

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.2405-1 报告
(12/2020)

**通过利用认知能力的无线电系统
实现频段动态接入的
频谱管理原则、
挑战和问题**

**SM 系列
频谱管理**



国际电信联盟

前言

无线电通信部门的作用是确保所有无线电通信业务，包括卫星业务，合理、公平、有效和经济地使用无线电频谱，并开展没有频率范围限制的研究，在此基础上通过建议书。

无线电通信部门制定规章制度和政策的职能由世界和区域无线电通信大会以及无线电通信全会完成，并得到各研究组的支持。

知识产权政策（IPR）

ITU-R的知识产权政策在ITU-R第1号决议引用的“ITU-T/ITU-R/ISO/IEC共同专利政策”中做了说明。专利持有者提交专利和许可声明所需表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，该网址也提供了“ITU-T/ITU-R/ISO/IEC共同专利政策实施指南”以及ITU-R专利信息数据库。

ITU-R系列建议书

（也可在以下网址获得：<http://www.itu.int/publ/R-REP/en>）

系列	标题
BO	卫星传输
BR	用于制作、存档和播放的记录：用于电视的胶片
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电测定、业余无线电以及相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定和固定业务系统之间频率共用和协调
SM	频谱管理

注：本ITU-R报告英文版已由研究组按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版物
2021年，日内瓦

© 国际电联 2021

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段翻印本出版物的任何部分。

ITU-R SM.2405-1 报告

通过利用认知能力的无线电系统实现频段动态接入 的频谱管理原则、挑战和问题

(2017-2020年)

目录

页码

1	引言	6
2	定义	7
3	相关的ITU-R建议书和报告	7
4	使用采用CRS的动态频谱接入的总体考虑	7
4.1	用于采用了CRS的动态频谱接入的可用频谱资源	7
4.2	CRS的技术和操作特性	7
4.3	CRS的认知能力	8
5	促进DSA的主要网络要素的一般性考虑	9
5.1	可通过数据库访问的地理位置信息	9
5.2	频谱感知	9
6	与使用DSA相关的问题和对频谱管理的挑战	10
6.1	有关保护现有业务的问题和对频谱管理的挑战的总体考虑	10
6.2	有关边境协调的问题和对频谱管理的挑战	12
6.3	有关用于测量频谱占用度的感知技术的问题和挑战	13
6.4	有关问题以及与实施基于DSA的应用相关的对频谱管理的挑战	13
	附件1 基于地理位置数据库的认知系统模型	18
	附件2 感知技术	21
1	感知技术的类型	21
2	使用动态频率选择的感知技术	22

附件3 所划分频段可能被CRS使用的无线电通信 业务特性和/或保护标准.....	23
1 陆地移动和固定业务	23
2 卫星移动和卫星无线电测定业务（MSS和RDSS）	24
3 其他业务	26
附件4 对欧洲认知无线电系统的研究.....	31
附件5 俄罗斯联邦针对划分给广播业务的频段内 暂时未用/未占的频谱开展的研究....	32
附件6 中国对认知无线电动态频谱获取的研究.....	42
附件7 ATDI在TVWS计算方面的经验.....	47
1 引言	47
2 建立WSD国家数据库的方法	47
3 计算方法概览	48
4 TVWS计算的实施.....	49
4.1 TVWS计算工具.....	49
4.2 WSDB数据库管理工具.....	50
4.3 在线访问	50
5 监管机构.....	50
6 ATDI的TVSW计算平台	51
6.1 概览	51
6.2 小结	52
附件8 博茨瓦纳的案例.....	53
1 引言	53
2 目标和目标受益者	53
3 地理位置	54
4 技术架构.....	54
5 融资	58
6 监管部分	58
7 结论	58

附件9 菲律宾的案例研究.....	59
1 引言	59
2 战略	59
3 挑战	62
4 成果	62
5 结论	63
附件9 后附资料.....	64
附件10 韩国的案例研究.....	66
1 引言	66
2 近期的监管行动	67
3 TVWS试点项目	68
4 结论	72
附件11 哥伦比亚共和国案例研究.....	72
1 引言	72
2 TVWS干扰测量.....	72
3 现场测试	73
4 TVWS监管	74
5 TVWS部署	75
参引	75

范围

本报告涉及频谱工程中可行的技术，以及通过利用认知能力的无线电系统实现频段动态接入的频谱管理原则、挑战和相关问题。本报告的重点在于研究采用CRS能力的动态频谱获取的总体框架，并论述这些与迄今为止确定技术相关的部分挑战和问题。除了利用实例论证具体问题外，所有旨在为工作在具体频段的具体业务实施动态频谱接入的研究都不在本报告的范围之内。

鉴于CRS越来越多地被作为适用解决方案而提出，以确保在动态频谱接入情况下对具体频段的现有业务提供保护，本报告讨论了主管部门负责的上游流程固有的挑战和相关问题。

针对 ITU-R 第 58 号决议起草的本报告中，动态频谱接入是指在特定时间和特定地域内未加使用的部分频谱，而这部分频谱可供根据《无线电规则》运行的无线电通信应用使用。根据 ITU-R 第 58 号决议，采用本报告论述的原则和技术的无线电系统还需要确保为共用同一频段或在相邻频段运行的现有业务提供保护。

首字母缩略语和缩写词

ADC	模数转换器
ACS	相邻信道选择性
ARNS	航空无线电导航服务
BIH	博茨瓦纳创新中心
BOCRA	博茨瓦纳通信管理局
BS	基站
BSS	卫星广播业务
<i>C/I</i>	载波干扰比
CCTV	闭路电视
CEPT	欧洲邮电主管部门大会
CPE	用户端设备或用户提供的设备
CRS	认知无线电系统
dB	分贝
dBd	相对于偶极天线的dB
dB _i	相对于全向天线的dB
dBm	相对于1毫瓦的dB
dBW	相对于1瓦的dB
DVB-T	数字视频广播 – 地面
DFS	动态频率选择
DSA	动态频谱接入
DSAD	动态频谱接入设备
DTT	数字地面电视
ECC	电子通信委员会 (CEPT)

EESS	卫星地球探测业务
e.i.r.p.	等效全向辐射功率
e.r.p.	有效辐射功率
ETSI	欧洲电信标准协会
FSS	卫星固定业务
GBS	全球宽带解决方案
I/N	干扰噪声
ICT	信息通信技术
ID	识别
GPS	全球定位系统
IEEE	电气和电子工程师学会
IMT	国际移动通信
IP	互联网协议
LoS	视距
LTE	长期演进
MIMO	多输入多输出
MSS	卫星移动业务
NLoS	非视距
NRA	国家监管机构
P-P	点到点
P-MP	点到多点
PMSE	节目制作与专题活动
SNR	信噪比
RDSS	卫星无线电测定业务
RNSS	卫星无线电导航业务
RR	《无线电规则》（国际电联）
SRD	短距离设备
TVBD	电视宽带空白频段设备
TVWS	电视空白频谱*
USAID	美国国际开发署

* 在本报告关于各国经验的附件中，提到了“空白频谱”（white space）。然而，在本报告中提到该术语的任何地方，它被“暂未使用/未被占用的频谱”所取代。为了将原来的文稿保持不变，附件中的“空白频谱”一词没有被“暂未使用/未被占用的频谱”所取代，因为它反映了文稿提交国的观点。

VHF	甚高频（30–300 MHz）
VoIP	网络电话
UHF	超高频（300–3 000 MHz）
W	瓦
WAS	无线接入系统
WSD	空白频谱设备
WSDB	空白频谱设备数据库
WRC	世界无线电通信大会（国际电联）

1 引言

大量不同无线电通信业务对更多容量和频谱需求的增长正在形成一个更具挑战性的频谱管理环境。这些挑战通常需要频谱管理技术创新，才能确保在一个频段内划分的业务能够有效地利用和共享有限的频谱资源。在某些情况下，采用动态频谱接入可提高频谱使用效率。然而，动态频谱接入的使用也为频谱管理带来了新的挑战。采用认知功能的无线电系统具有可化解这些挑战的创新特性。

本报告探讨了频谱管理总体原则和采用认知功能的无线电系统可能用来方便动态频谱接入的频谱工程技术。本报告还探讨了为确保动态频谱接入的使用有助于提高频谱使用效率，同时对频段内和相邻频段无线电通信业务提供保护而必须解决的各种问题和考虑。

在本报告中，暂时未用/未占的频谱是指定由根据《无线电规则》的规定操作的一种或若干应用使用的频段的一部分频谱，且在给定时间、给定地域内未被使用。文件中的未用/未占频谱被称为频谱空洞¹。

在本报告中，动态频谱接入（DSA）代表具有CRS能力的无线电系统在暂时未用/未占的频谱上操作并针对该频段其他用户来做出适应性调整或停止使用上述频谱的可能性。

确定可用于动态频谱接入的频谱部分属于主管部门的职责范围，按具体情况各不相同。根据设想，采用动态频谱接入的这些系统根据《无线电规则》（RR）和ITU-R第58号决议运行。ITU-R M.2330号报告通报了采用电视空白频谱和通过CRS技术实现的垂直和水平频谱共用等动态频谱接入应用实例。例如，或许可通过设备功能、网元和/或网络外部实体（如数据库）支持动态频谱接入功能。

考虑到涉及电视空白频谱的本报告所包含的技术内容，应注意WRC-12和WRC-15做出的决定（参见《无线电规则》第5.317A款）。

¹ R. Tandra等人。“什么是频谱空洞和怎样才能识别它？”IEEE会议记录，第97卷第5章第824-848页。

第235号决议（WRC-15）²做出决议，请ITU-R在2019年世界无线电通信大会之后并赶在2023年世界无线电通信大会前审议1区在470-960 MHz频段内的频谱利用情况，并对频段内的现有业务频谱需求进行研究，重点研究除航空移动业务外的广播和移动业务频谱需求，并酌情对1区470-694 MHz频段内除航空移动业务外的广播和移动业务之间的共用和兼容进行研究，并考虑到ITU-R的相关研究、建议书和报告。

2 定义

认知无线电（CRS）系统（源自ITU-R SM.2152号报告）

采用允许系统了解其操作和地理环境并确定政策及其内部状态的技术的无线电系统；系统根据得到的知识动态和自动调节其工作参数和协议，以达到预定的目标；并从得到的结果中汲取经验。

3 相关的ITU-R建议书和报告

采用认知功能的无线电系统的方式提供的动态频率接入的技术和操作要求的定义，在很大程度上取决于需加以保护的无线电通信业务，并需要对具体情况进行分析。

可在相关 ITU-R 业务组的支持下，确定涉及不同无线电业务的特性和/或保护标准的适用 ITU-R 建议书和报告。本报告附件 3 为说明目的列出了部分 ITU-R 的报告和建议书。

亦应注意有关认知无线电系统部署和使用的第 76 号建议（WRC-12）。

4 使用采用CRS的动态频谱接入的总体考虑

4.1 用于采用了CRS的动态频谱接入的可用频谱资源

可用于CRS的频谱数量依赖于一些因素，诸如提供给现有业务和应用的保护级别，以及CRS的技术和操作特性等。可用频谱数量可能依赖于地点并随时间变化。如果采用更高的CRS功率的话，特别是在人口稠密地区，可用度则显著降低。如何定量分析临时未用 / 未占频谱的方法和部分示例可参见各附件。

4.2 CRS的技术和操作特性

CRS的技术和操作特性的描述可参见ITU-R M.2330号报告的第7节“高等级特性和操作及技术需求”。而CRS技术在IMT网络应用所带来的额外方面和技术挑战在ITU-R M.2242号报告“专门用于国际移动通信系统的认知无线电系统”中有所描述。

² 赶在2023年世界无线电通信大会前审议1区在470-960 MHz频段内的频谱利用情况。

4.3 CRS的认知能力

ITU-R M.2225号报告介绍并描述了认知能力。报告中特别对以下三种能力进行了定义：

- a) 获得其无线电操作和地理环境、其内部状态、现有政策，以及对使用模式和用户喜好进行监测的能力。这可以通过诸如利用数据库的频谱感知，和/或接收控制和管理信息等实现；
- b) 一种能够根据了解到的知识，动态和自动调节操作参数和协议以达到预定目标（如对频谱更为有效的使用）的能力；以及
- c) 从其行动的结果中学习以进一步改善其性能的能力。

此外，ITU-R M.2330号报告描述了支持技术的示例，该技术是CRS获取知识、做出决定并进行调整，以及学习等能力的一部分。ITU-R M.2330号报告针对这些技术，进一步明确并描述了它们的技术特色和挑战。

按照ITU-R M.2225和ITU-R M.2330号报告，“原则上，引入并部署CRS可以不需要对《无线电规则》进行修改。此外，应注意的是无线电通信业务的在给定频段任何使用CRS技术的系统将按照《无线电规则》对该频段适用的条款操作。”

正如ITU-R M.2225号报告所述，CRS节点有三种技术特性，这些特性汇总在表1中。

表1

按照ITU-R M.2225号报告对CRS技术特性和能力的汇总

特性	方式/方法	描述
1. 获取知识	无线电链路和网络质量评估	CRS节点可在考虑应用类型的前提下，监测无线电链路质量特性和网络质量参数。
	监听无线控制信道	CRS节点接收预定信道中所发射的信息（例如无线电信息、操作者和可用技术）
	频谱感知	CRS节点直接获取无线电环境的知识，其中包括未使用频谱的情况。方法包括匹配滤波、能量和循环平稳检测等。
	定位	CRS节点可以使用定位技术获取其位置
	对数据库的使用	CRS可以接入包含可用频率、经允许功率电平、操作环境等内容的数据库，参见第5.1节。
	合作	各CRS节点可以将其获取的知识与其他CRS节点共享。

表1（完）

特性	方式/方法	描述
2a. 决策	中心式	在需要全局配置和优化的场景下，用于协调各CRS节点之间的资源。中心实体（网络资源经理、基站等）从CRS收集一系列信息，并做出全局优化决策。
	分布式	CRS或许需要多个管理实体就重新配置问题做出决策（例如：多个基站、网状拓扑结构等）
2b. 调整工作参数/协议	软件定义无线电	为了达到特定的预设目标，CRS通过重新配置，动态且自主地改变其工作参数和/或协议。这些参数可能包括： <ul style="list-style-type: none"> – 输出功率 – 工作频率 – 调制类型 – 无线接入技术 – 其他参数/协议
	多硬件模块	
3. 学习	–	通过使用前期行为和结果的存储信息，促进CRS的性能改善

5 促进DSA的主要网络要素的一般性考虑

5.1 可通过数据库访问的地理位置信息

可通过数据库访问的地理位置信息可提供有关临时未用/未占频谱的信息，因而为现有业务提供保护，免收有害干扰。除了临时未用/未占频谱的信息，数据库还可以提供有关在特定地点使用那些频谱的保护性要求，例如：经允许的最大发射功率、静默区和/或保护区等。

为实现此数据库，ITU-R M.2330号报告中提供了不同的选项，如单一开放数据库、非单一开放数据库和专有封闭数据库等。除此之外，地理位置和数据库的挑战还体现在信息更新、对数据库的管理、安全和隐私方面，以及不同国家之间数据库的互操作（例如边境协调等）。

5.2 频谱感知

频谱感知是检测CRS节点周围其他信号的能力，可将其用于确定临时未用/未占频谱。频谱感知特别在被检测信号足够强和/或信号类型/形式事先已知的情况下使用。ITU-R M.2330号报告描述了不同的感知方法、有关不同频谱感知技术对其他频谱用户的影响的相关性能指标、感知方法的实施，最后但同样重要的是，有关频谱感知的一般性挑战。

6 与使用DSA相关的问题和对频谱管理的挑战

本节内容介绍了若干（但并非全部）在临时未用/未占频谱中使用DSA相关联的若干问题 and 挑战，在规划或实施此类共享频谱的措施时，应认真考虑这些问题和挑战。

6.1 有关保护现有业务的问题和对频谱管理的挑战的总体考虑

对于所有无线电应用，基于DSA应用的规则框架必须按照《无线电规则》的条款制定。注意到DSA是一种可促进频谱共用的频谱接入机制，基于DSA的应用应该在所划分的无线电通信业务之中工作，因此第15条（干扰）的程序是适用的。

这需要在被保护业务的专家组开展详细的共用和兼容性研究。

共用和兼容性研究不但应考虑同信道的情况，也应考虑相邻信道的干扰。确定“临时未用/未占频谱”应研究两方面的情形。

根据受保护无线电业务或应用的性质，所开展的兼容性分析将或多或少具有挑战性。以下的示例反映了一些更为困难且/或需要更加注意的共存场景：

- 1) 划分给与生命安全相关的无线电通信、无线电导航、航空移动和卫星航空移动业务的频段：如果要在用于生命安全频率划分中引入动态频谱接入设备的话，将对安全及航空和水上业务的有效使用产生重大风险，一旦设备得到普遍使用，这一风险将难以解决。

对各航空业务的保护对于航空器的安全运行至关重要。即使最小水平的干扰仍有可能危及航空器的安全运行。有一些航空导航辅助系统只发射信息，并由无源接收机接收，这些接收机中的大多数安装在航空器上，因此在某个海拔高度范围内是高度机动的，其无线电可视线范围极大。此外，新型的双基地雷达技术目前正在开发中（例如：ITU-R M.1638-1号建议书），该技术使发射机和接收机在地理上能够相互隔离。

- 2) 划分给上行方向卫星移动业务和卫星无线电测定业务的频段：MSS发射地球站具有移动属性，因此，使用数据库对其实施定位似乎不切实际。此外，在地对空方向的划分频段中，确保对MSS和RDSS链路的保护的允许干扰既包括单入干扰产物，也包括由所有此类设备发射进入卫星接收机的集总干扰产物。因而，使用感知技术似乎也不切实际。

- 3) 划分给下行方向卫星移动和卫星无线电测定业务的频段：MSS和RDSS接收机的移动属性造成数据库实际上难以实施。频谱感知不太可能成为解决方案，因为待检测的发射来自发射的卫星。不应低估建立一套系统感知此类卫星发射的实际难度。此外，卫星系统覆盖广大的地理区域，这一区域中可能存在接收机，也可能不存在。因此，此类系统将导致任何在卫星下行频段采用动态频谱接入的应用永久不可用。或许可以通过举例更好地解释这一现象：卫星无线电导航系统（RNSS）提供全球覆盖，如果一部采用动态频谱接入的设备配备有可以检测到RNSS信号的传感器，它只

能得出结论这些信号确实是在全球都是可接收的。因此，它将无法指出RNSS接收机是否实际上距离该设备很近，并且可能被其发射干扰。

- 4) 《无线电规则》第**5.340**款适用的划分给卫星地球探测业务（无源）、空间研究业务（无源）和射电天文业务的频段：允许在《无线电规则》第**5.340**款适用的频段中发射将违反这一条款。此外，因为根据《无线电规则》第**5.340**款，在这类频段“禁止所有发射”，在其他频段的操作中也应特别考虑无用发射的问题，如果这些无用发射可能影响到按照《无线电规则》第**5.340**款的使用。
- 5) 因为不存在所用信号的特性，通过频谱感知无法检测到无源业务的使用：在此种情况下，只有地理位置似乎可作为可行的，避免不可靠的动态接入的方法。对地理位置的使用必须扩大到对无线电静默区和协调区（在区域范围或国家范围保护无源业务）的识别，其中包括在无源业务没有划分但在局部受到保护的频段，可参见ITU-R RA.2259号报告。
- 6) 划分给卫星地球探测业务（EESS）（有源）的频段：任何通过利用动态频谱接入概念的系统对于EESS（有源）传感器的感知都远远晚于DSA系统中止发射并避免对于EESS（有源）的干扰。认知无线电系统使用数据库以避免可能出现的对移动中的EESS（有源）传感器的干扰可能将面临挑战。
- 7) 某些无线电通信应用具有时间、安全或任务关键链路，它们仅可通过高度灵敏的设备才能检测到，或并不连续发射。例如，用于空间研究业务（深空）航天器和超级灵敏的具有庞大天线（直径大于34米）地球站接收机之间通信所使用的频谱，对于基于DSA应用网络的感知器来说是无法检测到的。因此，此类频谱可能被误认为临时未用/未占，而实际上正被用于关键任务支持和接收科学数据，如果链路性能降低，这些数据可能会丢失。

对于任何任务的发射和上升阶段，通信链路在这些关键时间段必须可用且不被中断，以确保机组人员、航天器和任务的安全。

- 感知策略。
- 与地理数据库的结合。
- 不同DSA系统之间的频谱共用机制。

各附件提供了来自各主管部门和区域的信息。

- 8) 在地对空方向的部分频段，FSS发射地球站是一揽子许可，且其部署无处不在，因而不存在记录这些电台位置的数据库。因此，通过使用数据库对这些电台进行定位是不可能的。此外，感知一般无法帮助DSA设备确定是否可以发射，这是因为在划分给地对空方向的频段中，确保对于FSS和BSS馈线链路的保护免受此类设备影响的可允许干扰是通过单入和集总干扰分别确定的。没有任何方法控制可发射至卫星接收机的DSA设备的集总数量，因而无法控制集总干扰的电平。因此，在FSS上行频段（包括用于BSS馈线链路的FSS频段）使用感知技术似乎不切实际。

- 9) 在空对地方向的某些频段，FSS和BSS无所不在的性质再次排除了基于数据库制定的实施方案。一般来讲，由于必须检测到的传输信号来自发射卫星，因而其功率会非常低，感知也似乎不能解决问题。能够感知此类卫星传输的系统的实际实施的困难不应低估。此外，即使能够实现，此类系统在实际上无法使用，因为很多卫星系统覆盖广大的地理区域，在这些区域中可能有接收机，也可能没有。因此，即使DSA设备能够检测到一颗卫星的传输信号，这也很难为是否可能会干扰到卫星接收机提供真实信息。
- 10) 分配给广播业务的频段：由于所谓的隐藏节点问题和一些本地广播电台的非连续操作，感测广播电台信号的频谱可能具有挑战性。隐藏节点问题的出现是因为要保护的业务的接收机能够比位于不同位置或在低高度情况下的DSAD（由于它们不同的空间位置，例如被建筑物遮挡）更好地接收经过审批的传输。考虑到一系列潜在的数字电视接收机配置的检测阈值，使用当前技术实现起来似乎极具挑战性。此外，在某些情况下，即使这些检测阈值的低值也不能保证在对应于可能DSAD产生干扰的距离上可靠地检测到广播信号的存在与否。这导致了这样的结论，即所研究的传感技术，如果被独立的DSAD（自主操作）所采用，似乎不足以确保对数字电视接收的保护。

