



未来 IMT 系统频谱需求预测的现状与展望 *

王 坦¹, 黄 标¹, 庞 京²

(1. 国家无线电监测中心 北京 100037; 2. 河北工业大学信息工程学院 天津 300401)

摘 要: 为了满足下一代国际移动通信(IMT)系统的用频需求,实现频谱资源的科学分配和使用,避免超前分配导致的资源浪费,需要对其频谱需求总量做出合理预测,以支撑后续频谱规划与指配工作。对 IMT 频谱预测相关工作的现状进行了阐述,通过分析,对预测工作中的关键因素进行了归纳与总结,以期为后续工作提供借鉴。

关键词: 频谱需求; 频谱预测; 国际移动通信系统

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.04.024

Current Work and Way Forward of Spectrum Requirement Estimation for the Future IMT System

Wang Tan¹, Huang Biao¹, Pang Jing²

(1. The State Radio Monitoring Center, Beijing 100037, China; 2. School of Information Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: In order to satisfy the spectrum requirements of the next generation international mobile telecommunication (IMT) system, to realize scientific allocation and usage of spectrum resources and to avoid spectrum waste brought by allocation in advance, there is a need to make a reasonable estimation for the spectrum demands of future IMT systems. The estimation results can also provide guidelines for the subsequent spectrum planning and assignment work. The progress of study related IMT spectrum estimation was given. From the analysis of current work and practical situation, the key factors in the estimation methodology were summarized to provide a reference for the following work.

Key words: spectrum requirement, spectrum estimation, IMT system

1 引言

频谱资源是国际共用、国家支配的稀缺性战略资源,被广泛应用到国民经济和国防建设的各个方面。移动通信行业是依托于频谱资源的重要行业之一。近年来,随着无线新技术的发展和人们对数据多媒体业务的渴望,多家机构研究显示,未来移动通信业务量将呈现爆炸式增长,如图 1 所

示^[1],这给新技术发展和频谱资源管理带来了严峻挑战。

为应对庞大的业务需求,无线通信技术体系在加速演进。由国际电信联盟无线通信部门(ITU-R)定义的国际移动通信(international mobile telecommunication, IMT)系统已经发展到第四代(4G),并逐步向第五代(5G)推进。相应地,我国也成立了 IMT-2020 推进组,力争在 5G 时代引领国际技术发展走向。在该范围内,多项关键技术以及新的

* 国家科技重大专项基金资助项目(No.2012ZX03003004, No.2012ZX03006-003-003)

