

# 无线频谱测量方法与分析

## Spectrum Occupancy Measurement and Analysis

中图分类号:TN92 文献标识码:A 文章编号:1009-6868 (2009) 02-0015-05

**摘要:** 文章基于无线频谱测量的方法和要素,从各个角度分析了现有的频谱占用情况,测量结果表明,现有的频率分配政策使得部分频谱并未被有效地利用,频谱占用度在时间上空间上具有较大的差异性。测量结果将为未来的认知无线电技术等下一代无线通信技术的实现提供依据。

**关键词:** 频谱测量;分析方法;频谱利用;测量关键参数

**Abstract:** This paper analyzes the current spectrum utilization from all aspects based on related methods of spectrum measurement. The measurement results show that some part of spectrum resource is not used effectively due to current fixed spectrum allocation policy, and the spectrum occupancy has great difference in terms of time and space, which provides possibility for development of future wireless communication technologies such as Cognitive Radio (CR) system.

**Key words:** spectrum occupancy measurement; analysis approach; spectrum utilization; measurement key parameters

随着无线通信的迅速发展,特别是由于近来基于频谱的服务和设备显著增加,人们对频谱资源的需求越来越大,然而频谱资源日趋匮乏,尤其是传播特性较好的低端频段已经被划分殆尽。这种预先分配、授权使用的频谱管理方式,使某些频段承载的业务量很大,而另一些频段却在大部分时间内没有用户使用,白白浪费了频谱资源。美国Shared Spectrum公司在2004年1月到2005年8月间,对美国30~3 000 MHz频段的频谱使用情况调查后发现,该频段的平均使用率只有5.2%<sup>[1]</sup>。

通过频谱占用度的研究和测量,将有利于了解的频谱利用状况,为今后频谱分配政策的制订提供现实依据,同时为认知无线电技术等用于异构网络的下一代无线通信技术寻找可用频段。

频谱测量工作的进行需要简单、实用、高效的测量方法,在测量中结合各频段内已有的业务特性,设置合理的测量参数,制订有效的频谱测量方案,并对测量数据进行有效的分析。合理地使用测量数据的分析结果,将为频谱管理人员提供有关频谱实际使用情况的信息,方便频谱管理人员指配频率,为主管部门制订认知无线电管理和频谱分配政策提供技术支持。

### 1 测量方案的研究

在进行无线频谱测量前,针对具体的测量目的需要根据测量目标制订合理的测量方案,确定测量地点、使用设备、测量频段等相关工作的调研<sup>[2-4]</sup>。

完备的测量方案不仅有利于快速的开展测量工作,也会直接影响到测

量结果的准确性。

#### 1.1 测量地点及时间的选择

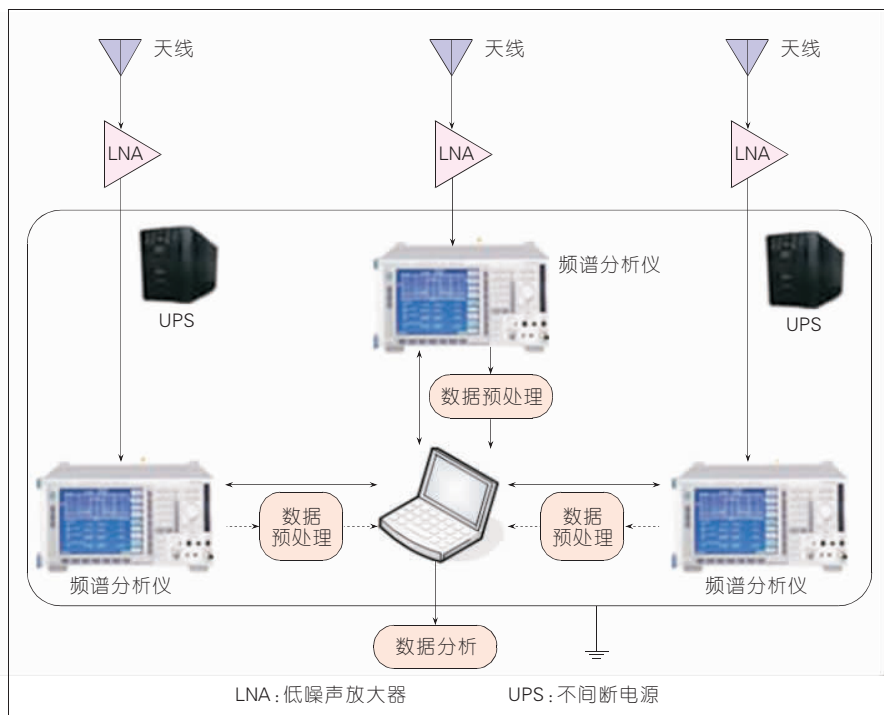
不同场景下,频谱的利用情况是不同的。在IMT-Advanced的建议中,测量场景一般可划分为:乡村、郊区、城区、密集城区、热点地区5个典型的场景。每个场景的无线电环境不同,测量时间也会有所不同。在每个场景中测量地点的选取要保证足够的代表性,能真实反映此时此地频谱的利用情况。