使用地理定位数据库以避免对数字地面电视接收机的可能干扰似乎是更可行的选择。然而，仍然需要注意如何实施地理定位解决方案以及对数字地面电视规划的影响。该技术需要具备国家主管部门认定的在任一具体地点对接收进行保护的数字地面电视业务区数据库。这可以建立在商业广播特许区域或其他情况下预测业务区域基础之上。这一认定必须确保DSAD的广泛部署不会限制对数字地面电视业务的获取。此外，一些实体需要负责建立和维护地理位置数据库，这反过来又会引起以下问题：

- 如何运作这些数据库；
- 谁负责数据的准确性和输入请求的验证；以及
- 纠正和补偿错误可能需要做出哪些安排？

对传统数据库模型的这种担心可以通过利用区块链计算技术原理来消除，通过该技术原理，数据库可以由若干方以可靠和透明的方式同时建立和维护。基于分布式区块链的数据库可以为频谱用户之间的相互信任和成功合作奠定基础，即使他们的基本利益相互冲突。

6.2 有关边境协调的问题和对频谱管理的挑战

在主管部门做出在其领土上引入DSA决策之前，应就临时未用/未占频谱开展边境协调，以避免对邻国现有业务造成有害干扰。ITU-R SM.1049-1号建议书就在边境地区进行地面业务频率指配的一种频谱管理方法提出了建议，但对于DSA来说，由于几方面原因，这一方法无法得到充分使用。

对给定地点来说，临时未用/未占频谱的数量是随时间不断变化的，因此，各主管部门在描述那些应纳入协议的频点时，并且为一个主管部门指定专用或优先频点时会面临困难。只要感知CRS（例如那些不通过使用地理位置数据库的控制网络获取频率使用需求的系统）在协调区内实施的话，由于主管部门不掌握这些设备使用的准确频点信息，该问题就会更加复杂。

同时，ITU-R SM.1049-1号建议书描述的边境协调的一些基本原则同样适用于DSA – 每个主管部门应享有同等的接入频谱的权利。为了实现这一原则，各主管部门可以在双边或多边级别达成一致，确定协调区和用于DSA频谱的使用条件。

6.3 有关用于测量频谱占用度的感知技术的问题和挑战

ECC于2014年1月15日在美因茨组织召开了一次“怎样利用测量频谱占用度促进频谱管理”研讨会。相关的结果可见ECC有关频谱占用度测量的声明³。此处给出了本次CEPT/ECC研讨会的节选：

通过这种方式在有限固定地点取得的占用度测量结果只能帮助临时未用/未占频谱应用实现对可能频段的确认。是否某个频点可被用于特定地点的决策（例如作为地理位置数据库相关的功能或动态频谱接入的一部分）不能从这些测量结果中获得。

PMSE、SRD和RFID设备以及卫星应用已经展示为何低造价传感器不足以展示从30 MHz到6 000 MHz频率范围的实际情况。为了给出大城市频谱使用的详细清单，需要庞大数量的固定接收站或利用其它诸如移动数据采集的方法。

6.4 有关问题以及与实施基于DSA的应用相关的对频谱管理的挑战

频谱资源问题

在划分给多于一个主要业务和次要业务的给定频段中使用动态频谱接入（DSA）不应影响其它业务在那些频段的未来发展。在频谱使用条件方面，主要业务的频谱可用度和灵活性的改善不应受到基于DSA应用的影响。总的来说，这意味着实际实施和授权可对国家在主要用户频谱划分方面的政策演变做出响应。同时，特别是对产业来说，与频谱可用度不确定性相关联的风险问题（不论是本地的，或由于主要业务用户划分出现变化带来的）也应得到解决。

³ <https://cept.org/ecc/groups/ecc/client/introduction/ecc-statement-on-spectrum-occupancy-workshop>。

国家监管机构（NRA）的职责和数据库的复杂性

各主管部门应通过以下决策控制数据库管理：1) 根据市场需求和对成本收益影响的恰当评估，有效实施国家监管框架，以及 2) 基于DSA应用的可以工作的有效频段。

由于在监管数据库方面尚没有明确定义的框架，配备数据库的操作是管理频谱的一种新方式。当考虑如何使其就位时，一个国家的NRA往往需要考虑以下问题：

- 如何确保只有一国NRA许可的数据库为提供服务？
- 允许设备工作的法律文件是什么？
- 数据库提供商的义务有哪些？

有关减缓不同的基于DSA应用之间的干扰的决策和选择将依赖于NRA所做的风险评估。例如，当使用密度很低时，最优方案或许是不采取任何行动，因为发生干扰的可能性很低。恰当的选项并非十分明确，如果对干扰场景缺乏清晰的了解，存在做出错误监管选择的风险。

一国NRA必须在管理数据库的相关方面开展一些工作：

- 收集和處理現有數據；
- 計算頻譜可用度；
- 選擇、批准和監管數據庫—或運行一個數據庫。

在开展与数据库管理有关的各种信息交流后，为了使基于DSA的应用程序能够使用。一国NRA和现有业务用户将面临收集、汇总和更新可用频谱的数据所需的费用。NRA还将在建立和更新算法以及监测第三方数据库的准确性方面产生成本。虽然如果共存框架做得正确，为这种应用提供频谱不应显著增加对执照持有者的干扰风险，一国NRA为了检测和解决干扰所发生的执行费用可能会有所增加。最后，数据库提供商还将为建立他们自己的系统，以及响应DSA应用请求而承担费用。

然而，如果NRA掌握主要和次要业务频率许可的足够信息和控制，这些费用可以大大降低。例如，广播和固定等无线电业务通常需要在获得频率使用许可证之前向NRA提供相关的技术特性。这些信息足以获得基于DSA的应用所使用的可用频谱。此外，能够命令停止传输可疑干扰源的地理定位数据库可以帮助检测和解决DSA应用造成的干扰。

最后，各主管部门应适当考虑到对数据库系统的一致性检测以及执法所带来的挑战，这些系统将为以极大数量部署的低成本DSA授权提供基础。

有关提供频谱资源数据库的辅助预测工具的相关问题

在系统的核心，计算引擎将关于现有业务的信息和WSD的技术特性和位置翻译成一份允许使用的频率和相关的设备发射功率的列表。应注意的是，在不同的国家频率管理机构，其监管者者可能通过向数据库提供一组结果数据 – 以全国范围内网格上所有点基于DSA应用可用的功率和信道的形式 – 而自己承担部分翻译过程。基于预协议干扰限制的用于计算DSA

应用可支撑设备数量的共存框架可能常常需要使用对于现有业务敏感的数据，开展大量的复杂计算。

作为一项关键要求，一国NRA希望确保数据库正确地执行计算过程，因为错误可能导致对现有业务的干扰。

此外，一国NRA应慎重选择一个在数据库计算引擎中实施的无线电传播模型。在此方面，NRA应考虑计算速度与DSA发射机干扰等值线预测精度之间的权衡。此外，如果有准确的制图数据，确定性传播模型应优先于统计模型，因为统计模型通常低估或高估覆盖范围，干扰等值线在崎岖地形情况下会起作用，影响DSA应用的频谱可用性和/或对现有业务的干扰保护。

DSA系统的总体架构的一致性

需要明确阐明无线电通信系统和数据库之间的交互关系，同时需要充分解释网络灵敏度和数据库之间的依赖关系，包括为设备之间，即基于DSA的应用设备和数据库以及访问适当功能的自诊断之间，在通信时和/或灵敏度故障发生时，制定相关计划。

NRA应该检查整个系统是否一致，不留任何背离国家现行频谱管理法规的机会（如杜绝手工修改设备的功率的可能，以保证基于DSA设备的操作只能在其国家的领土内发射，如果它成功地发现了一个由国家监管机构批准的地理位置数据库）。

此外，NRA应避免采用DSA发射机的技术特性由人类用户提供，而不是由DSA设备自动获取的DSA监管框架。例如，如果DSA发射机的位置坐标允许由人类用户手动输入而不是自动获取，则无意的打字错误会导致地理位置数据库提供在真实DSA发射机位置不可用的信道，从而对现有用户造成干扰。另外，用户可以有意输入不同的坐标，以在给定DSA设备上获得更大的频谱可用度，这很难与无意的错误区分开来。这种情况不仅可能发生在地理坐标上，也可能发生在其他技术参数上。

在此方面，NRA应确定和说明基于DSA的设备技术特性，这些特性需要知道且不能通过自动手段准确获得。例如，如果无法通过GPS系统准确获得天线高于地面的高度（这对可用频谱计算而言非常重要）；在这种情况下，NRA可能会使用（在法规中规定的）最大允许天线高度进行可用频谱计算。

避免干扰的挑战

对混合模型的使用（一些使用某些操作参数（经定义的功率，确定的减缓技术等以确保共存）的系统）和/或有待定义的地理位置数据库，而其他系统使用较低功率和/或天线/e.i.r.p仰角掩模需要进行研究，以确定是否允许这种混合使用，而不会对现有业务造成有害干扰。

定义频谱可用性和相关发射功率的规则由NRA制定，并在数据库中实现。

此外，NRA应该意识到，基于DSA的应用引起的干扰不仅发生在同信道和第一相邻信道中，还发生在更高的相邻信道中。此外，值得注意的是，一些DSA应用的物理层目前还没有标准化，因此不同制造商制造的发射机对现有业务的影响也不同。正因为如此，NRA应该测量DSA应用的潜在干扰（例如，以保护比的形式），以量化这些应用的可用频谱，并建立相应的规则框架。

地理位置的问题

哪种方法（例如全球卫星定位系统（GPS）、IP地址定位业务和自定位系统）是确保对每台设备进行精确定位最合适的方法？特别是对于室内环境下？位置如何更新？

使用任何GPS接收机需要清晰地接收GPS信号；因此，对于任何室内定位应用，存在明显的困难，因为良好的GPS信号对于提供准确位置是必需的。然而，当GPS接收机位于室内时，GPS接收机不能工作。

此外，一些主管部门可能会制定监管条款，以防止披露任意设备的确切位置。

有关数据库和系统操作需解决的问题

终端多久扫描一次数据库？所有终端都不可能同时处于监听状态中。因此，设备不可能立即停止信道上的所有发射。扫描时间是否为所有终端停止运行提供足够的时间，而不会对现有业务造成干扰？

此外，考虑到一些用户终端依赖于电池，数据库的频繁扫描对功耗有影响。似乎对这一操作在何种程度上会降低终端的电池自主性（这可能会鼓励某些用户篡改设备）进行评估是十分关键的。

感知能力

似乎有必要确保所使用的感知技术能够按照为保护现有业务而定义的要求执行。否则，还应对在系统上实施这些要求所产生的影响进行评估。

感知技术的选择对于机制的良好运行至关重要。哪种感知技术最适合哪一种用途？

窄带感知技术[1],[2]	优点	缺点
能量检测	<ul style="list-style-type: none"> - 不需要先验信息的非相干检测方法 - 计算成本低 	<ul style="list-style-type: none"> - 低SNR下性能差 - 不能区分用户
基于波形检测	<ul style="list-style-type: none"> - 更短的测量时间 - 可靠性更高 	<ul style="list-style-type: none"> - 需要先验信息
循环特征	<ul style="list-style-type: none"> - 在低SNR区域有效 - 抗干扰性强 	<ul style="list-style-type: none"> - 需要部分先验信息 - 计算成本高

窄带感知技术[1],[2]	优点	缺点
匹配滤波	<ul style="list-style-type: none"> - 通过最大化SNR获得最佳性能 - 计算成本低 	<ul style="list-style-type: none"> - 需要主用户的先验信息 - 增加实施复杂性

宽带感知技术[2]		优点	缺点
奈奎斯特宽带感知	标准ADC	<ul style="list-style-type: none"> - 结构简单 	<ul style="list-style-type: none"> - 采样率高 - 计算成本高
	滤波器组采样	<ul style="list-style-type: none"> - 采样率低 - 动态范围高 	<ul style="list-style-type: none"> - 实施复杂性高
亚奈奎斯特宽带感知	压缩感知	<ul style="list-style-type: none"> - 采样率低 - 信号捕获成本低 	<ul style="list-style-type: none"> - 对模型失配敏感
	多通道亚奈奎斯特采样	<ul style="list-style-type: none"> - 采样率低 - 模型失配鲁棒性 	<ul style="list-style-type: none"> - 需要多个采样通道

注：本报告的所有附件仅供参考。

附件1

基于地理位置数据库的认知系统模型

总论

地理位置数据库是应用认知无线电原理的通信网络自动化无线电频谱管理系统的组成部分。地理位置数据库与认知无线网络主设备直接通信。数据库分配信道，控制认知设备的发射参数并确保认知无线电设备与在重叠或相邻频段操作的其他无线电电子设备之间的电磁兼容性。

地理位置数据库须记录所考虑频段内所有无线电电子设备的位置和操作参数信息，或在难以确定受保护无线电电子设备的位置或技术参数的情况下使用的特定限制掩膜信息。

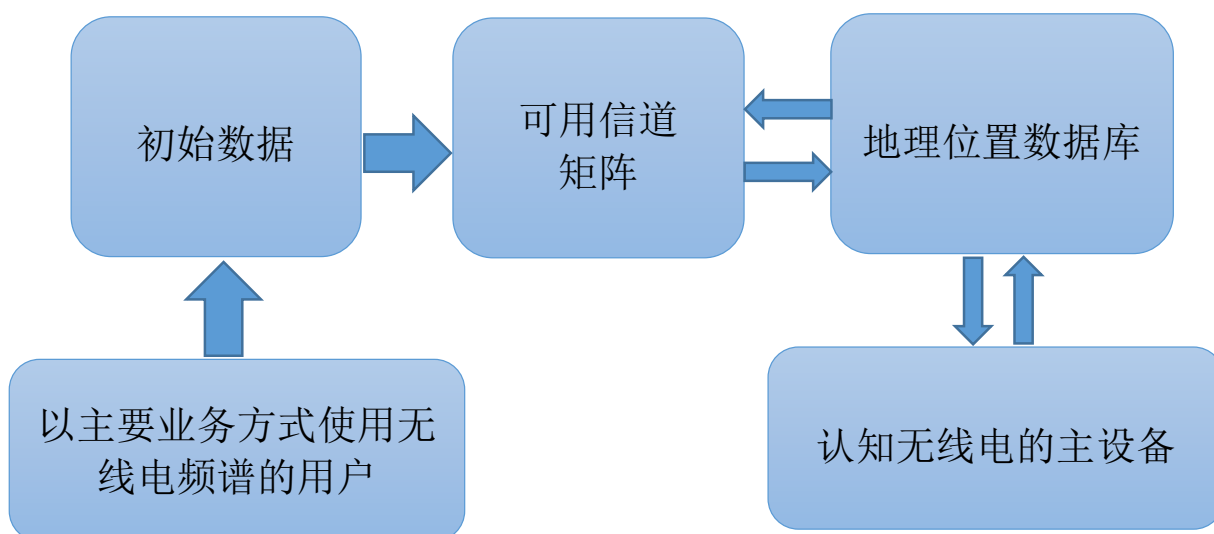
地理位置数据库的功能可基于包含针对给定频段在给定区域每个点上一些信道的可用性信息的矩阵，显示最大容许技术参数。

生成可用信道矩阵

可用信道矩阵是利用监管机构数据库的信息生成的，该数据库包含有关所有获得有效授权的无线电电子设备以及足以计算电磁兼容性的相关指标的信息。

矩阵可由远离地理位置数据库的单独的服务器来生成。在这种情况下，地理位置数据库运营商将掌握可用信道的矩阵，但不掌握关于具体无线电电子设备以及用于生成矩阵的技术参数的信息。

使用地理位置数据库的认知系统的原理



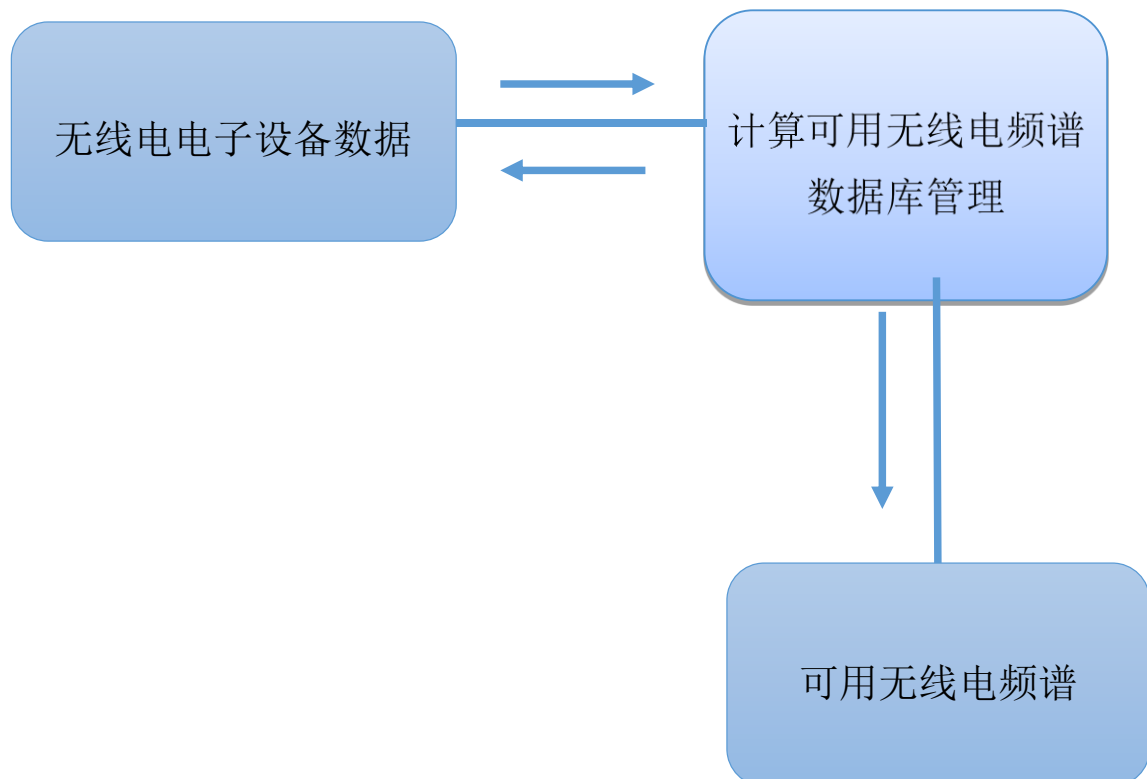
地理位置数据库的覆盖范围可分成预定大小的若干小部分，即“像素”。每个“像素”包含有关被保护信道的信息。在此基础上，可使用e.r.p.电平和认知设备操作所需的其他参数确定一组可用信道。每个“像素”中可用信道的数量可通过叠加由各种业务接收的频谱占用信息确定，因此无需存储有关各种被保护无线电设备的信息。了解每个像素认知设备可占用的信道数量足矣。

在填写地理位置数据库时，“像素”的大小取决于在规划阶段所做的决定，但在大多数情况下认为约200 m × 200 m比较适当。这种大小的“像素”是最佳选择，因为大于这个尺寸可能导致地理位置数据库的使用效率低下，即可用频谱减少，而小于这个尺寸将导致计算量增加，且大量数据被发送到设备。因此，该问题可归纳为考虑对“像素”设置的限制，以确定可用于认知设备的信道和功率电平。

收到关于操作无线电电子设备的信息后，预先针对每个“像素”计算若干个可用信道，并得到可用信道矩阵。从而使实时计算量大幅减少。

经过一段时间（由监管机构设定）后，应重新计算每个“像素”中的可用信道数量，并重新填充新的可用信道矩阵。可用信道的矩阵存储在地理位置数据库中。

可用无线电频谱的计算



计算可以使用不同的传播模型（如ITU-R P.1546建议书、自由空间、Hata等）。计算给定“像素”中的功率后，可根据规定的门限值计算可用信道。如果计算的功率低于门限值，那么该信道视为空闲信道；如果功率值高于门限值，则信道视为占用信道。

初始数据

应将以下数据用作计算可用信道矩阵的初始数据：

- a) 关于经许可操作的无线电电子设备的数据：
 - 无线电电台或设备的识别号（ID）
 - 发射机类型
 - 位置（地理坐标）
 - 现有信道（提交由主用户运行的信道）
 - 发射功率或经许可设备的e.r.p.（需要此信息来计算次要设备的容许功率电平）
 - 发射机天线高度（用于计算传播损耗）
 - 发射天线的辐射方向图
 - 保护现有设备、领土等的法规。
- b) 关于其他无线电电子设备（如无线麦克风）的数据（应为这些设备注册，以确保整个认知无线电系统正常工作）：
 - 设备的类型（无线麦克风、相机或其他类型的次要设备）
 - 设备的识别码
 - 设备的位置
 - 已用信道
 - 发射功率。
- c) 关于认知设备和以次要地位运行设备的数据：
 - 设备的类型（固定或便携/移动认知设备）
 - 设备的ID
 - 产品序列号
 - 设备的位置
 - 所用信道（当前由认知设备使用的信道）。
- d) 法规信息：
 - 监管者的ID
 - 系统运行所用传播模型和算法
 - 对应于自由信道的功率阈值
 - 禁止认知设备运行的限制。

可用无线电频谱的数据

在计算出所有“像素”的可用信道之后，可用信道的矩阵被存储在地理位置数据库之中。当用户希望了解可用频谱时，具有直接访问该数据权限的地理位置数据库操作者可以在不进行任何实时计算但考虑用户位置的情况下，提供可用信道的列表。此列表将包含以下信息：

- “像素”或其地理坐标的标识；
- 可用信道数（可用于某个“像素”）；
- 认知设备的允许技术特性，如最大允许辐射功率和所提供的信息有效时间。

当给定的频段在无线电业务之间共用时，为每个无线电业务计算可用信道的矩阵，然后进行汇总。

地理位置数据库应为认知无线电系统提供有关频段和指标的选择，以确保其操作和其他无线电电子设备的操作的可能性而不受干扰。其他无线电电子设备（作为主要频谱用户）与认知无线电系统使用无线电信道相较具有优先权。

在认知无线电设备能够发射之前，它应该联系地理位置数据库并交换业务信息，目的是接收可用信道的列表 – 认知设备可以使用而不干扰主要用户的频段。

认知设备应与数据库进行通信，以调整其特性，如依赖于当前时间和位置的工作频段以及发射机参数等。

附件2

感知技术

1 感知技术的类型

频谱感知技术可以分为窄带和宽带频谱感知技术。窄带频谱感测技术侧重于在狭窄的频率范围内利用频谱的机会，其频率足够窄，使得信道频率响应可以被认为是平坦的。宽带频谱感知旨在从较宽的频率范围内找到更多的频谱的机会，并实现更高的机会性聚合吞吐量。