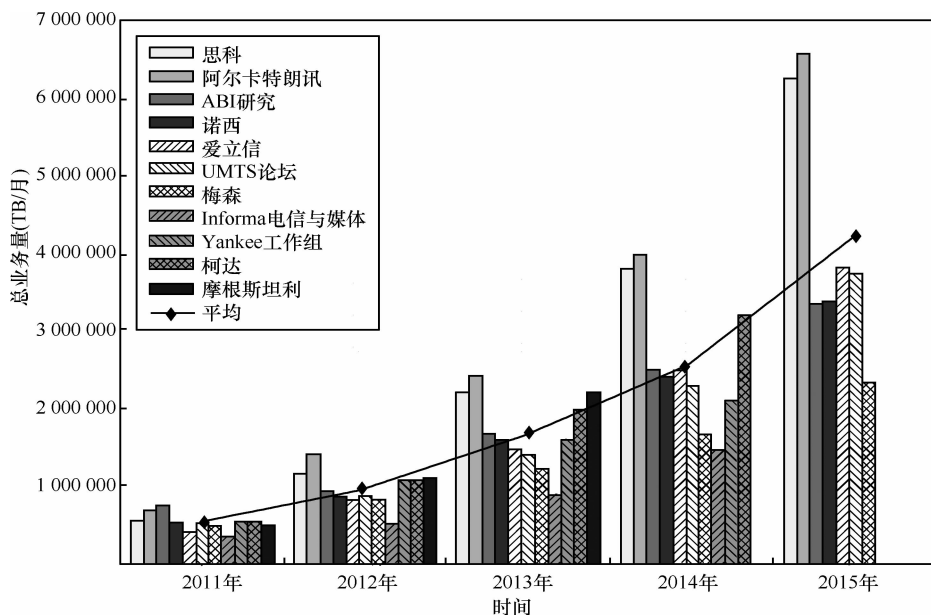


图1 未来无线通信业务量增长预测走势

网络架构相继涌现。研究表明,下一代无线通信业务的发生地将有较强的集聚性,如家庭、办公室等^[2]。报告显示,在欧洲,预计有 2/3 的话音业务和 90% 的数据业务来自热点地区^[3];在美国,预计有 50% 的话音业务和 70% 的数据业务来自热点地区^[4]。新的业务分布特征将有力地推动热点地区覆盖策略的发展,如第三代合作伙伴计划(3GPP)倡导的小基站(small cell)等技术^[5]。

在 IMT 系统进行技术革新的同时,海量移动数据业务对频谱的需求力度也在不断增加。目前,ITU-R 正在开展未来 IMT 系统频谱需求总量预测的相关研究。美国、俄罗斯、日本等国家以及全球移动通信系统协会(GSMA)等组织都一同参与到相关研究中。我国政府与企业也积极参与其中。

随着我国工业化和信息化融合的加深,频谱供需矛盾日益凸显。为了实现频谱资源的科学管理,一方面,要为新的频谱需求及时规划分配资源,以促进相关行业和产业的发展;另一方面,也要对频谱需求做出合理估计,避免超前分配导致的资源浪费。为 IMT 合理预测频谱资源,既是解决当下重点问题的需要,也可以为其他行业未来频谱需求预测提供参考。

2 频谱预测工作现状

2.1 国际层面

在 ITU-R 的推动下,IMT 系统频谱需求预测工作正在国际范围内积极开展。ITU-R 在建议书 M.1768^[6]中提出了

一套针对全球范围内的、较为完备的频谱预测方法。其核心特点主要包括两个方面:一是通过调查研究,对未来无线通信业务种类与市场需求做了详细的调查统计工作;二是依据乘法原理建立了一整套“业务需求—业务环境—部署场景—接入技术”的映射关系,如图 2 所示。ITU-R 将 M.1768 方法作为未来 IMT 频谱需求的主流预测方法,并逐步针对未来业务需求和技术特征等方法做出改进。

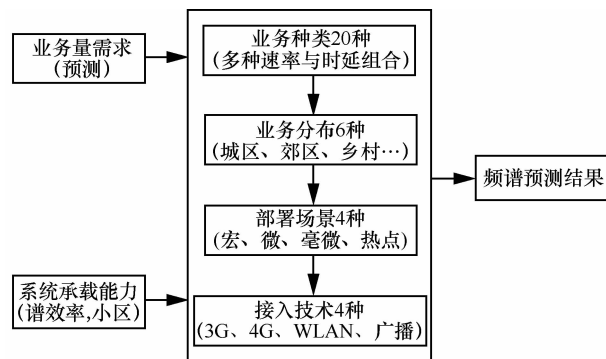


图2 M.1768 方法流程

M.1768 方法兼具完备性与复杂性,计算过程较为繁琐。美国联邦通信委员会(FCC)提出了一种流程简洁的方法^[7]。方法的核心思路是通过业务、基站数与频谱效率的增长从总体上对频谱需求进行测算。俄罗斯也提出了类似的预测方法^[8],认为到 2020 年,所有小区将部署当前最先进的通信标准,实现较高的频谱利用率。此外,GSMA 提出了一种频谱预测方法^[9],通过结合 M.1768 与 FCC 的方法,联

表 1 ITU-R 5D 工作组输入文稿结果汇总

来源(国家、组织或公司)	方法	预测结果	
		2012 年 10 月提交	2013 年 1 月提交
美国 FCC	新方法	2014 年增加 275 MHz	
澳大利亚	新方法	2020 年 1 081 MHz	
俄罗斯	新方法	2020 年 1 065 MHz	
日本	M.1768	2020 年 2 020 MHz	2020 年 1 140~1 700 MHz
大唐电信、中国移动、中国联通、中国电信、华为、中兴通讯	M.1768	2020 年 1 700~2 100 MHz	
华为、爱立信、诺基亚	M.1768	2020 年 1 240~1 880 MHz	
GSMA	新方法	2020 年 1 600~1 800 MHz	2020 年 1 600~1 800 MHz
印度	新方法	2020 年增加 500 MHz	
爱立信、英特尔、诺基亚、诺西	M.1768		2020 年 1 160~1 840 MHz
中国	M.1768		2020 年 1 490~1 810 MHz

