

# 国家频谱管理手册

2015年版



# 国家频谱 管理手册

2015 年版

ITU-R





## 前言

此新版《国家频谱管理手册》涉及了对2005年版的一个重要的更新和扩充。它在2011年由第1B工作组建立的相应工作组提出，之后在2012年由第1B工作组建立的起草工作组制定，并由无线电通信第1研究组批准。阿拉伯联合酋长国的Hasan Sharif先生作为该组的起草人，由顾问协助，Philippe Aubineau先生、来自中华人民共和国的第1B工作组副主席常若艇先生、韩国的Ilkyoo Lee先生、美国的Roy Woolsey先生以及第1B工作组会议上的很多其他参与者在准备此版本的手册中起到了非常积极的作用。

无线电通信局  
主任  
弗朗索瓦·朗西



## 目录

	页码
前言 .....	iii
第1章 – 频谱管理基础.....	1
第2章 – 频谱规划.....	45
第3章 – 频谱指配与核发执照.....	71
第4章 – 频谱监测和检查.....	103
第5章 – 频谱工程实践.....	113
第6章 – 频谱经济学.....	165
第7章 – 频谱管理活动自动化.....	193
第8章 – 频谱利用和频谱利用效率的度量.....	271
附件 1 – 频谱管理培训.....	297
附件 2 – 欧洲邮电主管部门大会（CEPT）国家有关短程设备（SRD）的监管方式.....	317
附件 3 – 国家频谱管理方面的最佳做法.....	325





# 第 1 章

## 频谱管理基础

### 目录

		页码
1.1	引言.....	4
1.2	目标和目的.....	4
1.3	国际频谱问题.....	5
1.4	国家频谱管理的主要指令/法律.....	5
	1.4.1 无线电通信法律.....	5
	1.4.2 国家频率分配表.....	6
	1.4.3 规则和程序.....	6
1.5	组织结构和过程.....	6
	1.5.1 结构和协调.....	6
	1.5.2 决策过程.....	7
1.6	频谱管理职责和要求.....	7
	1.6.1 频谱管理规划、管制和政策制定.....	10
	1.6.2 制定国家分配表.....	11
	1.6.3 频率指配和许可证发放.....	11
	1.6.4 频谱费用与频谱管理过程之间的关系.....	12
	1.6.5 无线电标准规范和设备授权.....	13
	1.6.6 频谱监测和执行.....	14
	1.6.7 国际合作.....	16
	1.6.8 国家合作（联络和协商）.....	19
	1.6.9 频谱工程支持.....	20
	1.6.10 计算机支持.....	20
1.7	制定频谱管理组织结构.....	20
	1.7.1 概述.....	20
	1.7.2 分散管理与集中管理.....	20
	1.7.3 矩阵结构管理.....	21
	1.7.4 原则小结.....	21
	1.7.5 频谱管理系统.....	21
1.8	在频谱管理中使用E政府、质量管理体系和优秀典型.....	24
	1.8.1 概述.....	24
	1.8.2 质量管理体系的使用（ISO 9001:2008）.....	25

参考资料 .....	26
第1章附件1.....	27
1        历史.....	27
2        组织结构.....	27
第1章附件2.....	31
1        概述.....	31
2        讨论.....	31
第1章附件3.....	33
1        范围和目的.....	33
1.1    概述.....	33
1.2    目的.....	33
2        关于SIA的介绍 .....	33
3        过程描述.....	34
4        质量管理体系.....	36
4.1    总体要求.....	36
4.2    文件要求.....	36
5        管理责任.....	37
5.1    管理承诺.....	37
5.2    关注客户.....	37
5.3    质量政策.....	37
5.4    规划.....	38
5.5    职责、权力和沟通.....	38
5.6    管理审核.....	39
6        资源管理.....	39
6.1    资源的规定.....	39
6.2    人力资源.....	39
6.3    基础设施.....	40
6.4    工作环境.....	40
7        产品实现.....	40
7.1    产品实现规划.....	40
7.2    客户相关程序.....	41
7.3    设计和开发.....	41
7.4    采购.....	41
7.5    生产和服务规定.....	42

		页码
	7.6 测量和监视设备的控制.....	42
8	测量、分析和改进.....	42
	8.1 概述.....	42
	8.2 测量和监视.....	42
	8.3 非合规产品的控制.....	43
	8.4 数据分析.....	43
	8.5 改进.....	43

## 1.1 引言

基于无线电的技术在社会中应用的不断增长，以及这些技术提供的巨大的发展机会，无不显示出无线电频谱和国家频谱管理程序的重要性。日新月异的技术不断打开各种新的频谱应用的大门，激发了人们对有限频谱资源的更大兴趣和更大需求。不断增长的需求对频谱的使用效率提出了更高要求，必须实施有效的频谱管理程序。在此框架下，提高数据处理能力、改进工程分析方法是容纳各种不同潜在频谱用户的关键。

无线电通信在越来越多的业务<sup>1</sup>中得到广泛应用，如国防、公共安全、广播、商业和工业通信、航空和海事通信、导航以及个人通信。在紧急情况或自然灾害情况下，当有线电信不能用或电信被中断时，相对无线电信的无线电通信链路在动态或移动环境中就显得尤为重要。

若想频谱资源得到高效使用，则必须依据国际电信联盟的国家规则和《无线电规则》对其使用进行协调和管制。各国利用频谱资源的能力很大程度上取决于频谱管理活动，这些活动旨在改进无线电系统的实施，确保最小的干扰。为实现该目标，必要的话，主管部门应使用计算机化的频谱管理系统。

虽然频谱管理系统的有效性并不容易确定，但总的来看，它涉及如何更好地满足国家需求，如何更好地满足无线电用户利益并同时保护公共利益。国家频谱管理包括机构、程序和规则，由主管部门在其地理区域内负责控制无线电频谱的使用。根据国际协议，每个国家的政府在管制其无线电频谱的使用中具有灵活性和自主权。每个主管部门必须制定自己的法律，并建立执行频谱管理职责的机构。有效的频谱资源管理包括旨在确立国家职权部门责任的大的指令。该职权部门负责管制频谱使用以及相关的程序。虽然不可能有两个主管部门会以完全相同的方式对频谱进行管理，但这些基本过程对所有国家层面的管制方式都是非常重要的。

## 1.2 目标和目的

为使频谱管理系统取得成功，应确定频谱管理的目标和目的。频谱管理的目标通常在国家法律中阐述，应包括：

- 使无线电频谱可用于政府和非政府目的，刺激社会与经济进步；以及
- 高效、有效地使用频率。

国家频谱管理与国家法律、政策声明、无线电规则和长期频谱规划<sup>2</sup>密切相关。无论短期还是长期，国家频谱管理都必须确保有足够的频谱可供公众业务机构来完成其任务，可供公众通信、私营商业电信和广播等使用。许多主管部门还为用于研究、科学用途和业余活动的频谱使用提供了很高的优先级。

频谱相关的国家目标包括以下几方面：

- 使国内和国际电信业务能高效地用于个人和商业目的；

---

<sup>1</sup> 本手册中的“业务”一词包括无线电监管中所说的无线电业务和任何其他无线电应用。

<sup>2</sup> 见ITU-R SM.2015报告—确定频谱使用国家长期战略的方法。

- 推动基础设施发展和无线电通信业务提供的革新；
- 为国家安全和国防服务；
- 保障生命和财产安全；
- 为预防犯罪和执法提供支持；
- 支持国家和国际交通系统；
- 促进自然资源保护；
- 用于传播教育、一般性和公众关心的信息娱乐；
- 促进科学研究、资源开发和探索；
- 促进文化遗产的传播及对国家和地区民俗的保护；以及
- 促进数字鸿沟的减少。

为达成这些目标，频谱管理系统必须提供一套有序的办法来分配和指配频段、授权和记录频率指配以及建立规则和标准。政策说明或规则可以规定各种技术因素、建立许可证发放准则、设置优先级，以使用来确定谁有权限拥有某个频段及其使用目的。政策声明也能成为联系政府议程和频谱管理者之间的纽带，无线电政策的稳定性对投资来说是至关重要的。政府可以授权频谱管理机构制定频谱政策和规则。政府可以选择由政界任命的人员来领导频谱管理机构，并仅授予频谱管理者制定实施方法和执行决策的权力。

此外，基于对长期国家需求、技术发展和频谱管理能力的分析，国家长期频谱规划应对未来的频谱使用情况做出预计。国家分配表是此类规划的关键部分，可以作为用户制定其自身目标的框架<sup>3</sup>。规划还应规定具体的步骤，使频谱管理机构能为未来的需求做好准备。规划还应从公共利益的角度，对频谱政策的修改提出建议<sup>4</sup>。

### 1.3 国际频谱问题

国际协调和向国际电联通告无线电台旨在制定无线电规则和相关的程序，鼓励多边协调，以便确保对频谱资源的有效使用，而没有干扰。每个主管部门都是该政府间组织的重要组成部分，在这些过程中都起着重要作用（亦见ITU-R SM.2093报告）。本章附件1描述了国际电联的结构和活动。

### 1.4 国家频谱管理的主要指令/法律

为了开展频谱管理活动，鼓励对频谱资源的有效使用，应向公众阐明并使之知晓主要的指令和法律。制定这些指令和法律的意图是建立一个管理频谱使用的法律基础，制定相关的国家政策以及特定的规则。

#### 1.4.1 无线电通信法律

无线电技术的飞速发展和它在国家经济发展中所扮演的中心角色，使得管理频谱资源的法律在一个国家中变得与管理土地和水利资源的法律同等重要。由于操作环境和管理要求不

---

<sup>3</sup> 见ITU-R SM.1265建议书-国家替代频率分配方法。

<sup>4</sup> 见ITU-R SM.1047建议书-国家频谱管理。

同，应对基本法律中的无线电规则做出明确描述。对无线电通信使用尚不普及的地区，政府必须预见到无线电使用的增长趋势，并保证存在适当的法律框架。

建议无线电通信法应成为一个基本的文件，以确认无线电频谱是国家的一种资源，并为了全体公民的利益，需对其进行管理。因此，应当确立政府对频谱使用进行管理的权力，包括频谱管理规则的强制执行。另外，应确立公民的权利以及运营无线电通信设备的政府机构。无线电通信业务的质量和可用性可能与授予运营商的活动类型和灵活性程度有密切关系。特定无线电通信业务经营方面的竞争可给用户带来低的业务费用。

国家无线电通信法中应包括的其他内容是要求公众参与频谱管理决策过程，以及政府对公众建议应做出回应。公众获得频谱的权利和限制应在法律中予以规定。因此，无线电通信法可以要求频谱管理职权部门提供给公众有关其决策的信息。该法律还可以根据制定的准则和程序提出旨在检查其决策情况的过程。该过程应尽可能简单。

### 1.4.2 国家频率分配表

国家频率分配表为有效进行频谱管理提供了基础。

《国际频率分配表》（《无线电规则》（RR）第5条）由国际电联在世界无线电通信大会上通过，适用于国际电联所有三个区域。此表是各国频率分配表的基础。然而，国际电联表（覆盖所有三个区域）常常在一个频段内提供众多不同的业务。因此，主管部门可能希望采用自己国家的分配表，为在本国境内的频谱使用提供便利。例如，一些国家把其国家分配表分成为不同的频段，一些频段分配给政府，另一些频段分配给私人用户。

无论各国的办法是什么，主管部门都应考虑到其他国家是如何使用频段的，这不仅仅是考虑同邻国频率的兼容性，还可保证能经济地获得特定业务所需的设备。

### 1.4.3 规则和程序

国家频谱管理职权部门颁布和采用的规则和程序，应包括做出（采纳或修改规则和程序）决定的法律请求步骤，并应覆盖以下方面，如无线电应用的使用条件、获得并更新许可证、技术标准、设备授权程序、信道计划、操作要求的程序。尽管这些规则和程序可以依据每一种无线电通信业务分别编写，但若将所有的适用规则都汇总到一本出版物中，那会更有效。作为例子，本章附件2描述了频谱管理规则和程序国家手册的大纲。

各主管部门需要评价其认为完成国家目标所需的规则水平，同时根据国际协议提供保护。频谱管理机构应置于国家政策指导下，以便确保其规则符合国内法律中所述的国家目标，并且不与国际规则发生冲突。

## 1.5 组织结构和过程

### 1.5.1 结构和协调

国家无线电通信法应把管理频谱使用的权力和责任授给一个或几个政府机构。虽然单个机构可能是理想的，但可用资源的实际情况和水平可能迫使需要采取其他方法。

大多数情况下，一个主管部门可能倾向于指定单个部门或机构来管理所有无线电通信的使用。这种做法的优点是可以简化决策过程，建立对所有用户都有影响的政策。决策机构通过尽可能多地满足用户需求来最大限度地发挥其作用。如果合理，一个单一的职权机构可以通过授权给其他团体来减少其工作负荷、提高其工作效率。

一些主管部门可以把管理权限授予两个或两个以上的机构。不过，拥有独立自主管理职权的机构的数量越多，协调就越困难，频率的分配就越分散。某些情况下，各种不同（如部或部门）之间可能无法就频谱的使用达成一致的协议，并可能需要更高层的权威部门来做出决策，如首相或总统。

对已建立一个以上职权机构的地方，应在规则中详细规定它们之间的关系。一种分隔办法是将频段划分给这些管理机构。政府或私营部门内，管理职责有限的协调小组可用来协助相关的机构。协调小组用来解决某些频谱问题和准备频率分配。可以任命一名私营部门频谱管理机构的代表同这些委员会进行联络，以扩展其协调范围。不过，协调小组不能充当总的频谱管理职权机构。

无论权力和职责放置在哪里，权力和职责的指定和范围都应予以公布，并使无线电通信系统的用户及潜在的用户知晓。

国家电信法可以进一步规定在国际活动中谁代表国家在频谱管理领域的利益（如频谱管理权威机构可以充当该角色）。若国内的频谱使用由几个权威机构来管理，则在国际谈判中国家代表问题会变得十分复杂。因此建议，授权一个机构或部门在国际上全权负责频谱使用的协调和管理问题。

### 1.5.2 决策过程

制定国家频谱分配程序、为许可证持有者指配频率、依据许可证有关条款进行监督，是实现国家目标和目的的必要手段。

负责制定规则和规定的主管部门，应遵循一套预先确定的决策程序，以保证有序、及时的频谱管理进程。

如果国家目标希望私营、非官方的组织参与无线电通信业务的提供，那么决策过程必须具备一定的开放性。对私营部门实体投资并经营这些业务的地方，这一点尤为重要。

频谱管理机构的独立性是保证站在国家利益的高度进行决策的关键。当频谱管理职权部门将频谱用户的角色限制为咨询的角色的时候，决策出现偏差的几率将降低。不过，用户参与决策过程有助于建立信任，这对有效实现国家目标是至关重要的。

### 1.6 频谱管理职责和要求

基本的国家频谱管理责任和要求（职能）如下所述：

- a) 频谱管理规划和管制；
- b) 频谱管理筹资，包括费用；
- c) 频段分配和划分；
- d) 频率指配和许可证发放（包括非许可证分配）；
- e) 国家联络和协商；
- f) 国际和区域协作，包括频率协调和通告；

- g) 标准<sup>5</sup>、规定和设备授权；
- h) 频谱监控；
- i) 频谱执行；
- j) 频谱管理支持功能，包括：
  - 管理和法律；
  - 计算机自动化；
  - 频谱工程；
  - 培训。

频谱管理机构（独立机构或国家机构的一部分）可以根据所在国家的法律、背景、习俗和电信资源以不同的方式进行构建。它应包括上述所有职能，根据组织的大小，某些职能可以合并或进一步细化。频谱管理机构应公布有关其组织结构和运作程序的详细内容，以便频谱用户能够对其有更好的了解。图1.1描绘了总的国家频谱管理系统。

