

国 际 电 信 联 盟

**ITU-R**

国际电联无线电通信部门

**ITU-R SM.2039-0 建议书**  
(08/2013)

**频谱监测演进**

**SM 系列**  
**频谱管理**



## 前言

无线电通信部门的职责是确保卫星业务等所有无线电电信业务合理、平等、有效、经济地使用无线电频谱，不受频率范围限制地开展研究并在此基础上通过建议书。

无线电通信部门的规则和政策职能由世界或区域无线电通信大会以及无线电通信全会在研究组的支持下履行。

## 知识产权政策 (IPR)

ITU-R的IPR政策述于ITU-R第1号决议的附件1中所参引的《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策》。专利持有人用于提交专利声明和许可声明的表格可从<http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>获得，在此处也可获取《ITU-T/ITU-R/ISO/IEC的通用专利政策实施指南》和ITU-R专利信息数据库。

### ITU-R 系列建议书

(也可在线查询 <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

系列	标题
<b>BO</b>	卫星传送
<b>BR</b>	用于制作、存档和播出的录制；电视电影
<b>BS</b>	广播业务（声音）
<b>BT</b>	广播业务（电视）
<b>F</b>	固定业务
<b>M</b>	移动、无线电定位、业余和相关卫星业务
<b>P</b>	无线电波传播
<b>RA</b>	射电天文
<b>RS</b>	遥感系统
<b>S</b>	卫星固定业务
<b>SA</b>	空间应用和气象
<b>SF</b>	卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调
<b>SM</b>	<b>频谱管理</b>
<b>SNG</b>	卫星新闻采集
<b>TF</b>	时间信号和频率标准发射
<b>V</b>	词汇和相关问题

**说明：** 该ITU-R建议书的英文版本根据ITU-R第1号决议详述的程序予以批准。

电子出版  
2014年，日内瓦

© 国际电联 2014

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

## ITU-R SM.2039-0 建议书\*

## 频谱监测演进

(ITU-R 第235/1号课题)

(2013年)

## 范围

本建议书简要介绍了频谱监测的演进，并为支持频谱监测演进提出了考虑采用的要求和技术。

## 关键词

频谱监测演进、系统要求

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 频谱监测是频谱管理的关键因素；
- b) 无线电通信技术和系统在持续快速地发展；
- c) 除其它技术外，还需研究软件无线电和认知无线电系统对频谱监测的影响；
- d) 高频频段的频谱使用量持续增长；
- e) ITU-R SM系列建议书和报告以及国际电联《频谱监测手册》（2011版）提供了大量关于现有无线电通信技术和系统的频谱监测信息；
- f) 可能需对现有频谱监测系统和/或方法（包括固定、移动和可搬移电台）在监测新的无线电通信技术和系统方面的能力进行评估；
- g) 频谱监测设备的改进提高了频谱监测过程的效率和效能；
- h) 所收集的频谱数据的不断增加，可能需要组织、数据处理和所用频谱监测技术的调整适应，

认识到

- a) 同频复用、先进的频谱共用技术和其它方法可提高频率占用率和频谱效率；
- b) 宽带无线电系统可提高通信速度，而且未来数据网络领域的技术发展尤为迅速；
- c) 部分频谱监测系统难以发现和定位使用现代调制技术的低功率无线电设备，

---

\* 2019年，无线电通信第1研究组根据ITU-R第1号决议，对本建议书进行了编辑性修改。

### 建议

- 1 频谱监测的演变借助于可扩大监测覆盖范围的系统，执行各种功能并包括附件1所述的用户友好型操作；
- 2 频谱监测的演变采用了附件2涉及的弱信号侦测、同频信号隔离和基于技术组合的多模定位等技术。

## 附件1

### 频谱监测演进支持系统的要求

#### 1 扩大监测范围

随着无线电技术的持续快速发展、频率的提高和带宽的拓展，无线电传播距离进一步缩小，给频谱管理和监测带来了新的挑战。为强化无线电频谱的管理和监测，必须拓展频谱监测范围或提高监测系统在低信噪比条件下发现弱信号的灵敏度。为发现弱信号，可采用以下技术：