合考虑宏观预测与微观映射。表 1 汇总了 ITU-R 5D 工作组最近两次会议上的各方输入文稿结果。

2.2 国内层面

在我国,IMT 频谱资源预测工作主要从以下几个方面开展。

其一,依托 2015 年世界无线电通信大会(WRC-15)的 1.1 议题,为未来 IMT 发展寻找可用频段。其中,频谱需求预测是寻找可用频段的前提和首要工作。

其二,为了推动 WRC-15 的 1.1 议题的顺利开展,中国通信标准化协会(CCSA)无线通信技术工作委员会(TG5)频率组(WG8)针对该问题进行了课题研究。

前两部分的研究主要针对国际层面,在 ITU-R 的框架下,以 M.1768 方法为主导,其研究成果已通过国家提案的形式在 ITU-R 5D 工作组以及亚太电信组织(APT)提交,结果见表 1。为了更好地结合我国实际国情,我国 IMT-2020 推进组频率子组也对该课题进行了立项,拟从我国国情出发,研究更加适合我国实际情况的 IMT 频谱需求预测方法,在方法建模中加强对现网数据的体现,力求更加直观、精确,以反映我国运营移动通信网络的实际需求,为后续频率规划工作提供参考。

在预测方法上,北京邮电大学在 M.1768 方法的基础上,使用博弈论和灰度预测对我国 3 家运营商的频谱需求情况做出了预测,并给出了一种规划方案^[9]。国家无线电监测中心以 M.1768 方法为基础,提出了一种基于密集城区分析的预测方法。方法选取典型密集城区进行预测,充分考虑了业务量与基站数量在所选取密集区内从不同接

入技术到不同部署小区下的映射关系。在 GSMA 方法的基础上,我国工业和信息化部(以下简称工信部)电信研究院也提出了一种预测方法^[10],通过将住房和城乡建设部文件与国内 3 家运营商近几年数据报表相结合,以拟合等方式对未来业务量与承载能力进行了预测。

3 频谱预测关键因素

按照 ITU-R 5D 工作组计划,IMT 频谱需求预测工作已经进入关键阶段,并将于 2013 年 7 月份向上级机构提交初步结果。一方面,从国际层面来看,现有研究结论有待进一步精细化、准确化、合理化;另一方面,从我国研究进展来看,为了充分结合我国国情,加强对现网数据的体现,预测工作有待进一步推进,为中长期频率规划做准备。通过对现有预测方法的归纳与总结,下文对频谱预测工作中的关键因素进行分析,以期后续研究工作提供借鉴意义。

3.1 场景选择

频谱资源的需求量与业务密集程度紧密相关。通常情况下频谱需求大体上由业务最密集场景的平均需求决定。以 M.1768 为例,其将评估场景分为“城市、郊区、乡村”,如图 3 所示,在三者的频谱需求中求得最大值,作为总的频谱需求。预测结果显示,“城区”频谱需求远高于后两种场景。俄罗斯和 GSMA 的方法也具有相似结论。

在这种情况下,可以推断,郊区与乡村等地区业务量的增加不会对频谱需求总量产生实质性的影响。相反,还可能引入误差。其一,如果先对业务总量进行预测,再将其



(a)城市



(b)郊区



(c)乡村

图3 M.1768方法中的3种场景

分流到城市等多种场景中,那么不同的分流比例会给结果带来较大差别,精确的分流比例难以计算,这不利于获得城市场景的真实业务需求情况;其二,城市的发展程度千差万别,现有方法对城市场景的定义较为宽泛,难以代表一个国家或地区城市频谱的实际使用情况。因此,在预测中对城市场景进行更加深入的分析,将是解决频谱需求问题的捷径。