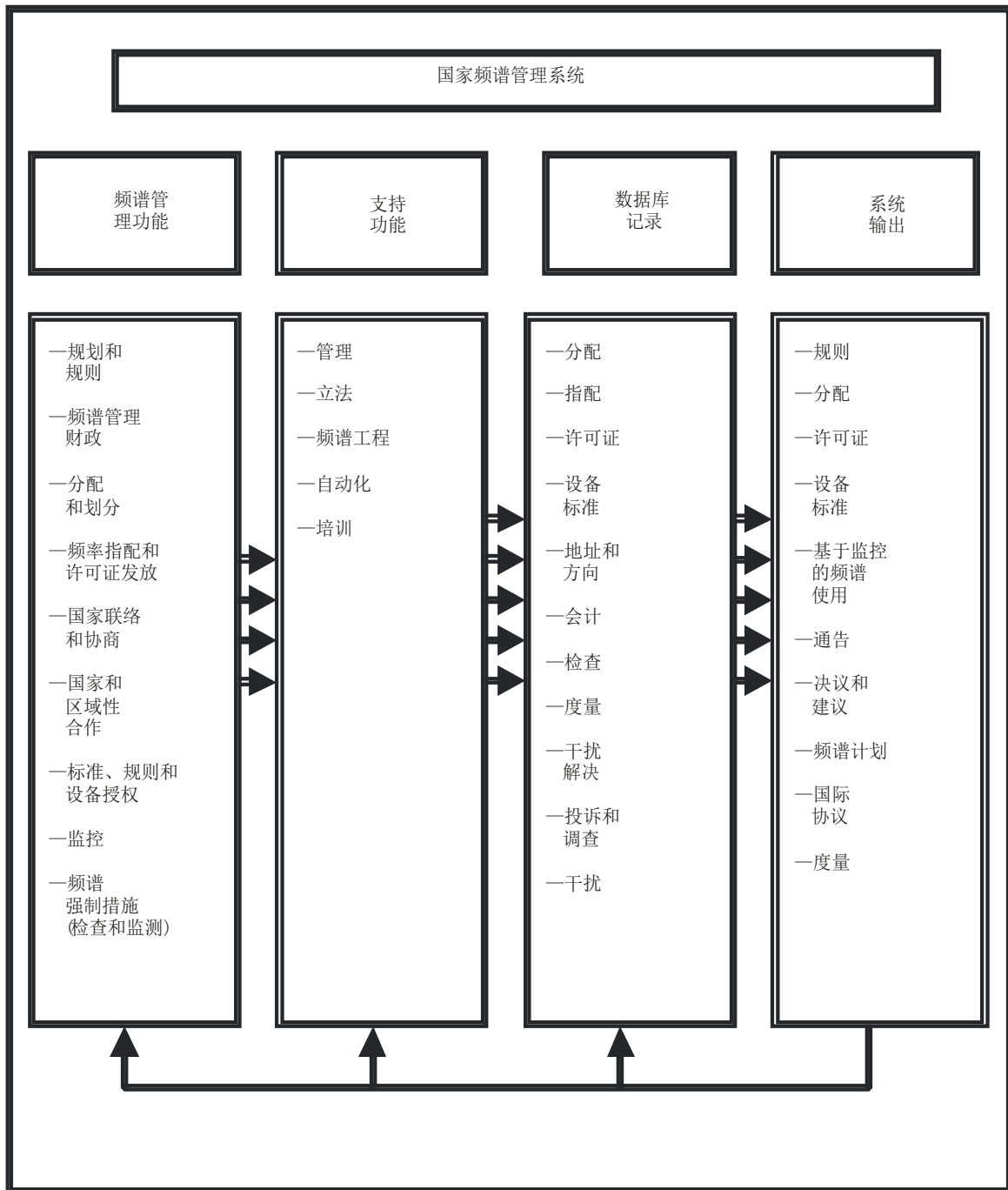
---

<sup>5</sup> “标准”是指ITU-R建议书或任何其他经认可的标准。



图1.1

基于职责的国家频谱管理系统



### 1.6.1 频谱管理规划、管制和政策制定

频谱管理组织应制定和实施计划、规则和政策，充分考虑技术的进步以及社会、经济和政治的现实。

规划和政策制定的结果是把频段分配给各种不同的无线电业务用于特定目的。当频谱使用中出现利益冲突时，频谱管理组织必须决定频谱的何种用途能最好地为公众和政府利益服务，包括如何共享频谱。在分配频谱时应考虑到以下因素：

#### 公众和政府需求与利益考虑

- 业务对无线电频率的需求；
- 将从业务中受益的可能人数；
- 业务相关的社会、经济重要性，包括生命安全、财产保护以及减轻灾害；
- 建立业务的可能性和公众对该业务的预期支持程度；
- 新应用对在提议之频段内现有投资的影响；
- 政府对安全、航空、海事和科学业务的需求。

#### 作为频谱管理工具调配

##### 技术考虑

- 该业务使用特定部分频谱的必要性，包括特殊的传播特性以及与所选频段内外其他业务的兼容性；
- 频谱的需求量；
- 提供可靠业务所需的信号强度；
- 可能遇到的无线电和其他电子干扰的数量；
- 技术可行性（即技术是否已经过证明、是否可用、是否处于发展前沿，或尚未完全开发成功）。

##### 设备限制

- 可用无线电频谱的上限，以及从总的来看，未来可预期的更高限制；
- 发射机的操作特性，包括输出功率的实际限值、频率的稳定能力、带外和杂散发射的抑制能力；
- 可用于业务的天线种类及其实际限值（即尺寸、成本和技术特性），包括获得最有效使用频率的最佳方法；以及可用的和正在开发的接收机，包括标明其选择性的数据和用于计划之业务的可行性。

在负责不同业务的不同国家机构之间进行重新部署可能对协调提出更高的要求，需要精心制定详细的共享条件和准则。如果国家频率指配的数量比较小，如几万，那么相对共用频段的共享，在国家机构（如民用的和政府的）之间进行频谱分配的进一步划分可能具有优势。

### 1.6.2 制定国家分配表

制定国家分配表首先需要了解当前的国家频率指配情况以及未来的国家计划，这应依据特定国家所在区域的国际电联分配表。虽然一个国家不必严格遵循国际电联分配表，但因以下原因，这么做是重要的：

- 区域可用的设备应对符合分配表要求的频段可用；
- 与相邻国家的干扰问题应尽可能小；
- 频率规划包括对符合区域分配表要求的设备进行技术分析；
- 航空、海事和某些卫星业务需要所有国家使用某个特定频段，以便提供全球范围内的电信服务。

一个国家可以在有限程度上不遵循国际分配表的要求，以满足国家需求。只要它不引起有害干扰并且不需要保护，这么做被认为是符合《无线电规则》第0.4款<sup>6</sup>要求的。

如前所述，国家分配表提供了频谱当前如何使用的详细记录，包括有关陆地和空间业务及其应用的所有数据。某个给定频段的用户通常反对改变频谱分配表，原因是，它将其当前的运营带来影响，并且因业务类型之故，将失去该业务的客户。由于新设备的成本、使新设备适应客户、制定设备维护程序、培训人员使设备保持良好状态，因此频段使用方面的任何变化都是非常昂贵的。不过，如果变化是透明的，并且有人支付新（现代）设备的费用，那么用户会同意改变对给定频段的使用。一旦有了当前使用情况的记录，那么就应制定未来所有业务如何使用的计划。国家安全业务可能需要大量频谱，这可能不符合国际电联分配表的要求。应尽力保证频谱使用有非常正当的理由，并且保证频谱真的使用了，而不只是留给今后使用。

制定国家分配表中需要遵循的其他原则有：

- 合适的话，应尽可能满足国际电联分配表的要求；
- 基于当前频谱使用情况制定计划，其上限是计划不会阻碍未来的频谱发展；
- 应保证政府和安全分配表是高效的，并与其他国家的分配相一致。

### 1.6.3 频率指配和许可证发放

频率指配是频谱管理机构日常工作的核心部分。频率指配单位做好分析，选择最合适的频率供无线电通信系统使用，并做好提议的指配与现有的指配之间的协调。

频率指配功能和许可证发放功能很自然地适用于国家立法、管制及其他相关程序。它通过以下措施对各电台的运行进行控制：

- 对许可证申请表及相关的文件进行检查，以便从法律和管制观点以及提议之无线电设备的技术可接受性角度出发，确定申请者许可证发放的资格；
- 将无线电呼叫信号指配给单个的电台；

---

<sup>6</sup> “0.4 所有的电台，不论其用途如何，在建立和使用时均不得对其他会员国、或经认可的运营机构、或其他正式授权开办无线电业务并按照《无线电规则》的规定操作的运营机构的无线电业务或通信造成有害干扰。（《组织法》第197款）。”

- 合适的话，发放许可证，并收取费用；
- 合适的话，建立系统或网络许可证的管理办法；
- 合适的话，换发、暂停并撤销许可证；
- 根据要求，对运营商资质进行检查，并发放运营商认证证书。

程序应该规定在频率申请表中必须提供哪些信息。依据国家目标，提供的信息可能属于频谱使用范畴，或只是技术特性，使频谱管理者能够更好地协调其活动。不必要的或复杂的程序可能有碍无线电通信的发展。通过咨询小组，一些主管部门成功地实施了频率协调工作。

当在国境外潜在有害的干扰时，有必要进行国际协调，作为频率指配程序的一部分，可能需要ITU-R的介入。

应保留有关频谱使用请求和批准的记录，以备后查。一些主管部门已选择利用监控作为一种方法，来确认未使用的频率。虽然该方法可能得出的结论是：某个频率只是因为是在监控期间没有活动而未用，但在没有记录的情况下，它可能是唯一的频率选择方法。

#### 1.6.4 频谱费用与频谱管理过程之间的关系

无线电频谱是一种可供人类使用的自然资源，这种资源是有限的，且易受到干扰。它还是一种非常珍贵的国家资产，因此，典型地，它由政府进行控制。政府面临的挑战是：在竞争的需求与制定满足这些需求的政策之间如何取得平衡。向各种无线电业务收取费用是频谱管理程序中至关重要的一环。

频谱管理费用政策的主要目标应是：

- 通过高效、有效地使用无线电频谱，改进国家的电信基础设施；
- 用于维护频谱管理基础设施的行政管理费用；
- 公平评定所有无线电频谱用户的行政管理费用，通过适当的激励机制，鼓励提高频谱的使用效率；
- 依据大多数业务所用的频谱数量，对费用进行评估，应包括考虑网络中的发射机数量；
- 依据ITU-R相关建议书和报告的经济方面的原则；
- 《无线电规则》和ITU-R建议书中要求的、相当的或更好的无线电标准；
- 运用可接受的准则，放弃未能高效或有效使用的频谱。

可以对不同类型的许可证费用进行评定：

- 申请费用 – 在提交频率许可证申请表时支付；
- 建造许可费用 – 支付费用，以便允许开始建造或实施新的基础设施或网络；
- 频谱使用或管制费用 – 每年或定期支付，以便使用经过计算的那部分频谱，并涵盖国家频谱管理费用；
- 运营商认证费用 – 与资质检查和认证证书更新有关的费用；
- 行政管理费用 – 若它不被申请费用涵盖，则涵盖用于处理许可证的行政管理费用。

因对频谱管理收取费用或资费。就频谱价值而言，此费用不应被认为是税收。不同国家之间的优先级多样性和许可证费用目标会有很大不同（见第6章）。

## 1.6.5 无线电标准规范和设备授权

### 1.6.5.1 概述

《无线电规则》第3条涉及与电台技术特性有关的需求，目标是避免干扰。《无线电规则》附录2和附录3给出了频率容差、伪域发射和其他技术标准的最大值。主管部门有责任确保在其辖区内使用的授权设备符合这些规则要求。这通过使用“设备特性”（规定无线电发射机、接收机或其他设备要求之最低性能标准的文件）和用以保证标准一致性的有关程序来实现。

设备标准可由国家、区域或国际组织（主要是ITU-R）来制定。频谱管理者应主要关注与系统性能和电磁兼容性有关的技术标准子集。标准的应用有助于保证系统与其环境的电磁兼容性。这通常涉及将发射信号限制在特定的带宽内或保持特定的稳定性，以避免有害干扰。在某些情况下，主管部门可以选择设定接收机标准，要求对不良信号有一定的免疫能力。

在国际电联和国际无线电干扰特别委员会（CISPR）内，已经存在许多有关兼容性和操作的标准。合适的话，这些标准可以采纳为国家标准，而有些国家走的是制定自己标准的道路。此类标准可以包括欧洲电信标准协会（ETSI）或美国联邦通信委员会等制定的标准。使用经过证明的和有效的标准将使国家标准化进程变得容易。起草一系列国家标准需要长期的努力，原因是，即使是评审现有的国际标准和其他标准都将是一项非常巨大的工作。

标准表述中的一项重要内容是规定兼容性测试要求及与兼容性有关的其他管理程序。与兼容性有关的测试要求和管理程序只应看作是必要的。设备制造商自我认证等程序减少了文书工作和费用。

对来自其他主管部门的设备测试结果进行国家级验收是管理程序的一部分。一些主管部门已经发现，制造商的自我认证或使用私营部门的测试实验室有助于保证无线电通信设备满足标准要求。自我认证要求主管部门具有选择测试设备并验证性能的能力。如果主管部门选择该方法，它可能仍然希望拥有自己的测试实验室，以便实施现场测试。典型地，测试和测量小组为频率管理机构提供以下服务：

- 依据规定的类型批准程序，对发射和接收设备进行实验室测试；
- 维护和调试实验室测试设备以及组织机构用于检查和监控的其他设备；
- 对要购置的、用于检查和监控的设备进行验收评估；以及
- 装配用于特殊目的的监控车辆，并对设备进行调试，以便与车辆相适配。

### 自我认证和一致性评估程序举例

一些主管部门认为（对某些类型设备）无需国家类型批准，认为这对贸易是潜在的障碍，尤其是，在没有管制限制条件下，将有更多的设备投放市场、加入流通并在确定的区域内运转（如公用移动电话）。在这些主管部门中，有一种趋势是：将确保设备符合必要技术要求（一致性评估）的责任从管制者转给制造商或供应商。利用市场监督来鉴别不兼容的设备，对疏忽的制造商或供应商进行惩罚。许可证条件对用户提出了法律要求，保证只有兼容的设备才能投入使用。

评估产品是否符合要求的工作就成为制造商的责任。制造商发布一致性声明，在通过法律上认可的实验室的测试后，就无需从官方机构获得批准证书。当没有标准可用（如对新产品或革新产品）时，或当标准不合适（如对有限特殊目的的产品）时，通过更广泛地证明其产品满足要求，制造商仍有走向市场的途径。必须在一段时期内（通常为几年）保证该信息可用。要求欧盟各会员国公布其有关无线电频谱的国家规则（接口规定），以便制造商完全了解不同国家在频谱分配和使用方面的差异，以便使产品能投向更广阔的市场。要求制造商向用户通报设备的使用计划和使用限制，包括包装和指导手册方面的相关信息。制造商也必须向欧盟会员国通报其设备投放市场的计划，以便会员国有一定的时间来表明其是否同意。

依据世界贸易组织（WTO）的要求，许多国家已经与其他会员国签订了相互认可协议。这些协议通常设定一个可比的技术发展水平以及兼容的一致性评估方法。这些协议确定了相互接受认证证书的条件、一致性的标志，以及双边协议各方的一致性评估机构需要提交的测试报告。

### 1.6.5.2 设备授权

国际电联负责批准与全球标准有关的建议书。它与其他标准制定组织（SDO）进行合作。

从迅猛发展的国际环境来看，国际电联发现自己处于一个包括众多其他参与者的环境中（见国际电联关于标准制定组织和国际组织的网页：<http://www.itu.int/en/ITU-T/C-I/conformity/Pages/organizations.aspx>）。标准有助于避免市场分裂，保护消费者和行业的利益。为了维护全球标准的成功制定，国际电联将继续保持一致同意、透明性、开放性、公正、维护、标准的公共接入、一致的规则、效率、责任、连贯等主要原则。

通过国际协作，国际电联追求以下目标：制定全球适用的标准、满足各会员国和全人类的需要。

## 1.6.6 频谱监测和执行

本节仅提供对频谱监测和强制执行的简短概述，并描述了在一般频谱管理范围中的频谱监测和强制执行的关联性。可以在国际电联频谱监测手册中找到关于频谱监测业务组织结构、测量流程和设备的详细信息。

### 1.6.6.1 频谱监测

理论频谱规划不再是充分的。在决定频率指配或分配之前，需要了解真实的频谱使用情况。

一般来说，监视支持全部频谱管理过程，包括频谱指配和频谱规划功能，通过信道和频段使用的实际测量，可以推算出信道可用性的统计，并且可以评估频谱使用的有效性。采用此数据，可以通过理论规划和实际使用之间的比较验证频谱规划。这个比较的结果可以被用来调整规划。频谱的使用发生在24小时/天，7天/周，一年的每个星期，无论本地、地区或是全球。类似地，频谱监测也应该是24小时/天可行的。通过实际测量信道和频段使用情况，监控为总的频谱管理工作提供支持，从而可以获得关于信道可用性的统计情况，并对频谱使用效率做出评估。利用该数据，可以对理论上的规划情况与实际的使用情况做出比较。比较结果可用于规划的调整。