表A2-1对传统窄带频谱感知技术的优缺点进行了分类。

表A2-1

窄带感知技术[1],[2]	优点	缺点
能量检测	<ul style="list-style-type: none"> - 不需要先验信息的非相干检测方法 - 计算成本低 	<ul style="list-style-type: none"> - 低SNR下性能差 - 不能区分用户
基于波形检测	<ul style="list-style-type: none"> - 更短的测量时间 - 可靠性更高 	<ul style="list-style-type: none"> - 需要先验信息
循环特征	<ul style="list-style-type: none"> - 在低SNR区域有效 - 抗干扰性强 	<ul style="list-style-type: none"> - 需要部分先验信息 - 计算成本高
匹配滤波	<ul style="list-style-type: none"> - 通过最大化SNR获得最佳性能 - 计算成本低 	<ul style="list-style-type: none"> - 需要主用户的先验信息 - 增加实施复杂性

宽带频谱感知可以大致分为奈奎斯特宽带感知和次奈奎斯特宽带感知两种类型。前者以等于或高于奈奎斯特速率的速率处理数字信号，而后者则以低于奈奎斯特速率的速率处理数字信号。

表A2-2列出了现有宽带频谱感知技术的优点和缺点。

表A2-2

宽带感知技术[2]		优点	缺点
奈奎斯特宽带感知	标准ADC	<ul style="list-style-type: none"> - 结构简单 	<ul style="list-style-type: none"> - 采样率高 - 计算成本高
	滤波器组采样	<ul style="list-style-type: none"> - 采样率低 - 动态范围高 	<ul style="list-style-type: none"> - 实施复杂性高
亚奈奎斯特宽带感知	压缩感知	<ul style="list-style-type: none"> - 采样率低 - 信号捕获成本低 	<ul style="list-style-type: none"> - 对模型失配敏感
	多通道亚奈奎斯特采样	<ul style="list-style-type: none"> - 采样率低 - 模型失配鲁棒性 	<ul style="list-style-type: none"> - 需要多个采样通道

2 使用动态频率选择的感知技术

动态频率选择（DFS）是频谱共用的减缓技术之一。在WAS中须采用DFS功能，目的是为5 GHz频段的雷达提供足够的保护。

有关WAS中有关DFS的相关建议书和报告清单如下：

- ITU-R M.1652-1建议书 – 旨在保护5 GHz频段无线电测定业务而对无线电局域网在内的无线接入系统进行动态频率选择。
- ITU-R M.1461-2建议书 – 无线电测定业务雷达和其它业务系统间干扰可能性的确定程序。

- ITU-R M.1638-1建议书 – 用于工作在5 250和5 850 MHz之间频段内的无线电定位（地面气象雷达除外）及航空无线电导航雷达共用研究的特性和保护标准。
- ITU-R M.2034号报告 – 动态频率选择的无线电检测要求对5 GHz无线接入系统接收机的影响

DFS的实现可通过对雷达系统的干扰进行检测避免同信道运行的方式。当操作带宽部分或完全落在5 250 MHz至5 350 MHz或5 470 MHz至5 725 MHz频率范围内时，需要进行雷达检测。该要求适用于所有类型的WAS设施，无论这些设施之间的通信类型如何。

表A2-3指明了DFS的检测，运行和响应要求。

表A2-3

参数	数值
DFS检测门限	-62 dBm，对于最大e.i.r.p. < 200 mW的设备，以及 -64 dBm，对于1微秒内平均最大e.i.r.p.在200 mW至1 W之间的设备
信道可用度检查时间	60秒
禁止占用期	30分钟
信道转移时间	≤ 10秒

附件3

所划分频段可能被CRS使用的无线电通信 业务特性和/或保护标准

以下提供有关不同无线电通信业务的特性和/或保护标准的相关建议书和报告清单，以供说明。

1 陆地移动和固定业务

- ITU-R M.478-5建议书 – 在25 MHz与3 000 MHz之间的FM陆地移动业务设备的技术特性和信道分配的管理原则。
- ITU-R M.1184-3建议书 – 用于制定卫星移动业务和其它业务共用标准的3 GHz以下频段卫星移动系统的技术特性。
(说明 – 包含了卫星陆地移动业务中运行的系统的技术特性。)
- ITU-R F.1402建议书 – 陆地移动无线接入系统与使用与移动无线接入系统相同设备类型的固定无线接入系统之间的频率共用标准。

- ITU-R M.1450-5建议书 – 宽带无线局域网的特性。
- ITU-R M.1453-2建议书 – 智能运输系统 – 5.8 GHz的专用短距离通信。
- ITU-R M.1767建议书 – 保护陆地移动系统不受VHF和UHF共用频段内作为主要业务划分的地面数字视频和音频广播系统的影响。
- ITU-R M.1739建议书 – 在5 150-5 250 MHz、5 250-5 350 MHz和5 470-5 725 MHz频段中依照第229号决议（WRC-03）工作在移动业务中的包括无线局域网在内的无线接入系统的保护准则。
- ITU-R M.1808-1建议书 – 将用于960 MHz以下频率共用研究的、869 MHz以下移动业务频段内传统和集群陆地移动通信系统的技术和操作特性。（说明 – 附件1第2.1节载有在共用研究中使用的移动业务的保护标准，“应使用 $I/N = -6$ dB的干扰噪声比来确定陆地移动系统的干扰影响，对于具有更大保护要求的应用，如公共保护和救灾（PPDR），可以使用 -10 dB的 I/N ”。）
- ITU-R M.1823建议书 – 用于共用研究的数字蜂窝陆地移动系统的技术和操作特性。
- ITU-R M.1824-1建议书 – 用于共用研究的移动业务电视实况转播、电子新闻采集和电子现场制作的系统特性。
- ITU-R F.2086-1号报告 – 固定业务中的宽带无线接入的技术和操作特性及应用。
- ITU-R M.2116-2号报告 – 用于共用研究的陆地移动业务宽带无线接入系统的特性。
- ITU-R M.2228-1号报告 – 先进智能交通系统（ITS）的无线电通信。
- ITU-R M.2242号报告 – 专门用于国际移动通信系统的认知无线电系统

2 卫星移动和卫星无线电测定业务（MSS和RDSS）

- ITU-R M.1039-3建议书 – 1 GHz以下移动业务台站和采用频分多址（FDMA）技术的非对地静止卫星移动系统（地-空）的移动地球站之间的同频共用。
- ITU-R M.1184-3建议书 – 用于制定卫星移动业务和其它业务共用标准的3 GHz以下频段卫星移动系统的技术特性。
- ITU-R M.1318-1建议书 – 卫星无线电导航业务以外其它无线电系统对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300MHz、1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频段的卫星导航业务系统和网络带来持续干扰的评估模型。
- ITU-R M.1787-3建议书 – 关于在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段运行的卫星无线电导航业务（空对地和空对空）系统和网络及发射空间电台技术特性的说明。

- ITU-R M.1901-2建议书 – 与1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 MHz和5 010-5 030 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务系统和网络有关的ITU-R建议书指南。
- ITU-R M.1902-1建议书 – 在1 215-1 300 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）接收地球站的特性和保护标准。
- ITU-R M.1903-1建议书 – 在1 559-1 610 MHz频段内操作的卫星无线电导航业务（空对地）的接收地球站和航空无线电导航业务的接收站的特点和保护标准。
- ITU-R M.1904-1建议书 – 在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对空）接收电台的特性、性能要求和保护标准。
- ITU-R M.1905-1建议书 – 在1 164-1 215 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）接收地球站的特性和保护标准。
- ITU-R M.1906-1建议书 – 在5 000-5 010 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（地对空）接收空间电台的特性和保护标准及发射地球站的特性。
- ITU-R M.2030建议书 – 非卫星无线电导航业务的相关无线电电源对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz 和1 559-1 610 MHz频段内卫星无线电导航业务系统和网络造成脉冲干扰的评估方法。
- ITU-R M.2031-1建议书 – 工作在5 010-5 030 MHz频段的卫星无线电导航业务（空对地）接收地球站的特性和保护标准及发射空间电台的特性。
- ITU-R M.1091建议书 – 在1-3 GHz频率范围卫星陆地移动业务中移动地球站天线的基准离轴辐射图。
- ITU-R M.1229建议书 – 在1 525至1 559 MHz和1 626.5至1 660.5MHz频段运行的不构成ISDN一部分的卫星航空移动业务（AMSS）数字信道的性能指标。
- ITU-R S.1427-1 建议书 – 评估地面无线接入系统/无线局域网发射机对在5 150-5 250 MHz频段工作的非对地静止卫星轨道卫星移动业务馈线链路造成干扰的方法和标准。
- ITU-R M.1454建议书 – 保护5 150-5 250 MHz频段卫星移动业务中非对地静止系统的馈线链路所需的RLAN或其它无线接入发射机的e.i.r.p.密度限值和操作约束。
- ITU-R M.1475建议书 – 在1-3 GHz频段不采用卫星分集的非对地静止卫星移动业务的性能指标的推导方法。

- ITU-R M.1799建议书 – 1 668.4-1 675 MHz频段移动业务和卫星移动业务的共用。
- ITU-R M.2046建议书 – 工作在399.9-400.05 MHz频段的非对地静止卫星移动业务系统的特性和保护标准。

3 其他业务

ITU-R F.758建议书规定了FWS在多个不同频段的保护标准及其他特性。

航空移动（航线内）业务

- ITU-R M.1827-1建议书* – 5 091-5 150 MHz频段内限于机场地面应用的航空移动（R）业务电台的技术和操作要求导则
- ITU-R M.2121号报告 – 960-1 164 MHz频段的AM（R）S共用研究导则
- ITU-R M.2205号报告 – 960-1 164 MHz频段AM(R)S划分和5 030-5 091 MHz频段AMS(R)S划分的研究结果，以支持用于无人机系统（UAS）的控制和非有效载荷通信（CNPC）链路。
- ITU-R M.2235号报告 – 960-1 164 MHz频段的航空移动（R）业务共用研究
- ITU-R M.2171号报告 – 无人机系统（UAS）的特性以及支持其在非隔离领空安全操作的频谱需求。
- ITU-R M.2237号报告 – 用于支持拟议中在5 030-5 091 MHz频段中的无人机系统的视距控制和非载荷通信链路的兼容性研究
- ITU-R M.2238号报告 – 用于支持拟议中在5 030-5 091 MHz频段中的无人机系统的视距控制和非载荷通信链路的兼容性研究

航空移动

- ITU-R M.1459建议书 – 航空移动业务遥测系统的保护标准和促进1 452-1 525 MHz和2 310-2 360 MHz频段对地静止卫星广播和卫星移动业务间共用的干扰减缓技术。
- ITU-R M.1828建议书 – 5 GHz附近频段限于飞行测试遥测发射的航空移动业务航空器电台的技术和操作要求。
- ITU-R M.2089建议书 – 14.5-15.35 GHz频率范围内航空移动业务系统的技术特性和保护标准。
- ITU-R M.2114建议书* – 22.5-23.6和25.25-27.5 GHz频段内航空移动业务系统的技术特性和保护标准。
- ITU-R M.2118号报告 – 5 091-5 250 MHz频段中拟议的航空移动业务系统与现有卫星固定业务的兼容性
- ITU-R M.2119号报告 – 在4 400-4 940和5 925-6 700 MHz频段内用于飞行测试的航空移动遥测系统与其他运行系统之间的共用
- ITU-R M.2221号报告 – 在特定频段内MSS操作的可行性。

无线电导航业务

- ITU-R M.1461-2建议书* – 无线电测定业务雷达和其它业务系统间干扰可能性的确定程序。
- ITU-R M.1796-2建议书 – 工作于8 500-10 680 MHz频段无线电测定业务中地面雷达的特性与保护评判标准。
- ITU-R M.1851-1建议书 – 用于干扰分析的无线电定位雷达系统天线方向图的数学模型。

航空无线电导航业务

- ITU-R M.1461-2建议书* – 无线电测定业务雷达和其它业务系统间干扰可能性的确定程序。
- ITU-R M.1464-2 建议书* – 2 700-2 900 MHz 无线电定位雷达的特性，以及在2 700-2 900 MHz频段内运行的无线电测定业务中航空无线电导航和气象雷达共用研究的特性和保护标准
- ITU-R M.1584建议书 – 在5 GHz频段确定航空无线电导航业务中运行的国际标准微波着陆系统电台和卫星无线电导航业务电台（地对空）协调距离的方法，
- ITU-R M.1638-1建议书* – 用于工作在5 250和5 850 MHz之间频段内的无线电定位（地面气象雷达除外）及航空无线电导航雷达共用研究的特性和保护标准。
- ITU-R M.1639-1建议书 – 对于来自工作在1 164-1 215 MHz频段的卫星无线电导航业务中空间站的集总发射，航空无线电导航业务应采用的防护准则。
- ITU-R M.1642-2 建议书 – 在一个航空无线电导航业务台站上的来自工作在1 164-1 215 MHz频段的所有无线电导航卫星业务系统的最大集合等效功率通量密度的估算方法。
- ITU-R M.1830建议书 – 645-862 MHz频段航空无线电导航业务系统的技术特性和保护标准。
- ITU-R M.2007建议书 – 5 150-5 250 MHz频段航空无线电导航业务内操作的雷达特性及保护标准。
- ITU-R M.2008-1建议书 – 13.25-13.40 GHz频段航空无线电导航业务内操作的雷达特性及保护标准。
- ITU-R M.2013建议书 – 在1 GHz附近运行的非国际民航组织航空无线电导航系统的技术特性和保护标准。
- ITU-R M.2112号报告 – 2 700-2 900 MHz频段内机场监测雷达和气象雷达与IMT系统之间的兼容性/共用。
- ITU-R M.1851-1建议书 – 用于干扰分析的无线电定位雷达系统天线方向图的数学模型。
- ITU-R M.2059建议书 – 使用4 200-4 400 MHz频段的无线电高度仪的操作和技术特性及保护标准。

水上无线电导航业务

- ITU-R M.824-4建议书 – 雷达信标的技术参数。
- ITU-R M.1176-1建议书 – 雷达目标增强器的技术参数。
- ITU-R M.629-1建议书 – 无线电导航业务对2 900-3 100 MHz、5 470-5 650 MHz、9 200-9 300 MHz、9 300-9 500 MHz和9 500-9 800 MHz频段的使用。
- ITU-R M.1461-2建议书* – 无线电测定业务雷达和其它业务系统间干扰可能性的确定程序。
- ITU-R M.1851-1建议书 – 用于干扰分析的无线电定位雷达系统天线方向图的数学模型。
- ITU-R M.2050号报告 – 说明海事无线电导航雷达易受2 900-3 100和9 200-9 500 MHz频段数字通信和脉冲系统干扰的测试结果。
- ITU-R M.1372-1建议书 – 无线电测定业务雷达站对无线电频谱的有效利用。
- ITU-R M.2032号报告 – 在2 900-3 100 MHz频段内说明水上无线电导航雷达与无线电定位雷达的发射之间兼容性的测试
- ITU-R M.2058建议书 – 用于水上HF频段广播水上安全和与海岸至船舶方向安全信息的导航数据数字系统的特性。

无线电导航业务

- ITU-R M.1227-2建议书 – 在1 000 MHz附近频段风廓线雷达的技术和操作特性
- ITU-R M.1460-2建议书* – 2 900-3 100 MHz频段无线电测定雷达的技术和操作特性及保护标准。
- ITU-R M.1461-2建议书* – 无线电测定业务雷达和其它业务系统间干扰可能性的确定程序。
- ITU-R M.1462-2建议书 – 在420-450 MHz频率范围无线电定位业务雷达的特性和保护标准。
- ITU-R M.1463-3建议书 – 在1 215-1 400 MHz频段内工作的无线电测定业务的雷达的特性和保护标准。
- ITU-R M.1465-3建议书* – 在3 100-3 700 MHz频率范围内工作的无线电测定业务的雷达特性和保护标准。
- ITU-R M.1638-1建议书* – 用于工作在5 250和5 850 MHz之间频段内的无线电定位（地面气象雷达除外）及航空无线电导航雷达共用研究的特性和保护标准。
- ITU-R M.1849-2建议书* – 地面气象雷达的技术和操作问题。
- ITU-R M.1851-1建议书 – 用于干扰分析的无线电定位雷达系统天线方向图的数学模型。
- ITU-R M.2013号报告 – 风廓线雷达

- ITU-R M.2112号报告 – 2 700-2 900 MHz频段内机场监测雷达和气象雷达与IMT系统之间的兼容性/共用。
- ITU-R M.2136号报告 – 关于确定地基气象雷达相关干扰保护标准的理论分析和测试结果
- ITU-R M.1372-1建议书 – 无线电测定业务雷达站对无线电频谱的有效利用。
- ITU-R M.1464-2建议书* – 无线电定位雷达的特性，以及在2 700-2 900 MHz频段内运行的无线电测定业务中航空无线电导航和气象雷达共用研究的特性和保护标准
- ITU-R M.2032号报告 – 在2 900-3 100 MHz频段内说明水上无线电导航雷达与无线电定位雷达的发射之间兼容性的测试

FSS和BSS

- ITU-R S.465-6建议书 – 用于2至31 GHz频率范围协调和干扰评估的卫星固定业务地球站天线的参考辐射方向图。
- ITU-R S.466-6建议书 – 调频（具备频分复用功能）卫星固定业务容许使用此业务的其它网络对地静止卫星网络的电话信道造成的最大干扰电平。
- ITU-R S.483-3建议书 – 调频卫星固定业务容许使用此业务的其它网络对地静止卫星网络电视信道造成的最大干扰电平。
- ITU-R S.523-4建议书 – 卫星固定业务中对地静止卫星网络中采用8-bit脉码调制（PCM）的电话容许使用此业务的其它网络造成的最大干扰电平。
- ITU-R S.524-9建议书 – 在6 GHz、13 GHz、14 GHz和30 GHz频段发射的、卫星固定业务中对地静止卫星轨道网地球站产生的最大容许偏轴有效全向辐射功率（e.i.r.p.）密度。
- ITU-R S.728-1建议书 – 甚小孔径终端（VSAT）容许的最大偏轴有效全向辐射功率（e.i.r.p.）密度。
- ITU-R S.735-1建议书 – 当对地静止卫星网络构成卫星固定业务综合业务数字网（ISDN）的一部分时，其假设参考数字通路（HRDP）容许由15 GHz以下使用这一业务的其它网络产生的最大干扰电平。
- ITU-R S.1323-2建议书 – 卫星固定业务的卫星网络（GSO/FSS，非GSO/FSS，非GSO/MSS馈线链路）容许30 GHz以下其它同向FSS网络产生的最大干扰电平。
- ITU-R S.1426建议书 – 在5 150-5 250 MHz频段运行并与卫星固定业务（FSS）共用频率的无线局域网（RLAN）发射机在FSS卫星轨道处的集总功率通量密度限值（《无线电规则》第5.447A款）。
- ITU-R S.1427-1建议书 – 评估地面无线接入系统/无线局域网发射机对在5 150-5 250 MHz频段工作的非对地静止卫星轨道卫星移动业务馈线链路造成干扰的方法和标准。

- ITU-R S.1432-1建议书 – 对于工作在低于30 GHz的系统把由时不变干扰产生的容许的差错性能劣化分配给卫星固定业务（FSS）假设参考数字通路。
- ITU-R S.1528建议书 – 在30 GHz以下运行的卫星固定业务非对地静止轨道卫星天线的辐射方向图。
- ITU-R S.1587-3建议书 – 在指配给卫星固定业务的5 925-6 425 MHz和14-14.5 GHz频段中利用FSS卫星进行通信的船载地球站的技术特性。
- ITU-R S.1711-1建议书 – 卫星络传输控制协议的性能增强。
- ITU-R S.1716建议书 – 卫星固定业务遥测、跟踪和指令系统的性能和可用度指标。
- ITU-R S.1855建议书 – 用于2至31 GHz频段上协调和/或干扰评估的、与静止卫星轨道上卫星配合使用的地球站天线的备选参考辐射方向图。
- ITU-R S.1856建议书 – 确定位于特定地点、工作在3 400-3 600 MHz频段上的IMT站发射是否超出《无线电规则》第5.430A、5.432A、5.432B和5.433A款中功率通量密度限值的方法。
- ITU-R BO.652-1建议书 – 12 GHz频段的卫星广播业务及14 GHz和17 GHz频段的相关馈线链路的地球站和卫星天线的基准方向图。
- ITU-R BO.792建议书 – 12 GHz频段卫星广播业务（电视）的干扰保护比。
- ITU-R BO.1213-1建议书 – 11.7-12.75 GHz频段卫星广播业务接收地球站天线的基准方向图。
- ITU-R BO.1293-2建议书 – 涉及数字发射的卫星广播系统所受干扰的保护值和计算方法。
- ITU-R BO.1773建议书 – 对未在《无线电规则》中做相应频率划分、但在划分给卫星广播业务的频段内产生基波发射的设备发射对卫星广播业务（BSS）所产生的干扰影响进行评估的标准。
- ITU-R BO.1776-1建议书 – 1区和3区21.4-22.0 GHz频段卫星广播业务的最大功率通量密度。
- ITU-R BO.1898-1建议书 – 保护1区和3区21.4-22 GHz频段卫星广播业务接收地球站免受固定和/移动业务电台发射影响所需的功率通量密度值。
- ITU-R BO.1900建议书 – 1区和3区21.4-22 GHz频段卫星广播业务接收地球站天线的参考方向图。
- ITU-R M.2109号报告 – 在3 400-4 200和4 500-4 800 MHz频段内，IMT高级系统与对地静止卫星网络卫星固定业务之间的共用研究
- ITU-R S.2199号报告 – 关于宽带无线接入（BWA）系统和卫星固定业务（FSS）网络在3 400-4 200 MHz频段内的兼容性研究
- ITU-R BO.631-4号报告 – 卫星广播业务（声音和电视）与地面业务之间的频率共用

- ITU-R BO.634-4号报告 – 用于规划电视广播系统的测量干扰保护比

附件4

对欧洲认知无线电系统的研究

已出版的文献

CEPT有关空白频谱设备（WSD）在470-790 MHz频段技术和操作要求的研究在下述报告内阐述：ECC第159号报告[1]；ECC第185号报告[2]和ECC第186号报告[3]。