3.2 基准数据选择

在未来业务量的预测上,通常方法是先确定基准年(或月等其他时间周期),获得基准年的业务统计数据,然后以基准年为起点,对业务量增长倍数进行预测。因此,基准年的选择与业务量增长倍数的预测相互关联、密不可分。

现有预测方法通常是将历史数据统计、社会调查与曲线拟合算法相结合,完成业务量增长倍数的预测。部分方法中引入了“平均年度增长”的概念,将未来若干年的业务量增长倍数平均为年度增长。这种方式具有一定的参考价值,但在计算中要对数值大小保持谨慎。尤其是当相邻几年增长率波动较大时,这种方式会引入误差。

例如,假设以2010年为基准年,总业务量为单位1,以预测2012年总业务量为目标。

- 情况一:通过业务量预测,得到2011年业务量增长2倍,结果为2;2012年仍增长2倍,业务量为4。此时,如果使用“平均年度增长”的概念,可以得到年均增长为2倍。此时,若保持“平均年度增长”不变,选择2011年为基准年,以总业务量2为基准数据,那么2012年的业务量仍为4,与上述结论相同。
- 情况二:通过业务量预测,得到2011年业务量增长4倍,结果为4;而2012年无任何增长,业务量仍为4。易知“平均年度增长”仍为2倍(即每年增加2倍)。此时,若以“平均年度增长”为准则,

选择2011年为基准年,以业务量4为基准数据,那么2012年数据将为 $4 \times 2 = 8$ 倍,这与前者结论相差较大。

当前,各预测方法中普遍认为,2010-2020年总业务量增长率将呈现“先增后降”的趋势。因此,在计算中应当首先确定基准年与基准数据,再对增长倍数进行估算,避免因使用“平均年度增长”而引入的误差。

3.3 总业务量增长倍数

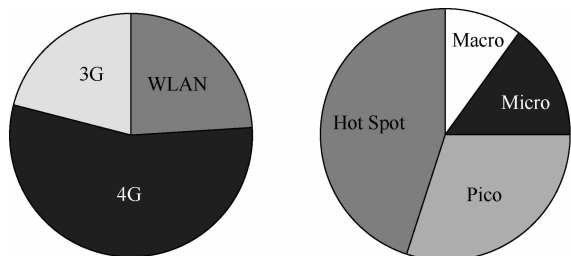
合理、准确地预测总业务量增长倍数是预测工作的重要前提。总业务量的增长倍数与频谱需求的最终预测结果大体上呈线性正相关,是任何一个预测方法的关键输入参数之一。表2给出了部分预测结果示例。在2013年1月的ITU-R 5D工作组会议上,爱立信、英特尔、诺基亚和诺西等公司提案认为,2020年全球总业务量较2010年的增长倍数为44~87倍,日本提案预测该倍数为43.9~80.3倍。相比之下,我国人口众多,未来IMT业务量发展潜力极大。依据CCSA的预测报告,我国总业务量在2010-2015年增长35~40倍,在2015-2020年增长15~20倍。类似的,工信部电信研究院预测方法中对我国2020年业务量较2010年增长倍数的预测约为621倍。由此可见,不同国家或组织机构的业务量预测结果范围跨度较大。

表2 业务量预测结果示例

来源(国家、组织或公司)	2020年业务量相对2010年的增长倍数
爱立信、英特尔、诺基亚等公司	44~87倍
日本	43.9~80.3倍
CCSA	525~800倍
工信部电信研究院	约621倍

3.4 业务量到部署的分流

部署分流是从“总业务量”到“3G/4G等接入技术组”,再到“宏基站(Macro)、微基站(Micro)、毫微基站(Pico)、热点基站(Hot Spot)”的映射关系,如图4所示。不同的接入技术



(a)不同接入技术组的分流 (b)同一接入技术组内部不同部署的分流

图4 业务量到部署分流示意

组在不同部署小区的承载能力各不相同。因此,同样的总业务量配合不同的分流系数,将会对结果带来较大的差别。例如,将所有业务都由宏基站承担或将所有业务都由热点基站承担,前者的频谱总需求可能是后者的数倍。引言中的参考文献显示了热点地区业务量将至少占据总业务量的70%,未来小基站技术的发展将会不断推动热点地区覆盖能力的进步,这些研究与结论在分流计算中应当给予充分考虑。