一般来说,对于特定频段的小规模频谱测量工作,测量时间一般由测量的需求而定;在大规模的频谱测量工作时,考虑到测量结果需要能够准确地反映出在各个时间段的占用状况,需要大量的涵盖多个时间段的测量样本,因而需要长时间的连续测量,根据ITU-R中SM.1536的建议<sup>[2]</sup>,一般需要连续测量7天。

#### 1.2 测量设备选择及搭建

测量设备的选取需要根据各频段上具体通信技术的特点来选择,对于使用能量检测法可以直接检测并分析到信号的频段,普通的接收机或是频谱分析仪均能满足测量的需求<sup>[3]</sup>;对于特殊频段,如卫星通信所使用的

田方/TIAN Fang<sup>1</sup>  
冯志勇/FENG Zhi-yong<sup>1</sup>  
陈星/CHEN Xing<sup>2</sup>  
(1. 北京邮电大学,北京 100876;  
2. 中国移动通信研究院,北京 100053)  
(1. Beijing University of Posts and  
Telecommunications, Beijing 100876, China;  
2. Research Institute of China Mobile  
Communications Corporation, Beijing 100053,  
China)



▲图1 无限电频谱测量设备的搭建

频段则应使用专门的测量设备接收及分析,而CDMA系统则需要相应的解码设备来完成对其的精确的测量与分析。图1所示为测量设备的一种搭建方法。

### 1.3 测量参数的确定

测量参数的设置直接关系到测量结果的正确性,一般来说,测量时比较重要的参数包括回扫时间、分辨带宽(RBW)与显示带宽(VBW)、判决门限。

#### (1)回扫时间

在测量中,当进行占用度测试时,需要设置合适的回扫时间,回扫时间如果过长,可能会漏测一些持续时间较短的信号,降低测量结果的可靠度。IUT-R建议SM.1536中建议回扫时间要小于信号发射时长的一半<sup>[2,5]</sup>,回扫时间如果超过12 s,测量的精度会显著下降<sup>[5]</sup>。

在实际的测量中,回扫时间的设置与接收设备有密切的联系。在使用接收机作为接收设备时,回扫时间可以由测量人员根据需要确定,以保证

测量中回扫时间低于建议值,提高测量精度。但如果回扫时间过短,在测量时扫描速度超出了设备的反应速度,测量结果会有失真。同时,由于各通信系统上的信号特征有不同,有些频段的信号发射时长远低于12 s,这些信号在测量过程中很容易被漏测,从而造成测量结果的误差。在对这样的频段进行占用度测量时,应该保证采集到大量的测量样本,通过长时间的统计值获得可靠的占用度结果。

