

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.2130-1报告
(06/2017)

无线电台的检查

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/zh>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系列报告

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

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
2020年，日内瓦

© 国际电联 2020

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.2130-1报告

无线电台的检查

(2008-2017年)

目录

页码

1	引言	2
2	检查活动的作用和组织	2
3	检查技术	3
4	技术参数	5
5	辅助设备	5
6	审议的记录	7
7	频谱监测与现场检查	8
8	结论	8
	附件1 – 确定检查规划抽样规模的标准	9
1	引言	9
2	确定抽样规模的方法	9
3	必要样本数量	10
4	一个无线电网络中的样本数量	11
5	测试对象的挑选	11
6	参数对测试量的影响	11
7	战略	12
8	结论	13

1 引言

本报告概括介绍了针对有关检查技术和程序的ITU-R第225/1号课题的检查程序。该课题涉及各主管部门如何进行规划和无线电台检查。

本报告的目的是为各类无线电台的规划和检查活动提供一般性指导原则。本报告研究的检查活动是通过访问发射机所在地进行的“现场”检查，通常包括对指配给无线电台或其他频谱用户的技术和管理条件进行检查和确认。

尽管本报告通篇使用了“许可”一词，该术语在此不仅包含具有监管机构颁发的许可证的电台，还包括其他授权频谱用户（如其他采用低功率无线电等“免许可”设备和按设备标准批准的射频装置的用户）。

附件中包含某些业务的一些具体示例，从而说明如何应用一般性指导原则。本报告应作为进行检查规划的一般性指导文件。

2 检查活动的作用和组织

无线电频谱对于众多国家的经济和社会发展而言日趋重要。随着各国主管部门为最大限度提高频谱效率、控制干扰并在不对现有技术造成不良影响的情况下推广新的技术，电信监管机构对无线电频谱的控制越来越重要。

主管部门的技术和行政无线电规则有助于确保无线电业务在无干扰的基础上加以运行。不按授权参数运行的频谱用户可以各种方式（如同信道和相邻信道干扰、谐波以及其他杂散发射）对其他用户造成干扰。一般情况下，监管机构采用各种方式帮助确保频谱的正常和有效使用。这些方法包括远距离频谱监测/测量、无线电台现场检查/测量和颁布某些设备的合规规范（产生射频频谱能量的无线电和非无线电设备）。各主管部门为帮助控制频谱的有效使用已成功使用了一些综合方法和制裁性行动（违规的正式通知）解决所发现的问题。

根据各主管部门的情况，所有这些功能可：

- 全部安排在监管机构/组织中的一个部门（如执行监测、检查和颁布制裁行动决定的现场执法部门）内，以及
- 安排在同一监管机构/组织的不同部门（相互分离的监测部门、检查部门和制裁部门）内，或
- 有时可安排在不同组织中（举例而言，广播检查可由与其他业务检查和监测完全不同的机构/组织进行）。

各主管部门内的组织一般按各国规定、许可证持有者数量或其他授权频谱用户数量、专用与政府运行的电台数量及其他原因确定。如将这些功能安排在同一单位或下属单位中，不仅可以提高效率，更重要的是，有关组织内负责各领域的各个部门可以就识别、优先、检查和报告开展协调。不过，严格区分现场检查和频谱监测变得越来越困难。一方面，低功率设备的监测事实上需要在现场进行；另一方面，广播发射机的现场检查包括对于其辐射功率的测定，这反过来可能需要几千米的测量距离。

此外，检查活动应得到相关立法法案的支持并获得详细阐述立法法案执行细则的法规的正式批准。这些法规应包括组织、技术和检查程序的覆盖范围，检查人员和频谱用户的权利和义务以及解决检查机构和频谱用户之间争议的规定等。频谱用户的义务应包括确保检查人员自由访问无线电装置的规定和防止为其工作设置任何障碍的措施。这些规定通常是国家规定的一部分。检查人员携带的为证明其代表监管机构进行检查的身份证明通常基于上述规定。

检查功能至少在落实的初级阶段可以按照监测和测量设备的统一性及其他同时用于监测和现场检查工作的设施与“空中”（远程）监测功能有效地结合起来。

提供标准化的测量流程可能不仅对主管部门有用 – 以确保不同执法部门进行的检查的质量，而且对于服务提供商和频谱用户也有用 – 以提供所有被许可方在执行他们自己的测量时可以依赖的基础，并确保提供的用于支持频谱管理活动的数据的质量。