- 提高天线增益（如指向天线、可重新配置天线）。
- 减少发射损耗（如为最大限度减少RF电缆损耗而在室外安装设备）。
- 降低接收机噪声值。
- 通过信号处理降低噪声（如噪声削减、相关方法）。

但只解决无线电传播距离缩短的问题还不够，还应考虑增加监测站数量。但部署大量固定监测网络并不总是现时的。当考虑到实际情况时，有必要灵活地运行和部署各类监测系统：

- 具有高性能的监测系统（如固定监测系统）。
- 用于特别频段/信号的低价位监测系统（如2.4 GHz ISM频段监测系统）。
- 用于具体用途/区域的监测系统（如机场监测系统、大型活动的交通监测系统）。
- 移动和便携监测系统。

## 2 执行多种功能

### 2.1 多领域

如表 1 所示，监测系统能够执行多领域的多项分析。多领域分析有助于运营商发现信号并从中提取参数。具体而言，对已知的标准数据通信协议的分析，可提供包括传输认证在内的更多信息。时间/频谱领域和振幅/相位领域，均为现有的基本和必要分析。随着带宽的增加和信号时长缩短的普遍化，这种分析成为在一般性单信道测向之外进行多信道测向的必要措施。信号处理技术的研发实现了多信道同时测向，并因此获得了各信道的空间信息。此外，可以对跳信号的短时长信号进行测向，而且多信道系统的测向结果还能够提供有关未知宽带信号是否属于同一信道的信息。此外，通过同时进行单信道和多信道测向，则有望获得更为可靠的测向结果。

表1  
不同多域分析的实例

电平与时间	电平与频率	频率与时间	同向与正交	空间与频率
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 振幅</li> <li>- 脉冲</li> <li>- 眼图</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 频谱</li> <li>- 占用率</li> <li>- 杂散</li> <li>- 频谱掩膜</li> <li>- 噪声</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 频移</li> <li>- 频偏</li> <li>- 频跳</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 星座图</li> <li>- EVM</li> <li>- 相位差</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 多信道定向</li> </ul>

### 2.2 多种测量

高性能测量系统可通过降低接收机设置时间和信号处理时间等处理开销减少测量时间。因此，可按以下实例所示，利用时间共用方法进行多重测量：

- 通过同时分时方法测量信道占用率并对具体频率做出分析。
- 当两个用户同时提出测量和具体频段分析的要求时，可利用分时方法进行计算并发布结果。

### 2.3 多接收机

采用多个接收机有望通过同时测量提高速度和性能，实现以下功能：

- 通过切换进行搜索和收听  
运营商可通过切换搜索和收听侦测到的信号。
- 定向与定位

有关发射机定向和定位的详细信息见《国际电联频谱监测手册》（2011年版）第4.7章。利用多个电台进行定位时可采用两种三角测量方法，一种利用多接收机系统的到达角（AOA），另一种利用各分布式系统时差的到达时差（TDOA）法。将两种方法结合能够提高定位精度，因为两种方法可以实现优势互补。

- 空间分级

通过多个不同传播路径传送并引起相移、延时、衰减和失真的信号，可能会在接收天线孔径相互造成破坏性干扰。空间分级通常是通过在接收信号当中选拔最佳信噪比（SNR）或/和直接或相关叠加合并信号实现的，并可以提高无线链路的信号质量和可靠性。

- 相关检测

具有多接收机的系统可采用相关检测方法。它可以通过抑制接收机白色噪声等随机噪声源，发现弱信号。

## 2.4 多用户

应改变电台和运营商之间的连接方法。在对任意终端的监测电台进行控制时，连接类型将会像通信网络从电路交换转向分组交换那样，从1对1（1:1）到1到多（1:N）或多到多（N:N）方向转换。当多个用户从任意电台同时发出测量要求时，电台对其资源进行分析和安排，然后就时间安排的结果进行测量和发布。如采用多个电台，（如TDOA和交叉相关检测），主电台（或中央控制器）可安排和控制测量。