3.5 WLAN 占总业务量的比例

WLAN 作为一种非 IMT 的主流宽带无线接入技术,在步行/静止等室内外热点的承载能力日益凸显。大体上,其对业务量的分流比例与 IMT 的频谱需求反相关。当前一些观点认为,未来 WLAN 对热点地区的分流比例将占据 15%~30%。近些年来,我国 WLAN 业务迅猛发展,管理部门为 WLAN 规划的频段资源也在增加^[12]。现有预测方法对未来网络融合的趋势考虑仍存在不足,非 IMT 的宽带无线接入技术对业务量的分流能力有待进一步挖掘。

3.6 基站数与覆盖面积

基站数量的增加是缓解频谱需求的重要手段,然而,基站数量的绝对增长难以与频谱需求建立直接联系。基站数量与覆盖面积是体现不同部署场景对业务量承载能力的重要因素。在部署分流一定的前提下,每种部署类型的基站数量越少,单位覆盖面积越大,则频率复用就越少,频谱需求越高。在典型城区环境中,不同类基站的覆盖距离情况大概如下:宏基站(约 400 m)> 微基站(约 200 m)> 毫微基站(约 40 m)> 热点基站(约 10 m)。

事实上,运营商基站数量的持续增加,需要综合考虑两点:一方面,城区密集地区的基站建设密度已经较高,难以继续部署宏基站或微基站,未来或将仅部署小基站等类型的基站;另一方面,随着郊区、乡村的城市化建设,这些地区将会建设一批数量可观的基站,使得全国基站总数显著增加。然而,这些地区的业务量,远不及频谱需求最强烈的大城市地区,即这类地区新增的基站数量并未对总频谱

需求产生实质性影响。因此,在预测方法中,基站数量增加的因素,需要结合场景进行更深入的分析。

3.7 频谱效率

频谱效率与频谱需求约呈反比关系。频谱效率是表征单位基站承载业务吞吐量的能力。ITU-R 给出的 2020 年不同场景下的频谱效率评估值见表 3^[6]。

表3 2020 年城市频谱效率评估结果

城市	频谱效率(bit/(s·Hz))			
	宏基站	微基站	毫微基站	热点基站
3G 城市	2	4	4	4
4G 城市	4.5	6	7.5	9

然而,在实际应用中,频谱效率受到站址部署难、环境复杂度高等因素的影响,能够达到的数值往往低于理论评估结果。以我国为例,当前 3G 商用网络频谱效率仅为过去 3G 标准化评估谱效率的 40%。因此,在预测中要充分考虑理论评估结果与实际部署结果的差距。

3.8 上下行配比

高通公司的调查研究表明,IMT 系统上行与下行业务量不对称的情况将长期存在且差距不断加大。在 2010 年,下行业务量是上行的 6 倍;预计到 2015 年,该倍数将上升到 10 倍^[13]。目前,频分双工(FDD)系统的下行补充技术(SDL)和时分双工(TDD)系统本身具备的上下行时隙配比等能力是解决上下行业务量不对称问题的主要途径。

在此背景下,假设在 2015 年,为满足下行业务量,需要 x 的频谱资源,若必须上下行对称配置资源,则将共需要 $2x$ 的频谱总需求;若实现理想下行补充技术或上下行时隙灵活配比,依据高通公司 10:1 的预测结果,根据当前 FDD 与 TDD 技术的不同以及控制信道开销等因素,上行的频谱需求可能下降到 $0.2x$ 左右,这极大地节约了频谱资源。因此,在预测中应适当考虑这些为解决上下行业务量不对称而发展的新技术。

4 结束语

对频谱资源进行科学、合理的规划,既是技术、行业与产业的发展需要,又是提高资源利用率的必然要求。IMT 系统作为未来移动通信的主要承载,对频谱资源总量具有较高的需求。对其需求进行合理预测和评估具有重要意义。本文在对现有工作分析的基础上,对 IMT 频谱需求预测的关键因素提出了若干考虑,以期后续相关工作能够与我国国情更好地结合。