#### (2)RBW与VBW设置

RBW为分辨带宽,设置它的大小,能决定能否把两个相临很近的信号分开。VBW为显示带宽,表示测试的精度,如将VBW设为10 kHz,表示每隔10 kHz取一个样本测试其电平。

为保证测量结果能够准确地反映出测量频段上各系统的占用度情况,需要事先对各测量频段上承载的业务特性做调研,根据每种通信系统的信道带宽特性设置RBW与VBW,通过各扫描采样点的占用情况来判断信道是否被占用。一般来说,各采样频点间隔应小于信道带宽的一半。如

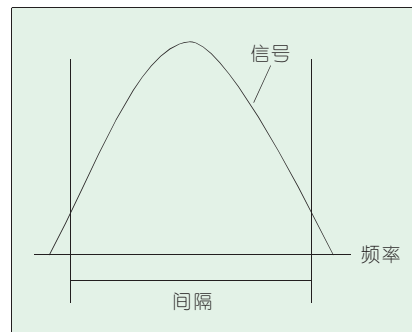
果间隔过大,则有可能漏测到信号,造成测量结果的误差,采样频点间隔过大对测量产生的影响如图2所示。测量精度越高,越能够充分的保证测量结果的准确性。

#### (3)判决门限

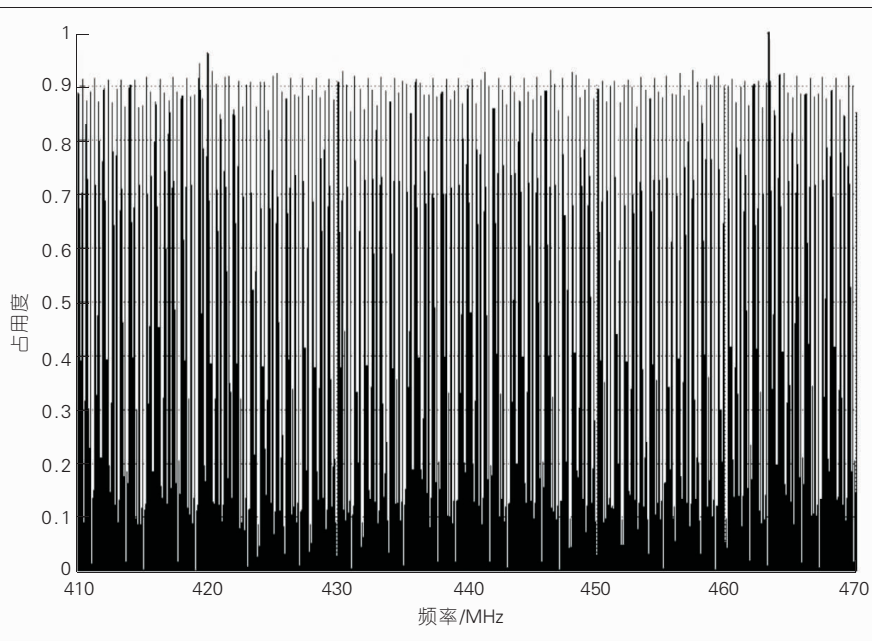
在保证接收系统具有一定灵敏度的条件下,门限电平设置必须尽可能低,但要注意避免记录噪声。对于小信号比较多的情况,门限设置高了容易漏掉信号,门限设置低了容易把噪声算进来,引入测量误差<sup>[5]</sup>。

通常的方法是在环境噪声均值之上加5 dB左右作为判决门限,这种方法主要是来自于以往积累的经验确定测量门限,在噪声起伏波动不大的情况下有较高的可靠性。其优点是直观且快速的分辨出噪声和信号,但是主观性较大,缺乏对测量环境灵活的适应,如果噪声波动较大,很容易将噪声误判为信号,或是将小信号判为噪声滤除,从而造成测量结果的误差。如图3所示为经验值法测得的频谱占用度,在噪声波动较大时,会获得过高的占用度值,与实际情况并不相符。