频谱监测包括：

- 监视辐射对频谱指配条件的符合性（信号的技术和运行特性）；
- 频段观测和信道占用率测量，提供关于频谱实际使用的信息；
- 在本地、区域和全球范围无线电干扰调查中提供帮助；
- 对非法发射机进行检测、定位和识别；
- 对干扰信号进行识别和测量。

此信息可以被用来触发后续的强制执行行动，例如，对一个无线电台的现场监测。

监控信息是必需的，原因是，频谱并非总是按计划使用的。这可能是由于设备的复杂性、与其他设备的相互作用、设备的故障或故意的错用。由于陆地和卫星无线电系统的扩散，这些问题变得更加严重；非有意辐射体的引入，如计算机，可能引起本地干扰。

#### 1.6.6.2 频谱强制执行

频谱的有效管理取决于频谱管理者将有效工具用于相关法规强制执行的能力。频谱的有效管理取决于频谱管理者通过执行相关规定控制频谱使用的能力。应授予频谱管理者执行频谱使用法规并进行适当处罚的权力。例如，可以授予执行人员或其他频谱管理者以下权力：当确定有害干扰源时，可以要求它关闭，或按照适当的法律机制没收设备。不过，必须规定这种权力的使用限制。

#### 1.6.6.3 监视与频谱强制执行之间的协作

第1.6.6节陈述了监视信息可以触发强制执行行动。反之亦然，对确定无线电干扰源的需求可以导致对监视行动的请求。此外，现代无线电系统中所使用的技术降低了在一些频谱监测与强制执行任务和测量方法之间进行严格区分的可能性。但是，可以组织起一个管理机构的频谱管理，在两个实体间必须有一个紧密的协作。因此，可以考虑采用频谱监测与强制执行实体与固定有人监视台、远程控制监视台和车辆的完整组织机构整合。

这将带给我们可以得到以下测量帮助的进一步测量任务：

- 对特殊场合提供帮助，例如重要体育事件和国家访问活动；
- 无线电覆盖测量；
- 服务质量测量；
- 在无线电兼容性研究中提供帮助；
- 进行技术和科学研究，例如传播测量；
- EMF测量，防止因电磁辐射而引起的健康伤害。

#### 1.6.6.4 频谱监测和频谱管理系统的整合

ITU-R SM.1537建议书建议，同时执行频谱管理和频谱监测的管理机构应该考虑采用一个具有一个公共相关数据库的集成、自动化系统，它提供以下功能：

- 远程访问系统资源；
- 自动违规检测；
- 频率指配和许可证发放；

- 支持频谱工程的工具；
- 信号参数的自动测量；
- 与可选地理位置测量相结合的自动占用率测量；
- 对测量的立即或将来执行进行时间安排。

当考虑采购一个集成系统时，必须要评估这些功能中哪些是必要的，以及多少集成对一个管理机构是适合的。毫无疑问，监视和强制执行业务必须可以访问许可证数据库，并且频谱管理者可以使用由监视业务所提供的一定信息。

例如，频率管理者应该找到如何访问对频谱规划目的有用的自动占用率测量结果。

自动违规检测是自动比较许可证和监视信息来检测似乎未发放许可证或运行超出其许可证参数之外的发射机，它对所有频率过滤和识别可能违规的那些及需要操作员进一步调查的那些是有用的。为了在任何结果被存储到许可证数据库中之前确认一个违规，应该执行这些进一步的调查。

自动系统的最重要优点之一是这些系统可以执行日常重复监视测量。这样的自动化使操作员免除进行这样的日常和重复测量，这样使操作员能够分析已经被自动化的测量，并因此可以更加高效。自动化系统应该将原始测量数据加工成易懂的报告，包括图形报告，它们帮助操作员分析数据并得出结论。

有一些供应商，他们能够提供如ITU-R SM.1537建议书中所描述的集成系统，包括计费功能。必须要小心检查候选系统是否满足要求的所有频段、无线电业务和功能的规范。一个集成系统的用户最终限制于单独一个供应商。它应知道这些系统总是要适配国家特殊性并服务一个很长的时期。

## 1.6.7 国际合作

### 1.6.7.1 概述

无线电通信系统的影响常常超过国界。国际活动包括国际电联的活动、其他国际机构内的活动以及双边和多边讨论。

国际电联的世界无线电通信大会和区域无线电通信大会（WRC和RRC）以及国际电联三个部门（无线电通信部门、电信标准化部门和电信发展部门）的定期活动，需要大量资源和筹备工作。工作包括准备国家位置以及参加国际会议。参加区域会议可以为单个主管部门筹备更大规模的会议带来巨大帮助。

会员国之间频率职权部门的协调及其向无线电通信局（BR）提交通告是另一项重要活动。通常具有频率审批权的机构也履行这项职能。为保护国家无线电通信系统免受干扰，或者当其他主管部门通告的指配信息出现在无线电通信局的《国际频率信息通报》（BR IFIC）上时，根据请求，它还需完成协调任务及其他相关的活动。

尽管不是直接负责有关频谱使用的规则和规定，许多其他组织，如国际民用航空组织（ICAO）、国际海事组织（IMO）、世界气象组织（WMO）、国际电子技术干扰委员会特别委员会（CISPR）等，协商制定了许多对频谱使用有影响的协议和标准。因此，各主管部门也必须考虑让它们加入到这些小组中来。



可以在国际电联全球目录（GD）中找到关于那些和其他组织的信息（在线<http://www.itu.int/en/membership/Pages/global-directory.aspx>）以及特别是在其专门用于地区和其他国际组织（CV231）、地区电信组织（CV269B）和运行卫星系统的政府间组织（CV269C）的网页中发现更多信息：

[http://www.itu.int/online/mm/scripts/mm.list?\\_search=OTHERORGS&languageid=1&foto=y](http://www.itu.int/online/mm/scripts/mm.list?_search=OTHERORGS&languageid=1&foto=y)。

以下两个表<sup>7</sup>列举了除IUT之外影响国际无线电规则的主要机构：与政府和行业相关的政府间组织。表1-1列出了涉及电信和影响国际射频频谱管理的、主要的政府间地区管理机构团体。

表1-1  
主要的地区电信管理机构

名称	地区政府间电信管理机构
APT	亚太电信组织，38个国家
ASMG	阿拉伯国家频谱管理集团，23个国家（22个，不包括待定的叙利亚）
ATU	非洲电信联盟，44个国家
CEPT <sup>8</sup>	欧洲邮电管理局会议，48个国家
CITEL <sup>9</sup>	美洲电信委员会，36个国家
EACO	东部非洲通信组织布隆迪、肯尼亚、卢旺达、坦桑尼亚、乌干达（类似EAC）
FACSMAB	新加坡、马来西亚和文莱频率指配委员
RCC <sup>10</sup>	通信领域地区共同体，12个国家
REGULATEL <sup>11</sup>	拉丁美洲电信管理机构论坛，20个管理机构
SADC	南部非洲发展共同体，15个国家
WATRA	西部非洲电信管理机构大会，15个国家

表1-2列出了政府间团体；大多数政府间组织根据地理而组成团体；一些由语言关联起来：阿拉伯语的AREGNET、葡萄牙语的ARCTEL-CPLP、法语的CAPTEF和英语的CTO。

<sup>7</sup> 这些表基于即将来临的John Wiley & Sons刊物《无线电频谱管理：政策、法规、标准和技术》；作者：Haim Mazar。

<sup>8</sup> *Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications.*

<sup>9</sup> *Comisión Interamericana de TELEcomunicaciones.*

<sup>10</sup> 过去由俄罗斯主导，现在俄罗斯起到影响作用。

<sup>11</sup> *Foro Latinoamericano de Entes REGULADORES de TELEcomunicaciones.*

表1-2

## 影响电信规则的政府间组织

名称	地区和政府间组织
AICTO	阿拉伯信息与通信技术组织，22个阿拉伯语国家
ASEAN	东南亚国家联盟
ARCTEL-CPLP <sup>12</sup>	葡萄牙语国家共同体的通信和电信管理机构联盟，8个国家
AREGNET	阿拉伯管理机构网，20个国家
ARICEA	东南部非洲信息与通信管理机构联盟
AUB	非洲广播联盟
BEREC	电子通信欧洲管理机构联合体
CAATEL <sup>13</sup>	电信安第斯委员会，4个国家（CAN）
CAN	<i>Comunidad Andina de Naciones</i> ，4个国家
CANTO	加勒比国家电信组织联盟，27个国家
CAPTEF <sup>14</sup>	法语国家邮电管理大会，22个国家
CJK	中国、日本、韩国，3个国家
COMTELCA <sup>15</sup>	电信地区技术委员会，6个中美洲国家
CRASA	南部非洲通信管理机构联盟，13个国家（CRASA重新命名为TRASA）
CTO	电信组织共同体，54个国家
CTU	加勒比电信联盟，13个国家
EAC	东部非洲共同体，布隆迪、肯尼亚、卢旺达、坦桑尼亚、乌干达
ECTEL	东加勒比电信管理局，5个国家
ECO	欧洲通信办公室，48个CEPT国家
ECOWAS* <sup>16</sup>	西部非洲国家经济共同体，15个国家
EFTA	欧洲自由贸易协会，包括冰岛、列支敦士登、挪威和瑞典
EU, EC <sup>17</sup>	欧盟和欧洲委员会，28个国家
FRATEL <sup>18</sup>	法语国家电信管理机构网，47个国家
GCC	海湾阿拉伯国家电信局合作委员会，阿联酋、巴林、沙特阿拉伯、阿曼、科威特
ICNIRP	非电离辐射保护国际委员会

<sup>12</sup> *Associação de Reguladores de Comunicações e TELEcomunicações da Comunidade dos Países de Língua Portuguesa.*

<sup>13</sup> *Comite Andino de Autoridades de TELEcomunicaciones.*

<sup>14</sup> *Conférence Administrative des Postes et Télécommunications des pays d'Expression Française.*

<sup>15</sup> *COMmission technique régionale des TÉLécommuniCations.*

<sup>16</sup> 亦为[West Africa Telecommunications Regulators Assembly](http://www.watra.org.bw/) (WATRA) [www.trasa.org.bw/](http://www.trasa.org.bw/) .

<sup>17</sup> 欧洲共同体；后来亦为欧盟（EU）。

<sup>18</sup> *Réseau FRancophone de la régulation des TÉLécommunication.*

表1-2 (完)

名称	地区和政府间组织
IIRSA <sup>19</sup>	南美地区基础设施一体化, 12个国家
MERCOSUR <sup>20</sup>	共同南美市场: 阿根廷、巴西、巴拉圭、乌拉圭、委内瑞拉和玻利维亚 (进行中)
NAFTA	北美自由贸易协议: 加拿大、墨西哥和美国
PITA	太平洋岛屿电信协会, 在美拉尼西亚、密克罗尼西亚、玻里尼西亚、澳大利亚和新西兰的电信实体
PTC	太平洋电信委员会, 成员代表超过60个国家
SCG	频谱协调集团, 5个国家 <sup>21</sup>
UNASUR <sup>22</sup>	南美国家联盟, 12个国家
UNESCAP	联合国亚太经济与社会委员会, 53个国家
WHO	世界卫生组织, 193个国家

除上述国际组织外, 为协调无线电通信系统的建立和其他有关双边利益的事项, 与邻国达成双边协议有助于操作问题。为解决跨国界的干扰问题, 达成有关的协议是十分必要的。

#### 1.6.7.2 世界电信发展大会 (WTDC)

国际电联电信发展和无线电通信部门以其联合行动, 在国家频谱管理功能方面帮助发展中国家。此行动由WTDC-98第9号决议设立, 经WTDC-02、WTDC-06和WTDC-10修订。此联合行动的结果被报告给以上所提到的WTDC和WTDC-14 (见<http://www.itu.int/pub/D-STG-SG02.RES09.1-2014>)。WTDC-14进一步修改了第9号决议 (见WTDC-14最终报告的相关部分: <http://www.itu.int/pub/D-TDC-WTDC-2014>)。来自发达国家和发展中国家的一组频谱管理专家保持定期开会协调和推进工作。

#### 1.6.8 国家合作 (联络和协商)

为了提高效率, 国家频谱管理机构必须与用户进行沟通和咨询, 包括商业、通信业、政府用户和普通公众。它应广泛公布关于政策、规则和行政管理措施方面的信息, 并提供对这些政策、规则和措施结果进行评价的反馈机制。联络机构要同媒体保持联系、发布公告、召开会议, 并在解决用户间的冲突问题时, 凭借检查、监控和调查机构的支持, 起到中间调解者的作用。

<sup>19</sup> *Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional SudAmericana.*

<sup>20</sup> *Mercado Común del Sur.*

<sup>21</sup> 文莱、印度尼西亚、马来西亚、新加坡和泰国。

<sup>22</sup> *Unión de Naciones Suramericanas.*

联络可采取以下方式：具有频谱利益的个人与频谱管理职权部门之间的非正式的直接接触；通过一系列明确的管理审查程序的正式接触；通过设立顾问委员会的代表接触；或是以上这些方式与其他方式的结合。直接与频谱职权部门的接触可以进行高效的对话，可以很快获得结果，但可能会将很多观点排除在外，原因是，所有各相关方受到的待遇可能不一样。透明的行政管理程序将确保公平、合理的待遇，但也可能增加累赘、降低效率。公共的顾问委员会可以把不同的观点收集在一起，这在重大的决策过程中是有效的。鼓励国家主管部门建立一定的程序，以便个人和组织请求频谱管理者对频谱法规和指配或分配决策进行修改。受法规影响的那些个人和组织就有一种提请修改的方式，确保频谱管理者正确考虑所有国家民众的需求。

### 1.6.9 频谱工程支持

由于频谱管理涉及有关技术领域的决策，需要工程支持来对相关的信息、能力和选择做出恰当的评估。虽然多数决策中有社会和经济方面的考虑，但其中的许多频谱管理决策是基于对技术因素的工程分析的。因此，需要组织机构中的一部分人员精通电磁兼容性分析技术，并具有技术开发与系统能力方面的知识，以便对制定政策和规划的机构做出没有偏见的评价。频谱工程工具在第5章中进行讨论。

### 1.6.10 计算机支持

频谱管理职权部门使用并拥有计算机支持设施的程​​度取决于所在国家的资源、优先级和特殊要求。不过，计算机的使用对无论多么小的频谱管理工作都是必要的。计算机的支持不只限于许可证发放的记录或复杂的工程计算，而且应在几乎所有的频谱管理活动中承担开发、提供和维护支持设施的责任，包括记录保持、预测以及与许可证发放有关的财务管理。频谱管理的计算机自动化问题在第7章中进行讨论。

## 1.7 制定频谱管理组织结构

### 1.7.1 概述

典型地，依据商业策略的组织机构会更加扁平、更加灵活，以便能够适应变化，尽可能多地增加不同操作单位之间的沟通。频谱管理组织机构需要的两种主要类型结构是：

- 小型频谱管理机构；
- 传统频谱管理机构。

在第一种情况中，频谱管理组织机构有少量永久的成员组成，可能是10-15名频谱专家，频谱用户的网络是变化的；工作关系是临时的、面向项目的，并依赖于正在承担的特定的频谱管理任务。在第二种情况中，组织机构为所谓的“线型组织机构”，它的一个例子如图1.3所示。

### 1.7.2 分散管理与集中管理

通过规模经济以及对贯穿整个组织机构的程序和系统进行标准化，集中型频谱管理结构（大多数国家的情况是这样的）可以获得很高的工作效率，由组织机构的顶层做决策。分散管理的优势是具有现场管理能力，并能提供真正的激励机制，有助于提高组织机构的效率、改善输出结果。

通过集中的战略决策来改善总的管理工作，每天的经营决策由当地决定。如果能够通过集中的信息过程为所有部分提供所需的信息（如频率指配），那么分散过程可以工作得非常有效。在一些国家，有集中型的管理结构，频谱管理责任的某些要素是分散的，如与海事事宜有关的所有要素将由另一个政府部门进行管理（对航空事宜和广播事宜也可能如此）。

### 1.7.3 矩阵结构管理

面向项目的团队结构可有效地带来频谱管理的矩阵方法。矩阵方法是一种能将所有功能性能力联合在一起的方法。矩阵方法可能包括以下五个步骤：

- 确定有关的过程和功能；
- 确定何人做何事，以及如何完成工作；
- 确定组织机构各功能部件之间在组织结构内的空间，大多数重要的过程需要经过这些空间；
- 设计团队基础设施；
- 确定改善团队有效性的机会。