## 3 用户友好的操作

随着技术进步和多种信号类型的出现，信号带宽不断增长，而且设置参数对于信号分析的复杂度也越来越高，我们已从采用模拟声音和图像调制技术过渡到通常采用更复杂调制方法和多种编码技术的数字数据通信。例如，在使用模拟调制方法时，可通过设置频率、带宽和调制类型对信号进行分析。然而，在对数字调制方法进行分析时，分析不仅应当包括频率、带宽和调制方法，还应包括匹配的滤波类型、符号速率、帧结构和多种编码等规范参数。

如表1所示，随着频谱和信号电平等简单域变为多域，运营商可能需要用户友好地控制显示器（通常被称为图形用户界面，或GUI），为有效和便利的分析工作提供参数和图形的自动设置。适用于监测用户友好的显示器，可能具有根据信号类型和不同信号通信标准自动设置参数的功能。此外，它还应包括视网络和硬件接收信号电平和便利检测而定的增益控制。当进行长时间监测和测量时，数据库会聚集大量数据。因此，可通过方便的数据库访问对比现有数据，从而有效地评估信号的时空变化。

## 附件 2

### 频谱监测演进的支撑技术

#### 1 弱信号的侦测

近年来，宽带和短程设备的使用迅速普及，对某些没有先进处理功能的监测系统造成了困难，它们必须处理这类主要发送至当地非法发射台或无用发射的低功率密度信号。研发更多的监测系统将有助于这一问题的解决，但这一解决方案可能十分昂贵。

在很多情况下，可利用支持和补充固定电台的移动系统组成的动态监测网络提高弱信号的侦测能力。

利用弱信号监测技术的未来频谱监测系统，将无需高昂的成本就能侦测到低功率密度信号。通常，交叉相关性可提高频谱监测系统灵敏度 20-30 dB。而锁定放大器、取样积分、自动相关、交叉相关和自适应噪声抑制等新技术可用于低功率密度弱信号的侦测。

#### 2 同频信号隔离

为提高频率占用率和频谱效率，无线电频率被用于不同领域，包括频率域、时域、幅度域、调制域、空间域等不同领域。传统的监测设备可轻易隔离不同的 FDMA 信号，但难以监测同频干扰、TDMA、CDMA 和 SDMA 等同频信号。

采用同频信号隔离技术的未来频谱监测系统，能够很容易地监测在不同域工作的信号。正如滤波器可隔离非重叠频率工作的信号一样，波束成形天线可隔离不同方向的信号。强信号恢复、独立部件分析、空间频谱的波束成形和空间匹配滤波等先进技术，可根据其不同特性隔离在不同域工作的信号。

#### 3 多模式定位（基于定位技术组合）

不同域的信号携带相关定位信息。同样，这类定位信息可通过用于信号定位的相关技术或计算机处理算法提取。数字信号处理（DSP）和联网功能正在日益强化。DSP 和联网设备的价格也越来越可承受。基于 DSP 算法和网络技术的频谱监测系统，简化了对在不同域工作且特性不同的发射机的识别。

采用基于 DSP 和联网的多模式定位技术的未来频谱监测系统，可提高对不同特性信号监测的效率和精度。TDOA 是利用信号到达多个接收机的相对时间定位发射机的基于 DSP 处理和联网的系统范例。TDOA 系统可提供天线选择与设置的灵活性，因为 TDOA 的精确度最少受到临近反射器的影响，而且天线及电缆通常不与 TDOA 合为一体。AOA（到达角）、TDOA、FDOA（到达频差）、POA（到达功率）和鉴别数据辅助技术等先进技术，可用于不同情况下的发射机定位。

---