扰控制,确保网络质量和用户感知不下降。

4.2 部署 VoLTE 业务

现行移动电话业务是在 2G/3G 核心网的电路域上实现的电路交换型语音业务,而 LTE 是纯 IP 系统,其核心网只有分组域,不提供电路交换型业务能力,因此运营商必须考虑 LTE 商用化后语音业务的实现方案。如果不提供 VoLTE 业务,那么 LTE 上的语音业务还得回落到 3G,甚至 2G 网络上的电路域。部署 VoLTE 业务,语音业务无须依赖现有的 2G/3G 网络,不仅可以优化整合频谱资源,逐步启动 2G/3G 退网和频谱重耕,而且多张网络逐步演进为统一的 LTE 网络,降低运营商未来的运营成本。开展 VoLTE 业务,不仅可以无缝继承现有电路域语音业务,同时也为新型语音业务提供了条件,HD voice (高清语音)业务和 RCS/Joyn 富通信业务等也得以迅速发展。

目前 LTE 业务发展良好的运营商均陆续推出 VoLTE 业务,除韩国运营商 2012 年的 VoLTE 商用化外,2014 年,美国和日本也开始推出 VoLTE 商用化。中国移动相继发布了《VoLTE 白皮书》和《下一代融合通信白皮书》,在 2014 年商用 VoLTE 业务,提供 RCS(富通信)业务。

4.3 终端多模多频

在 LTE 时代,纵观全球,不仅频谱分配凌乱杂散,而且技术制式也参差不齐,短期内很难有统一的频段和制式来开展国际漫游。为了开展国际漫游,满足多网协同,有效的解决途径是终端多模多频。例如中国移动在 2014 年上半年的 LTE 终端采购中提出了五模十频的要求,其中,五模包括 TD-LTE、FDD-LTE、TD-SCDMA、GSM、WCDMA 技术制式。支持多个制式和频段的多模多频 LTE 手机仍然是一个难以解决的问题,只有新一代的 28 nm 芯片,才能大大提高集成度、降低功耗、降低成本,使 LTE 手机在性能、功耗和价格上达到目前 3G 手机的水平,从而满足大规模商用化的要求。2013 年随着 28 nm 的 LTE 芯片取得突破,逐步解决了多模多频 LTE 手机规模化量产的技术难题,如高通推出 RF360 系列,单芯片多模多频。终端多模多频有利于多网协同,但长远而言,随着频谱重耕和网络演进,技术制式逐步聚焦到 LTE 模式。

5 结束语

移动互联网是当今发展最快、最具创新性、最具影响

力的科技领域之一,深刻地改变着社会经济生活的方方面面。无线频谱是发展移动业务不可或缺的关键资源,为了满足移动互联网的发展,不仅需要增加更多的频谱资源,更需要提升现有频谱的效率,充分发挥现有低频段无线频谱的覆盖优势,加快 LTE 网络部署。

目前全球频谱监管政策中,大多数西方发达国家采用市场化的拍卖方式分配频谱资源,我国还采用行政色彩浓厚的“选美”方式分配频谱资源,频谱资源和技术制式相捆绑。我国现有频谱监管政策在推动移动通信发展、优化电信行业竞争格局、提升国家自主创新等方面无疑发挥了巨大的作用,但随着移动互联网的快速发展和普及,需要“使市场在资源配置中起决定性作用和更好发挥政府作用”,我国的无线频谱监管政策需要变革,一方面应采取更灵活的频谱监管政策,如尝试频谱重耕、市场化配置频谱资源等,另一方面应释放更多的频率资源,如加快释放所谓“数字红利”的 700 MHz 频率。

诸多行业,如广电、民航、海事等,均需要频谱资源,我国优质的低频段频谱大多已有安排,因此,释放和分配新的频谱资源往往需要复杂冗长的技术和行政程序。为了促进移动互联网的发展,加快推进 LTE 网络部署和国际漫游,当务之急是加快推动频谱重耕工作的开展。

参考文献

- 1 Federal Communications Commission. Mobile Broadband: The Benefits of Additional Spectrum. <http://www.fcc.gov/document/mobile-broadband-benefits-additional-spectrum>, 2010
- 2 朱东照,罗建迪,汪丁鼎等. TD-SCDMA 无线网络设计与优化. 北京:人民邮电出版社,2007
Zhu D Z, Luo J D, Wang D D, et al. The Design and Optimization of TD-SCDMA Wireless Network. Beijing: Posts and Telecom Press, 2007
- 3 中华人民共和国工业和信息化部运行监测协调局. 2013 年通信运营统计公报. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11294132/n12858447/15861120.html>, 2014
Monitoring and Coordination Bureau of China's ministry of industry and information technology. Statistical Bulletin of Telecommunication Operation Industry 2013. <http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n11294132/n12858447/15861120.html>, 2014
- 4 中国移动有限公司. 中国移动有限公司 2013 年年报. <http://www.chinamobileltd.com/tc/ir/reports/ar2013.pdf>, 2014
China Mobile Ltd. Annual Report 2013 by China Mobile Ltd. <http://www.chinamobileltd.com/tc/ir/reports/ar2013.pdf>, 2014
(2015017-7 接排在 2015034-6 后)