### 1.7.4 原则小结

下面总结了在设计国家频谱管理组织机构时需要牢记的基本原则：

- 一般原则—尽可能减少管理层数（扁平结构）。所有的频谱管理方法都需要计算机技术和先进的软件。频谱管理组织机构中信息要畅通。对复杂的频谱管理问题，需要采取项目小组管理办法。
- 大型组织机构—如果主要问题出在本地，问题所在不同于集中式管理结构的问题所在，那么需要分散组织机构的结构。
- 小型组织机构—尽可能减少管理层次。小型组织机构尤其需要计算机技术和先进的软件，它们应基于信息。复杂问题不应由小型组织机构来解决。

### 1.7.5 频谱管理系统

图1.1包含了功能要求与频谱管理输出之间关系的框图。它假定频谱管理权威部门拥有大量的人员来为所有活动提供支持，并且政府保证，举办所有指定的功能性活动。

此处的第一个问题是：“电信法和相关的规定是否需要所有这些功能要求？”第二个问题是：“频谱管理权威部门是否拥有充足的资源来支持所有这些功能？”举了三个例子进行说明，其中前两个例子适用于多数发展中国家。

有许多方法可以用来确定与功能要求有关的专业人员数量。人员规模应基于功能要求，它们可能基于所在国家当前的电信结构价值。最简单的方法与要求的频率数量有关。表1-1显示了典型的、对三种频谱管理系统的频率指配范围。虽然不可能准确确定各种不同的类别，但该表有助于各国做好功能性频谱管理系统的规划。

表 1-3  
不同规模结构的典型频率指配范围

频谱管理系统	典型的活动范围， 许可证或频率指配	估计的专业人员 数量范围	注释
小型	100-10 000	5-10	
中型	10 000-100 000	10-50	
大型	100 000以上	50以上	典型地，一个发达国家拥有100 000个以上频率指配

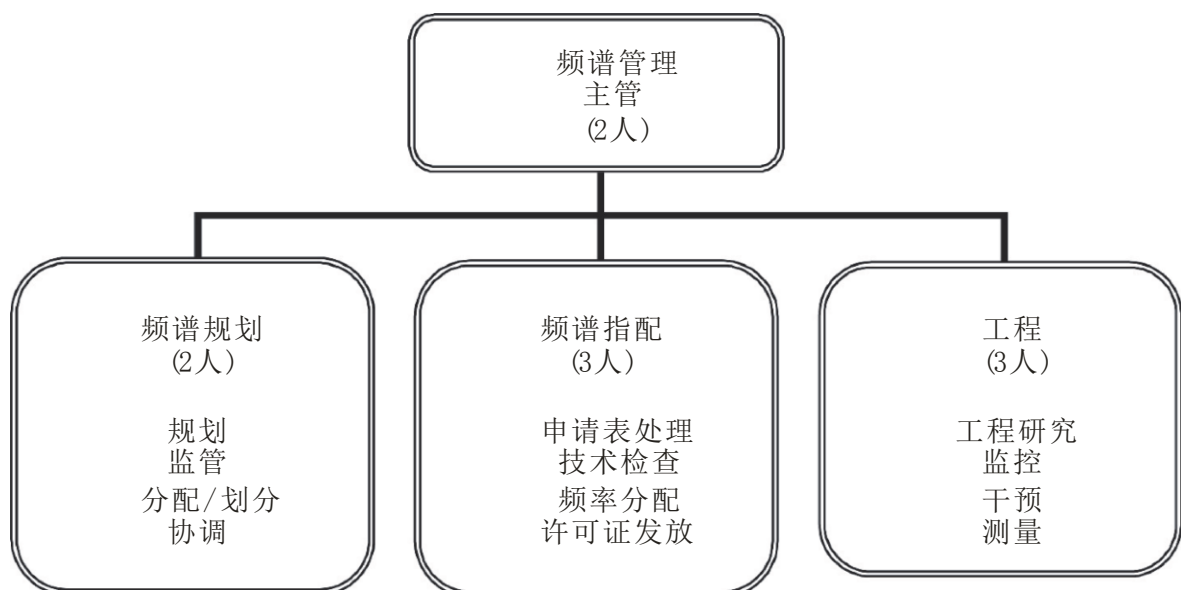
主要活动的典型范围是每个星期处理的许可证/频率指配数量的函数，或是对现有许可证参数的变化。人员规模还依赖于人员的专业技能、教育和技术背景。

#### 小型频谱管理系统

拥有少量电信系统和频率指配的小型频谱管理组织需要5-10名基本的人员。由于实际使用的频率数量可能会大于记录标明的数量，因此需要具备简单的监控功能。这样的人员不具备广泛的规划和工程功能。这种情况下，为了提升人员的功能，可能需要花费一定的许可证费用。虽然不需要一个自动化系统，但需要保存数据库记录，并做基本的工程。

图1.2

#### 针对专业人员的小型频谱管理组织



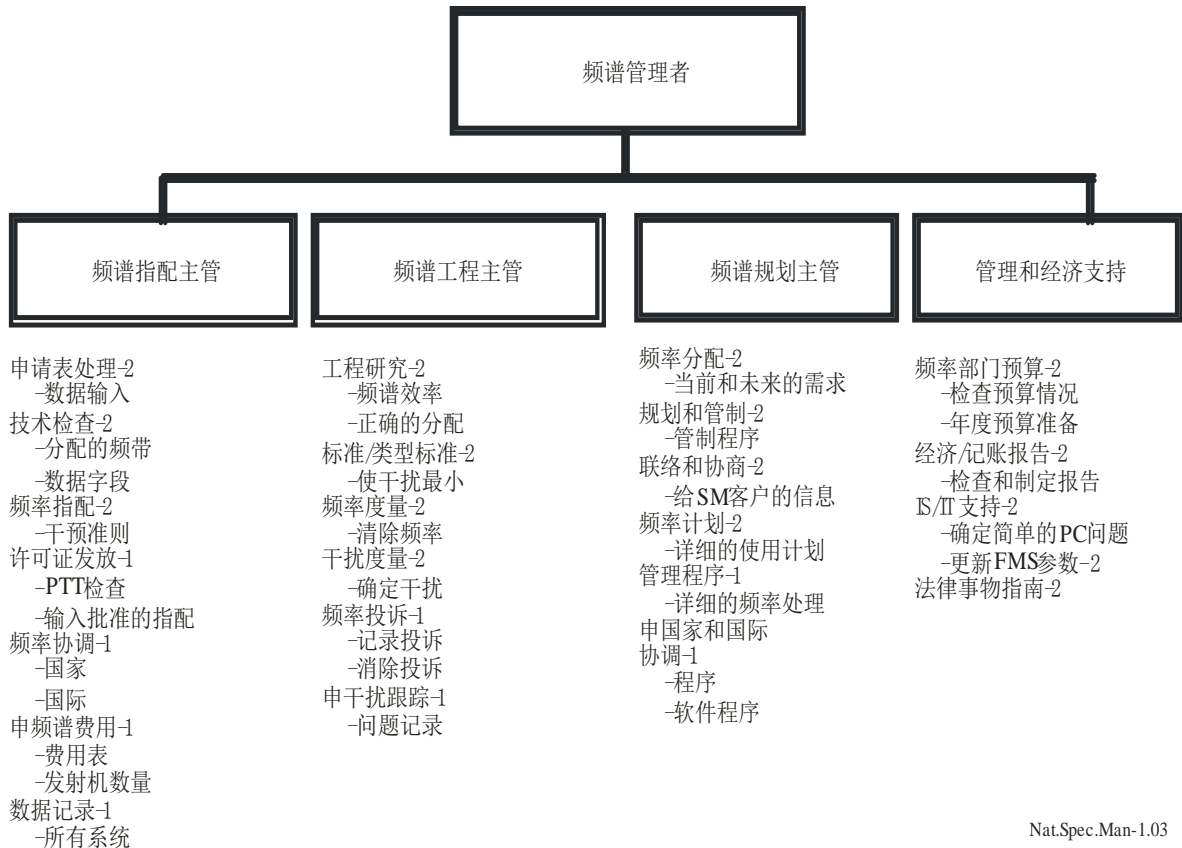
### 中型频谱管理系统

中型频谱管理系统需要10-50名专业人员，以便提供充足的资源，完成之前所述的所有功能要素。可以以许多不同的方式来组织这些功能。图1.3提供了一个例子，它假设总的频率指配记录为75 000，每月大约有1 000个新指配申请。这不包括频谱管理部门所需的所有管理功能。使用该指南，大约需要50（或75 000/15 000）名人员。图1.3提供了一个中型频谱管理组织能够有效执行各功能元素的结构。在该模型中有四个部门，它们之间的关系如下所述：

- 频率指配部门负责完成频率指配任务。技术和工程人员使用SMS4DC进行分析。详细的工程调查不是通常频率指配过程的一部分。如果某项指配需要详细的分析，则该任务交由频谱工程部门来完成。
- 频谱工程部门确保所用的无线电系统是高效、有效的。该部门通常使用一个自动的频谱管理系统，并扩充了度量功能。输出结果支持频率指配和频谱规划部门，并在特殊任务中为频谱管理者提供支持。
- 频谱规划部门制定计划，通过与适当的国家组织机构协调来制定。这常常需要频率指配和频谱工程部门的支持。
- 管理和经济支持部门征收许可证费用，并为频谱管理者执行各种管理和经济规划功能。

图1.3

针对专业人员的中型频谱管理结构



大型频谱管理系统

大的频谱管理组织也应具备上述各项功能。典型的专业人员数量应大于100，总的频谱指配数量应大于100 000。系统需要一个先进的频谱管理计算机系统，它保存所有业务的记录，并为所有频率范围和系统提供工程分析支持。可以按上面所述对结构进行组织，它可以按无线电业务进行组织，或按适用所有业务的基本功能、以矩阵结构进行组织。也可以按其他的组织结构进行组织。

1.8 在频谱管理中使用E政府、质量管理体系和优秀典型

1.8.1 概述

频谱管理机构必须基于效率和有效性在最佳水平上发挥作用。服务于公共利益要求高效地提供频谱授权和许可证发放活动并使无线电用户满意。在近些年中，频谱管理机构越来越多地开始使用在线门户网站，在那里可以通过基于计算机的系统接受和处理无线电频谱分配和指配申请。这些系统通常是E政府的一部分，并且提供在线支付和其他服务，例如发票、授权等。用户满意度量也被频谱管理机构用作优秀典型的一部分（例如，EFQM），并通过质量管理体系来实现。



### 1.8.2 质量管理体系的使用（ISO 9001:2008）

为了保持用户满意，机构需要满足它们的要求。ISO 9001:2008标准提供一个经过试验和测试的框架，以便采用一个系统化的方式来管理机构的各个过程，这样使之始终如一地产生满足客户期望的结果。

ISO 9000标准系列代表了一个优秀的、国际一致的质量管理实践。它包括与质量管理体系相关的标准和导则以及相关的支撑标准。

ISO 9001:2008是为一个质量管理体系提供一组标准化要求的标准，无论用户机构做什么、其大小、或者它是私营的还是公共的部门。它是该系列中的唯一标准，机构对照它才能得到认证 – 尽管证书不是该标准的一个强制性要求。

本章的附件3描述了由一个频谱管理机构所使用的一个质量管理体系手册实例概述。

### 参考资料

FCC, Federal Communications Commission, Title 47 Telecommunications. U.S. Code of Federal Regulations, Part O, Organizations.

MALONE, T.W., SCOTT, M., HALPERIN, M. and RUSSMAN, R. [July/August 1996] Organizing for the 21<sup>st</sup> Century: Research on Effective Organizational Structure for the Future. Strategy & Leadership, Vol.24, 4, p.6-11.

NTIA [February 1991] National Telecommunications and Information Administration. U.S. Department of Commerce, NTIA Special Publication 91-23, U.S. Spectrum Management Policy: Agenda for the Future.

### ITU-R文件

国际电联无线电规则（2012年版）

ITU-R手册                      频谱监测（2011年版）

ITU-R手册                      频谱管理的计算机辅助技术（2015年版）

ITU-R SM.855建议书      多业务通信系统

ITU-R SM.1047建议书      国家频谱管理

ITU-R SM.1049              用于边界区域中地面业务辅助频率指配的一种频谱管理方法

ITU-R SM.1131              全世界范围频谱分配中需要考虑的要素

ITU-R SM.1132              无线电通信业务之间或无线电台之间共享的一般原则与方法

ITU-R SM.1133              广泛定义业务的频谱使用

ITU-R SM.1138              对必要带宽的确定，包括它们的计算实例和发射设计的相关实例

ITU-R SM.1265              国家替代频率分配方法

ITU-R SM.1413              用于通知和协调目的的无线电通信数据词典

ITU-R SM.1603              作为一种国家频谱管理方法的频谱重新部署

## 第1章

### 附件1

## 国际频谱管理和国际电信联盟

### 1 历史

电信方面的第一次国际合作是于1865年在法国创立国际电报联盟。无线电通信方面的国际合作开始于1903年的无线电电报预备会议，但直到1906年在柏林召开第一次国际无线电电报大会才算真正开始。国际电联频率分配表可追溯到第一次无线电电报大会，它将500-1 000 kHz之间的各频率分配给海事业用于公众通信，将一个频段（低于188 kHz）分配给海岸电台用于长途通信，并将另一个不向公众通信开放的频段（188 500 kHz）分配给各电台。

为了推动国际合作，制定了组织结构和程序。1927年，华盛顿大会创立了国际无线电咨询委员会（CCIR），来研究技术性的无线电问题。1932年，在马德里，全权代表们决定创立一个单独的组织，即国际电信联盟（ITU），它由《国际电联公约》管理，《电报规则》、《电话规则》和《无线电规则》是《公约》的补充。就无线电通信而言，马德里大会取得了以下结果：

- 出于频率分配目的，将世界划分为两大区域（欧洲和其他区域）；
- 建立了两个技术性的表（一个为频率容差表，另一个为可接受的带宽表）；
- 以及制定了用于新发射站注册的标准。

1947年，国际电联在亚特兰大市召开了一次全权代表大会，旨在推动组织机构的发展并实现现代化。依据联合国的一个协议，1947年10月15日，国际电联成为了联合国的一个专门机构，并且大会决定，国际电联的总部应从柏林迁往日内瓦。可以在以下网页找到关于国际电联历史的更多信息：<http://www.itu.int/en/history/Pages/DiscoverITUsHistory.aspx>。

### 2 组织结构

作为最高立法机构，国际电联全权代表大会每四年召开一次大会，对国际电联总的政策进行评审，以便达成国际电联的目的。必要的话，全权代表大会对《组织法》和《公约》进行修订，建立财务计划，确定开支的财务限额，选举秘书长、副秘书长、理事会会员国、无线电规则委员会的各个成员，以及三个部门的主任。由四分之一的国际电联会员国（48）组成的理事会每年召开一次会议，制定两次全权代表大会之间的政策和预算。理事会履行国际电联的行政管理职能，批准双财政年度预算以及部门级的行动计划。

国际电联有三个部门：无线电通信部门、电信标准化部门和电信发展部门。

国际电联的活动和决定对国家频谱管理环境具有重大影响。因此，各主管部门对这些活动应有充分的了解，以便参与这些活动，确保其国家利益得以考虑。

参与程度将决定于活动的类型以及主管部门的优先级、兴趣和资源。

频率协调、通告和注册是主管部门的基本任务，其无线电通信业务受到国际保护。该活动可以通过与国际电联和其他主管部门之间的通信来完成，或在卫星协调的情况下，通过双边或多边谈判来完成。

## 无线电通信部门和无线电通信局

无线电通信部门中无线电通信局（BR）的负责人称为主任，由无线电通信局秘书处协助其工作。

该局负责：

- 为世界和区域无线电通信大会、无线电规则委员会、无线电通信全会和各研究组，包括各工作方和各任务小组提供管理和技术方面的支持；
- 运用《无线电规则》和各种区域性协议的规定；
- 记录和注册频率指配、划分以及空间站轨道特性，维护主国际频率注册表；
- 就公平、有效使用无线电频谱和卫星轨道问题向各会员国提供建议，调查并协助解决有害干扰问题；
- 协调准备、编辑和分发部门信件、文件和出版物，这些信件、文件和出版物对完成部门的职责是必要的；以及
- 提供技术信息，就国家频率管理和无线电通信问题召开研讨会，与电信发展局密切合作，为发展中国家提供援助。