ETSI已出版了有关在470到790 MHz工作的无线接入系统的EN 301 598 V1.1.1（2014-04）。

CEPT/ECC已于2015年出版了为国家实施TV WSD使用地理位置数据库规则框架提供指导的ECC第236号报告。

ECC既未通过亦未准备通过有关WSD对470-790 MHz频段可能的使用的统一措施。

下文介绍了相关技术研究考察的现有无线电业务/系统，并提供了报告摘要：

现有无线电业务/系统

上文所述报告对保护以下现有无线电业务/系统做出分析：

- 地面广播业务（BS），特别是DVB-T。
- 节目制作和特殊活动（PMSE）系统，特别是无线麦克风。
- 608-614 MHz的射电天文业务（RAS）。
- 645-790 MHz频段的航空无线电导航业务（ARNS）。
- 470 MHz以下和790 MHz以上的移动业务（MS）。

上述ECC报告的摘要

ECC第159号报告[1]，作为有关CRS调查的出发点，对WSD与上文所列部分现有无线电业务/系统的兼容性开展了研究。这些研究聚焦于独立且基于传感的WSD。本报告的结论列出了一系列需要进一步研究的领域，现摘要如下：

- 与WSD特性相关的领域。
- 保护广播业务的技术考虑。
- 保护PMSE的技术考虑。
- 针对地理位置数据库方式的技术指标与实施需求。

随后，ECC第185号报告[2]的输出内容对ECC第159号报告[1]的分析做出如下补充：

- a) 空白频谱设备（WSD）的分类和为WSD设定最高允许功率限值的可能方法。
- b) 有关通过协作频谱传感克服特定站点不良信道条件的考虑。
- c) 保护广播：对基础参数（位置概率、覆盖面评估）灵敏度以及存在WSD情况下对DTT接收机性能的补充分析。
- d) 保护PMSE。
- e) 保护ARNS。
- f) WSD对在470-790 MHz相邻频段工作的移动业务的干扰。
- g) 国家对可用于WSD的潜在频谱开展调查的部分示例。

ECC第185号报告[2]完成后，ECC第186号报告[3]对使用地理位置数据库进行操作的WSD的技术和操作要求做出分析，即：

- a) 有关WSD位置精度的考虑。
- b) 使用主/从概念工作的WSD的一般原则和操作要求。
- c) 数据库管理。
- d) 为保护现有无线电业务/系统实施的地理位置数据库翻译流程示例。
- e) 有关传感和地理位置结合的考虑。

应当注意，这些报告主要是为可能在全国范围470-790 MHz频段内引入认知无线电系统的CEPT主管部门提供指导。

此外亦应注意对于地理位置数据库及其接口的统一要求正在ETSI框架内开展研究。

附件5

俄罗斯联邦针对划分给广播业务的频段内 暂时未用/未占的频谱开展的研究

本附件包含暂时未用/未占频谱的量化方法以及对一种认知无线电系统实施方案的分析。文件是基于俄罗斯联邦开展的研究。

470-790 MHz频段被广播业务广泛使用且是俄罗斯联邦实施和发展数字地面广播的主要频率来源。

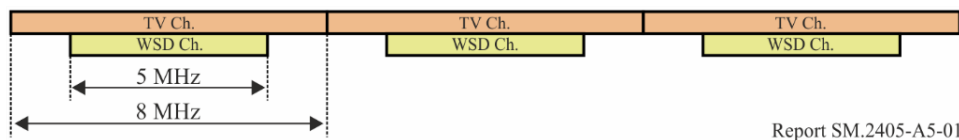
现已在俄罗斯联邦Arkhangelsk区开展了数字电视地面广播内作为空白频谱的可用频谱的评估。此评估并未考虑ARNS系统（645-790 MHz）、广播附属业务（SAB/SAP）、有线广播系统以及在某些情况下，模拟电视广播电台站对此频谱的使用。

量化暂时未用/未占的频谱的方法

就评估空白频谱设备（WSD）可用频谱数量的方法做出了如下假设：

- 考虑广播业务和空白频谱设备同时使用470-694 MHz；
- 选择将数字电视位置概率劣化1%作为可用性的标准；
- 假设WSD安装于地面30米以上；
- 使用了ITU-R BR.1368建议书中为LTE干扰制定的最差情况保护比（为硅调谐器提供90%的保护和针对WSD的0%有效载荷方案）；
- 传播模型：在最远80米的距离内自由空间和标准差为3.5 dB，在ITU-R P.1546建议书中以及更长的距离标准差为5.5 dB；
- 未考虑干扰信号的叠加；
- 在各点均考虑到接收天线的方向性抑制；
- 考虑了WSD信道的5 MHz带宽，且WSD信道的分配方式使WSD信道的中心频率与电视信道的中心频率重合（见图A5-1）。

图A5-1
电视和WSD信道格栅



Report SM.2405-A5-01

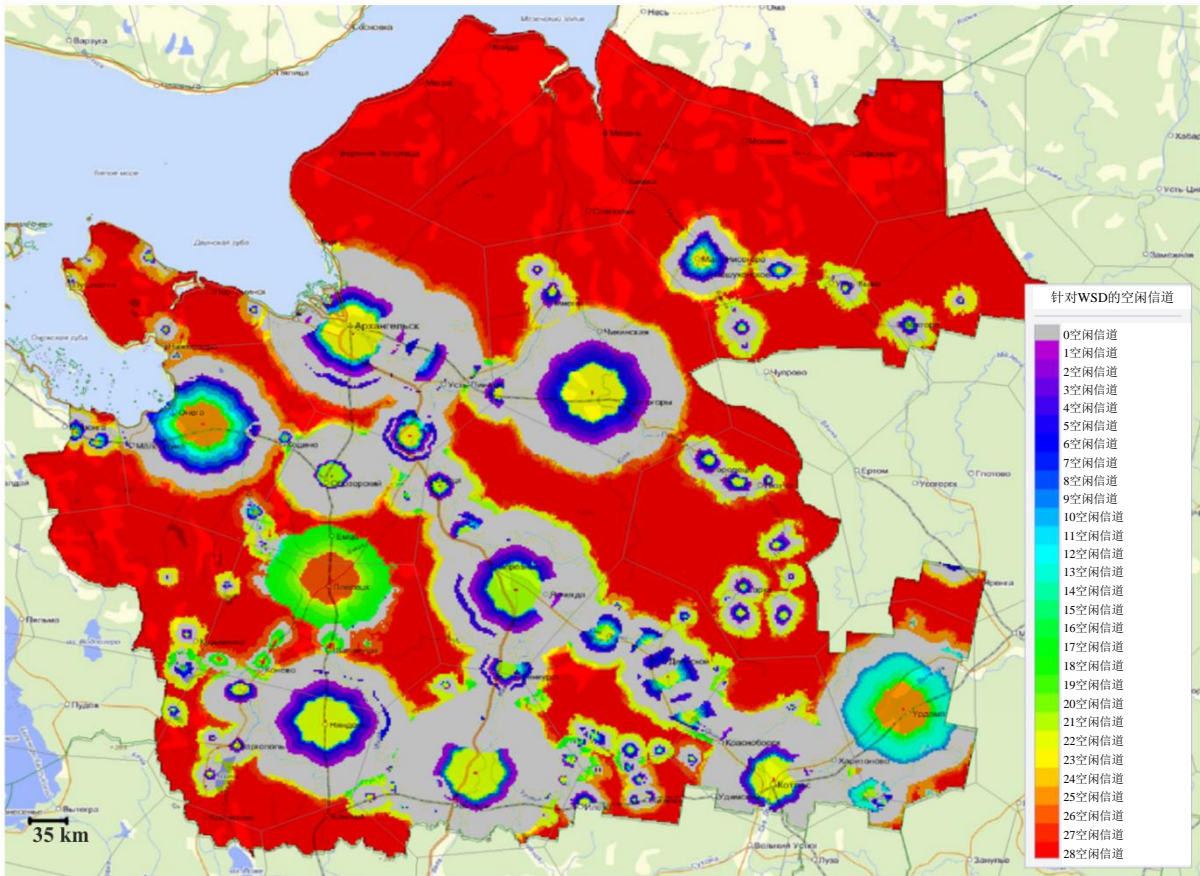
可用频谱估测

图A5-2展示了该区域内e.i.r.p.为20 dBm时可用频谱的数量。该区域地形起伏不大且电视台和居民区的密度小，特别是在北方。

图A5-3展示了认知设备空闲信道与空闲信道可用区域面积所占比例的关系。图A5-4展示了空闲信道数量与空闲信道可用区域内居民比例之间的关系，在此区域内有这一数量的空闲信道可用。

图A5-2

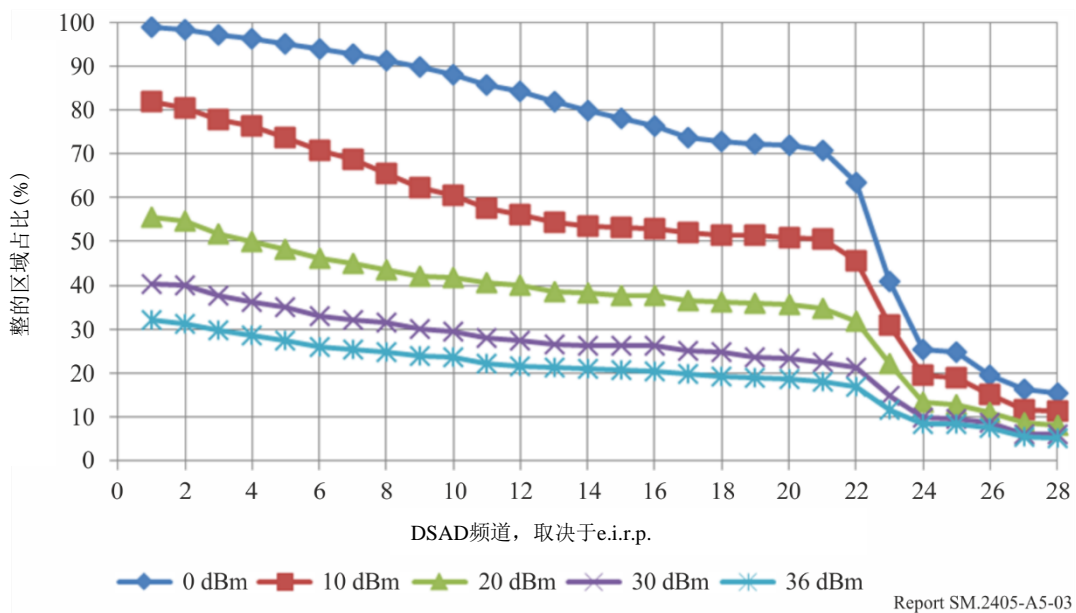
Arkhangelsk区内功率为20 dBm (100 mW) 的WSD频谱可用性图示例



Report SM.2405-A5-02

图A5-3

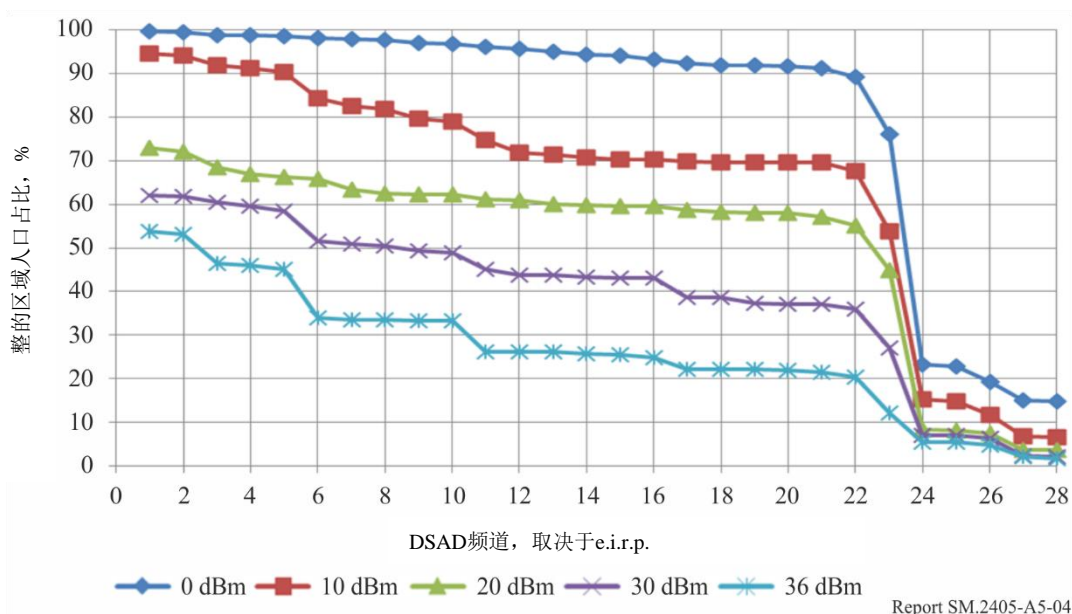
依据可用空闲信道数量所占%对WSD可用的动态频谱分配信道开展分析的结果



Report SM.2405-A5-03

图A5-4

依据可用空闲信道数量所在区域内居住人口的%对WSD可用动态频谱分配信道开展分析的结果



Report SM.2405-A5-04

对实施WSD可用频谱的估测在俄罗斯联邦的一个区内进行。计算结果显示，对于低功率WSD（e.i.r.p. 0 dBm），20个信道可供该区域内90%的人口使用，但对于高功率WSD（e.i.r.p. 36 dBm），20个信道仅可供该区域内20%的人口使用。这些居民区（占人口的20%）位于电视台附近。

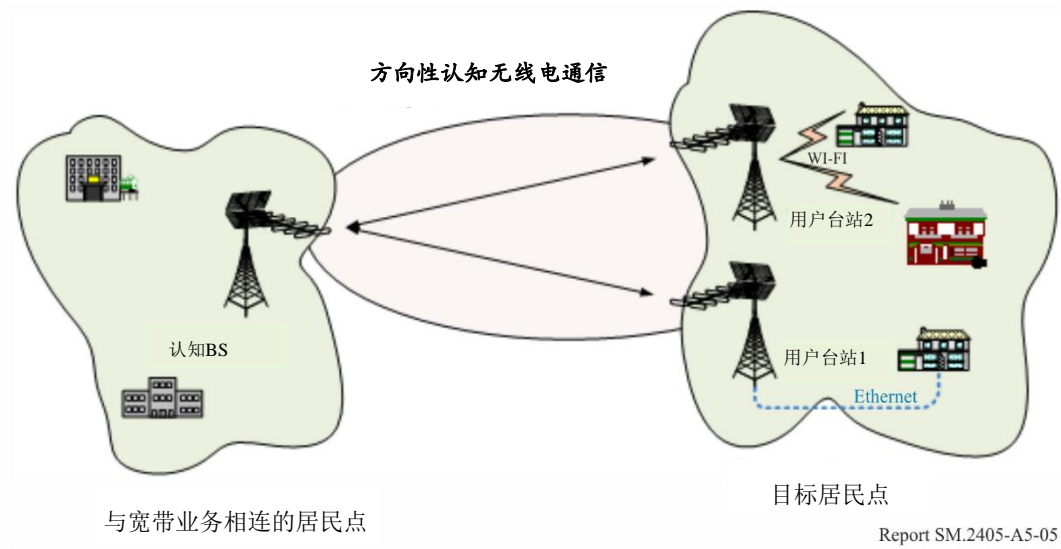
需要注意到是上述计算并未考虑多个WSD的集总干扰，这种情况可能会减少WSD可用频谱的数量。

点对点（P-P）无线电通信链路的应用方案

俄罗斯联邦内有许多无法享用宽带接入的较小居民区。在此情况下，认知无线电通信系统的实施方案通常是在居民区部署前端，提供固定宽带互联网接入，同时将用户台站部署在偏远的居民点。在此情况下，两个前端和偏远台站可使用方向性天线（见图A5-5）。

图A5-5

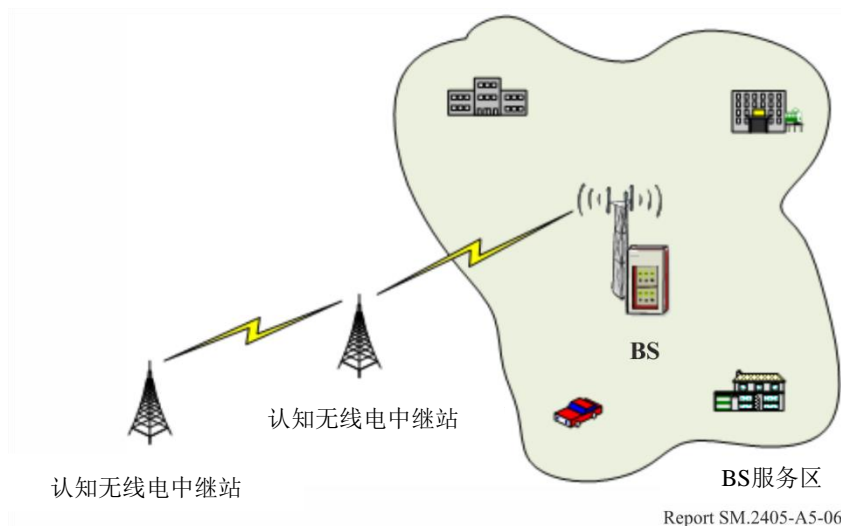
470-686 MHz频段使用方向性天线的居民点间P-MP链路



在居民点内小型LTE BS（微蜂窝）或宽带Wi-Fi热点可作为认知无线电系统用户台站部署。此拓扑将允许住户通过现成用户设备的标准无线电接口与公共网络连接，同时将470-790 MHz频段内未占用的频谱用于通信。图A5-6展示了基于认知无线电系统的多跳无线链路。

图A5-6

基于认知技术的居民区间无线电中继链路



此方案的优势之一是没有必要固定具体的电信运营商。与无需牌照的无线电系统类似，新用户自身或一家经授权的公司会依据俄罗斯联邦的CRS安装和运营规则，负责CRS的安装和运营。

为确保主要无线电系统在广播频段不受干扰的操作，应采用具有高度指向性的天线和辐射功率的允许值。表A5-1提供了使用低功率和中功率发射机和八木天线计算出的P-P和P-MP无线电链路间的距离，这与适用于470-790 MHz频段地面电视广播接收的距离类似。

表A5-1

使用电视广播等固定天线的600 MHz频率范围内，计算居民区间宽带接入/无线中继链路距离的示例

针对调制参数的计算与DVB-T2所用方式类似

参数	低功率 长距离	低功率 中距离	低功率 短距离	高功率 长距离	高功率 中距离	高功率 短距离
发射机功率 (W)	1	1	1	25	25	25
天线增益 (dBd)	12	12	10	12	12	10
天线高度 (m)	10	10	10	10	10	10
馈线损耗 (dB)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
e.r.p. (dBW)	9.5	9.5	7.5	23.5	23.5	21.5
调制	QPSK	64-QAM	256-QAM	QPSK	64-QAM	256-QAM
码率	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$
容量 (Mbit/s)	11	22	44.3	11	22	44.3
70%地点的最小场强 (dB (μ V/m))	35.6	42.0	51.8	35.6	42.0	51.8
中等崎岖地形的最长距离, ITU-R P.1546-4建议书	6.8	5.0	2.8	13.6	9.9	5.7
LoS路径的最长距离, ITU-R P.1812-2建议书	9.1	6.6	5.2	33	20.1	14.7

需要采用以下措施，以确保在CRS的安装和调谐过程中降低对470-790 MHz频段内电视广播的干扰：

- 优化CRS天线的位置和指向；
- 降低CRS辐射功率；
- 强制禁止对已安装的CRS使用某些无线电信道，尽管已从CR ACS（地理位置数据库）获得了许可；
- 在CR发射机输出端插入额外的选择性频率滤波器。

使用上述实地缓解措施，可在困难的情况下实现最大效果，例如，在接收地面电视广播信号相对低的电视服务区远端或半影区。只有此安装方法可为确保电视广播的EMC提供最佳条件。

为确认相关方法在莫斯科区的可行性开展了实地测试。为保护电视广播，将与8 MHz信道带宽相对应的COFDM 64-QAM数字调制系统免噪作为测试基础。表A5-2展示了TVCH 40的最低场强。

表A5-2

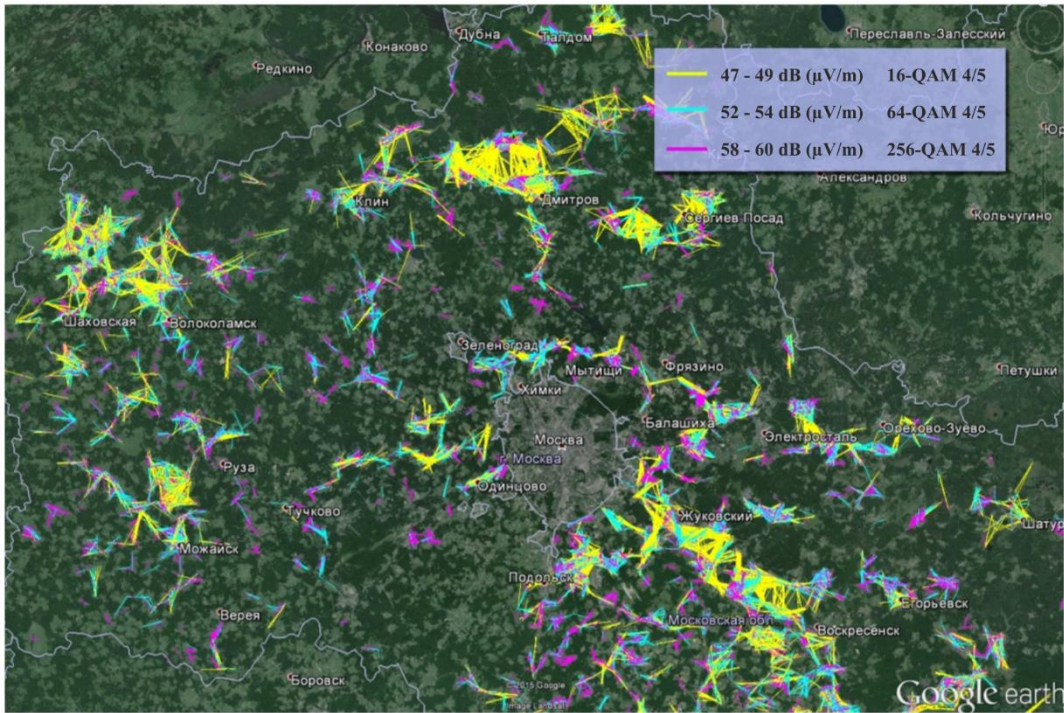
DVB-T2针对TVCH 40的最小中位场强

位置的百分比	E_{mins} dB(μ V/m)		
	50%	70%	95%
QPSK（码率为4/5）	32.3	35.2	41.4
16-QAM（码率为4/5）	38.4	41.3	47.5
64-QAM（码率为4/5）	44.0	46.9	53.0
256-QAM（码率为4/5）	49.4	52.3	58.4