F. Weidling提出了P值法来确定测量门限划分信号与噪声<sup>[6]</sup>。所谓的P值法就是假设噪声的方差是一个稳定值,利用迭代法逐步减小噪声样本,最后得到一个稳定的噪声方差从而确定门限的大小。这种方法的优点是门限值确定方法较为客观,并且门限划分更为细致,能够按信道划分门限值。但经反复试验表明,P值法一般适



▲图2 采样频点间隔过大对测量产生的影响



▲图3 经验值法测得的频谱占用度

应于噪声比信号多且噪声功率与信号功率差别明显的情况,测量结果基本与实际相符;而当噪声与信号功率较为接近或是整个频段均为噪声或信号时,P值法得到的结果并不令人满意,这是P值法在使用过程中的一大缺陷。

在以前美国的一些频谱测量工作中,门限值确定方法在噪声峰值的基础上加几个分贝设置判决门限。这种方法的好处是能够将绝大部分的噪声滤除,虽然会使一些小信号被判为噪声,进而造成测量结果的误差,但避免了由于噪声波动过大而将噪声判决为信号的情况出现。通常在测量过程中,使用的是在噪声峰值上加3~5 dB作为划分信号与噪声的门

限。门限确定如图4所示,从而获得各频点占用度。

这种方法带有一定的主观性,但是能够将噪声和信号较好地分离开来,从而获得较为可靠的结果。在门限确定过程中,为确保小信号能够被尽可能地判断出来,可通过反复比较在不同门限下的占用度的变化,在保证信号和噪声能够比较准确被划分的情况下,尽可能将门限取低。

## 2 测量分析方法

对于测量结果的分析应从多个方面展开,以尽可能从多个角度展示出各频段各系统的占用状况。一般来说,对测量结果的分析主要是从各频段的功率情况、占用度大小来分析。

但是对于今后可能使用的一些动态频谱分析技术来说,更需要对各频段的频谱使用状况有具体的了解。在本文中介绍比较有代表性的分析方法。以全方位地了解频谱占用度在不同频段、不同时间、不同地点的变化情况。

### (1) 频点占用度

在通常的测量中,常常统计的是信道占用度的情况,然而在大规模的测量中,由于采用的是连续扫描大范围的测量频段的方法,各频段的信道特征各不相同,难以对具体的信道测出精确的结果;另一方面,在大规模测量中,并不关心具体某个信道的占用情况,而是需要得到各频段占用的总体情况,测量重点是整个频段的占用度,因而可以对各个采样频点做占用度分析,并从大量采用频点的分析结果出发获得多个频段的详细占用状况。

在这里使用频点占用度参数分析各频段上采样点的占用情况,其具体计算方法如下:

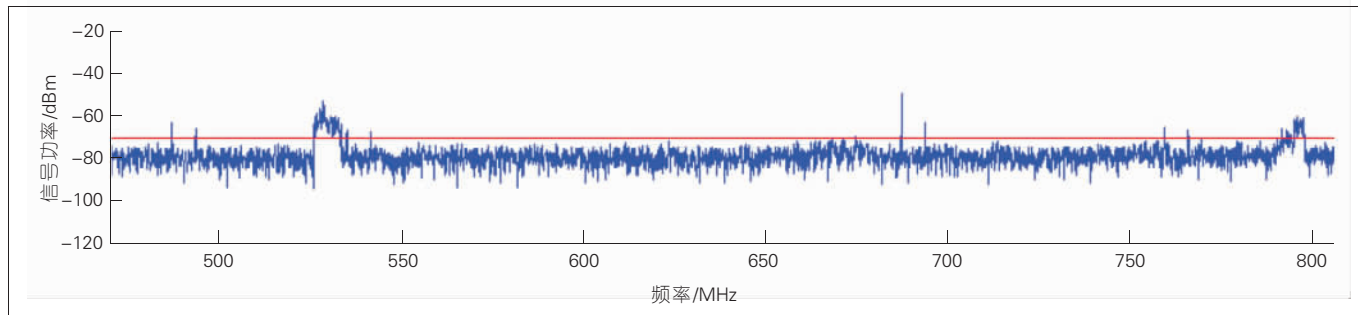
占用度是一个统计值或者说是估计值,连续测量某一个采样一段时间,把信号的功率超过门限的时间占总测量时间的百分比算出来称作占用度<sup>[6]</sup>。即:

$$\eta = (T_1 / T_2) \times 100\% \quad (1)$$

这里  $\eta$  是占用度,  $T_1$  是信号超过门限电平值以上的持续时间之和,  $T_2$  是总测试时间。

### (2) 频段占用度

在测量中,对于频段占用度的测量通过统计采样频点占用度来描述。



▲图4 门限确定示意图



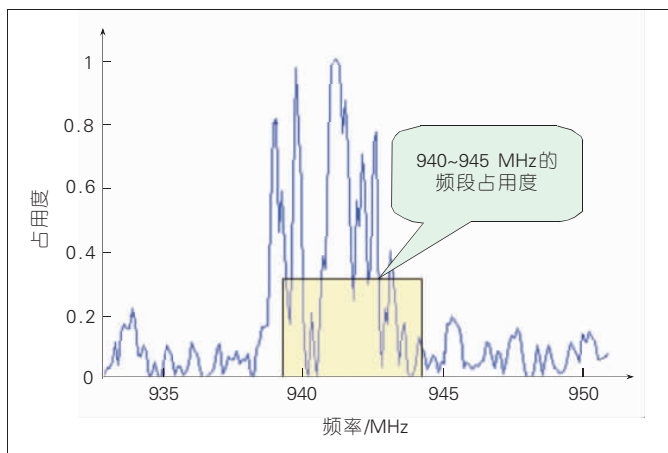


图5  
频段占用度示意图

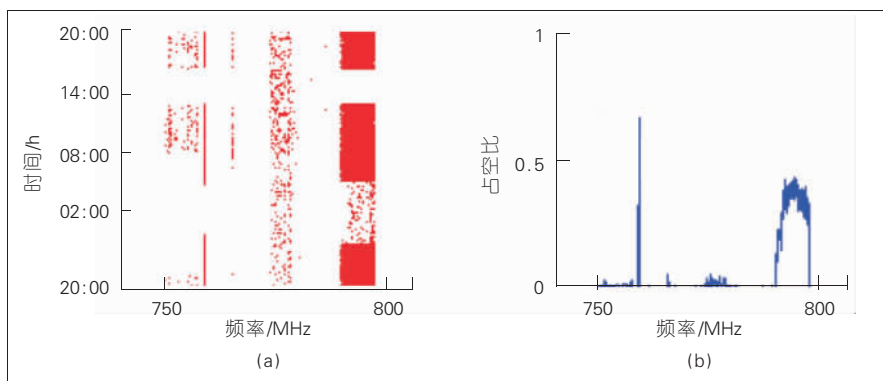


图6 热点地区部分广播频段占用度示意图

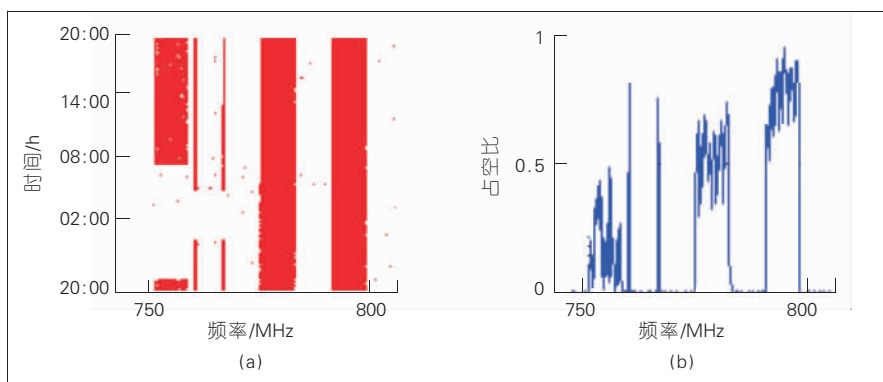


图7 密集城区部分广播频段占用度示意图

即将某频段一段时间内的所有频点占用度作一个平均。

例如某频段内测得100个频点,经过处理之后得到在这100个频点上的占用度,通常情况下,每个频点的占用度不会完全相同,为计算此频段的整体占用状况,将100个频点的占用度相加,再除以100,得到一个平均的占用度值,以此作为整个频段的占

用度。图5所示为频段占用度示意图。

对频段占用度的分析将有助于了解整个频段在一段时间的占用状况,通过对频段占用度的比较,可以得出各频段使用情况上的差别,从而为认知无线电等技术找到可用频率。

### 3 测量结果分析

测量结果的分析应反映时间上

地点上以及频率上的差别。图6为广播频段中750~800 MHz在热点地区的占用度结果,图6(a)显示的是在一天24小时中,各频率采样点的占用情况,右边的刻度为时间轴。图6(b)的曲线是统计各个采样点一天内的总体占用度,与图6(a)相对应,各频率采样点一天之中被占用的时间越多,则其占用度越高。