## 无线电规则委员会

选举产生的十二个无线电规则委员会（RRB）会员国代表了国际电联的五个行政管理区域，兼职履行其职责，通常每年在日内瓦召开四次会议。

委员会：

- 批准程序规则，无线电通信局在运用《无线电规则》的规定时以及在注册会员国做出的频率指配时要使用这些程序规则；
- 解决无线电通信局提出的、运用《无线电规则》和程序规则无法解决的问题；
- 对无线电通信局应一个或多个主管部门要求而进行的未解决干扰调查报告进行分析，并形成建议书；以及
- 向无线电通信大会提出建议。

无线电通信局主任是无线电规则委员会的执行秘书。

## 世界和区域无线电通信大会（WRC和RRC）

### 世界无线电通信大会

世界无线电通信大会（WRC）制定和修订《无线电规则》文本，以及有关无线电通信业务中无线电频谱使用的国际条约的文本。依据其议程，世界无线电通信大会可以：

- 必要的话，修订《无线电规则》以及任何相关的频率指配/划分计划；
- 解决任何世界范围内或国际电联区域内的无线电通信问题；
- 为无线电规则委员会提供知道，并对其活动做出评审；以及
- 确定无线电通信研究组的研究领域，为未来的无线电通信大会做好准备。

世界无线电通信大会通常每三/四年召开一次。议程由委员会根据上一次世界无线电通信大会批准的议程草案设定。

国际频率分配方面的变化会对现有国家业务的运用造成巨大影响。通过参加区域组织（CITEL、CEPT、APT、ASMG、RCC和ATU）的筹备小组，大多数主管部门都有机会为其参加世界无线电通信大会做好准备。这些区域小组为每个议题准备共同的提案，以及技术和管制背景信息。通过共享所需的技术和管制研究成果，区域性的准备工作可以减轻各主管部门因资源有限而带来的负担。

许多国家建立了与代表政府和非政府无线电用户的成员之间的国家协调小组，以便提供广泛的咨询过程。目标是确定一致的国家地位，精简世界无线电通信大会各个议题的材料。许多情况下，国家地位将足以支持相应的区域地位。

每次世界无线电通信大会后，接下来的活动是要求每个国家执行世界无线电通信大会的决定。作为正在进行的磋商过程的一部分，第一步通常是发表一份结果报告，对现有用户的预期影响和新业务的机会做出适当解释。第二步将修订国家分配表，以便适应业已达成的全球变化，包括使变化生效的时间范围。

### 区域无线电通信大会

区域无线电通信大会（RRC）处理与特定区域相关的无线电通信问题及其会员国的需求。

### 无线电通信全会

无线电通信全会（RA）负责无线电通信研究的结构、程序和批准。全会可以：

- 批准无线电通信研究组提出的ITU-R建议书和研究课题；
- 设定研究组的工作程序，根据需要解散或创建研究小组。

无线电通信全会通常每三/四年召开一次会议，原则上与世界无线电通信大会在同一时间、同一地点召开。

### 无线电通信顾问组

无线电通信顾问组（RAG）是无线电通信部门的一部分，如国际电联《组织法》（CS84A）和《公约》（CV160A-160I）所定义的，具有以下职责：

- 评审部门所用的优先级和策略；
- 监控研究组的工作进展情况；
- 为研究组工作提供指南；以及
- 提出建议措施，推动与其他组织和国际电联其他部门之间的合作和协调。

无线电通信顾问组为无线电通信局主任提供建议，无线电通信全会在其能力范围内可将特定的研究课题交给无线电通信顾问组完成（CV137A）。

### ITU-R研究组

来自世界范围内各电信主管部门、其他组织和实体的成千上万名专家参与了无线电通信研究组的工作，他们负责：

- 制定有关无线电业务和系统的技术特性与操作程序的ITU-R建议书和报告草案；以及
- 编撰有关频谱管理和新出现的无线电业务与系统的手册。

ITU-R建议书草稿可以通过书面或由下一届无线电通信大会批准。

目前，有6个研究组(SG):

- 第1研究组 频谱管理<sup>23</sup>;
- 第3研究组 无线电波传播<sup>24</sup>;
- 第4研究组 卫星业务<sup>25</sup>;
- 第5研究组 地面业务<sup>26</sup>;
- 第6研究组 广播业务<sup>27</sup>;
- 第7研究组 科学业务<sup>28</sup>。

此外，还有以下专门小组向无线电通信全会做报告:

- SC 管制/程序问题特别委员会，主要准备给CPM的一份报告;
- CCV 词汇协调委员会;
- CPM 大会筹备会议，主要准备给WRC的一份报告。

无线电通信研究组提出的建议、报告和其他材料，通过国际电联会员国和准会员国的参与和文献，为频谱管理提供技术基础。它们包括有关无线电通信业务之间共享准则的建议，如《无线电规则》中所定义。每个研究组由一个或多个工作方，在其范围内负责处理问题的一个子集，在某些情况下，可以成立任务小组来处理某个特定的、紧急的问题。

研究组及其工作组每年至少开一次会，通常在日内瓦国际电联总部。由于资源有限，主管部门需确定其兴趣，以使参加活动的目的明确、有效，从而产生直接的国家益处。

## 大会筹备会议

大会筹备会议（CPM）为即将召开的世界无线电通信大会准备一份综合报告，涉及技术、运营、监管和程序等问题。

具体某个技术或运营问题由相应的研究组负责研究。监管/程序事务的研究还可以发生在由CPM确认的相关研究组和工作组中。管制和程序问题也由关于该主题的某个特别委员会负责解决，如果是无线电通信全会或大会筹备会议决定这么做，那么按研究组同样的方式进行操作。

大会筹备会议对研究组和特别委员会提交给它的材料以及任何新的材料进行修改和说明。

---

<sup>23</sup> <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg1/Pages/default.aspx>.

<sup>24</sup> <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/default.aspx>.

<sup>25</sup> <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg4/Pages/default.aspx>

<sup>26</sup> <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/Pages/default.aspx>

<sup>27</sup> <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg6/Pages/default.aspx>

<sup>28</sup> <http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg7/Pages/default.aspx>

## 第1章

## 附件2

## 无线电频谱管理规则和程序国家文件大纲举例

## 1 概述

频率管理规则和程序文件应提供给频谱的所有用户。本手册将向频谱用户提供管制指南，并作为频谱管理信息的有机组成部分。手册包括11章，按以下章节结构进行组织：

- 第1章： 频谱管理组织机构
- 第2章： 负责频率指配的主管部门
- 第3章： 国家频谱管理的目标
- 第4章： 国际协议
- 第5章： 频谱管理中的定义
- 第6章： 频率分配及信道计划
- 第7章： 频率使用申请表
- 第8章： 许可证发放程序
- 第9章： 适用特殊无线电业务和应用的规则
- 第10章： 依赖频谱的设备标准
- 第11章： 频率管理中的监控

## 2 讨论

手册第1章描述频谱管理基础设施。典型地，频谱管理执行独立的监管职权。该组织拥有基本的频率指配和许可证发放责任。本章应包括组织框图及相应的描述。

手册第2章包含赋予独立管制职权部门以频率指配和许可证发放责任的法律和规则。本章应包含电信法律。

手册第3章从电信系统的国家目标角度出发，讨论国家频率管理。为有效实现对未来电信系统的频谱管理，应从国家目标角度对这些系统的优先权进行理解。

手册第4章描述国际电信联盟及其在国际频率管理方面的职能，包括无线电通信局的活动。有关频率使用的国际协议是国家频率分配和划分的基础。

手册第5章包含在国际频谱管理中所用的一系列定义。这些定义（无线电业务、无线电台等级、电台的技术参数，等等）使频谱管理者能表达有关某个频率指配的各种特殊情况，并规定对国际电联国际频率表中所含各指配的共同理解。

手册第6章是文件的最重要部分。本章由国际和国家频率分配以及国家频率划分和信道计划组成。独立的管制职权部门在规划频谱可用性时应使用频率分配国家表。没有特定国家分配的那些频段依据《无线电规则》中相关区域的分配情况进行分配。特殊的国家规定指的是“国家注释”对应的内容，也指适用于国家表的国际脚注。信道计划包括在分配表之后，针对的是那些建议实施信道化方案的频段。这些计划作为频率指配目的的指南。

手册第7章讨论有关申请者请求使用频率指配或授权使用特定频段（如海事移动电话）的过程。描述了独立管制职权部门内的频率指配过程，包括过程的流程图。

手册第8章讨论在用无线电设备的许可证发放系统。通过许可证发放，独立的管制职权部门履行对无线电发射设备进口、出口、拥有、使用的控制。对海事业务和业余业务情况，还要求无线电运营商获得一个许可证。文件附件中显示了各种申请表和许可证的形式。

手册第9章包含有关四个特殊无线电业务等级的规则。这些业务是业余、试验、ISM（工业、科学和医疗设备）和低功率设备。

在许多技术领域的研究开发过程中，需要用到试验性的无线电台。这些电台不履行通信功能，但在开发新的无线电设备过程中是必需的，用于支持科学研究。除了不造成有害的干扰外，在大多数国家不存在适用此类电台的规则。

工业、科学和医疗（ISM）无线电频率设备包括无线电频率稳定的弧焊机、透热疗法医疗设备、无线电频率外科仪器和微波炉等。

典型地，无线电法律不对常规的无线电通信设备和遥控、无绳电话等场合下使用的低功率发射机做区分。在对法律做修订之前，手册应规定用于描述低功率设备的特性，建立有关免除其许可证发放要求的总的政策。

手册第10章应列出独立管制职权部门有关频谱依赖设备的各项标准。这些标准可作为相关实验室测试无线电设备的准则，作为禁止进口许可证应用的准则，以确保符合标准要求。

手册第11章讨论有关对频率管理过程实施监控的无线电频谱监控和独立管制职权政策。



## 第1章

## 附件3

## 一个频谱管理机构的质量手册

**1 范围和目的****1.1 概述**

本附件规定了电信管理局（此后称为SIA）之中频谱和国际事务部的质量管理体系的范围。

本手册控制该SIA质量管理体系的所有活动和程序。该SIA中涉及的这些活动是频谱分配、广播、频谱监测、频谱策略和国际事务。

**排除**

SIA从其质量管理体系的范围中排除了第7.3款（设计和开发），因为在任何设计与/或开发活动中不涉及它，第7.5.2款同样，因为SIA不要求对其任何程序进行确认。

**1.2 目的**

本质量手册的目的是要提供质量管理体系的范围，以及向为质量管理体系建立的记录流程提供参考。质量手册还提供对质量管理体系各种程序之间相互作用的描述。

**2 关于SIA的介绍**

阿联酋（UAE）的电信管理局（TRA）是按照由2003年第3号法令修改的UAE联邦法律 - 《电信法》建立的。

TRA的机构目标源自UAE《电信法》、其行政命令和UAE国家电信政策。这些目标可以汇总为保证整个UAE电信业务的适用性；实现业务在质量和多样性方面的增强；保证服务质量并使许可证持有人忠实于许可证条款；鼓励UAE之内的电信和IT业务；促进并增强UAE之内的电信领域；通过培训、发展与建立相关的培训机构来促进和发展UAE中的电信领域；解决授予许可证运营商之间的任何争端；建立并实施一个监管和政策框架；促进新技术；保证UAE成为地区的ICT中心；发展国家的人力资源；以及鼓励研发。

频谱和国际事务部参与到所有频谱和国际事务中，例如规划、分配、协调、监视和强制执行。SIA有以下部门：

- 频谱策略；
- 频谱分配；
- 广播；
- 频谱监测；
- 国际事务。

SIA由频谱和国际事务常务主管领导。每个部门由高级经理领导。SIA从阿布扎比和迪拜运行。

每个部门的主要目的描述如下：

- **频谱策略** – 有效地规定并管理作为一个稀有自然国家资源的无线电频谱，拟定频谱监管手段（政策、法规、规则、流程、命令、决议等），用于发布并将新的无线技术吸引到UAE市场来；
- **频谱分配** – 涉及为UAE所有用户的所有无线电业务的频谱授权（分配和指配），除了轨道资源和广播之外；
- **广播业务** – 管理和监管所有广播业务，包括“通过地面、卫星或电缆提供的声音、多媒体与数据和电视”，并从技术与监管的角度处理相关的事务和项目；
- **频谱监测** – 对无线电频谱强制执行、测量和有害干扰解决报告进行监视，并指导干扰和其他调查；
- **国际事务** – 作为电信与ICT的UAE管理机构，负责代表UAE在所有的国际论坛与其他国家进行无线电频谱协调，并且管理和规范UAE的空间业务。

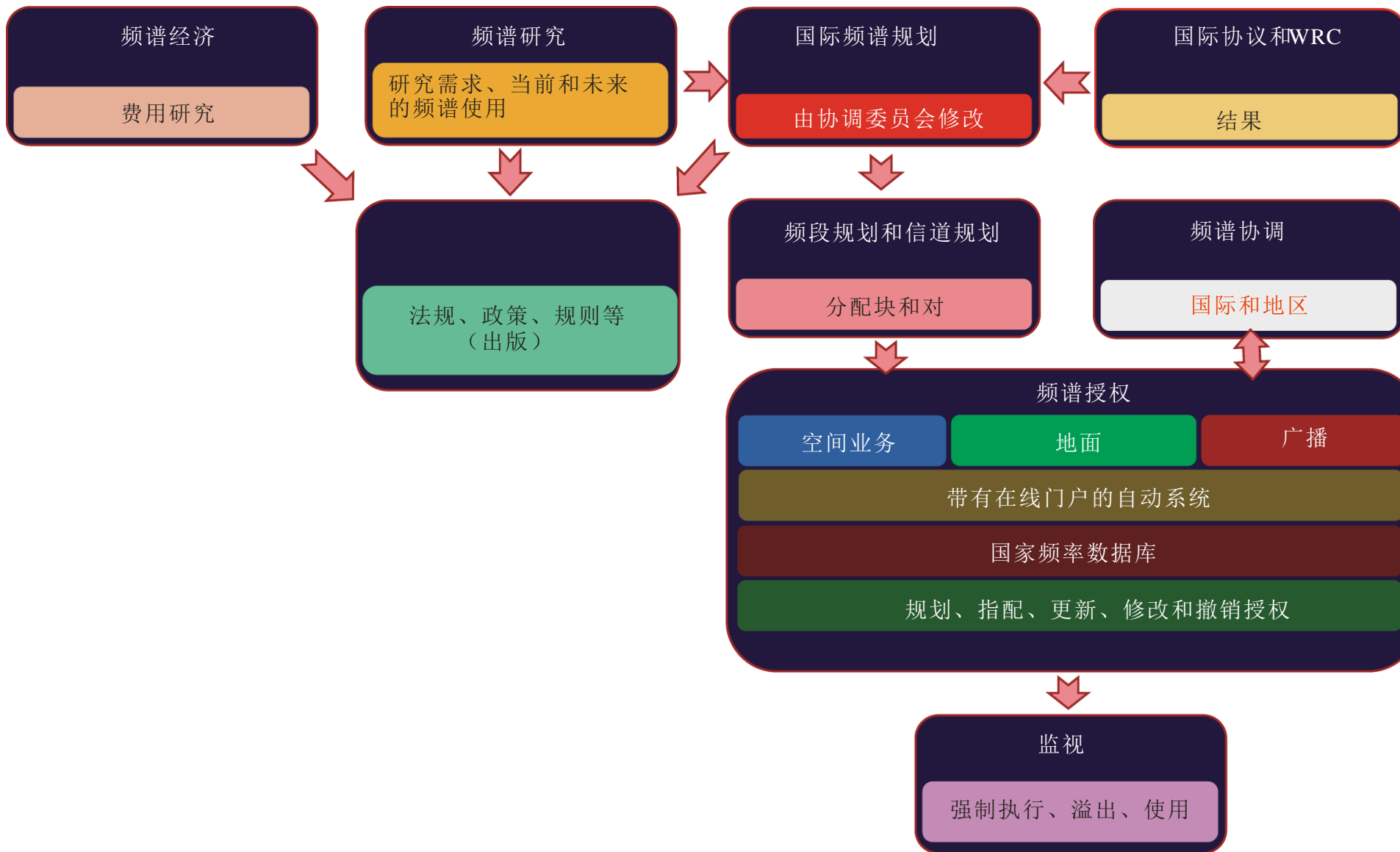
### 3 过程描述

SIA有正在实施的各种过程，用于执行TRA内委托给SIA的所有任务。SIA与TRA内、UAE内的部门和其他国际实体进行互动。下图概述了SIA与之互动的一些实体。



SIA还维持所有频谱授权的数据库。SIA已经与一个供应商绑定，为SIA提供频谱数据库管理的最新工具。SIA还与三个提供商绑定来提供频谱监测工具和设备。

下图描述了SIA各个部门之间的相互关系：



## 4 质量管理体系

### 4.1 总体要求

SIA已经建立、记录、实施、维持并持续改进一个覆盖ISO 9001:2008要求的质量管理体系。SIA已经：

- a) 确定了该质量管理体系所需要的各种过程；
- b) 确定了这些过程的顺序和相互作用；
- c) 确定了保证对这些过程有效运行和控制的检验标准与方法；
- d) 保证了支持对这些过程运行和监视所必需信息的可用性；
- e) 落实了监视和分析这些过程的措施；
- f) 实现了达到计划结果和持续改进所必需的行动。