参考文献

- 1 Report ITU-R M.2243. Assessment of the Global Mobile Broadband Deployments and Forecasts for International Mobile Telecommunications, 2011
- 2 Mavrakis D, Kamal-Saadi M. Mobile Broadband Access at Home: the Business Case for Femtocells, UMA and IMS/VCC Dual Mode Solutions. Informa Telecoms and Media, 2008
- 3 De La Roche G, Valcarce A, López-Pérez D, *et al.* Access control mechanisms for femtocells. IEEE Communication Magazine, 2010, 48(1): 33~39
- 4 López-Pérez D, Valcarce A, De La Roche G, *et al.* OFDMA femtocells: a roadmap on interference avoidance. IEEE Communication Magazine, 2009, 47(9): 41~48
- 5 3GPP Tech Rep TR 36.814 V9.0.0. Further Advancements for E-UTRA Physical Layer Aspects, 2010
- 6 Report ITU-R M.1768. Methodology for Calculation of Spectrum Requirements for the Future Development of the Terrestrial Component of IMT-2000 and Systems Beyond IMT-2000, 2006
- 7 Federal Communications Commission. Mobile Broadband: the Benefits of Additional Spectrum, 2010
- 8 Russian Federation Document 5D/118-E. Future IMT Spectrum Requirements Assessment for the Russian Federation, 2012
- 9 GSMA. A New Model for Spectrum Estimation, 2012
- 10 聂博识, 冯志勇, 冯泽冰等. 基于层次化频谱需求预测的 IMT 系统频率规划. 电信科学, 2012, 28(5): 30~36
- 11 工业和信息化部电信研究院. IMT 频谱需求预测研究. CCSA TC5 WG8 第 57 次会议, 北京, 2012
- 12 工业和信息化部无函〔2012〕620 号. 工业和信息化部关于发布 5 150~5 350 兆赫兹频段无线接入系统频率使用相关事宜

的通知, 2012

- 13 Qualcomm Inc. Document 5D/266-E Information Related to the Level of Asymmetry Between the Downlink and Uplink for Traffic in Response to Liaison from ITU-R JTG 4-5-6-7 on Spectrum Requirements, 2013

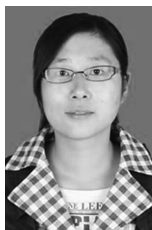
[作者简介]



王坦,男,博士,国家无线电监测中心工程师,主要研究方向为移动通信频率规划、电磁兼容分析的研究与评估。



黄标,男,硕士,国家无线电监测中心高级工程师、副总工程师,主要研究方向为频谱工程、频谱管理研究等。



庞京,女,河北工业大学信息工程学院硕士研究生,主要研究方向为宽带无线通信新技术、公众移动通信频谱需求预测等。

(收稿日期:2013-03-13)

·简讯·

IDC:2017 中国企业移动应用市场将达 41.5 亿美元

IDC 最新发布的报告《中国企业级移动应用市场 2013-2017 年预测与分析》(文档号 IDC #CH2673811U)显示,2012 年是中国企业级移动应用快速发展的一年,2013 年市场规模为 9.3 亿美元,预计 2017 年将达到 41.5 亿美元,2013-2017 年的复合增长率为 45.3%,到 2017 年将形成具备一定规模的市场。

IDC《中国企业级移动应用市场 2013-2017 年预测与分析》报告有如下关键发现。

移动应用生态体系较为复杂,相对于传统的软件

开发商,企业客户更倾向与专注于移动应用的软件厂商合作,为其定制开发移动解决方案,这在移动应用建设初期非常普遍。另外,电信运营商也扮演着非常重要的角色,除了提供通信服务之外,还能提供整体解决方案,包括软件应用、系统集成服务和移动终端设备购置。

移动办公是企业客户试水移动化的典型应用,属于通用型解决方案;但移动应用更广阔的市场空间还是在行业解决方案领域,其与客户的核心业务紧密相连,能够有效支持销售团队、售后服务团队、现场工作团队等人员,大幅提高生产和工作效率。

(来源:中国信息产业网)