不难看出,在测量时间内,整个频段并没有被完全占用,部分频谱仅被很少的占用甚至是没有被占用。体现出了频谱占用度在时间上和频域上的差异性。

图7则为同一频段在密集城区的测量结果,与图6相对比,在密集城区的频谱的占用度明显更高。可见同一段频谱在不同地区占用度是存在差异的。

同时统计这一段频谱在不同地点的频段占用度大小得出,在热点地区,750~800 MHz频段占用度为0.0818,而在密集城区则为0.2311。密集城区的占用度明显大于热点地区,但是仍处于较低水平。

图8为整个750~800 MHz频谱占用度的分布情况,它以每小时为单位,统计了在750~800 MHz频段各频率采样点的占用度大小情况。与图6、图7相比,图8更加全面的展示了这一段频谱的使用状况,从图8不仅可以看出某段频谱在某段时间内是否被占用,同时也能够了解其在这某段时间内的占用度大小。

从图8中可以看出,虽然为广播频段分配了大量的频率资源,但由于避免干扰,各省均只使用其中的部分频率作为自己的广播频段,使得在同一地区,广播频段的大部分资源被闲置,这样就对广播频段的资源造成了巨大的浪费。从图8中可以看出,部分频率的占用度基本为0。而从时间上来看,一些白天有较高占用度的频段在夜间基本没有被占用,因此降低了其整体利用率,使得广播频段中的大部分频谱资源块的占用度处于较低

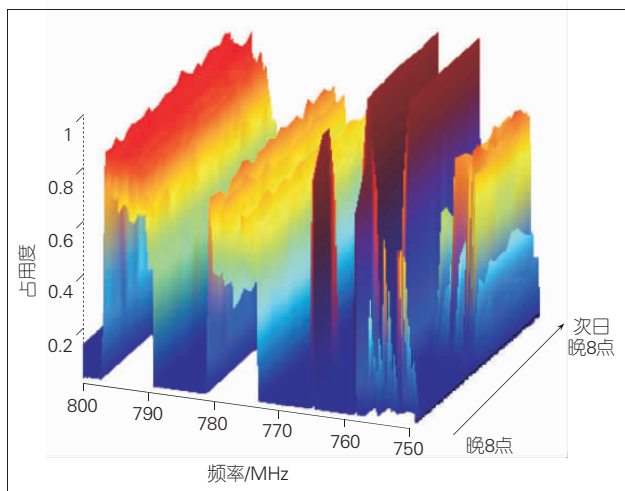


图8  
密集城区  
750 ~ 800 MHz频段频谱  
资源块分布情况

的水平。

#### 4 结束语

对现有的频谱开展频谱测量工作,不仅能够为今后的频谱政策的制订提供有力的依据,也为新的通信技术的发展提供技术支撑。本文通过结合对现有频谱测量工作的调研成果及测量经验,提出了测量的一些相关方法和分析方法,可为今后的测量工作提供参考。