SIA按照ISO9001:2008标准的要求管理这些过程。

### 4.2 文件要求

#### 4.2.1 概述

该公司已经准备好其质量管理体系的文件，包括：

- a) **质量体系手册：**质量体系手册是一份顶级的政策文件，概括了该质量管理体系的结构和总体原则。它描述了ISO9001:2008各个元素与SIA质量管理体系的相互作用。  
质量体系手册是由QCR – SS准备的，并由QMR修改和由EDSIA批准。质量体系手册的受控复制件被分发给在该质量手册第2页上所给出的受控分发表中的所有相关人员。
- b) **流程：**流程是第二级质量体系文件，包含了对如ISO 9001:2008标准所规定的要求是如何在公司的各种功能中被处理和实施的详细描述。流程是由相关的部门准备、部门领导审查和EDSIA批准。这些流程作用为对所有相关员工的运行指导，从而保证各过程以一个受控和系统化的方式被执行。流程的受控复制件被分发给在每个流程第二页上给出的受控分发表中的所有相关人员。
- c) **质量记录：**质量记录，作为SIA所涉及相互作用的结果而产生，在所有相关流程中被适当引用，并包括数据/记录，例如在执行日常活动时产生的报告、记录表和其他报告。

#### 4.2.2 质量手册

范围及排除责任的细节包括在第1节中，第3节描述过程互动。

#### 4.2.3 文件的控制

该机构已经建立了一个用于控制其质量管理体系中文件的流程。此控制保证了：

- a) 文件在发布之前因适合而被批准；
- b) 文件按必要而被审核、更新过，并被再次批准；
- c) 文件以当前版本状态进行标识；

- d) 在活动对质量运行体系有效发挥作用是必要的而且过程被执行的所有场合都可以得到文件的相关版本；
- e) 文件保持清晰、易于识别和可回收；
- f) 来自外部的适用文件（法规、通知等）被标识，而且它们的分发受控；
- g) 废弃文件被从发布或使用的所有点消除，或者另外受控，以防止无意识的使用；任何出于法律或知识保存目的而被保留的废弃文件被适当标识。

必须注意，所有最新受控复制件被QMR保存。从服务器上下载并打印和不显示任何印记的所有复制件被视为是非受控复制件。为文件控制而建立的流程是“文件和数据控制” TRASIAP21的内部流程。

#### 4.2.4 记录的控制

质量记录被保存并被控制来证明对要求的符合和质量管理体系的有效运行。SIA已经建立并保持了记录标识、存储、检索、保护、保留时间和处置质量记录的质量管理体系流程。为文件控制而建立的流程是“文件和数据控制” TRASIAP21的内部流程。

## 5 管理责任

### 5.1 管理承诺

SIA管理完全致力于质量，并且通过以下来显示对质量管理体系发展和改进的承诺：

- a) 在SIA中的所有部门沟通满足客户以及监管和法律要求的重要性；
- b) 已经建立了SIA质量政策和质量目标，它们是为每个部门分别制定并保证它们被有效部署；
- c) 执行管理审核和保证质量性能每六个月被有效地审核；以及
- d) 保证可以得到必要的资源来帮助实施和维护此质量管理体系。

### 5.2 关注客户

SIA通过积极参与国际电联以及其他国际和国家论坛，来不断地参与到促进最新电信的相关开发中。SIA最高管理层保证SIA在确保准备满足其客户任何当前和未来的要求中积极主动。

### 5.3 质量政策

SIA已经建立一个质量政策。该质量政策通过认知会话、培训、在办公室的适当位置以阿拉伯语和英语显示来进行传达。该质量政策将至少每年一次在管理审核会上进行审核，以确保其持续的适用性。

在下页上作为参考给出该质量政策。该质量政策的原始文件可以在QMR得到。

## “质量政策（频谱和国际事务）”

阿联酋电信管理局的频谱和国际事务部致力于将最高的质量标准应用于向其客户和合作伙伴提供服务中，按照频谱管理的国际最佳实践在指配、分配、监视和协调频谱中采用先进的系统。

该部门还致力于在区域和国际ICT论坛上高效和有效地保护其客户和合作伙伴的阿联酋利益。”

### 5.4 规划

#### 5.4.1 质量目标

SIA已经在SIA内的所有部门建立了质量目标。这些质量目标以可衡量的方式定义，并且基于为每个部门确定的关键绩效指标。对这些目标如在质量目标矩阵中所定义进行定期审核，并与质量政策和持续改进和满足产品要求的承诺保持一致。

#### 5.4.2 质量管理体系规划

SIA已经建立了包括由最高管理层设定的质量目标的各种规划工具。SIA对各种国际和地区论坛的参与也对SIA在TRA内参加的各种活动的规划有所贡献。

### 5.5 职责、权力和沟通

#### 5.5.1 职责与权力

SIA是TRA中负责频谱和国际事务业务的部门之一。在TRA内，支持服务于部中的人力资源部负责定义每个位置的任务和职责。质量体系流程通过程序还描述了与各种质量体系要求相关联人员的职责。质量政策的原件可以从QMR得到。

#### 5.5.2 管理代表

EDSIA已经指定频谱策略的高级经理作为质量管理代表（QMR），无论其其他职责，他已经为质量管理体系定义了职责和权力，包括：

- a) 保证按照ISO 9001:2008的要求建立和维护质量管理体系的程序；
- b) 向最高管理层报告质量管理体系的性能，包括对改进的需求；
- c) 在整个机构中推动对客户要求的认知；
- d) 就与质量管理体系相关的事务与外部各方联络。

#### 5.5.3 内部沟通

SIA已经建立了各个层面和职能部门之间的内部沟通。所有相关职能部门具有各自的电邮地址以及专用的内部沟通设备。此外，已经根据具体情况向所有相关职能部门和层面提供了台式和笔记本电脑。EDSIA还定期与高级经理及其他员工互动，来确保流畅的沟通。部门会议在任何要求的时候举行，以保证所有人员知晓由最高管理层构想出来的各种策略的规划和执行。

## 5.6 管理审核

SIA将通过定期的管理审核来审核整个质量管理体系。管理审核将至少6个月内进行一次。这些审核将保证整个质量体系持续的稳定性、适合性和有效性。审核包括对质量管理体系改变需求的评估，包括质量政策和质量目标。管理审核会的日程将至少在管理审核会之前一周被传阅。

管理审核将至少包括对以下项的讨论：

- a) 内部和外部审计报告的结果；
- b) 客户反馈，包括需要在管理审核中讨论的任何客户投诉；
- c) 过程性能和产品的一致性；
- d) 预防和纠正行动的状态；
- e) 对以前管理审核的后续行动；
- f) 对可能影响质量管理体系的改变；
- g) 对质量政策和质量目标的审核；
- h) 对改进的建议。

管理审核将记录在管理审核会上所作的决定，并且还分配实施这些决定的职责和时间期限。管理审核通过每个管理审核会纪要被记录下来。

## 6 资源管理

### 6.1 资源的规定

根据管理审核和其他管理控制，最高管理层考虑对适当资源的要求，并保证以及时的方式提供它们。在SIA的每个部门中，提名一名质量周期代表。因为SIA是TRA的一部分，客户关系由企业通信事务部管理如何由EDSIA保持客户沟通的相关记录。

### 6.2 人力资源

#### 6.2.1 概述

人力资源的管理被视为是质量管理体系最重要的过程之一。在TRA之中，人力资源部主要涉及保证满足能力要求。与每个雇员能力和培训相关的数据也被保持在人力资源部。

#### 6.2.2 能力、培训和认知

作为TRA一部分的SIA不直接参与所有关于培训、认知和能力的程序中。因为TRA是一个阿联酋政府的一个实体，并且因为推动酋长国化是人力资源部的主要重点之一，阿联酋人根据他们的教育而被录用，并且后续得到在职培训，以建立必要的能力。

在SIA，由EDSIA制定对职位的能力要求，并且如果需要，与相关高级经理咨询。在每年结束或开始时对培训要求进行评估，并与EDSIA沟通进行进一步的推进。然后所有培训需求被安排在一个培训计划表中。在培训结束时对培训服务的提供者给出对培训的反馈。培训对员工绩效最终影响的评估是通过年度绩效评定来完成。

### 6.3 基础设施

SIA已经得到由TRA提供的所有必要基础设施，以适当地减轻其指定的任务。SIA有二个它运行的地点，一个是在阿布扎比，而另一个是在迪拜。已经在良好设计的建筑中提供了适当的工作空间。为所有雇员提供的相关设施包括台式机、工作设备、桌子、格子间等。一旦有任何新的基础设施需求，由EDSIA与TRA的行政部门进行相关的沟通。因为SIA的主要职责之一是频谱管理，因此已经提供了一套频谱管理系统来处理与申请相关的案件。对频谱管理系统进行定期更新由供应商完成。维护也是由供应商定期进行。有效频谱管理的关键问题之一是有效的频谱监测。已经提供了一套频谱监测系统来处理与频谱验证等相关的案件。频谱监测系统的维护是根据“频谱监测系统维护流程”（TRASIAP05）内部流程来进行的。

### 6.4 工作环境

适当的工作换进是影响任何管理质量体系机构的重要因素之一。出于此考虑，SIA保证在工作场所维持一个健康、安全和有益的环境。SIA已经确定并管理达到符合产品要求所需的工作环境。这包括合理的周围工作条件，例如噪声、温度等。

## 7 产品实现

### 7.1 产品实现规划

SIA参与到与频谱管理和国际事务相关的各种活动中。SIA被进一步分成五个部门，即：

- 频谱策略；
- 频谱分配；
- 广播；
- 国际事务；以及
- 频谱监测。

国际事务部和与频谱相关的国际实体互动，并就对频谱策略和频谱分配以及广播的要求和EDSIA进行沟通。还与UAE之内的各种其他实体以及地区和TRA之内的其他部门进行协调。

频谱分配是负责对其SIA客户提供服务的部门，因为它是发布频谱授权的部门。频谱监测部负责为SIA客户迅速地解决所有频谱监测相关的问题。

执行所有规划安排的有效计划是通过以下来完成的：

- a) 为每个部门设定与其过程相关的质量目标；
- b) 为了频谱申请而要求的验证、核准、监视、检查和测试活动以及频谱监测；
- c) 频谱申请处理以及频谱监测与其他部门相关记录一起的记录。

在内部流程中存在对要求的频谱申请认证和其他控制的安排。



## 7.2 客户相关过程

### 7.2.1 确定与产品相关的要求

SIA通过在线SPECTRAweb系统接收频谱授权申请。频谱监测可以通过任何通信方式接收任何干扰投诉或任何其他问题。确定频谱授权要求是通过SPECTRAplus系统按照“包括技术分析和频率指配的申请处理”（TRASIAP01）内部流程来完成的。频谱监测是通过“干扰投诉处理和监视”（TRASIAP04）和“频谱强制执行”（TRASIAP07）内部流程来完成的。对于其他部门，例如广播，“BR-IFIC分析”（TRASIAP03）内部流程给出了与BR-IFIC分析相关的要求。BR-IFIC还由国际事务部进行分析，并且因此，对于国际事务部的BR-IFIC要求也在TRASIAP03中提到。国际事务部还被赋予国际和地区协调的职责，并且参与到各种国际互动之中。已经为“准备国际会议”（TRASIAP02）制定了一个内部流程。频谱策略部参与到监管手段的制定中，这是通过“对SIA监管手段的准备、协调、批准、发布和审核”（TRASIAP06）内部流程来完成的。

### 7.2.2 产品要求审核

SIA审核与产品相关的要求。这个审核是在向客户发布频谱授权之前进行的。该审核程序保证：

- a) 清楚地定义频谱频率要求；
- b) 从相关职能部门得到适当批准。

记录审核的结果和随后的后续行动。它保证了相关频谱授权参数是根据审核结果来修改的。如果在审核过程中发生任何改变，那么虚与SIA内的所有有关人员进行相关沟通。

### 7.2.3 客户沟通

SIA是TRA内的一个部门，而且TRA有一个企业通信事务部，其任务是处理所有客户沟通。SIA不直接与其客户联络，但是与客户沟通相关的记录，包括频谱申请、干扰问题以及任何反馈，保存在EDSIA办公室。EDSIA办公室保存一个客户沟通日志，它们是从企业通信事务部得到的，并且随后转给相关部门，并且跟踪它们，以保证迅速给出一个反馈。

## 7.3 设计和开发

SIA作为一个部门不参与任何设计与/或开发活动，并且因此本条款排除在质量管理体系范围之外。

## 7.4 采购

SIA对供应商的选择没有施加直接的控制，但是它在供应商选择上起着一个重要的作用，这也涉及到与TRA内其他部门的互动。SIA有两个主要的供应商，其性能直接影响到其完成任务的能力。LS Telcom、TCI、罗德施瓦兹和ASCOM网络测试分别是频谱管理系统和频谱监测系统的供应商。LS Telcom、TCI、罗德施瓦兹和ASCOM网络测试被定期评估，并且就这样的评估结果与供应商沟通。“供应商选择和评估流程”（TRASIAP26）内部流程详述了该过程。

## 7.5 生产和服务规定

### 7.5.1 对生产和服务规定的控制

SIA以计划的方式通过相关流程和过程执行其任务。与频谱授权的规范受频谱管理系统的管理。先进的监视系统被用来监视和强制执行频谱的使用。

### 7.5.2 过程的确认

SIA不需要对它所执行的任何过程进行确认，并且因此，它被排除在质量管理体系范围之外。

### 7.5.3 标识和可追踪性

所有频谱授权具有一个唯一标识号，并且能够被用来追踪从申请到最终对授权发布的路径。相关记录被存储在频谱管理系统之内。

### 7.5.4 客户特性

SIA将接收到的所有客户信息按频谱申请的形式划分为客户特性，并且因为标准的实践不分享或不允许此信息与非授权的人员分享。

SIA在保持在分离的数据保持中心的数据库中存储客户详细信息。

### 7.5.5 产品的保管

SIA保证所有频谱授权被适当处理，被加标识和适当包装，以保证保护它在递送中不会受到损坏。

## 7.6 测量和监视设备的控制

SIA将频谱监测系统用于在UAE之内各种位置执行监视。TCI已经提供了一套自校准频谱监测系统，并且因此没有必要进行校准。操作手册和维护手册规定了所有需要遵守的步骤，以保证频谱监测系统按照要求运行。

## 8 测量、分析和改进

### 8.1 概述

SIA对每个部门采用与KPI结合的建议和投诉系统，来有效地监视测量、分析和随后改进过程。

### 8.2 测量和监视

#### 8.2.1 客户满意度

SIA已经确定并建立了对监视客户满意度与/或不满意度信息的过程，来评估SIA是否满足客户的要求。已经制定出一个客户服务调查表，用于确定客户满意度。调查应该至少每12个月进行一次。应该在管理审核会上对客户调查的结果进行分析并讨论。SIA已经为“处理客户投诉和反馈”（TRASIA P25）制定了一个内部流程，包括对进行客户满意度调查的相关细节。

## 8.2.2 内部审计

内部审计过程用作为对任何指定过程或行动进行独立评估的一个管理工具。

SIA为“内部质量审计”（TRASIAP22）建立了一个内部流程。SIA在每年底规划审计安排。SIA让胜任的内部审计员来进行内部审计。审计的结果是一个包含发现的审计总结报告。

发现被分成以下类型：

- 正面发现；
- 观察；
- 不符合。

内部质量审计的结果应该在管理审核会上给出。

## 8.2.3 过程的测量和监视

SIA将适当的方法应用于过程的测量和监视，它们对满足客户要求以及展示程序继续满足其计划目的的能力是必要的。当与计划的结果不符时，应该采取纠正和修正行动按照第8.3节中所给出的相关流程来保证产品的一致性。