一些主管部门基于种种原因不进行无线电检查。但是，从长远角度而言，不进行检查可导致若干不良后果。不经检查，国家频率指配登记的完整性和可靠性难以保证，因为这种检查的目的之一就是核查无线电台是否已按指定参数得到安装和运行。之后进行的频谱监测所需要的宝贵参考数据（如参考场强值）一般情况下难以获得。上述两项因素大大削减了自动频谱管理系统在检测干扰和非授权使用方面的有效性。从行政管理角度而言，没有检查使频谱用户获得不良影响，因为他们可能认为，在没有现场检查的情况下，被发现的可能性较小，可以无视许可参数。在此方面，即使有限的检查也能大大提高频谱用户的责任心。

3 检查技术

各主管部门使用的检查技术一般被定义为各主管部门规划和开展电台检查的决定因素、规划步骤和实施方式。针对检查必须做出若干决定，其中包括 – 需检查哪些无线电业务、检查多少业务、多久需检查一次以及每次检查的详细程度。

各主管部门在组织安排检查规划（从检查所有电台到检查若干电台或不检查）中使用了多种技术。以下列举了一些组织安排示例：

– 所有电台的检查

一些主管部门将在某一时间段内对所选或（有时）所有业务的所有电台的检查设为目标（或作为规定或政策中的要求）。这类流程的采纳往往受到无线电装置的日益普及和主管部门的有限资源的限制，但在某些情况下有用，例如对所有用户进行普查和允许对授权用户的数据库错误进行系统性和全面的纠正。

– 一定比例的检查

只对一定比例的电台的检查可迅速减少检查人员的工作负担和给许可证持有者带来的不便。

– 基于统计方法的检查

一些主管部门使用统计方法估算整体合规率，并将结果用来规划未来的检查水平。这一方法最简单的形式是检查所有电台中的一个小样本，通过样本中的合规率来推断整体合规情况。举例来说，合规率高的话，可能会减少下一年对该无线电业务的检查（较低采样）。这一方法减少了检查人员的工作负担和给许可证持有者带来的不便。

– 事后检查

检查还可以由具体动因，例如干扰投诉、频谱监测中发现的非合规参数或任何其他可能造成干扰的指示所触发。此外，检查可能由一些特殊事件（如重大体育赛事）或确定某项内容合规程度（如，天线塔坐标精确度）的需求而引发。

– 专项检查

专项检查可能只检查监管机构关注的具体项目，如某项电台行政记录或发射机输出功率。

– 基于风险的检查

一些许可被认为具有“高风险”。这些许可涉及比其他电台更有可能产生干扰的无线电台。这种“高风险”许可可以包括现场射频发射机高度集中的电台、邻近安全业务的频率许可或同时具有高功率和低功率发射机的频谱内的许可。各主管部门可以更加重视对“高风险许可”电台的检查。

当主管部门开始检查活动时，特别在缺乏经验的情况下，最好将检查资源集中在从频谱的有效使用方面来说对主管部门最为有利的若干领域。检查规划中建议优先考虑：

- 对所有新安装的电台的检查；
- 对最大功率发射机（如广播发射机）的检查；
- 对统计数据显示大量违规的业务进行检查。根据其他主管部门的经验，这些业务通常为PMR（专用移动无线电）电台。

一个检查项目结构的简要示例如下：

- 至少检查15%的移动个人业务的无线电基站。
- 至少检查15%的公共交换电话网（PSTN）使用的收发信机。
- 至少检查15%的无线电出租业务固定和移动电台。
- 检查100%的科学研究业务。
- 至少检查15%的卫星地球站。
- 检查100%的许可证已到期或当年将到期的、用于固定和移动业务的授权电台。
- 至少检查20%的固定和移动电台的技术参数。
- 最晚在颁发许可证前30天完成对新的或修改电台的检查。
- 检查或为继续运作核对至少15%的已到期/已从国家数据库系统中取消了许可证的所有电台。

在此示例中，可以看到上述类别的一些内容已考虑在内，以及一些因素如何以主管部门的规定、政府的政策和以往检查的结果为基础。一般而言，指导原则应每年按照前一年的检查情况进行评估和调整。

在上述示例中，还能看到，不同类别电台的取样量不同。这是由于多种因素造成的，其中包括有关业务中的授权电台数量、以往合规情况或主管部门有关某项无线电业务类别的目标或政策。