从测量结果来看,一些部分频段的占用度并不高,这无疑是一种频率资源的浪费。而另一些已做分配的频段始终保持着较高的占用度,对频率资源的需求很大。在目前固定频率分配政策的背景下,很难找出新的频率资源来缓解频率短缺的问题,因此,

随着技术的进步,新的频谱利用技术如动态分配技术的出现将能够有效地解决这个问题。这需要对现有频谱做更为详细的测量和分析,以找出适合承载新技术的频段,解决当前所面临的困境。

#### 5 参考文献

- [1] MCHENRY M A, MCCLOSKEY D. New York City spectrum occupancy measurements September 2004[EB/OL]. Shared Spectrum Company. <http://www.sharespectrum.2004>.
- [2] ITU-R SM 1536 Frequency channel occupancy measureme[S]. 2001.
- [3] Evaluation of spectrum occupancy in indoor and outdoor scenario in the context of cognitive radio[C]//Proceedings of 2nd International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CrownCom' 07), Aug 1-3, 2007, Orlando, FL, USA, 2007:420-427.
- [4] 中华人民共和国无线电频率划分规定[EB/OL]. 2006-09-05. <http://rf.beijing2008>.

cn/upload/dc/1-Allocations\_CN.pdf.

[5] 段洪涛. 频谱占用度测量及相关参数确定[J]. 中国无线电, 2007(3):6-15.

[6] WEIDLING F, DATLA D, PETTY V, et al. A framework for RF spectrum measurements and analysis[C]//Proceedings of 1st IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks (DySPAN'05), Nov 8-11, 2005, Baltimore, MD, USA. Piscataway, NJ, USA:IEEE, 2005: 573-576.

收稿日期:2009-01-05

#### 作者简介



田方, 北京邮电大学通信与信息系统专业在读硕士研究生, 主要研究方向是宽带移动通信新技术。



冯志勇, 北京邮电大学无线新技术研究所副教授, 主要研究方向是认知无线网络。



陈星, 中国移动通信研究院无线技术研究所项目经理、博士, 主要研究领域为LTE-Advanced相关技术和认知无线电技术。

#### 中兴通讯与法国运营商OMT签署UMTS扩容合同

2009年2月, 中兴通讯与法国运营商OMT签署了UMTS商用扩容合同, 这是继双方在2008年初达成UMTS正式合作以来的进一步深入合作, 也是中兴通讯UMTS产品进入罗马尼亚、土耳其、爱沙尼亚等国家之后在欧洲的又一突破。

中兴通讯双模基站采用基于全IP架构的WCDMA/HSPA网络, 可向HSPA+平滑升级; 2G/3G混合组网, 采用共站建设, 可实现灵活切换。中兴通讯UMTS产品注重技术创新, 目前在SDR与多模基站、HSPA+、高效能功放等

领域获得越来越多的全球客户认可。

作为SDR技术商用领先的设备商, 中兴通讯SDR平台不仅支持多制式移动通信, 而且功放效率最高可达45%, 创造了行业最高水准。在2008世界宽带论坛(BBWF)上, 中兴通讯创新的SDR产品B8200和R8860荣获了由国际电工委员会(IEC)颁发的Info Vision大奖。中兴通讯SDR产品已经率先在香港、印度等地获得商用。

2008年12月, 中兴通讯与终端芯片厂商在业内率先顺利完成了3GPP R7标准的HSDPA L2增强和64QAM的IOT测试, 使下行流量稳定在21 Mb/s, 达业界最高水平。