## 8.2.4 产品的测量和监视（ISO 9001:2008的第8.2.4款）

SIA将适当的方法应用于频谱授权的测量与监视。频谱授权是在适当批准之后给出的，并且还转发给频谱监测部供其参考。如果需要，还有过程来保证要发布的频谱授权是无干扰的。所要求的测量和监视实施以及符合所使用验收标准的证据被记录。

## 8.3 非合规产品的控制

SIA保证不符合要求的产品受到控制，以防止无意的使用或提供。涉及非合规产品的控制和相关责任和机构被定义并记录在“非合规服务控制”（TRASIAP23）内部流程中。

## 8.4 数据分析

SIA收集并分析适当的数据来评估质量管理体系的适用性和有效性，并确定继续改进的方面。这包括通过测量和监视活动及其他相关来源所产生的数据。基于事实的决定是建立在有效且高效地使用适当统计技术的基础上。

数据分析提供关于以下方面的信息：

- a) 客户满意度和/或不满意度；
- b) 过程和产品的特性及其趋势。

## 8.5 改进

### 8.5.1 持续改进

SIA持续努力，通过利用质量政策、质量目标、审计结果、数据分析、修正和预防活动和管理审核来不断改进质量管理体系的有效性。在每次管理审核会上对质量目标进行审核，重点在改进不同部门的绩效上。

### 8.5.2和 8.5.3 修正行动和预防行动

SIA保证采取修正和预防行动来消除非合规的起因，以防止复发。所采取修正行动的内容应该取决于所遇到问题的影响。

一个修正/预防行动请求可以由任何雇员提出。接收到的任何客户投诉应该视为非合规，并应该提出一个修正/预防行动请求。

SIA已经在“修正与预防行动”（TRASIAP24）内部流程中制定了针对采取修正和预防行动的过程。

## 第 2 章 频谱规划

### 目录

		页码
2.1	引言.....	47
2.2	规划的重要性.....	48
	2.2.1 规划效益与成本.....	48
	2.2.2 频谱规划的定义.....	49
2.3	规划过程.....	50
	2.3.1 建立频谱规划的目标.....	50
	2.3.2 考虑的因素.....	51
	2.3.3 频谱可用性.....	54
	2.3.4 规划选择方案.....	54
	2.3.5 过程实施.....	54
	2.3.6 迭代过程.....	54
	2.3.7 支持无线电频谱规划的计划.....	54
2.4	咨询方法.....	55
	2.4.1 未来频谱/业务需求的调查.....	55
	2.4.2 代表小组之间的相互影响.....	56
2.5	分析法.....	56
2.6	方案法.....	57
2.7	使用趋势.....	58
2.8	辅助法.....	58
2.9	频谱管理系统规划和复审.....	59
2.10	规划实施.....	59
	2.10.1 短期（3-5年内）.....	59
	2.10.2 长期（5-10年内）.....	60
	2.10.3 战略规划.....	63
2.11	关于频谱规划程序的技术问题.....	64
	2.11.1 当前和未来业务的频谱规划.....	64
	2.11.2 技术选择.....	64
	2.11.3 为未来的发展保留频率.....	64
	2.11.4 频谱释放和重新划分.....	66
	2.11.5 有效使用新技术来改善频率的重用.....	66

	页码
2.11.6 信道分裂.....	66
2.11.7 业务重叠和频段共享.....	67
2.11.8 未使用频谱的使用.....	67
2.11.9 特殊考虑.....	67
2.11.10 人口集中度和频谱拥塞.....	67
2.12 改进频谱管理规划系统.....	68
2.13 管理机构或主管部门.....	68
参考资料 .....	69

## 2.1 引言

任何规划都是为了高效地达到下达的或拟订的目标和目的，而将思路和行为进行组织和集中。该项工作对于任何想启动或改善国家频谱工作的国家（尤其是发展中国家）都很重要。

规划可推动行动，而不仅仅是对事情本身做出反应。规划可适用于一个特定时期或某段时间内的事件；也可以是一份常备的文件，定期修订以反映政策或事件的变化。规划可以是书面的或口头的、笼统的或具体的，每种形式都各有利弊。建议采用书面的规划方式。

规划是一个过程，必须在任何有效活动之前，无论是政府行为还是商业行为。问题的立即处理或“危机”处理通常意味着没有更好的解决办法了。频谱规划同样如此。最佳的方法是需要一个长远的想法，给予足够的时间去考虑所有可能涉及到的因素。但是，规划需要建立和确保实施的过程，因为危机情况往往会转移执行长远任务的注意力。短期、中期和长期规划，对于管理频谱以足以满足动态变化的频谱需求是绝对必要的。

如果要频谱资源对国家的目标和目的有足够的支持，无线电频谱的管理和使用就需要通过规划以指明努力的方向并提供配合。频谱规划是制定未来频谱管理的目标以及达到这些目标所需步骤的过程。因此，频谱规划提供了一个框架，使频谱的提供能满足不断发展的、对无线电频谱的需求，而且频谱管理系统本身也得到了发展和完善。通过建立考虑和评估行为过程的基础，规划可以促进决策。频谱规划应支持和服从目前和未来频谱使用者的主要取向和需求。

频谱管理规划的目的是通过以下内容以最佳方式来满足用户的需求：

- 建成有效的频谱管理机构；
- 制定和实施频谱政策、法规和条例；
- 确立促进频谱高效使用的能力；
- 分配频谱给无线电业务和无线电使用者；以及
- 组织、构成和许可特定的系统或业务。

例如，如果移动业务频谱的需求将在5-10年内会增长，则频谱管理的进程应事先预测到这些发展，并确保给移动业务分配足够的频谱来满足需要。为了能够达到这个目标，需要有分析能力、协调程序和支撑数据库来对移动系统的实施提供支持。这些能力需要时间去建立。同时，在未来能提供可用的附加频谱的困难压力在于设备制造商能否生产更加有效的设备，在使用比现有技术更少频谱情况下仍能满足电信的需求。

频谱规划最基本、被充分认可和有效的形式是频率分配表。国家频率分配表源自国际频率分配表，两者都是安排频谱以满足未来需求的根本工作。国际频率分配表代表了认定未来需求、制定无线电大会议程、研究、谈判和达成协议的全部过程之结果，而国际电联会员国的国家规划为该过程提供了动力，形成未来议程建议、研究频率共用以及提出分配和相关规定。然而，国家规划是根据国际协定之框架并通过国家分配表和相关规定对国家规划的修改和实施而制定的。

本章包括了频谱规划的价值、相关定义、规划原则的确立、规划程序本身以及做规划所基于的数据资源和采用的技术。

## 2.2 规划的重要性

频谱的应用对促进经济增长、公民福利和参加国际社会是非常重要的。进而，无线电应用的水平和种类也在迅速地扩展，而且由于较高频率内的无线电传播的特性，许多新的需求可以向较高频段上转移而得到满足。在许多情况下，频谱管理人员正在越来越多地采用复杂的工程解决办法，允许在同一地点相邻或重复地使用频率，这就增加了频谱管理机构和人员的负荷。在某些情况下，提供新的应用意味着移开或改变已有的应用，成本常常是非常昂贵的。相关可能费用在本章中有表述。

频谱是一种非常灵活的资源，如果事先有足够决策时间，新的频谱需求是可以得到满足的。预先确认频谱的冲突将有助于确保廉价的或有效的解决办法，同时能继续鼓励通信的增长。需要适时开发先进的频谱管理工具以找到这样的解决方案。由于设备的价格昂贵和复杂性，对通信设备的开发或购买通常需要长远的考虑。因此，频谱管理规划和有关频谱决策应是多年有效的，在满足一些用户的同时也否定了其他一些用户，或者增加了对现有用户的潜在干扰，而后要寻找技术或行政的解决办法。国家战略目标的勾划可以给频谱用户和设备制造商提供一个未来成功应用频谱技术的框架。

如果要从无线通信系统的实施中得到最大的社会经济效益，制定一个好的规划是十分必要的。频谱规划可以促进无线电通信增长。规划的重要性将随着频谱需求的增加而提高，频谱管理工作会转变成预防干扰和为不断增长的需求寻找频谱。在全部活动范围，管理人员很容易把主要注意力放在当前的问题上。

为了处理当前的问题，经常会遗忘对规划的关注，好像规划总是可以被推迟的。然而，为了促进经济增长和满足今天的需求，需要高质量的频谱管理系统，当然少不了这样的规划。在商业或政府中的少数领域可冒险不做规划。

### 2.2.1 规划效益与成本

任何规划工作都是通过为未来做准备或指导未来获得最大的收益。对待一个缺乏指导方向的混乱环境，或者迅速或频繁地被迫改变指导方向，都会花费很高的成本、浪费时间和失去机会。把为某一频段设计的设备移到另一个频段（重新安排频段），一方面其代价是极其昂贵的，另一方面如果规划得好，可以通过较早采用更好的和有效的频谱技术而节约成本。低效的、充满干扰的、拙劣规划的业务可能会降低经济的增长并影响发展。由于缺乏可用频谱或适当的管理规划会导致系统实施的推迟，可造成该系统推广商的巨大损失和系统运营中的利益损失。

与任何其他任务一样，完成规划任务也需要提供足够的资源，包括收集、审议和维护保存信息、咨询用户和国际代表、协调立场、起草规划以及谈判协议所花费用。然而，对频谱长期规划的主要争议不是履行职能的费用，而是由于频谱的使用和技术是动态的，只可以制定交互式 and 短时间的决策。于是，反对规划者进一步推论出，由于规划不可避免地存在缺陷，必将为不正确的规划付出代价。反对规划者还可以继续争论说，频谱管理在过去没有长期规划时也可以正常进行，而且由于规划可能不准确，对某些业务分配了频谱，但（由于技术或经济上的困难）业务并没有像预期的那样发展。这些分配在理论上是不可更改的，而且一旦建立了一定水平的业务且服务提供商及其用户在设备上进行了投资时，在实际中也很难改变。

随着规划从短期变成长期，规划的前景也越来越有问题；不过，拒绝规划不是一个正确的解决办法。对以前的应用花费很大的短期改动似乎正是规划失败造成的。在新的应用和新



的业务不适应较高的频率（仍存在可用频谱，而且在一定时期内还会有）时，频谱管理人员只有唯一的一个选择，就是移开以前不受频率限制的应用和业务，为这些新应用和业务让路。当新的应用表现出很有价值并且会提供业务和经济快速增长的机会时，改变原有应用的压力就特别大。如果频谱管理人员事先未提供足够的时间进行改动，这些决策准则就会把许多用户和相关的投资置于危险之中。如果规划事先不提供这一时间，那么新系统的实施就会放慢。

另一个对长期规划的争议是，假定一部分频谱管理人员在得到更好的信息时没有能力更新规划。实际上，对任何规划程序，尤其是对长期规划，必须有计划地定期审议和修订。

如果规划变得刻板和教条，就没有用了。在一个像无线电频谱管理这样的动态领域中，此类规划应避免局限于特定结果、不可逆转的决策，而应经过一个较长时期的调查，寻找达到频谱管理目标的途径。任何对长期规划的约定应包括对修订程序的约定，管理人员应根据发展定期审议规划。

频谱管理人员仍担负着为公众共同拥有频谱资源规划新应用的责任，而规划应当更多地涉及改善频谱的管理和应用，而不是扩大管理权限。在频谱规划中，频谱应用和管理的某些方面可能涉及到总的政策，而有些方面则需要更具体的步骤来描述。在频谱管理中，更大的灵活性可以为革新和改变方向提供余地，但为了获取这种灵活性而采取的方法也必须予以规划。因此，频谱管理过程的灵活性是频谱规划的正确组成部分，特别是对发展中国家来说，比如频谱规划的制定和实施更多地依靠市场原则和用户。

### 2.2.2 频谱规划的定义

对频谱规划的理解需要在名词术语上有大致的一致性。频谱规划可以按时间（短期、长期和战略）和覆盖领域（频谱的使用和频谱管理系统）来分类。在表2-1中所列的所有定义是用来在这里做讨论用的。相似的名词术语在其他领域中可能有不同的应用。

业务或网络规划最好留给服务或网络运营商来做，因此在本手册中不再进一步论及。

表2-1

#### 定义

短期规划	考虑在3-5年内需要解决的问题或拟实施系统的规划。
长期规划	考虑在5-10年内需要解决的问题或拟实施系统的规划。
战略规划	确认数量有限的关键问题，在10年以上需要在频谱管理中集中关注解决的规划。
频谱使用规划	频谱使用问题的规划，即分配、指配、标准等。
频谱管理系统规划	包括频谱管理技术、分析方法、组织、资源、计算机实施等的规划。
业务或网络规划	具体系统的特性和操作的规划。

## 2.3 规划过程

频谱规划过程涵盖了直接管理频谱如何使用的任何行为或决策，这包括诸如分配、政策、划分、指配、规则和标准。在这些方面的每一个行为都决定频段将如何使用，无线电业务如何实现以及在某些情况下哪些技术将被采用或者是否由市场来确定什么技术占主导。国家频率分配表作为频谱使用的主要规划，其他规划都处于从属地位。

频谱分配、划分和指配以及制定频谱标准是频谱管理的重要方面。制定规划以表明并满足变化了的频率使用，可以大大地促进无线电业务的实现以及有助于国家发展。频谱使用规划应把频谱使用、新技术、现行分配表没有做出规定的新业务、改变使用的用户规划、突出拥挤的具体频段或地区以及最终可能改变由世界无线电通信大会所形成的频率划分或分配规划等作为考虑的主要因素。

频谱使用的范围可能受到其应用时期的限制，受到所考虑的频率范围或业务的限制，或其他一些具体问题的限制。长远规划一般涵盖更大范围的主题，比如，要考虑世界无线电通信大会的成果。频谱使用规划中要考虑的资料必须包括当前使用的数据、频谱分配、频谱指配和技术、未来使用需求以及可供使用的频谱。对频谱使用需求有价值的分析必须要评估非技术的经济和政治的因素。当技术解决方案能满足所有经济和政治准则时，规划才容易形成。经常是，必须考虑所有方面，比如，政治的、法律的、经济的、社会的、生态的和技术的方面，必须做出最后的决策并且使规划协助主管部门达到其目标。通常这些规划的制定要符合新的国家频率分配、政策或者条例和规定。在许多情况下，规划作为实施的里程碑而呈现出来。这种规划并不是一时全部实施而是允许有机会进一步修改。可能影响频谱规划因素如表2-2所示。

### 2.3.1 建立频谱规划的目标

确定和建立频谱规划的目标是规划过程中的必要部分。这样做需要研究如何优化使用无线电频谱。该项研究包括现有无线电业务的可能增长以及新业务和新应用的采用和增长。另外，还应考虑工业、商业、政府和广大大众使用频谱的变化。采用地方和国家政府机构相关行业（大的和小的），以及所有分散在各地感兴趣者的各方文件来确定和建立目标是很重要的。应对当前国家频谱规划进程及因素做出评估，以确定政府和行业所看到的强势和弱势。该评估结果将作为制定频谱规划目标的基础。

表2-2

可能影响频谱规划的因素

<p><b>政策和法律因素</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>国家无线电通信法</li> <li>制度规章的需要</li> <li>国际频率分配（电联）</li> <li>区域频率管理机构</li> <li>国家频率分配程序</li> <li>周边主管部门频率管理程序</li> <li>标准化政策</li> <li>电信基础设施</li> <li>行业问题</li> <li>用户需要</li> <li>治安和公众安全</li> </ul> <p><b>经济因素</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全球化</li> <li>整个经济发展</li> <li>设备和业务资费 and 价格体系</li> <li>市场需求和销售问题</li> <li>服务提供商使用的程序和惯例</li> <li>频谱拍卖或收费</li> <li>新业务和新技术的经济影响</li> </ul>	<p><b>社会和生态因素</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>由社会体制变化带来的需求变化</li> <li>由日常和毕生工作时间变化带来的需求变化</li> <li>公众对无线应用的接受</li> <li>电磁污染和射频干扰</li> <li>公众厌恶大天线结构和场所的激增</li> <li>太空碎片</li> </ul> <p><b>技术因素</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>用户流动</li> <li>基本技术</li> <li>微电子</li> <li>电信中的数据处理</li> <li>设备元件</li> <li>功率供给</li> <li>电池</li> <li>通信媒介</li> <li>编码（信号和信道）和调制技术</li> <li>扩频技术</li> <li>分集技术，比如时间、频率、空间</li> <li>天线设计或优化</li> <li>天线特性，比如方向性或适应性</li> <li>减小天线方向图的旁瓣</li> </ul>
---	--