4 技术参数

通常，电台许可证或操作条件中规定的内容可以在检查中测量或核实。电台的操作参数对于控制接口、允许多个电台在同一频率及/或在相同地理区域内共存至关重要，同时有益于确保频谱的有效使用。规定参数对于确定电台的覆盖区域和所占用频谱量非常重要。以下清单包含检查中可能核对的技术参数。

- 频率（偏移和稳定性）；
- 发射机输出功率；
- 辐射功率；
- 地理坐标；
- 谐波、互调产物和杂散发射；
- 电、磁和电磁场强；
- 带宽；
- 天线高度；
- 主瓣方向；
- 天线方向图；
- 天线倾角；
- 调制参数；
- 功率通量密度。

不同电台/无线电业务、有关国家的无线电规则和监管政策使核查的具体项目有所不同。其他产生影响的因素包括：以往发现的问题、被裁定可能产生干扰的内容或与实际报告的干扰情况相关的内容。间接因素包括监管部门工作人员/工作量问题或设备可用性。负责检查规划工作的主管部门通常按照这些因素关注检查内容。

5 辅助设备

以下是一份无线电台检查中通常使用的、由下列内容构成的建议设备清单：

主要设备：

- 频率计
- 功率计/定向耦合器
- 频谱分析仪/测量接收机
- 天线。

操作频率、发射机功率和射频光谱特性的主要参数可用上述仪器评估。

其他设备：

- 场强计
- 配备各向同性电磁场传感器的功率通量密度测量仪
- 调制和协议分析仪

- 测距仪/遥测计
- 测距标尺
- 指南针/倾角计
- **GPS**
- 天线支架/三角架
- 电阻负载
- 线缆、连接器、配件。

上述一些内容用来确定塔高/位置、天线方向及测量某个通信业务的特别参数（如电视或数字调制分析仪）。

各主管部门已注意到，一些检查根据发射类型、指配频率、新通信技术的引入及检查任务的不同可能需要额外的特殊测量设备。举例而言，在一些检查中可能需要最近一款配有先进数字调制功能的无线电通信分析仪，以适当检测并测量使用新的调制/频谱接入技术的数字载波（如有关主管部门要求此类测量）。

使用任何测量设备必须考虑的一个重要因素是校准精确度和设备的测量不确定性。在确定校准要求时应参考设备制造商指南。

一般的测量做法包括根据测量不确定性/测量设备的重复性确定检查测量的容限。在制定检查规划时建议采用的做法是将使用的设备放在一起（连同操作手册和测量程序指南），在检查工作开始之前确定适当的操作。

设备控制软件可用于捕捉检查中的标准化的、可重复的测量结果。该软件是确保将所有测量容限考虑在内的有用手段。该软件安装在笔记本或手持计算机中，在测量过程中为检查部门提供帮助。笔记本电脑可使用接口与测量设备通信并收集所有必要数据，然后自动将结果与许可数据相比较，然后产生一份报告。

根据主管部门检查服务的组织情况，还可检查其他技术和行政项目（如电的安全、无线电频率辐射危害状况、天线塔安全和其他内容）。

表1概括了上述讨论的辅助设备和测量参数。

表1
测量设备和参数一览表

设备	测量参数
频谱分析仪/测量接收机、天线	频率、带宽、场强、谐波、互调产物和杂散发射
信号分析仪、天线	频率、带宽、功率、谐波、互调产物和杂散发射、调制参数
频率计、天线	频率和频率偏移
功率计、方向耦合器、电阻负载	发射机输出功率（直接和反射）
配有校准天线/电缆的场强计	场强
功率通量密度测量仪	电、磁和电磁场强
调制分析仪	具体信号类型的调制参数和其他信号的出现
测距仪	距离，包括天线高度
测量标尺	
指南针	天线方位角
倾角计	天线倾角
全球定位系统	电台位置

6 审议的记录

电台许可证和操作条件是检查电台时审议的一些主要行政记录。这些文本需在进行检查之前加以研究，因为所需要的测量设备取决于待评估的技术参数。一些技术参数是无法从许可文件中推导得出的，如高功率发射机使用的连接器类型，因此，需要进行更多的调查来确定。