图A5-7和A5-8展示了测量的潜在路径（颜色不同）。根据ITU-R P.1812建议书所述P-P路径预测方法开展了建模。此外，亦使用ITU-R P.1546建议书阐述的方法进行附加计算。在考虑到路径上的自然障碍和森林杂散反射的情况下实施了仿真。

图A5-7

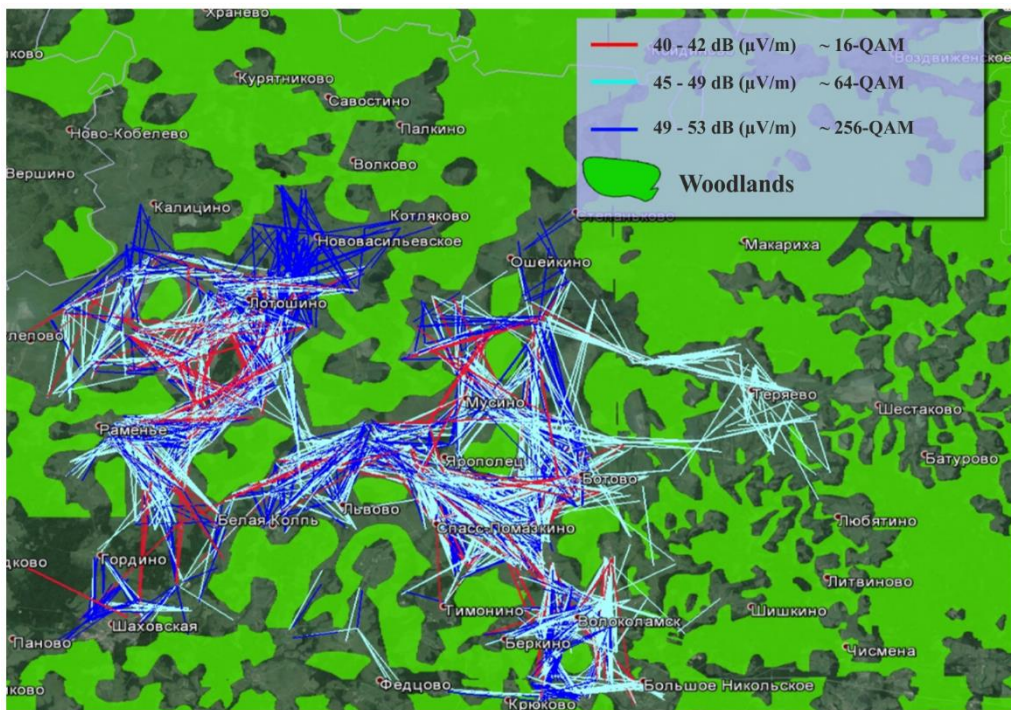
莫斯科区居民点间通信的可能路径



Report SM.2405-A5-07

图A5-8

莫斯科区现场测试的可能路径



Report SM.2405-A5-08

实地测试显示，在低发射/接收天线高度（10米）的情况下，大多数计算得出的位置均有充分的信号电平。根据测量，针对8 MHz无线信道带宽可实现的最高数据传输速率为

48.27 Mbit/s（与256-QAM 4/5相对应）。在半封闭的路径上，这些居民点间的距离为8.6公里。最低数据传输速率为18.07 Mbit/s（与16-QAM 3/5相对应），在半封闭的路径上，用于相距11.1公里的居民点间无线通信链路。

测量显示，有保障接收的一个主要条件为传播路径上障碍造成的非视距传播的比例。视距区所有路径占比大于50%是传播的关键，它提供了有保障的信号接收。在发射和接收站点间拥有更大非视距比例的其它路径，大多无法接收。因此，认知无线电系统的此类特性，例如距离和可实现的数据传输速率会因杂散的类型而异。

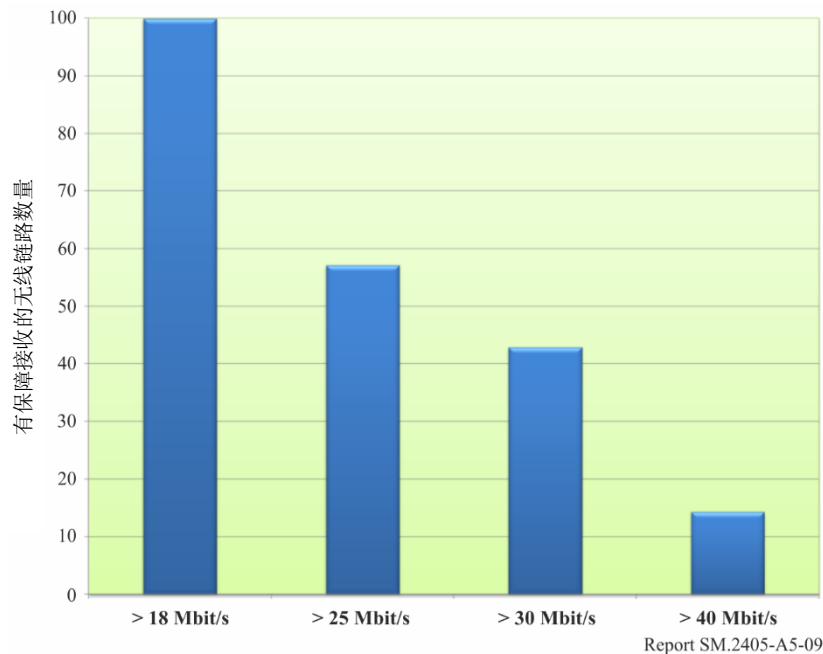
图A5-9显示了体现了8 MHz无线电信道带宽内可分配的最大数据传输速度。图中各列涵盖了四个范围的传输速率：

- 1) 大于18 Mbit/s
- 2) 大于25 Mbit/s
- 3) 大于30 Mbit/s
- 4) 大于40 Mbit/s。

下图展示了以莫斯科区为例，居民点间所有可能路径的分析结果，同时考虑到路径的特性（杂散类型）。

图A5-9

无线链路的数量与可实现的最大数据传输速率



有保障数据速率大于40 Mbit/s的无线链路数量接近14%，且对于50%的无线链路而言平均数据速率为25-30 Mbit/s。实现此平均数据速率的距离为8至12公里。

WSD终端台站的可能技术参数见表A5-3。

表A5-3

WSD技术参数

参数	最小值	最大值
发射机功率 (W)	0.1	25
天线增益 (dBd)	5	14
天线高度 (m)	10	30
馈线损耗 (dB)	1	5
e.r.p. (dBW)	8	27

因此基于俄罗斯联邦研究的结果，可得出以下结论：

- 1) 电视广播频段拥有未占用的频率资源，其数量取决于认知无线电系统的面积和特性。
- 2) 广播频段未占用的频谱可供在地理位置数据基础上动态访问资源的P-P系统使用，在平均值条件下居民点间最大距离为10-12公里的LoS路径数据速率可能高达40 Mbit/s，针对电视广播的无干扰接收，LoS路径最长可为18公里。但是，应采取特殊措施，排除对电视广播接收的无意干扰，特别是在初步的网络规划过程期间。

附件6

中国对认知无线电动态频谱获取的研究

鉴于认知无线电的动态频谱获取技术是解决频谱资源短缺和频谱效率低下的一种可行解决方案，中国在DSA技术的频谱管理研究工作方面取得了进展，且已经在223-235 MHz频段部署了DSA系统，用于将来进一步发展DSA系统和频谱管理技术。

223-235 MHz频段的频谱划分

在中国，223-235 MHz频段的频谱资源划分给了能源和矿产等工业部门用于数据传输。不同频谱资源以静态方式划分给了全国的工业部门。工业应用主要将数据收发机用于数据传输，且行业应用数据收发机的部署必须得到频谱监管机构的批准并在监管机构注册。

223-235 MHz频段静态频谱划分的频谱效率低下

静态频谱划分造成了223-235 MHz频段的频谱划分效率低下。

- (1) 鉴于工业应用的特性，仅需定期发送应用数据。划分给某些工业部门的频谱资源经常处于临时空置状态。对于静态频谱划分，这些未被使用的频谱资源无法供其它工业部门使用。

- (2) 当前的静态频谱划分造成许多地区划分给一个工业部门的频谱资源无法供其它工业部门使用。然而，某些地区甚至根本不存在某些工业，因此对划分给这些工业应用的频谱而言，根本没有数据可传输。但对于静态频谱划分而言，这些未占用的频谱无法供其它工业部门使用。

表A6-1展示了不同省份划分给某些工业的223-235 MHz频段的频谱使用。表中有颜色的格表示该省或该市划分给某工业部门的频谱得到了使用，空白的格表示相关频谱未使用。从表A6-1中，我们可以看出划分给某些工业部门的频谱资源在部分地区未得到使用。

表A6-1

不同省份划分给部分工业部门的223-235 MHz频段的频谱使用情况

省份	工业部门	工业部门1	工业部门2	工业部门3	工业部门4	工业部门5	工业部门6	工业部门7
江苏				工业部门3			工业部门6	工业部门7
上海		工业部门1					工业部门6	工业部门7
福建				工业部门3			工业部门6	工业部门7
天津				工业部门3			工业部门6	工业部门7
新疆			工业部门2				工业部门6	工业部门7
浙江				工业部门3			工业部门6	工业部门7
安徽			工业部门2	工业部门3			工业部门6	工业部门7
河南				工业部门3			工业部门6	工业部门7
广东				工业部门3			工业部门6	工业部门7
江西				工业部门3			工业部门6	工业部门7
陕西							工业部门6	工业部门7
宁夏		工业部门1	工业部门2	工业部门3			工业部门6	工业部门7
河北				工业部门3			工业部门6	工业部门7
内蒙古				工业部门3			工业部门6	工业部门7
北京		工业部门1					工业部门6	工业部门7
云南			工业部门2	工业部门3			工业部门6	工业部门7
四川			工业部门2	工业部门3			工业部门6	工业部门7
海南							工业部门6	工业部门7
甘肃			工业部门2				工业部门6	工业部门7
贵州							工业部门6	工业部门7
湖南							工业部门6	工业部门7
重庆			工业部门2	工业部门3			工业部门6	工业部门7
广西			工业部门2	工业部门3			工业部门6	工业部门7
湖北			工业部门2				工业部门6	工业部门7
山西				工业部门3			工业部门6	工业部门7

工业部门1

工业部门2

工业部门3

工业部门6

工业部门7

未用

工业发展提出了更多频谱需求

随着智能电网和智能油田等工业的发展，工业应用的特性已然发生了变化，需要更多频谱资源用于应用数据的传输。但223-235 MHz频段没有足够的频谱资源可用来满足工业应用不断增长的需求。

在223-235 MHz频段应用DSA的CR

在223-235 MHz频段，如何提升频谱效率变得愈发重要。目前正在考虑在223-235 MHz频段应用DSA系统，且通过认知无线电技术，可检测到暂时未用/未占的频谱并在各工业部门之间共用。这样，便能够提升223-235 MHz频段的频谱效率并可满足相关工业部门的频谱需求。

频谱管理面临的挑战

随着认知无线电在223-235 MHz频段使用动态频谱获取，频谱管理面临新的挑战：

(1) 保障认知信息的可靠实时传输

DSA系统应能利用认知信息的可靠、实时传输正确判定暂时未用/未占的频谱。对于无线电通信系统，必须正确传输通信信道设置等控制信息。

在DSA系统内，当使用共享频谱传输数据时，应当考虑如何保障认知信息或控制信息的可靠和实时传输。

(2) 保障服务质量

不同业务的数据有不同的服务质量（QoS）要求，例如有些重要业务数据对延迟有严格的要求。应用DSA系统后，应考虑如何保障重要业务数据的QoS。

在现有的非DSA系统内，控制信息和业务数据是通过静态划分的频谱资源传输。但随着DSA系统的引入，划分给原系统的资源可经过动态检测并供DSA系统使用，且现有系统可能会遭到干扰。因此，现有系统的控制信息和业务数据传输将中断，所以其QoS无法得到保障。

鉴于该操作频段内存在一个以上的系统，因此DSA系统可以工作于与其它DSA或非DSA系统相邻的频率。所以，必须实现同频操作系统间的兼容性问题，以避免干扰并保障不同系统的QoS。

(3) 保障在不同系统间公平共用频谱

对于可能同时工作的多DSA系统，相关方案的设计应确保无论从资源使用时间还是资源数量上，相关系统均可公平地获得共享频谱资源。

正在开展的频谱管理研究工作

目前，频谱管理的研究工作和频谱工程技术已用于解决上述问题，其重点主要聚焦于以下领域：

— 应用DSA系统的频谱规划

为保障系统认知信息或控制信息的可靠和实时传输，应为其划分适当的频谱资源，并应为这些资源设计合理的保护标准。

— 为DSA系统使用的资源制定规则

为保障满足业务数据的服务质量（QoS）要求并在DSA系统间合理共用资源，应为共用资源的使用制定规则，例如，一次性为各DSA系统规定允许的最长使用时间和最高共用频谱资源使用量。

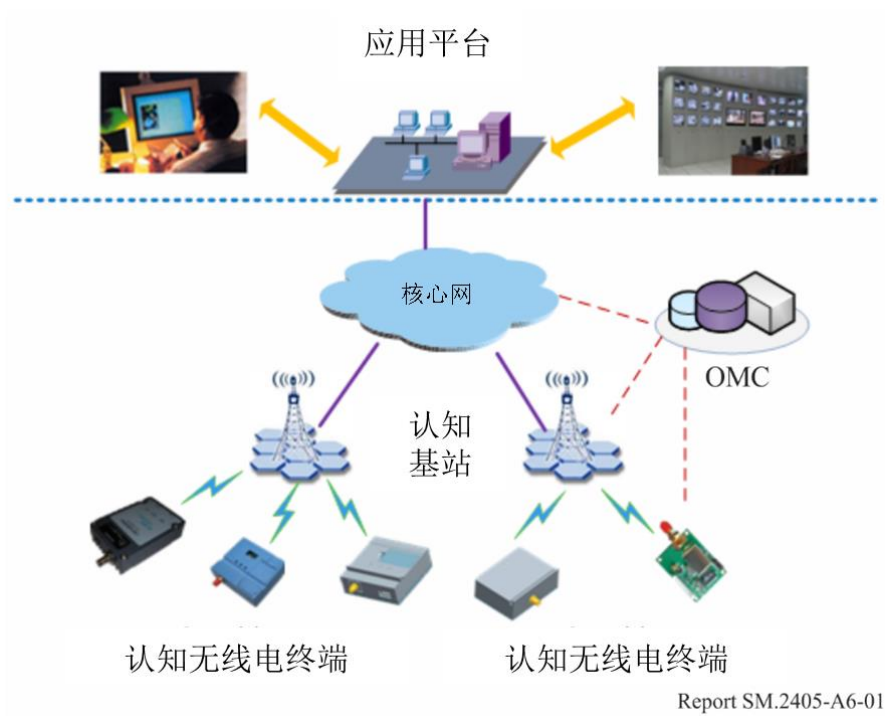
— DSAD操作和技术特性的标准化

DSAD的部分操作和技术特性应当标准化，以实现操作频段内系统间的兼容性，例如RF要求、检测概率和退避时间的兼容性。

DSA在电力行业的试点

认知无线电DSA系统试验在223-235 MHz频段展开，其架构见图A6-1。该系统由无线接入网、核心网（CN）、运维（OMC）与应用平台构成。无线接入网中包含认知基站和认知无线电终端，这些设备用于检测暂未使用的频谱资源。应用平台提供应用数据的统计和分析功能。

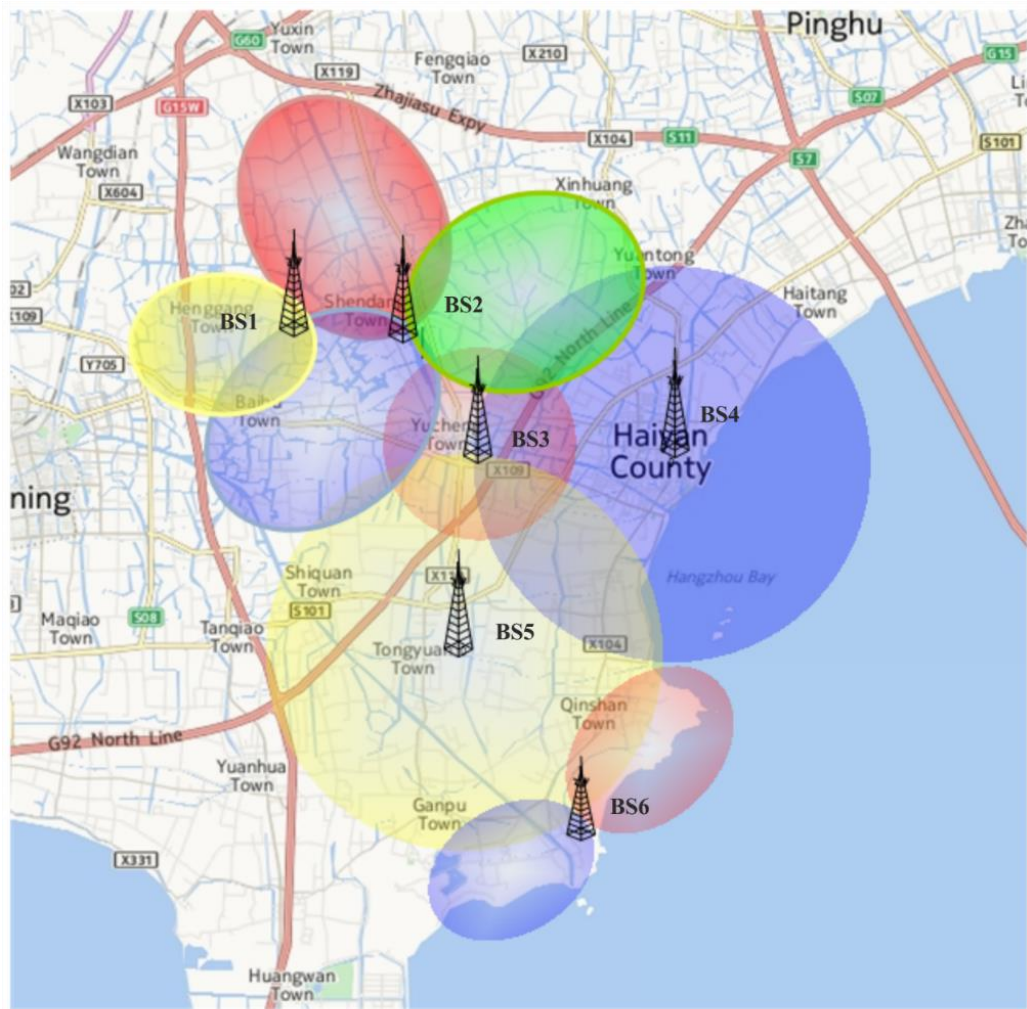
图A6-1
DSA试点系统的架构



随着智能电网在中国的建设与发展，配电自动化和收集电耗信息等应用需要更多的频谱资源。但在223-235 MHz频段为电力行业划分的频谱资源不足。因此，中国浙江省针对电力行业部署了CR DSA系统试点，通过认知无线电技术检测未使用的频谱，并可满足智能电网应用的频谱要求。图A6-2展示了浙江省海盐县的试点网络部署情况。

图A6-2

海盐的试点网络部署



Report SM.2405-A6-02

DSA系统的性能可通过试点网络验证。根据测试结果，能够检测出暂未使用的频谱资源并在认知无线电技术的基础之上将其用于电力应用。此外，通过与正交频分多址（OFDM）与适应性调制和编码（AMC）技术的结合，223-235 MHz频段的频谱效率从0.768 bps/Hz大幅提升到2.44 bps/Hz。将来，该测试将进一步扩展，用于不同工业部门多个动态频谱获取系统间的频谱共用。

附件7

ATDI在TVWS计算方面的经验

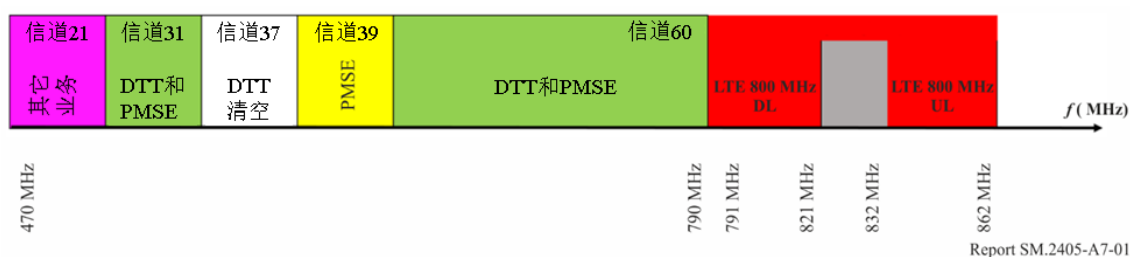
1 引言

电视空白频谱（TVWS）是1 GHz以下的，可在某些国家的那些频谱未被许可业务 – 主要是电视广播业务使用的地点供免执照使用的空闲频率。470-790 MHz频段目前在欧洲由数字地面电视（DTT）和节目制作与特别活动（PMSE）使用。

以下文本详细介绍了模拟实现空白频谱设备（WSD）和DTT兼容的方法。它还介绍了如何通过ATDI平台进行的计算和分析来构建、使用和共享WSD数据库。

图A7-1

对UHF电视频段（470-790 MHz）及其欧洲用户的说明



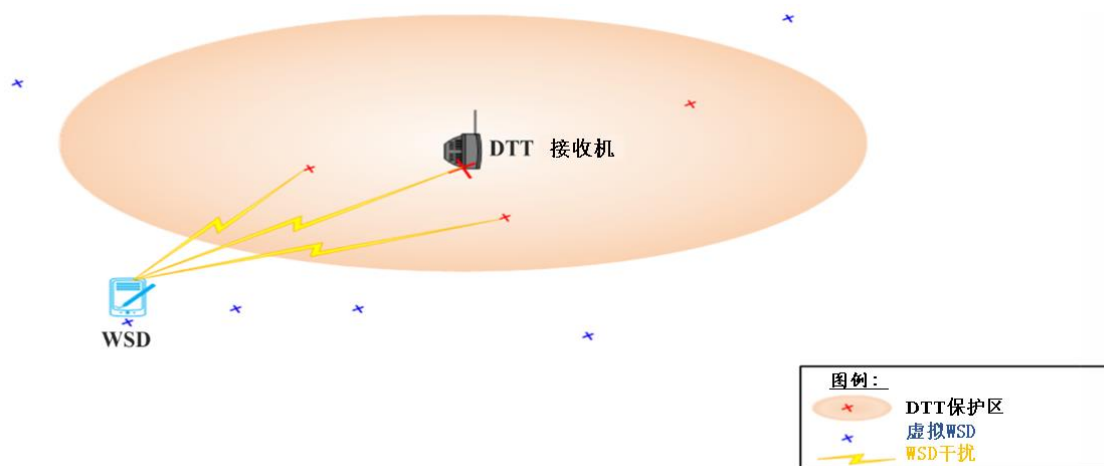
可以在任何频段中，使用与下述相同的方法来查找任何无线电通信业务可用的信道：更改由用户定义或从标准表中检索的计算设置；可以使用相同的功能。