检查的一项重要目的是确认该电台是否按照主管部门给该频谱使用指配的参数操作。用测量到的或观测到的参数与许可参数相比较确定该电台是否合规。其他审议的记录包括：所装设备的证书/批准状态、与日常操作有关的记录（如发射机操作日志和编程日志）和其他某类电台所需要的特别记录。

检查结果通常记录在收集主管部门确定的用于收集重要信息的相关适用表格或核对清单上（纸质版、手持设备上或笔记本电脑上）。一般包括对前面所述许可参数的核对、任何不合规或与许可参数不符情况的说明、发射机站址描述（必要时配照片）、参加检查人员、所使用的设备和检查人员的意见及其所需采取的进一步行动的说明。不合规情况应引起电台注意，以便加以纠正，同时记录在检查报告和主管部门检查或合规数据库中。这些记录中的信息（合规水平或其他检查结果）可用来调整未来的检查计划。

一些主管部门还使用检查结果确认或改进现有许可数据库的准确性。当主管部门的数据库缺少信息，或所含信息不同于检查观察到的情况以及确定该数据库含有错误时，上述活动非常有用。

7 频谱监测与现场检查

一些关键电台参数，如频率、频率偏移、带宽和超强功率可以说明电台参数是否符合电台许可证及操作者运行规范，这些内容可以通过使用固定或移动监测电台有效完成。这种方法的好处在于，一些电台可以在信号电平足够高时通过一个地点进行检查，无须联系或打扰电台操作人员。

VHF和UHF广播发射机可以在远距离得到有效测量。测量到的场强或接收机输入电压可与规划手段的结果，甚至与存储于数据库中的以往结果相比较。任何异常状况均可即刻显示出来。应指出的是，不得忽视传播条件的不同，特别是在低频范围。

应注意到，不得将频谱监测结果视作永远合法有效。相反，这些结果可能需要辅助现场检查加以核实。

一些类型的电台具有复杂的滤波和组合网络，难以直接连接仪器，而且测量结果有时也不够确定。此外，与发射机输出直接相连没有天线辐射图，因此，不能显示任何天线系统的异常状况。测量FM广播电台的最大频率偏移或多路功率需要较低的反射和其他广播信号的充足的衰减。显然，这些测量是通过频谱监测设备完成的，没有操作人员的参与。

正如第2段讨论的那样，无线电监测功能和现场检查功能之间存在平稳过渡，测量任务的指定常常取决于传统结构。

8 结论

本报告提供了各主管部门在规划无线电台检查时考虑的信息。应认识到，为所有主管部门拟写一份适用所有无线电业务和所有情况的、有针对性的详细检查规划是不可能的。而本报告的目标在于为检查规划制定计划和程序提供一般性指导原则并举例说明，主管部门可使用这些检查规划流程为满足自己的需求“量体裁衣”。

附件1包含对于各主管部门了解和组织其活动可能同样有用的检查流程的更详细的描述。

附件1

确定检查规划抽样规模的标准

1 引言

显而易见的是，在一年内完成对所有用户所有无线电设备的检查是不可能的。考虑到经济问题（成本和时间方面的投资）及获得确定结果的目标，使用抽样来验证频率使用被认为是一种适宜的方式。下文所述方法用于德国联邦网络管理局。这种方法可根据部分检查（抽样）的结果获得总体状况。在此需回答的问题涉及抽样规模以及如何挑选将检查的对象。

2 确定抽样规模的方法

确定抽样规模及挑选被测对象应根据公认的、产生无线电应用是否符合指配条件的规则和精确信息的统计方法。从原则上讲，这种方法可用于所有无线电应用。抽样方法是用于确定现状的一种经济测试方法。应用该方法的前提是确定以下边界条件：

样本的切分：

为确保选择具有代表性，必须在具有相同概率的总集（指配数）中挑选每个因素（指配）。

时间方面：

样本测试的阶段和调查频率必须有所规定。这些对人员支出具有决定性影响。

空间标准：

有关整个国家的结果和有关每个区域的结果之间存在差别。若要使结果显示区域性差异，取样量巨幅增加。

统计标准：

分析结果产生有问题的无线网络/指配百分比 P 。所需要的最小抽样规模在很大程度上取决于所规定的确定性概率 S 和容限错误值 e 。互补概率 $Q = 1 - P$ 表示没有问题的指配的百分比。