2 建立WSD国家数据库的方法

ATDI建议执行以下任务，以建立WSD国家数据库：

图A7-2

建立WSD国家数据库的方法



- a) 所有DTT网络的覆盖计算。优先选用确定性传播模型用于TVWS地图和干扰计算。此模型还用于检查DTT和WSD之间的兼容性。
在DTT覆盖范围内的所有接收点检查兼容性。如果WSD在使用其最小功率时仍会干扰DTT接收机，则WSD的位置将被拒绝。
- b) 还应考虑国外的DTT发射机。必须采用基于阈值和/或覆盖计算来定义保护国外接收机（指配和分配）的方法。
- c) 定义PMSE及其他系统属性区域、指定信道...
- d) 定义可能的保留DTT信道（用于将来的多路复用）。
- e) 检查覆盖区域，并利用人口数据库在人口稠密区域应用滤波器。
- f) 使用WSD到DTT接收机的干扰计算TVWS可用性图，以定义禁止发射区。针对每个WSD类别、DTT信道和不同的WSD天线高度，进行最多 $n+/-3$ 个信道（根据ETSI EN 301 598 V1.0.0的表3）和带外域的计算。可以采用一定的噪声容限，以便从考虑多个WSD从同一点发射的情况。
- g) 免费公布频谱地图便于在线查询（显示每个点上可用信道的数量），该地图应具有以下信息：每个点的坐标，可用的信道和相关的最大允许功率。
- i) 随着新的WSD数量的增加，干扰电平将被重新检查，其中包括从新的WSD集总到DTT的干扰功率和。
- j) WSD的授权也必须明确界定：业务限制，配置，优先级...
- k) 授权WSD协议（开放的空白频谱）的定义，并将其用于远程路由器启动和监控（QoS，流量）。

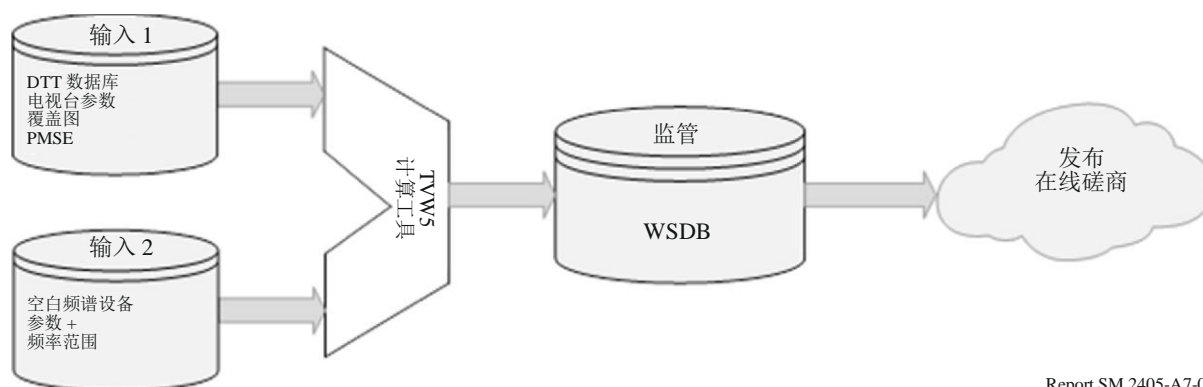
3 计算方法概览

主要目的是在电视信道覆盖的空隙指定WSD频率。该方法包括识别每个电视信道的可用区域。

要验证或使授权无效的方法在下图中详细说明。该平台包含三个关键单元：

- TVWS计算工具。
- 管理工具数据库。
- 公布工具或专用网站。

图 A7-3
WSD管理平台概览



Report SM.2405-A7-03

4 TVWS计算的实施

4.1 TVWS计算工具

一个无线电规划工具能够从现有DTT电台的数据库中计算并估计给定区域中每个点上可用的信道，因此，可基于阈值和/或覆盖计算来保护这些区域（指配和分配）免受任何干扰。

计算之后，在获取下一个WSD请求之前，将发送必要的数以备份并更新未经授权的WSD数据库（WSDB）。

在此计算中要考虑的输入数据是WSD参数、频率范围和ID。

4.1.1 输入数据

输入数据包括计算和确定电视空白频谱所需的所有参数。该数据包括：

- DTT和PMSE的发射参数，站点位置，已经计算出的覆盖...
- 请求具有已知传输参数（功率，动态范围，频段...）的WSD信道。

4.1.1.1 DTT、PMSE电台数据库

该数据库包含已在特定地区和国家级得到划分的所有DTT电站和PMSE。因此，每个已知的发射机的特性（辐射功率，覆盖图，位置，频率，保护比...）都是可用的。

4.1.1.2 WSD数据库

WSD数据库（WSDB）包含以下信息：

- WSD主站的坐标（经度，纬度或X，Y）和天线高度或海拔高度。
- 功率
- 天线特性：增益和极化。
- 设备等级
- WSD可以工作的频段

该信息用于建立计算工具，根据制图环境和地物，传播模型和天线高度来执行空白频谱的覆盖计算。

4.1.2 建议采用的计算方法

经监管机构批准的计算可得出如下成果：

- TVWS可用度地图
- 每个DTT信道需保护的区域
- 为WSD指配的信道。

为每个DTT信道执行这些计算。它还根据不同的设备类别为每个信道提供最大允许功率。

4.2 WSD数据库管理工具

计算工具发布的结果存储在WSD数据库，其中包含受保护信道地图、可用TVWS信道，和分配给每个信道的最大功率。它同时为已经授权的WSD进行注册。

监管机构将对访问此数据库的方式和可用的信道分配过程进行定义。通过特定工具或专用网站的在线数据库管理，将允许根据监管机构定义的标准共享可用信道。

4.3 在线访问

一旦WSD数据库被填写，其内容可以在线共享，以便WSD用户/运营商共享关于给定区域周围的可用TVWS信道的信息，同时根据以下信息，提交使用给定WSD信道的正式请求：

- 从类型和类别讲，WSD信道的资格，条件和优先级。
- 可用信道列表和分配的最大功率。
- 已经使用的信道列表（永久或临时的，例如为一些PMSE业务的信道）。

在使用之前，也可以联系数据库管理员来验证选定的信道。该平台允许运营商合并从WSD在线注册表单得到的所有信道请求，并定期将其转发给监管机构。

5 监管机构

在WSD管理方面，监管机构界定了计算工具中要考虑的设置。可以推荐一些规则以增强计算的性能和准确性。这些设置可以使DTT和WSD之间实现兼容。

待考虑的参数：

- 一个参考传播模型
- 覆盖门限和最大距离计算
- DTT信道的保护比

监管机构通过“超级操作者”直接或间接地管理数据库（绘制给定区域的TVWS可用性地图，见图A7-5）。该WSD数据库管理员还定义了TVWS信道分配的条款。为此，监管者可以制定用户可以在线访问的频率分配表。对该表的管理可以委托给运营商。

图 A7-4
信道分配表示例

		保护比 C/I			
		PR1	PR2	PR3	PR4
优先级	N1	C11	C12	C13	C14
	N2	C21	C22	C23	C24
	N3	C31	C32	C33	C34
	N4	C41	C42	C43	C44

Report SM.2405-A7-04

可用的TVWS信道对应于优先级（N）和给定的保护比C/I。例如，只有在一点上有两个以上的信道可用时，才可以分配一个具有较低优先级的服务。有关计算给定区域中可用TVWS的示例，请参见图A7-5。

6 ATDI的TVSW计算平台

6.1 概览

基于上述方法，ATDI平台管理TVWS的架构如下所述。

图A7-5
利用ATDI工具对TVWS的计算和管理

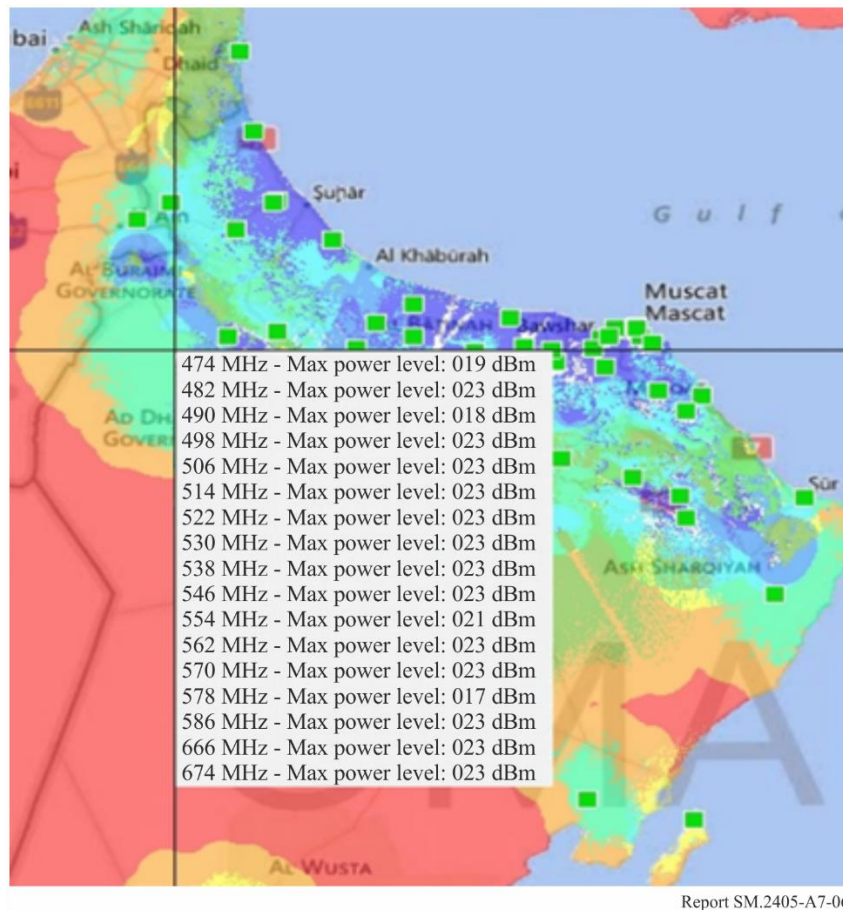


Report SM.2405-A7-05

ICS Telecom是由ATDI开发的无线电规划工具，由世界各地许多监管机构和运营商使用。今后的这个计算平台将包括专门用于计算TVWS的模块。

例如，对于100万平方千米的分辨率为100米的地图，每个信道使用典型的2017年PC的计算时间为15分钟。

图 A7-6
对应于最大功率的可用信道



ATDI管理系统数据库“ICS管理者”专门服务于监管机构和无线电频谱管理人员。该工具允许通过建立规则来分配和管理信道。“ICS管理者”有一个在线服务，可以与TVWS用户共享信息。所有这些功能都可以用于任何类型的技术。

6.2 小结

ATDI提出的方法可以：

- 准确地确定可用的TVWS信道，但不仅如此，相同的方法可以应用于任何频段中的任何业务，用来识别可用信道。
- 根据受保护区域的规定分配信道。
- 对新部署的WSD对特定地区的其他业务的影响进行分析。

有关ATDI所开发的，用于计算和管理TVWS工具的更多信息，您可以访问我们的网站：
<http://www.atdi.com/white-space-device-calculation-and-database/>。

附件8

博茨瓦纳的案例

1 引言

许多发展中国家的卫生诊所缺乏足够的宽带接入。博茨瓦纳卫生部和博茨瓦纳通信监管局（BOCRA）为了解决博茨瓦纳的健康挑战，与博茨瓦纳创新中心（BIH），博茨瓦纳大学，美国国际开发署（USAID），宾夕法尼亚大学，微软和全球宽带解决方案（GBS）一道，启动了一个试点项目，向博茨瓦纳没有宽带和足够专业医疗服务的地区提供在线医疗服务。利用动态频谱接入（DSA），利用电视信道上的未使用频谱，或通常被称为电视空白频谱或TVWS的频谱实现宽带接入。

因为这一试点项目突出体现了共享频谱接入为卫生部门所做的贡献，所以提交这一文稿的目的是为第9号决议的工作提供信息，完成“编制案例研究和收集有关共享频谱的国家使用的最佳做法，其中包括DSA，同时研究有效共享频谱资源带来的经济和社会效益”这一任务。

关于博茨瓦纳TVWS的可用度问题，存在充足的可用于利用共用频谱提供宽带接入的未用和/或未指配UHF频谱 – 因此，这为博茨瓦纳更有效地利用这一频谱资源，改善其人民生活的诸多方面（其中包括提供医疗服务）提供重要机遇。

2 目标和目标受益者

博茨瓦纳TVWS项目的重点是通过构建在TVWS之上的低成本和远程宽带提供远程医疗保健计划。该方案将使医务人员能够对偏远地区的病人进行会诊，主要目的是增加博茨瓦纳各地医疗服务的潜在规模和范围。次级目标包括为进一步的低成本互联网接入打下基础，这有助于在博茨瓦纳全境增加可再生能源、教育、医疗保健、进入市场和小企业赋能等。

目标受益者是需要下列服务的医院、诊所和病人：

- 宫颈癌筛查；
- 皮肤病筛查；
- 艾滋病毒筛查和会诊；
- 结核病筛查和会诊；
- 成人和儿科护理；
- 内科会诊。

这些受益者将利用运行8像素和高分辨率摄像头的高清电视会议应用程序，在远程诊所和医院地点进行/接受普查和会诊。筛查需要如此高清成像，以正确诊断和治疗像结核病这样的常见疾病。这些图像和视频通过TVWS的宽带连接在三个远程站点和周围地区（在TVWS信号的传输距离之内）传输，然后通过回程互联网将视频直接传输到在Gaborone中心的医务人员或宾夕法尼亚大学的合作伙伴，用于获得诊断和治疗建议。

3 地理位置

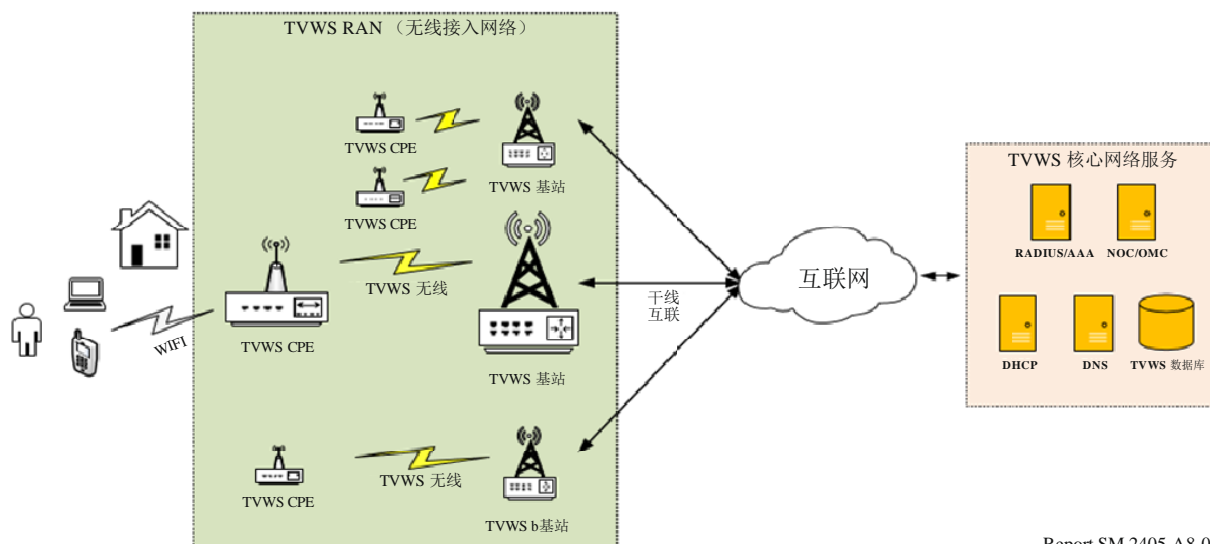
该网络是围绕一个中心枢纽、三座地区医院和周围的医疗保健诊所建成，它们都缺乏医疗资源和宽带接入。三座区域医院作为TVWS基站，在其三个院址周围又连接了七个额外临床医疗场所形成网络，使得该项目的一期阶段共覆盖十个地点。

- 中心枢纽 – Gaborone：这是在博茨瓦纳大学和位于Gaborone的Marina公主医院附近的系统中心枢纽。其中心位置能够允许网络拥有高质量的有线互联网连接，清晰地提供偏远地点病人的影像，并通过远程医疗应用和设备开展诊断服务。
- 站点1 – Lobaste：位于Gaborone的东南方向，位于Lobaste的远程站点配有TVWS网络，可为周边地区的诊所提供宽带服务，未来还可能会扩展到其他站点。这一站点将提供宫颈癌筛查和皮肤病筛查等服务。
- 站点2 – Francistown：位于同津巴布韦的东北边界附近，Francistown站点同时提供TVWS连接，并在项目的第一阶段提供宫颈癌筛查。在第二阶段，他会转而提供肺结核和HIV筛查服务，以及成人和儿童护理服务等。
- 站点3 – Maun：位于博茨瓦纳西北部的农村地区，此站点将在该项目的第二阶段开展宫颈筛查，结核病和艾滋病筛查，成人和儿科咨询以及内科护理。

4 技术架构

骨干互联网连接由博茨瓦纳光纤网络（BoFiNet – 国内和国际电信基础设施的批发提供商）提供，该网络提供从Gaborone中心到三个主要站点的连接，负责连接当地或附近TVWS无线电设备的TVWS基站就设置在那里。最初的部署将重点确保诊所具有TVWS无线电连接，但随着时间的推移可能会包括其他实体，如政府办公室和小型企业等。

图A8-1
技术框图



Report SM.2405-A8-01

表 A8-1
电视空白频谱无线指标

无线指标	空白频谱无线电
无线媒介:	TDD OFDMA
网络标准:	修改增强版802.22
所支持PHY速率:	12种模式, 从1.5 Mbit/s到20 Mbit/s
数据速率 (Agg第二层UL+DL 对于6 MHz)	1 Mbit/s – 16 Mbit/s
信道宽度	5.5 MHz (美洲), 7.6 MHz (欧洲和非洲)
工作信道:	美国UHF信道14 – 51 (470-698 MHz), 英国UHF信道21 – 68 (470-854 MHz)
可用发射功率设置:	20 dBm (100 mW)
功率控制:	可编程
工作频段:	FCC UHF 400-1 000 MHz
接收机灵敏度	-98 dBm 3.5 dB 2.7 Mbit/s (QPSK 1/2) -90 dBm 11.5 dB 7.1 Mbit/s (16 QAM 2/3) -81 dBm 20.5 dB 12 Mbit/s (64 QAM 3/4)
调制方式:	OFDM: QPSK, 16-QAM, 64-QAM
天线:	仅PCB Bowtie集成客户端 垂直极化, ~0 dBi DB2E UHF板, 客户端或基站 垂直极化 2单元, 6 – 9 dBi 对数周期, 仅基站 垂直极化, 10 dBi

项目中所用的TVWS频谱

- 在470-790 MHz范围内使用了不超过六个8MHz的UHF信道
- 在470-598 MHz范围内使用了3个UHF信道
- 在638-790 MHz范围内使用了3个UHF信道

表A8-2
信道规划

UHF信道范围	频率范围	总信道数	所用信道	可用信道名称
Ch. 21-36	470-598 MHz	16	3	X1,X2,X3
Ch. 42-60	638-790 MHz	19	3	Y1,Y2,Y3

表A8-3
信道和容量规划

基站名称及位置	额外站点位置	扇区数(天线/ 扇区)	同时在线用户 (每用户使用 1.2 Mbit/s)	每用户最小 吞吐量 (Mbit/s)*	平均每信道 TCP 吞吐量 (Mbit/s)	总容量 (Mbit/s)	最小基站 数 (BS)	每扇区基 站数			基站电台信道分配					
								A	B	C	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Athlone医院, LOBASTE	Tsopeng诊所	3	50	1.2 至 10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3
Letsholathebe II 纪 念医院, MAUN	Moeti诊所 Boseja诊所 Maun 诊所 Sedie诊所 Maun 综合诊所	3	50	1.2至10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3
Nyangabwe 医院 / FRANCISTOWN	Donga 诊所	3	50	1.2至10	10	60	6	2	2	2	X1	Y1	X2	Y2	Y3	Y3

* 最小吞吐量根据射频条件的不同而变化（距站点的距离，同时用户数等）。对于不超过10千米的NLOS来说预计为3 Mbit/s。

5 融资

这一试点项目通过BIH，微软，美国国际开发署，宾夕法尼亚大学和GBS之间的伙伴关系模式获得资助。各方正在做出不同价值的实物捐助：

- BIH承诺提供435 949美元的网络支持费用。
- 微软承诺资助473 765美元的项目开支，其中包括软件应用程序开发，远程医疗程序，分发给当地医疗人员和中心的诺基亚手机供应以及Windows 8.1桌面。
- 美国国际开发署承诺为电视空白频谱宽带网络设备提供资金，估计费用为205 240美元。
- 宾夕法尼亚大学承诺与其在博茨瓦纳的医务人员进行协调，通过由试点项目合作伙伴共同创立的远程医疗项目提供医疗咨询。
- GBS致力于设计，建造和运营电视空白频谱（TVWS）网络，以便为博茨瓦纳卫生部医院和诊所提供宽带接入服务。
- 总体目标是在某个未来阶段通过转到商业交付模式，使TVWS网络和与之相伴的医疗服务计划达到财务自主，而不需要外部捐款和实物资助。