容许误差：

5%的误差意味着各样本值（如30%）可出现与基本确定性实际值正负5%的偏差，即实际值可能在25%和35%之间。

样本确定性表示有关抽样方法产生的“正确”和准确结果的情况数量。例如，90%的确定性意味着，在100遍应用该方法时，只有10次应用产生“不正确”的结果，但这些结果仍十分接近于“正确”值，如 $\pm 5\%$ 。

3 必要样本数量

实现期望的确定性水平所需的最小样本数量是使用以下公式计算得出的：

$$n \geq \frac{N}{1 + \frac{(N-1) \cdot e^2}{z^2 \cdot P \cdot Q}}$$

其中：

- n : 所需要的最小样本规模
- N : 指配总数
- e : 选择的容许误差
- z : 由标准正态分布的中心概率计算得出的规定的确定性概率值 S ：

$$\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^z e^{-t^2/2} dt$$

$$S(z) = 2 \cdot \Phi(z) - 1$$

- P : 指配条件未满足（失败）的指配的百分比。
- Q : $Q = 1 - P$, 指配条件得到满足（成功）的指配的百分比。

对于大量指配（至少30个）， n 的公式简化为：

$$n \geq \frac{z^2 \cdot P \cdot Q}{e^2}$$

从公式中可以看出，所需要的最小样本规模在很大程度上依赖于 $P \cdot Q$ 的乘积。当 $P=50\%$ 且 $Q=50\%$ 时，可以获得 $P \cdot Q$ 最高乘积值。德国联邦网络管理局假设了以下值：

确定性概率：	90%
容许误差：	5%

示例：

在某个区域内的一个无线电应用有8 000无线网络。从早期的调查中得知，30%的无线网络不符合要求。为确定上述8 000网络中有故障网络的比例（概率为90%），应检查多少无线网络？结果的出错率不应超过 $\pm 5\%$ 。

$S(z)=90\%$ 产出 $\Phi(z)=0.95$ 。为此，可从相关数学表或使用电子表格程序计算出值 $z=1.645$ 。如果 $N=8000$ ， $e=5\%$ ， $P=30\%$ 且 $Q=70\%$ ，则 $n=221$ 个样本或网络（分别）。

4 一个无线网络中的样本数量

如上述方式始终应用于每个网络的无线电装置，会获得不合理的测试量。在一个拥有20个无线电装置的网络中，必须测试19个网络，即使在一个拥有100个无线电装置的网络中，也必须测试73个装置。

因此，对于专用移动无线电（PMR），更合理的方法是测试所有固定无线电装置，以及少量移动无线电装置。如结果显示差错数量明显超过平均值，所检查的该网络内的无线电设备数量应增加。

5 测试对象的挑选

尽管每个样本应随机挑选，而不必从有限或无限总体中重新定位，的确，全部随机挑选测试对象在现实中是不可行的。为此，必须使用一种系统挑选方法。如果 N 是指配总数，而且 n 是所调查的网络数量，每个 k 元素都是用 $k = N/n$ 的方法从数据库中挑选的，该方法要求数据库中的元素必须按照某种标准安排，如按照指配持有者的名称。

示例：数据库中的指配应按区域代表处、邮政编码和名称分类。要测试的指配应通过随机生成器挑选。在过去两年内已得到检查的指配应排除在外。

经验表明，在测试期内完成对所有选定网络的测试是不可能的。在此期间，一些频率指配被退还到有关机构，或有关无线网络在无线电指配未经退回的情况下从业务中撤出。为实现所需要的统计精确度，即使在这种情况下也有必要挑选需进一步测试的对象。现实的情况是，在得以获得可核对的必要数量 n 之前必须挑选双倍的网络数量。