6 监管部分

博茨瓦纳通信管理局（BOCRA）授权BIH与微软，宾夕法尼亚大学和全球宽带解决方案公司合作，使用TVWS进行无线宽带试验，但须符合以下条件：

- 该技术所获授权为次要业务性质，因此如果主要业务（广播）遇到任何干扰，TVWS系统将被要求立即关闭。
- 试验期为36个月（3年）。
- 当局所属机构所用频率为470-694 MHz.
- 全部设备应经过BOCRA的型号核准。
- 试验获得授权在全国范围内为医院、诊所以及卫生站提供服务。
- 应该每6个月的向BOCRA报告项目的进展情况。
- 向感兴趣客户收取的税费应提交给BOCRA批准。
- 如果BOCRA在试验期间制定和实施一般性的TVWS运营框架，则BIH将有义务在此框架下运营。
- 管理局在必要时可以与合作伙伴协商，对条件（包括附加条件）进行修改。

7 结论

宽带应用已成为发展中国家服务水平低下社区生活质量提高的重要手段。在博茨瓦纳，在TVWS中共享频谱宽带有助于满足博茨瓦纳公民的医疗保健需求。远程医疗项目预计将获得经济和社会效益，该项目包括一个监测和评估功能，以记录相关社区的社会经济影响。

为了超越试点项目和并转向可持续商业部署，BOCRA致力于通过监管变革，确定并实施进一步推广这些创新解决方案的方式，巩固使用共享频谱的频谱政策框架。一套监管框架将有助于激励商业参与者考虑部署额外的网络，不仅促进远程医疗服务的提供，同时要促进博茨瓦纳的其他有用的宽带应用的发展。

附件9

菲律宾的案例研究

1 引言

该项目至少针对Talibon、Ubay和Tubigon（10公里半径）以及Bohol海岸附近各村落的二十（20）所公立小学和中学，目的是满足Ecofish（促进可持续渔业发展的更佳生态系统）的宽带连接要求，该生态系统的目的是通过有效管理使渔业得到可持续发展。

DOST-ICTO的具体目标是，作为非商业性电视空白频谱（TVWS）试点项目的组成部分，在现有ICTO-TELOF的无线电发射塔上和公立小学和中学所在地部署基站。Bohol地区Talibon、Tubigon和Ubay三个城市的宽带连接由ICTO-TELOF或私营部门提供。然而，多数村落和学校，特别是边远地区和附近岛屿由于缺乏最后一英里基础设施而尚未实现与互联网的连接。预计通过TVWS技术进行宽带无线接入部署将适合于解决这些地区最后一英里的连接问题。

2 战略

该项目的目标是将宽带连接延伸至Bohol地区尚不存在这类服务或这类服务不足的Talibon、Tubigon和Ubay的村落和学校 – 利用ICTO-TELOF的本地交换机实现。该项目旨在为Talibon、Tubigon和Ubay（10公里半径）的公立小学和中学提供服务，而且还将为上述三个城市附近的村落提供服务。预期将通过免费公共Wi-Fi为ECOFISH（促进可持续渔业发展的更佳生态系统）提供其所需的宽带连接，上述生态系统旨在通过有效管理使渔业部门实现可持续发展。除了在公立学校、医院和社区电子中心（CeCs）实现多种不同政府服务的宽带连接外，本试点项目也构成DOST-ICTO规划的组成部分，后者的目标还包括1) 提供必要数据，制定正式采用符合国家发展目标的TVWS技术方面的政策、规则和条例并最终对之予以确定；2) 帮助TVWS技术伙伴完善其针对菲律宾具体环境的产品和服务；3) 帮助TVWS数据库和连接服务提供商在预期的全国范围铺设前获得开发其服务所需的基本数据和经验。

关于所述项目的具体情况，预期电视空白频谱项目的部署将在一到两年内完成。ICT办公室已特意在Bohol部署了电视空白频谱技术，因为地震使该省的通信完全中断，使该地区的人们与外部世界失去联系。由于这一原因，私营和政府机构的救援和复原工作受到阻碍。专门在广场、市政大楼和政府中心部署了电视空白频谱技术，目的是为相关社区的人们提供免费wi-fi，从而使他们能够拨打电话，并利用社交媒体（如Viber、Line、Skype等）与其亲人进行通信联络。与此同时，电视空白频谱技术也被用于受到台风海燕（Yolanda）重创的Tacloban。ICT办公室在该地区部署了电视空白频谱，以便将VSAT连接从DOST区域办事处延伸到菲律宾科技高等学校（Pisay）、Leyte以及Los Bumbero –撤离中心所在的西班牙志愿服务机构。此外，还专门利用电视空白频谱将互联网信号从Leyte的Tanauan智能塔拓展至市政厅大楼和社区电子中心，以便于公众通过电子邮件与其在海外和本地的亲人进行通信和聊天。我们利用在电视空白频谱中传输的RX箱在政府中心设立了电子卫生服务。

电视空白频谱Bohol试点项目部署涵盖下列领域：已安装的TVWS Talibon基站在10公里半径范围内为5所公立小学/中学提供连接并为BFAR-USAID Ecofish成员、附近农村卫生站（RHU）、村镇大厅和公众提供免费Wi-Fi；已安装的TVWS Tubigon基站为一所小学提供互联网、为公共广场、公共市场和教堂提供免费WI-FI，并为附近的社区医院和不同政府机构提供宽带连接；已安装的TVWS Ubay基站的预期受益方将是12所公立小学、一个社区电子中心以及与BFAR-USAID Ecofish项目的连接、临近这些学校的RHU和村镇大厅，同时还将为公众提供免费Wi-Fi。

BOHOL的电视空白频谱项目部署	
Tubigon基站:	<p>已安装两（2）个主/信道基站，其汇集容量为24 Mbit/s（每信道~12 Mbit/s）。</p> <p>已在下列地点安装三个CPE:</p> <p>Tubigon社区医院，为Tubigon政府内的不同政府机构提供连接（该中心的政府机构包括PNP、DSWD、DOST、MCTC、TESDA以及Tubigon农村卫生所（RHU）；</p> <p>Tubigon多用途健身房拥有公共Wi-Fi接入，以覆盖Tubigon的公共市场、公共广场和Tubigon教堂；</p> <p>Tubigon中心小学拥有Wi-Fi接入点</p>
Ubay基站:	<p>已安装四（4）个主/信道基站，其汇集容量为48 Mbit/s（每信道~12 Mbit/s）。</p> <p>在下列公立小学和CeC已安装十三（13）个CPE:</p> <p>Poblacion Casate Tapon Achila Camambugan Bood Katarungan Carlos P. Garcia CeC (C.P. Garcia) Tipolo</p>

BOHOL的电视空白频谱项目部署	
	Kalanggaman San Isidro Tapal Sentinela Emelda
Talibon基站:	已安装三（3）个主/信道基站，其汇集容量为48 Mbit/s（每信道~12 Mbit/s）。 已在下列站址安装五（5）个CPE： San Jose国立高等学校 San Pedro小学，Talibon Sto. Nino小学，Talibon Ginubatan小学，Trinidad Pinamgo村镇大厅，Buen Unido

在伙伴关系和融资方面，DOST-ICTO通过谅解备忘录与多家不同政府机构、技术提供商和利益攸关方结成了伙伴关系，具体包括国家电信委员会（NTC）、教育部（DepEd）、微软公司、Nityo InfoTech、菲律宾国际有限电视和电信协会联合会（FICTAP）、ABS-CBN、Ecofish、BFAR和USAID。

在所提供的应用和服务方面，政府出台了基于电视空白频谱的网络，目的是为台风海燕的救灾响应人员和受害人员立即提供地面网络通信。该网络在灾后几小时即已建成，为携带工作正常的设备（如手机、笔记本电脑、平板电脑等）的所有人提供双向话音和数据通信，而且其成本尚不足它替代解决方案的十分之一。该TVWS项目将从事渔业的人们与宽带连接，以便即刻为需要关键性身份文件、证书和牌照的渔民发放这些文件，同时方面国内警察和其它机构随时接入并实现与中央数据库的连接，以监督各方是否在照章办事。

该TVWS项目的目的是作为公共使用的农村宽带部署计划的一部分，其中包括1) 用于公共教育的ICT，如多媒体教学、获得更好的教师以及信息的获取和提供；2) 农村卫生站的远程卫生服务，主要用于医疗卫生提供、获得专家并进行医疗卫生管理和人人均可享受的医疗服务；3) 在LGU/NGA协调中的治理以及电子政府服务的获取和大量民众的参与；4) 灾害减缓和响应，通过传感网络和信息（早期预警）提供进行数据收集；5) 用于电子商务中的商务和工业方面 – 营销、销售、分销、支持等，以及提高生产力和获得专业技术。以下是该系统的TVWS技术指标。

TVWS技术指标	
系统指标	
频段	630-750 MHz
最大PldB @ 1.5 Mbit/s	+31 dBm
信道带宽	20 / 10 / 5 MHz
接收机灵敏度	-99 dBm

TVWS技术指标	
系统指标	
数据速率	1.5至13.5 Mbit/s
调制	QPSK & 16 QAM
范围	10.7公里以下
RF接口	MMCX
后台接口	32比特小型PCI
额定功率	1.6A @ 3.3V DC
波形因数	3.3” × 2.3” × 0.5”
工作温度	-33至 +55 C
工作湿度	95%以下，非冷凝

为了进行安装和部署，与学校官员协调安装CPE，与提供互联网的基站相连接。由于没有法规可依，因此该部署更多用于公众或政府，特别是没有互联网的公立学校，因为这些学校的学生亟需使用互联网来充分了解外面的世界，但这些学校的问题是不具备最后一英里基础设施，因此他们无法使用互联网。通过使用电视空白频谱技术，在为这些学校提供互联网的同时，还为其它村落提供了互联网。由于我国的地形从拓扑上讲十分分散，因此使用光纤不能实现很好的成本效益，但使用距离在7到10公里的无线电技术 – 电视空白频谱和其它视距技术甚或跨越大海/大洋的点对多点TVWS技术即可解决问题 – 可以覆盖视距甚或跨越水面的信号以外地区（本附件后附资料所含的图A9-1至A9-4）。

3 挑战

在实施该项目过程中遇到的挑战首先是来自教师的反对，因为他们尚不了解互联网的益处。与此同时，该地区/社区的人们，特别是老年人心存疑虑，因为他们也不了解互联网的益处。该项目使周围商店受益匪浅，因为商店变成了希望使用互联网的人们的聚集场所，因此商店也成为了社区的社交所在地。

4 成果

该项目带来的益处是为学校提供了免费互联网，并使当地渔民能够进行注册登记（如同使用光纤和Skype等的VoIP一样）。此外，学校周围人群也能够放学后使用学校的互联网（学校放学后互联网继续开放），因此学校周围地区成为了社交场所，希望使用互联网的人们到这里使用互联网。

通过该项目得出的最佳做法是与社区共享学校的互联网，特别在放学之后，而非由于不能使用而使带宽被浪费。我们的最佳做法是在学校不使用带宽的时候将互联网向公众开放，而且作为免费Wi-Fi。与此同时，我们的最佳做法还出现在灾害过程中，因为有了免费Wi-Fi，所以受到影响的人们和灾民 – 他们付不起价格昂贵的长途电话费，或在撤离中心的人们（包括志愿者）由于没有长途通信设施而无法打电话 – 而且能够使用其不用付费的类似光纤的VoIP来与其亲人进行通信联系。他们能够施以帮助、请求协助或对本地和海外的亲人进行

帮助。与此同时，他们能够向其亲人说明目前近况，由此，他们的亲人在了解他们的情况后而放下心来。

5 结论

在Talibon、Tubigon和Ubay部署的电视空白频谱试点项目已特别使该项目接收方的DepEd受益。该项目为小学和中学的学生及教师提供免费Wi-Fi。不仅学生和教师已受益于该项目，学校周围的社区也从中大有收益，因为放学之后，他们可以接入并使用免费Wi-Fi。这一免费Wi-Fi还安装在了市政广场、社区医院、农村卫生站、多用途健身中心，或者涵盖公共市场、公共广场和教堂。

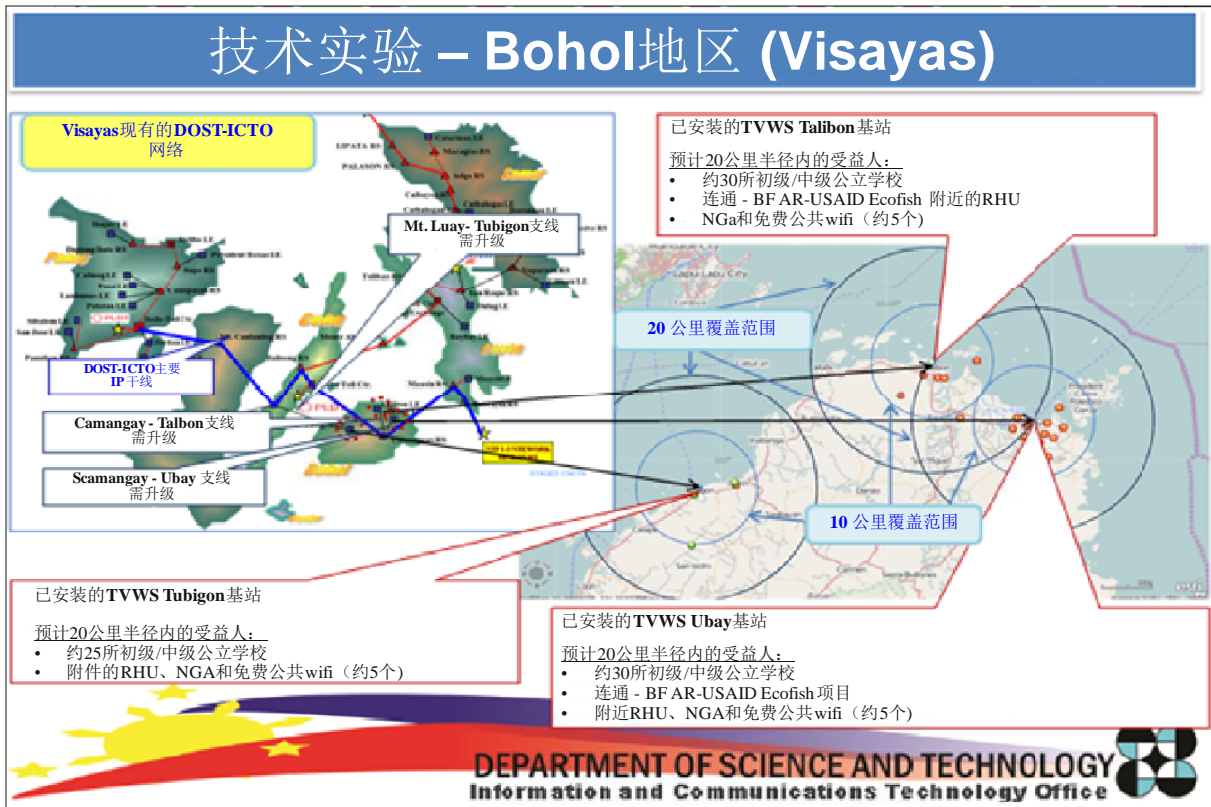
与此同时，还专门在Bohol部署和使用电视空白频谱技术，因为该省受到地震重创，其通信完全中断，这里的人们与外界隔绝，政府机构的救灾工作也由于缺乏通信而受到阻碍。该技术还用在了遭受台风海燕重创的Tacloban市，用以为这一超级台风的灾害救援响应者和灾民即刻提供地面通信网络，使他们能够与本地和海外的亲人以及在撤离中心工作的志愿者进行通信联络。

在Talibon、Tubigon和Ubay部署电视空白频谱技术后，该地区的农村社区（学校和村落）目前都可以获得宽带促成的服务，这将有助于上述地区的经济发展。

附件9
后附资料

图A9-1

Talibon、Tubigon和Ubay电视空白频谱区域覆盖



图A9-2

Talibon市TVWS项目覆盖图

Talibon TVWS拓扑图 – Bohol地区 (Visayas)



Report SM.2405-A9-02

A9-3

Tubigon市TVWS项目覆盖图

Talibon TVWS拓扑图 – Bohol地区 (Visayas)



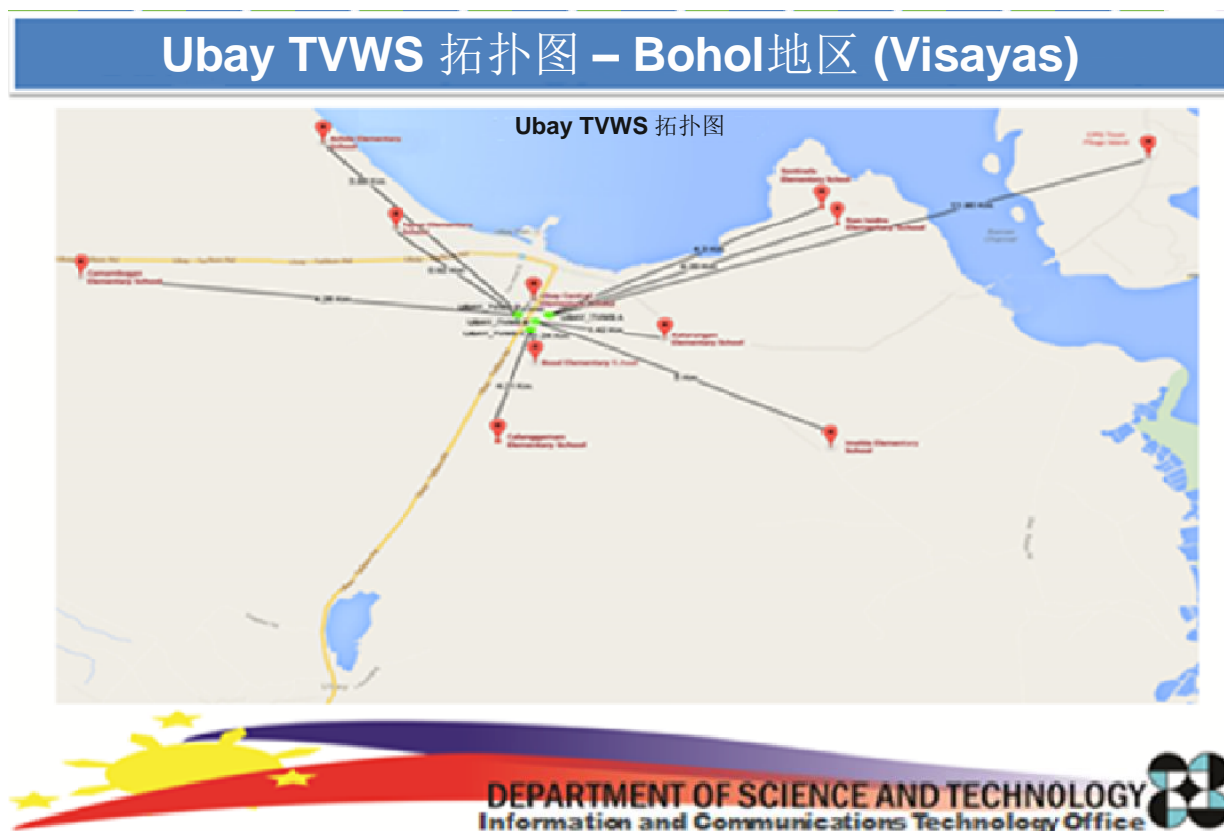
Tubigon TVWS 拓扑图



Report SM.2405-A9-03

图A9-4

Ubay市TVWS项目覆盖图



Report SM.2405-A9-04

附件10

韩国的案例研究

1 引言

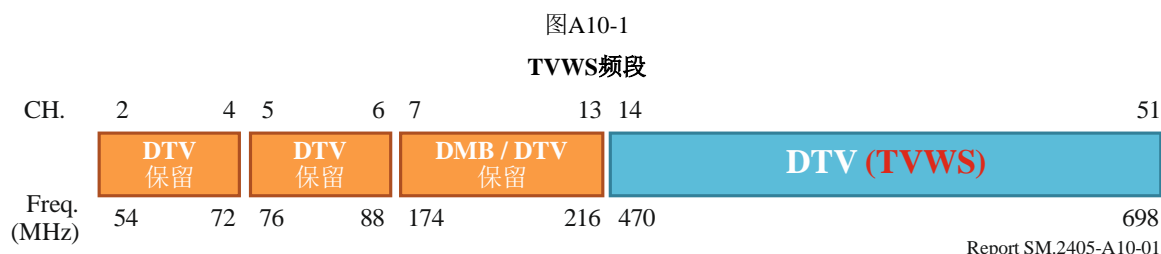
近年来，随着融合应用的普及，广播和通信融合媒体正在使频谱管理格局发生变化。由于频谱资源是各国宝贵的无形资产，而且随着多种不同无线通信技术的发展，频谱资源价值进一步提升，因此，目前诸多国家都在积极推动新的无线技术，并在推出有助于提高频谱使用效率的相关政策。然而，针对新技术的出现而重新调配现有频段以继续提供新频段是一项极大的挑战，所以，世界各国都需要将重点放在频谱共用之上。

大韩民国已决定在电视广播频段的470-698 MHz 频段内引入 TVWS。为了最有效地使用频谱资源，韩国在470-698 MHz 频段推出了 TVWS 商用服务。

2 近期的监管行动

2010年，韩国宣布通过 TVWS 计划在农村地区提供 Wi-Fi 服务并在博物馆或体育场馆提供信息。

2011年，韩国宣布了一项在470-698 MHz 频段中使用电视空白频谱的计划。TVWS 应用包括1) 农村地区的无线互联网；2) 博物馆、体育场馆和其它小型场所的信息提供；3) 灾害预防和管理，如救灾和安全活动所用的地下视频传输；4) 就水资源和电力使用情况提供环境信息。以下图 A10-1具体表明韩国的 TVWS 频段。



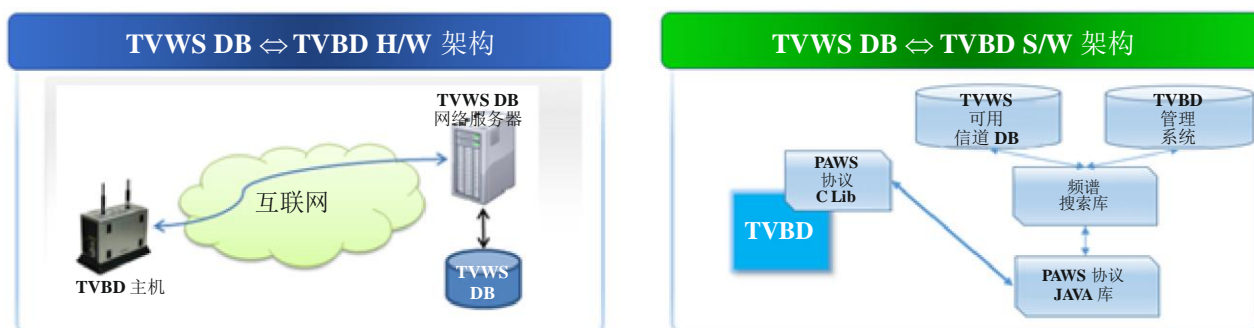
韩国还制定了信息战略规划（ISP），并根据创建TVWS数据库（DB）的TVWS技术要求，创建了非许可数据库，同时保护470-698 MHz频段，包括地面DTV和经授权的无线麦克风。