作为一项规则，频率指配的持有者应在测量早期得到通知，以便方便获取无线电设备。

6 参数对测试量的影响

图1显示出在超过 $N = 2\ 000$ 的范围内，必要样本数量 n 很少发生变化。相反，所要求的确定性概率对测试量具有重要影响。

图1显示出样本数量对比指配条件未满足（失败）的指配的确定性概率 S 在 $P=50\%$ 时的不同值所需的频率指配数量。

图1

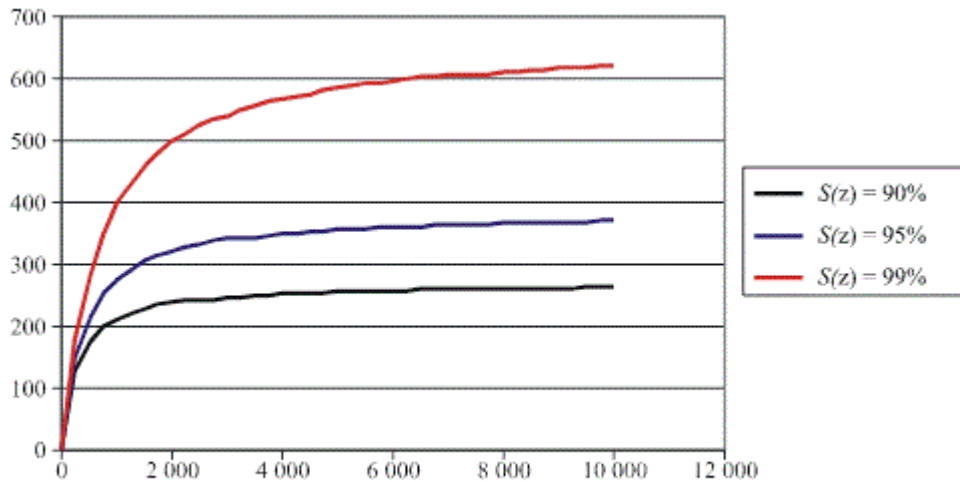
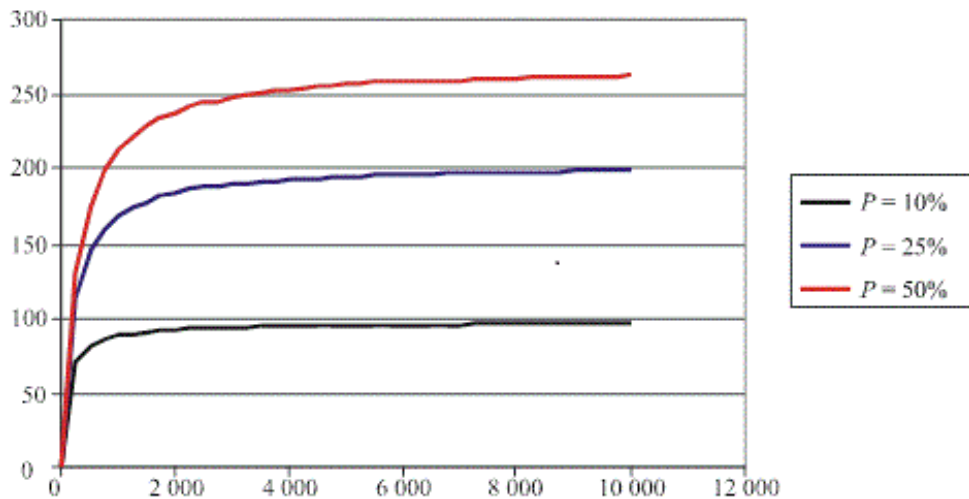


图2显示出样本数量与在确定性概率 $S=90\%$ 时 P 的不同值所需的频率指配的数量。

图2



7 战略

上述方法主要用于确定现状。因此，重要的是，不仅要结果纳入以下测试期内测试量的计算中，同时还应得出进一步的结论。

首先，必须提出结果是否令人满意的问题。大部分指配条件是否被遵守或问题网络率是否太高以至于必须采取纠正行动？30%的PMR的问题率肯定是现实的。但如果大约每三个无线网络就有一个存在缺陷，则结果将不令人满意。

以下纠正行动仅供可能进行的测量参考：

- 额外网络的检查；
- 在一年内检查所有新安装的无线网络；
- 在未来一年内尽早对已发现缺陷的网络进行重复检查；
- 为有关频率用户和无线电设备经销商分发信息传单。

在评估不同区域的问题时，不同区域代表处的监测或执法人员可能采用不同的工作方法或以不同的方式评估偏差情况。但是，不同区域的频率用户行为存在差异也是可能的。例如，山区的频率用户可能使用更大功率或超高天线来扩大覆盖范围。伴随这一结果，频率指配方法应得到审议。申请者的要求是否得到充分满足或是否应进行修改？

作为一项规则，频率指配的持有者在测量早期得到通知，这样无线电设备确实是可使用的。

8 结论

上述方法使根据公认的统计方法确定评估无线网络与其指定参数合规所需的最小样本规模成为可能。不过，这一方法只有在从结果中得出结论的时候才有意义。