2013年，设立了TVWS DB，目的是为带有内置GPS接收机的TVBD设备（TVWS频段设备）提供基于地点的TVWS信道可用性清单。TVWS地理位置DB接入这一方法有助于TVBD访问DB、传送当前位置信息并从DB处接收有关当前位置的可用信道清单。韩国的TVWS可用信道见“TVWS可用信道搜索系统（<https://www.tvws.kr>）”。

2016年，韩国政府向公众发出新通知，允许在非许可基础上使用TVWS。

2017年4月，符合规则的首个TVBD产品面世，随之韩国开始提供TVWS商用服务。

图A10-2
TVWS DB系统



Report SM.2405-A10-02

在TVWS DB算法中应用了间隔距离，以保护数字电视接收和无线麦克风业务，这也考虑到了TVBD的类型、传输功率和天线高度。图A10-2具体表明TVWS DB系统。

在470 MHz至698 MHz频段中可用信道上考虑了两类可运行的TVBD – 固定和便携式产品（电视信道14至51）。表A10-1所示为TVBD的技术要求。

表A10-1
TVDB的技术要求

TVBD类型	固定		便携式	
	同信道/带有隔离距离的相邻信道	同信道/带有隔离距离的相邻信道	同信道/带有隔离距离的相邻信道	无隔离的相邻信道
操作模式	同信道/带有隔离距离的相邻信道	同信道/带有隔离距离的相邻信道	同信道/带有隔离距离的相邻信道	无隔离的相邻信道
用于天线的最大功率 频谱密度	1 W / 6 MHz 12.2 dBm / 100 kHz	100 mW / 6 MHz 2.2 dBm / 100 kHz	40 mW / 6 MHz -1.8 dBm / 100 kHz	40 mW / 6 MHz -1.8 dBm / 100 kHz
天线增益	6 dBi	0 dBi	0 dBi	0 dBi

3 TVWS试点项目

2011年，韩国进行了一项调查，目的是了解人们对TVWS的需求。通过该项调查得到了200个组织关于TVWS应用可行性的反馈意见，这些组织包括地方政府、公共机构、广播机构和电信运营商。所收到的意见表明，TVWS最适合的应用是Wi-Fi（46%），其次为灾害和应急信息提供（22%）、交通信息和安全（13%）和智能电网（5%）。

同年，进行了TVWS实验性服务，以便为济州岛和内陆地区找到适合的服务模式。通过该实验，在济州岛引入了Wi-Fi网络，在Namyangju引入了地下灾害和应急视频传输TVWS应用等TVWS应用。

2013年，韩国政府选定五家联盟来扩大全国范围的TVWS试点项目，具体如下：

- 1) Goyang的高清晰度混合DMB服务；
- 1) High-definition hybrid-DMB service in Goyang;
- 2) 济州岛的全岛无线互联网服务和旅游信息；
- 3) Gangneung、首尔、Cheongju、Daejeon和Ganghwado的远程检查、火情监测和其它灾害及安全服务；
- 4) 利用电表和仪表数据分析对单一人口家庭进行安全检查，特别是济州岛的老年人和残疾人家庭；
- 5) Daejeon智慧广告的内容提供网络（CDN）。

图A10-3对这些TVWS试点项目进行了描述。

图A10-3
TVWS试点项目



Report SM.2405-A10-03

韩国制造商成功开发了比2014年问世的更新的TVBD。

2015和2016年，地方政府进行了更多TVWS试点服务，其中包括边远地区（如Jecheon和Backnyeongdo的无线互联网和闭路电视服务）、为Tongyoung的养鱼场提供水产养殖大数据，以实现养鱼场的良好管理，同时为Jinju的文化遗产提供火情发现系统。

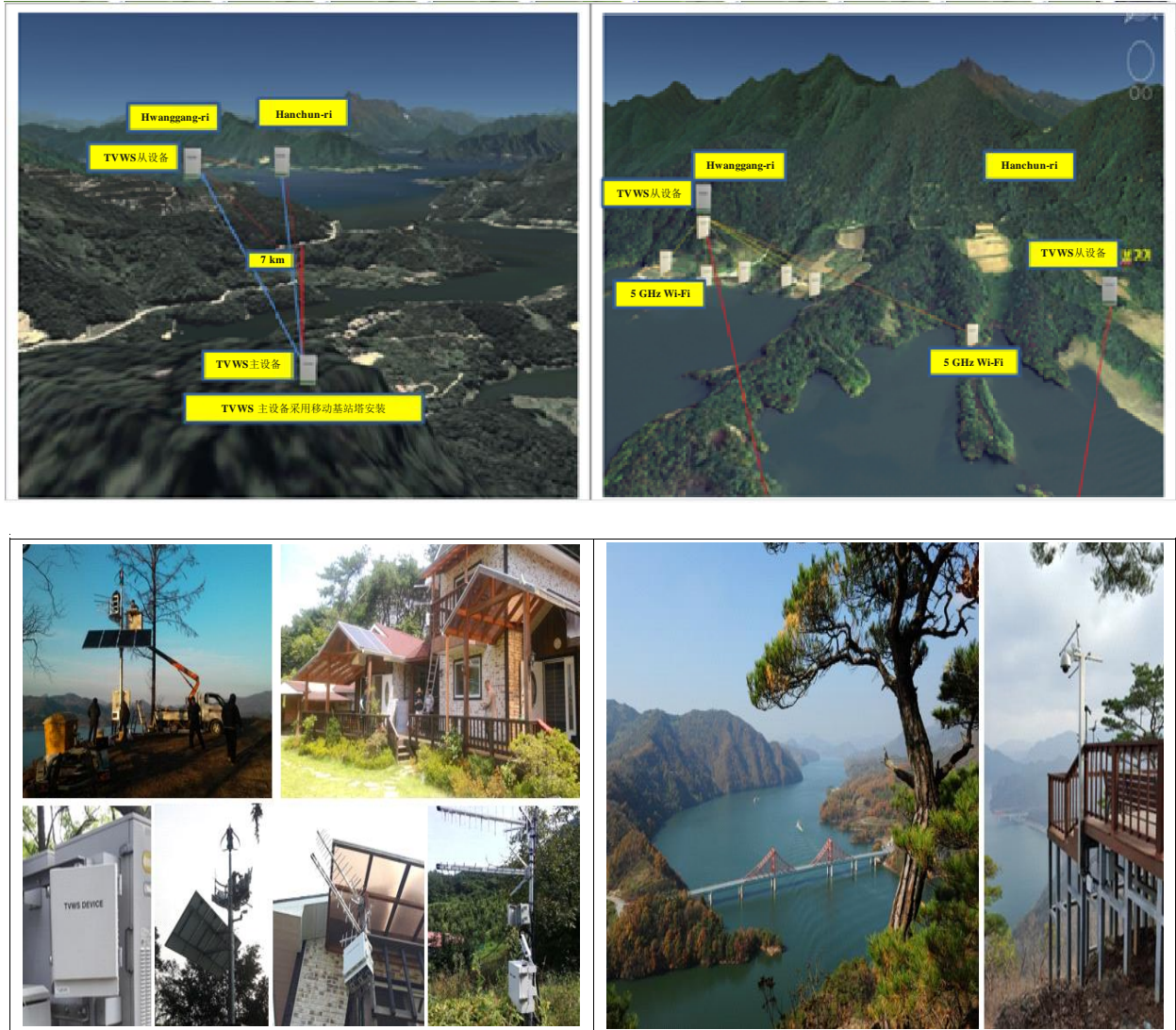
在Jecheon有一个与世隔绝的地方 – 1985年由于建设大坝和人工湖被淹掉的一处地方。由于该地方太过闭塞，通信网络和电力设备都无法通达。由于采用了太阳能发电系统和TVBD，因此实现了在该地方提供无线互联网的目标。

更为令人可喜的是，建造TVBD网络的造价并不高昂。与M/W相比，成本低76%，与海底通信光缆相比，成本低95%。

图A10-4具体表明Jecheon边远地区的无线互联网服务的TVWS回程情况。表A10-2和A10-3分别总结用于试点项目的TVBD的指标和吞吐量。

图A10-4

Jecheon边远地区无线互联网服务的TVWS回程情况



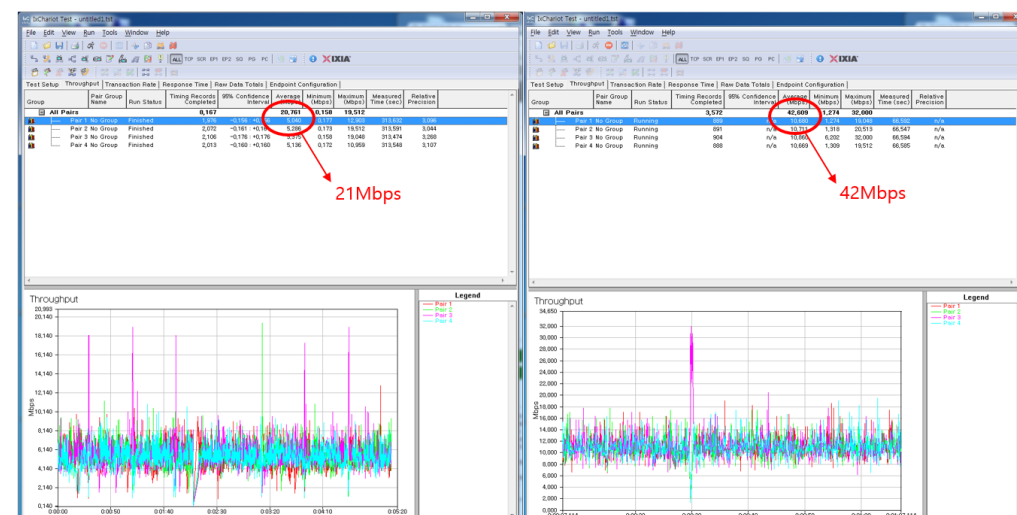
表A10-2
TVBD指标

类别	规范
频率范围	470-698 MHz
TX功率	27DBM/6MHZ, 30DBM/12MHZ
TX功率控制步骤	1 DB
TX EIRP	36DBM/6MHZ, 39DBM/12MHZ
TX频谱掩膜	55DBR
最大RX电平	-40DBM/载波
MIMO	2X2 (垂直/横向)
载波带宽	6MHZ或12MHZ (相邻)
多接入	CSMA/CA
调制	QPSK、16QAM、64QAM
服务距离	超过7KM@LOS
最大吞吐量	21MBPS(6MHZ),42MBPS(12MHZ)
WAN/LAN接口	RJ-45
AC供电	220V
尺寸	310MM × 440MM ×140MM

表A10-3
TVBD吞吐量

□ 6MHz(1CH) BW 吞吐量

□ 12MHz(2CH) BW 吞吐量



各区域可用的TVWS信道不尽相同。比如，在固定TVBD方面，城区的平均可用信道为3个，而韩国各省的平均可用TVWS信道为7个。Jecheon的TVWS试点项目表明，在离无线电基站（与公共接入相连接）7公里处的仅一个TVWS信道（6 MHz带宽）即可提供21 Mbit/s的吞吐量，使用两条绑定的相邻信道（12 MHz带宽）则吞吐量可达到42 Mbit/s。因此，居民可以使用互联网服务并进行互联网商务活动。

4 结论

韩国认为，TVWS将有助于解决数字鸿沟问题，并使该国的无线宽带接入价格更可承受。还意味着，频谱共用可以缓解频谱资源稀缺问题，并在未来超级连接社会中为公众提供更大方便。

附件11

哥伦比亚共和国案例研究

1 引言

在哥伦比亚，470-698 MHz频段划分给电视广播业务。然而，农村地区的电视传输没有充分利用这一频段，这为提供额外的无线电应用创造了机会，从而促进了无线电频谱的有效利用。

正因为如此，在哥伦比亚授权TVWS一直是一个提高频谱利用率并在农村地区提供最后一英里的互联网接入的解决方案，那里居住着最多的未连接人口。换句话说，哥伦比亚的TVWS旨在缩小位于所有小城镇的光纤终端与周围未连接的农村地区之间的差距。

然而，需要制定哥伦比亚TVWS监管框架，以克服下述一些问题。

2 TVWS干扰测量

哥伦比亚的电视广播目前使用模拟电视的6 MHz带宽NTSC-M标准以及数字电视的6 MHz带宽的DVB-T2标准进行传输。考虑到没有对TVWS干扰6 MHz带宽的DVB-T2信号进行干扰测量，需要测量相应的保护比，以便确定不对数字电视接收造成干扰的技术条件。

还测量了模拟电视保护比，目的是将结果与美国联邦通信委员会[1]使用的保护比进行比较和验证，因为美国使用的模拟电视标准与哥伦比亚相同。

按照[1]、[2]和[3]中的指南进行所需的测量。对八个数字电视接收机和六个模拟电视接收机进行了这些测量。此外，为了减少测量量，只采用了四种DVB-T2模式，对应于哥伦比亚目前使用的三种模式和对干扰最敏感的模式。测量的保护比如下所示：

表 A11-1

测量到的TVWS对电视的保护比

频道	模拟电视保护比(dB)	数字电视 16-QAM 1/2 保护比(dB)	数字电视 64-QAM 2/3 保护比(dB)	数字电视 64-QAM 3/4 保护比(dB)	数字电视 256-QAM 5/6保护比(dB)
N	39.5	10.1	15.4	17.4	25
N±1	-18.4	-39.6	-39.6	-32	-23.5
N±2	-18.3	-51	-44.7	-43.3	-34.3
N±3	-22.1	-55.3	-47.7	-46.6	-37.7

值得注意的是N±1、N±2、N±3模拟电视保护比的相似性。此外，N±1和N±2数字电视保护比之间的差异约为10分贝，而N±2和N±3数字电视保护比之间的差异约为3分贝。因此，在地理位置数据库执行的可用信道计算中，考虑上部相邻信道非常重要。

3 现场测试

为研究技术性能和社会影响，进行了TVWS现场测试。三所农村公立小学被选为最终用户。在这些学校中的部署是通过由以下人员组成的公私伙伴关系进行的：

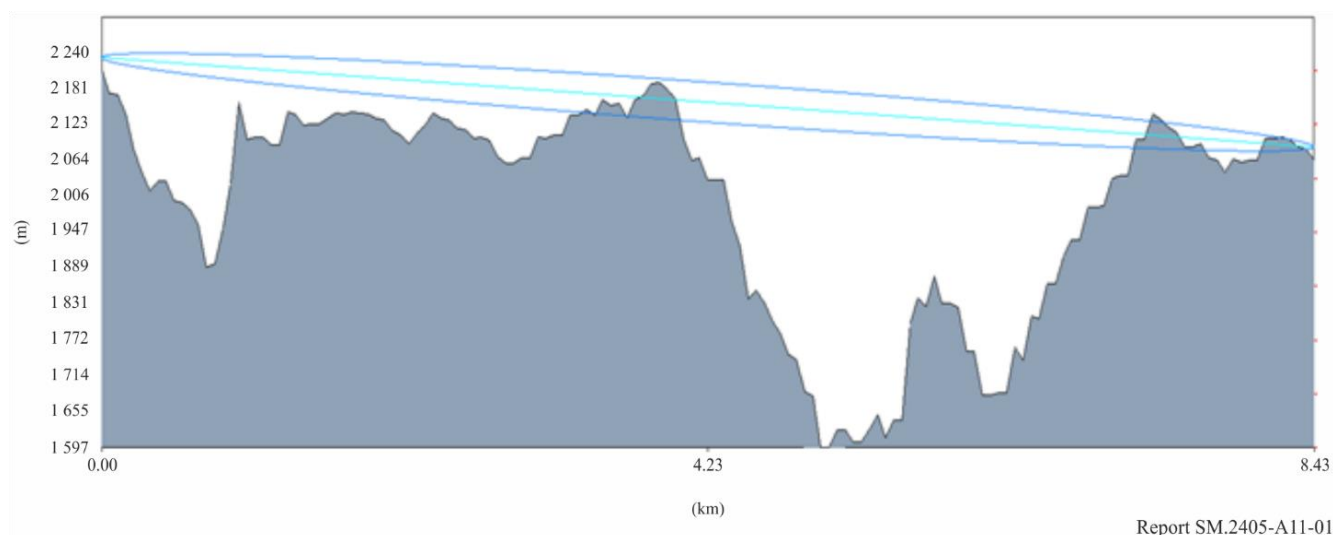
- 1) **国家频谱管理局：**负责无线电频谱管理的公共机构。该机构是该伙伴关系的领导者。它负责现场测试的技术方面。
- 2) **国家电视管理局：**负责电视服务所有监管方面的公共机构，包括电视广播的频率指配。它的参与包括检查测试和签发使用可用电视广播频率的授权。
- 3) **国家教育部：**负责制定国家优质竞争性教育政策的公共实体。该部提供了一份符合某些标准的候选尚未连接农村小学名单。此外，它有助于评估测试的社会效益。
- 4) **信息通信技术部：**负责制定国家信息通信技术政策的部门。它在测试中的参与包括评估技术在未来社会项目中的表现，并获得一份互联网服务提供商名单和可供实地测试的互联网接入地点。
- 5) **计算机促进教育：**一个公私合作组织，其使命是向全国公立学校提供计算机，以促进信息通信技术推动教育。这个组织列出了至少拥有一台电脑的公立学校（许多公立学校缺少电脑）。此外，它为选定学校的教师举办了信息通信技术拨款讲座。
- 6) **哥伦比亚陆军：**陆军在实地测试的各个方面做出了贡献，例如前往每个候选学校获取其地理坐标，并在安装电视空白频谱设备时提供安全保障。

- 7) **微软**：这家私人公司捐赠了测试设备，支付了安装费用，并提供了全面的技术建议。
- 8) **阿兹特克通信公司**：这家私营公司是哥伦比亚主要的光纤网络运营商。信息通信技术部与该公司联系，为实地测试提供互联网接入。他们还帮助安装和维护设备。

实地测试结果显示，学校和社区的信息通信技术服务得到了迅速利用。虽然实地测试在三个月后结束，但这些学校连续一年获得了无线互联网服务。在此期间，学校教师向学生和社区讲授计算机、互联网和信息通信技术服务的使用。学生们上午在课堂上使用互联网服务，而当地社区则在下午出于娱乐目的使用互联网服务。学校电脑和平板电脑中的离线教育内容得到了国家教育部创建的在线内容的补充，极大地改善了授课的可用资源。

此外，NLoS性能令人满意，证明在哥伦比亚崎岖的地形上，最后一英里的连接最好使用较低的频段。图A11-1显示了一个具有多个LoS障碍物的地形剖面，成功在其中建立了通信联系。

图 A11-1
含有多个LoS障碍物但成功建立通信链路的地形剖面



4 TVWS监管

在哥伦比亚，TVWS的监管无需申领执照。这意味着，如果对电视接收造成干扰，TVWS设备应停止运行。此外，当前和未来的电视广播电台以及新的频率划分的地位优先于任何TVWS设备。

此外，哥伦比亚TVWS法规还规定了最大传输功率和无用发射值，以使国外制造的设备兼容，从而实现规模经济。选择最大天线增益是为了允许大多数超高频天线类型，如平板天线、八木天线和对数周期天线。

此外，因为TVWS在哥伦比亚的目的是连接农村偏远地区，所以只批准能远距离连接的固定设备。

此外，因为CPE可能位于距离基站20公里的位置，所以CPE和基站的信道可用度可能不同。因此，基站和CPE都需要自动地理定位能力。然而，考虑到目前可用的CPE设备不支持这一功能，我们正在研究这一限制。

最后，请求数据库提供可用信道列表的设备必须回报所选信道。这为检测和解决干扰提供了有用的信息。

5 TVWS部署

截至2018年4月，哥伦比亚的公共组织和私营企业已经部署了几个TVWS，旨在评估与替代技术相比的设备性能。这些部署大多面向教育和农业部门。

考虑到在这些部署时，哥伦比亚TVWS数据库尚未实施，因此，主管部门直接将信道可用度告知部署运营商，并且设备被手动配置为在可用信道中传输。这些部署应进行调整，以便能够在数据库运行时从数据库接收信道可用信息。

参引

- [1] T. Yucek和H. Arslan, “对于认知无线电应用的频谱感知算法的一项调查,” IEEE通信调查与教程, 第11卷, 第116-130页, 2009年3月。
- [2] H. Sun、A. Nallanathan、C. Wang和Y. Chen, “认知无线网络的宽带频谱感知: 一项调查,” 无线通信, 第20卷, 第74-80页, 2013年4月。
- [3] ECC第159号报告: 认知无线电系统可能在470-790 MHz频段‘空白频谱’工作的技术和操作要求。
- [4] ECC第185号报告: 空白频谱设备在470-790 MHz频段工作的技术和操作要求的进一步定义。
- [5] ECC第186号报告: 空白频谱设备使用地理位置方式工作的技术和操作要求。
- [6] ECC第236号报告: 各国利用地理位置数据库实施TV WSD监管框架的指南。
- [7] 使用电视空白频谱的基本规划, 2011年12月, 大韩民国
- [8] 有关对电视空白频谱的使用及激活业务规划的研究, 2011年12月, 韩国无线电促进协会(RAPA)
- [9] 有关通过接入数据库对频谱公地使用的法规条款, 韩国无线电促进协会(RAPA)
- [10] “韩国TVWS研讨会”, 2015年11月, 韩国无线电促进协会(RAPA)
- [11] “对现有业务的保护及其对电视空白频谱中电视频段设备网络覆盖的影响”, 2016年2月, ETRI学报, 第38卷, 第1册。
- [12] 联邦通信委员会, “第二份报告和命令以及备忘录意见和命令”, 2008年。
- [13] 联邦通信委员会, “联邦通信委员会OET报告/OET 07-TR-1003: ‘2005年和2006年可用的消费者数字电视接收机的干扰抑制门限值’”, 2007年。
- [14] I. R. 部门, “BT.1368建议书: VHF/UHF频段内地面数字电视业务的规划准则(包括保护比)”。

- [15] I. R.部门, “BT.2033建议书: VHF和UHF频段第二代数字地面电视广播系统的包括保护比的规划标准”。
-