### 2.3.2 考虑的因素

基于可能影响频谱使用的技术、法律、社会、生态、政策和经济诸因素，在任何规划界定下，频谱规划都可以决定未来无线电业务各种的国家频谱需求。为了满足频谱使用需要，频谱管理者必须首先确定当前和未来需求<sup>29</sup>，以及可用频谱之后，它们才可能决定如何最好地满足这些需求。频谱管理者必须掌握大量的信息进行分析，据此对规划做出预测和决定。为了方便对频率或频谱资源做任何必要的重新分发（包括调配），必须及时地对未来需求进行验明。在频谱能有效得到管理前，要有一份频谱使用者的清单以及知道有哪些频谱可供使用。这些资源取决于：

<sup>29</sup> 术语“需求”将成为当前和未来的频谱需求的一个通用术语，包括了所需能力、系统及其特性以及相关所需频率的概念。

- 频谱使用者的数量（比如，随电台数许可的频率指配数量）；
- 无线电台的相关特性；
- 无线电台的某种相同精确度的地理分布；
- 无线电台可能的相互影响。

### 国家频率登记表

信息通常来自于国家频率登记表，但也可由其他来源提供的信息予以补充和集成，比如，电联国际频率登记表、国家监测、检查记录等。对频谱使用指标价值计算的数据库可作为补充的重要来源。根据进行规划的种类，频谱使用数据库将有不同程度的帮助。

国家频率登记表应作为评价现有使用情况的主要来源。为制定影响频谱用户的决策，登记表必需提供一定水平的技术和管理信息，仅由频率、用户名和地址组成的一份登记表是不能提供研究更多问题所需的足够信息的。设备所具有的操作功能的相关信息、涉及系统实施的成本和详细的技术特性常常是决策过程中的主要因素。在必须考虑国际使用的情况下，国家频率登记表需要由无线电通信局的《国际频率信息通报》（BR IFIC）来补充。

### 监测

通过频谱监测得到的有关频率实际使用的信息可用来作为国家频率登记表的补充。频谱监测由频谱占用测量组成，能使频谱管理人员确认与指配记录有关的实际使用的水平，或者在没有登记表可用时提供信息。

在估量频率使用水平时，应考虑业务类别。对一些公共事业用户的测量存在特殊问题，例如，由于政府机构在紧急或国防业务中的作用，日常使用的测量对于反映对这些频谱的要求没有太大帮助。因此，通过监测方法来估计频率的使用情况时应当小心，而且应根据其他有关预计使用的信息进行严格检查（见第4章）。

### 与其他主管部门交换信息

规划活动的结果经常会影响境外的频谱用户。在那些情况下，规划活动可包括同邻国或国际团体的协调信息和正在考虑中的规划，来自各主管部门的信息会不同。在某些情况下，信息保密的问题使得获取相应信息变得更加困难。

### 一般咨询调查

国家频谱管理人员也可以将调查作为一般咨询方法，通过其收集信息、公众调查可让频谱管理人员收集专门主题的广泛信息，如频率范围和无线电业务的提供。调查可以通过采用公开的过程进行，既可通过一份书面的公开问询表或一个公开的论坛，或者通过一个限制性更强的过程，直接与国家专门小组咨询来收集信息。这些小组可以是常设委员会或为某一具体目的专门答复调查而召集在一起的小组。不论怎样，调查应就有关特定规划决策的主要事项提出课题。

### 未来频谱使用

任何频谱使用的规划都应考虑未来的国家及国际对频谱的使用。显而易见，指配登记表和监测不能作为这种信息的全部来源，尽管由这种来源或对试验使用的监测所提供的信息交换可用来补充信息，以产生某些评估结果。

## 国际趋势

由于许多无线电系统在世界范围内的实施，国际趋势对涉及未来使用的规划是相当重要的。如果涉及广泛应用的设备，任何国家都没有任何道理制定自己的特殊规则，例如制定一个信道规划，这会造成只能使用那些按照不同标准制造的设备。这些趋势可以通过专业文献或者通过其他国家的商业或政府代表直接协商，或者通过参加ITU-R研究组和世界无线电通信大会来加以确认。

## 频谱使用预测

另一种想了解未来频谱使用情况的方法是通过预测。预测是指在规划的基础上估计频谱需求的过程和方法。预测能预告新技术采用或频谱需求的趋势，并且评估它们的影响。频谱管理人员可以采用经验法和事实判断的方法进行预测。

由于大多数规划包括了对未来的某些估计，所以频谱管理人员要判断预测是结构化良好的和明晰的，还是含蓄的并基于未明确说明和证明的假设。结构化方法的优点是它们可以讲授，结果可以重复。而且，采用这种方法，依据的假设和数据得到清楚的阐述，采用的分析方法可公开进行检验。因此，适用于这种预测方法的限制条件和资质条件更容易理解。迅速和不好预测的技术变化经常成为频谱预测中不被采用的理由。但是，技术的突破很少在没有某种先兆的情况下发生，而主要的变化通常是逐步发生的。

四个主要的预测信息源均可用于频谱规划，它们是专家输入、趋势分析、技术跟踪和其他国家的经验。这些主要来源可提供给大多数主管部门。专家输入包括对所预测的无线通信领域的专家进行的咨询。该小组越大，对方法控制得越好，则反馈结果越好。他们的答复基本上是直观的，但这些专家的预测能对未来频谱活动提供很多见解。趋势分析一般为由过去向未来的经验性推断。这种方法尤其适用于考虑一个地区频率指配的增长和预测何时采取行动以防止频谱拥挤。经验的趋势可从其他数据中研究得到，例如设备的技术特性，如传输带宽。在有些模拟陆地移动通信频段内，设备的工作带宽会随着新的发展成倍数逐渐减少。这种减少的速度可在分析是否随增长的需求而需要增加频谱时加以考虑。如果减少带宽的能力能继续下去，或者采用更有效的调制方式，就不需要为此增加额外的频谱。技术改进的跟踪也可以预知未来。现在正在发展中的技术很可能在几年内将出现在市场上。紧跟这些技术在商业出版和学术讨论中的发展，以及加强与已出现这些发展的国家主管部门的联系，可帮助频谱管理人员考虑这些发展对本国频谱使用的影响。

要使预测技术适应频谱规划进程，需要仔细界定频谱管理人员预测的责任范围。由于频谱管理人员一般不开发通信技术，其主要作用是对当前和将来用户对频谱管理的需求做出反应，以使频谱使用的长期规划符合国家利益。据此，预测在很大范围内应以分析用户对频谱需求为基础。尽管有明显的效用和依靠这种方法的实际需要，接受用户的预测还是有风险的，因为他们可能常常为获得更多的资源而夸大其辞。用户预测一定是为他们自己的目的服务的，而频谱管理人员应仅依靠那些提出预测方法和假设的用户预测，并对预测中可能出现的错误进行讨论。

为了产生更有用的预测，频谱管理者可以把他们自己的预测观点加入到用户中。尽管对于频谱管理者预测个别客户的增长可能不合理，但是用户预测的累积，随着基于频谱管理者评估的调整，能够在频谱分配上提供宽泛的见解、未来的需求和帮助。另外，频谱管理者能够基于所有用户的频谱使用数据，研究可以量化的趋势。

从某种程度上讲，所有的预测都有风险，但是如果考虑了结构良好和经过细致分析的预测，可以完善对未来频谱需求的决策。对使用情况、技术、拥挤状况等的预测对管理进程，特别是对频谱分配的决策会很有帮助。

### 2.3.3 频谱可用性

本着满足起初认定的频谱需求之目的，必须确定针对国家所有无线电业务的频谱可用性。输入文件主要来自于主管部门本身，也可来自于国际电联《国际频率分配表》、国际电联规划以及任何对现有区域性频谱规划的研究结果。

### 2.3.4 规划选择方案

根据确定频谱可用性所得到的数据，为了达到满足频谱需求的目的，必须制定合适的频谱规划选择方案。任何对制定频谱规划选择方案的分析都需要考虑技术、法律、社会、生态、政治和经济的因素。该分析还要估计到提供给现有和未来无线电通信环境与/或分配服务的各种机会。在现有国家频谱分配中无线电通信无法满足的那些业务需求，要根据这些分析以及提供的其他任何频谱监测结果，制定频率分配方案并估算任何重新分配与/或转移现有频谱用户的相对成本。

### 2.3.5 过程实施

对各种频谱规划战略的实施，可认为是不断发展的过程。新业务的采用可能需要改变频谱分配表以及修改国家和国际电联规则。对国际电联规则的修改要在定期召开的世界无线电通信大会上进行。

### 2.3.6 迭代过程

先前的决策可以定期进行反复评估或由特殊事件引起，如有必要，可根据最新信息进行修改。因此，规划过程是一个不断开发的过程和数据处理过程，而不是线性过程。保持所有变化的记录可以提供长期规划制定的过程。

### 2.3.7 支持无线电频谱规划的计划

为了支持频谱规划，管理部门可以为连续应用或一定时间段（年度或更长时期）设置和制定计划，来确定频谱的实际使用，以对规划进程提供反馈。

审核指配的频率。对指配频率的修正构想和实施一个持续的计划是方便的，以确定正在对频谱指配所给予的真实和有效使用。这个计划的目标应该集中于：

- 验证涉及指配频率的所有信息并使其标准化；
- 确保指配的频率被恰当地使用，并且这样的指配被包含在自动频谱管理和控制的数据库中；
- 按照对使用频谱的许可证，证实指配频率对电信业务的分配和电信活动的进行是必要的；
- 确保频谱指配遵守了现有的法规；
- 以适当的管理等级和关于设备技术、位置和详细技术参数的信息更新国家频率注册。

计划对无线电频谱的测量。设计和实施一个频谱监测计划是方便的，它可以按年执行，以确定授权的无线电台的技术参数。此计划的目标可以集中于：

- 确定该无线电台是否按照许可证的参数运行；
- 分析频谱的占用率及在一个特殊领域或地区重新指配与/或重新划分无线电频率的便利性；
- 帮助防止或解决无线电频率干扰；
- 不断审核和更新频谱规划程序，以便对其优化并使其更加高效和有效。

出于特殊目的的频谱目的计划。管理机构应该有计划来为特殊使用确定频段的目的。最重要的目标之一是为国家安全和第一响应者分配频段。此计划应该集中在：

- 为国防确定频段；
- 在本地和国家层面上制定并持续更新计划分发渠道和频率计划。

类似地，响应管理机构来为新技术制定规划。

频谱重新划分。为频谱重新分布构想和实施方案是方便的。此计划可以集中在：

- 确定无线电频率的新使用；
- 分析在一个特殊领域或地区的现有和重新划分频谱的占用率；
- 确定应该对哪个频段按照国际趋势、国际电联无线电规则、国家需要和技术发展进行重新划分。

## 2.4 咨询方法

咨询方法基于这一前提，即频谱规划者可通过合作举动，尽可能包括频谱用户、服务提供商和设备制造商在内，达到合理准确和经济地决定长期频谱需求和使用。这样，考虑到来自频谱管理人员的具体分析和直观材料，咨询置更多分析和预测的责任重担于最具厉害关系的人身上。因素分析的详细情况取决于使用群体。考虑到无线电通信行业迅速变化，这种方法是频谱规划人员最节省的选择方案。

### 2.4.1 未来频谱/业务需求的调查

咨询随着起初公开通知或通告而开始，通知所有感兴趣的各方，频谱规划或者在某些情况下专门战略部分的规划要准备制定并且要求得到有关规划的所有信息。通知应公开和广泛散发，最好在广大读者所知晓的官方出版物上公布。通知的公开性对于得到潜在系统操作者的反馈是重要的。限制它的提供将限制其回应。但是，在一些不存在这种官方出版物的国家或者在时间有限的情况下，利用正在工作中的顾问机构将是获得信息的有效途径。在某些国家，这种咨询可以由分承包商或者为这一专门目的设立的顾问机构来进行。

必须确定调查的范围以及答复的时间表。期待的答复可来自于频谱使用集团、无线电服务提供商、设备制造商、政府组织包括军队以及一般大众。频谱规划者可要求答复以书面形式或者通过直接对话。为了寻求公众事务活动中的完整性和公开性，通常直接对话需要将书面报告在官方调查记录中存档。在任何情况下，收到这些团体的答复作为确定频谱需求以及帮助做出频谱规划的决策。

如上所述，许多团体在咨询过程中提供信息。用户集团是电信业务的终端用户，他们在以最低费用接受最好的服务方面具有共同的利益。这些用户集团可能提出新的或扩展了的无

线电业务的需要。无线电通信服务提供商是那些提供终端服务的商业团体。服务提供商根据它们自己的考察了解和商业洞察力期待着业务增长。这种业务增长往往反应对增加频谱的需要。无线电设备制造商在无线电系统增长时具有投资兴趣，并且能提出适合于拟用无线电业务的各种频段的技术意见，以及预测可以改进频谱有效利用的先进技术。

政府用户，无论是国家层面的还是地方层面的，都有满足未来无线电通信系统的频谱需求。虽然商业服务能满足一部分政府的需要，但是，许多服务可能是独特的，为此需要专门的频谱和专门的无线电系统。也许是某些系统在一定程度上涉及国家安全，这些系统将不被公众所知晓。这种情况必须得到管理机构的保护。

咨询进程的主要对象是那些最能估价其频谱需要的用户服务提供商和设备制造商。因为他们经营业务或者履行政府职能，所以他们必须能够评估其需要、成本和用户需求，或者他们在其业务或行业中是否成功。因此，社会和经济的因素必须由说明其要求的参加者来进行研究和确定。

因为由那些需要频谱的用户来回答问卷，所以可能出现一种可以理解的夸大其频谱和业务需求的倾向，因此，国家频谱管理人员可利用相互对话和他们对使用趋势的分析来确保足够的准确性。

#### 2.4.2 代表小组之间的相互影响

正式协商进程可通过几个步骤迭代进行。感兴趣的各方之间的相互影响可通过对公开问卷的正面回答和反面回答而产生，这就增加了需要完成问卷处理的大量时间。许多情况下，该时间是无可估量的，因为它给国家频谱管理人员足够的考虑问题的机会，进而，它确保所有的意见得到记录并予以考虑。

考虑到相互影响的最大化以及加速处理某些情况，同答复小组的主要代表（如果有的话）在问卷期间见面也许是合适的。这种相互影响为用户服务提供商和管理者之间建立对话提供了机会，以使工作意图变得清晰，并且减少或者消除夸大频谱需求的可能性。把每一个需求与其他需求（新的和老的）连同考虑，把事实根据带到频谱谈判中去并最终获得规划的结果。许多情况下，当他们同其他人一起工作时，这种对话有助于辩护者修改他们的要求。

有开放主题工作组这样的倡议，其中感兴趣的各方可以为了准备世界无线电通信大会向管理机构提供信息和观点，表达他们在频谱使用和可能的未来需求上的倾向，除此题目之外，可以帮助管理机构尽可能多地收集在做决定过程中需要考虑的信息。

一些主管部门现在正使用各种互联网工具来促进意见的交流与/或扩大与原先非代表利益共享者的协商，比如，政策/规划发展论坛、网上倾听以及公布收到的意见。

#### 2.5 分析法

分析法是指对影响预测趋势诸多因素的详细分析、分析的假设和肯定，转变成在可用软件辅助下可通过数学方法计算得到的综合数据。使用如蒙特卡洛分析法对这种方法大有帮助。这种有分析和数学组成的方法具有下列优点：

- 一个基于详细数据的全面而完整的方法用于生成和记录结果；
- 因素影响的数据是对往年统计得出来的，未来年份的数据可从这些统计数据中推断出来；



- 每一因素影响的份量可利用考察与/或其他研究材料（例如，对外部研究的评估、技术报告和广告宣传材料）来确定；
- 任何改变有关预测结果的各个因素影响的作用能够立即得到确定；
- 分析法没必要要求得到来自于频谱管理组织之外的大量输入材料，但可利用现有统计资料而获得采用；
- 详细的和全面的分析法将使用可靠的统计数据，以产生一个相对客观的结果。

分析法的实施需要采取以下五个步骤：

步骤1：对当前情况的彻底分析；

步骤2：对因素的合理假设（见表2-2）；

步骤3：方案的制定（见第2.6节）：

- 一个可靠的方案或者敏感的分析要尽可能的预测到，并指出任何不确定的因素以及它们重要的原因；
- 下一步方案集中在最不能确定的因素；

步骤4：对方案的评估：

- 其完整性、因素的有效性及其风险、好处和重点；

步骤5：提出一套结论性的输出材料。

## 2.6 方案法

一种方案是一系列事件的假设，它基于过去发生的情况以及与特定领域有关的已知发展（比如，一个国家人口增长趋势），或者与以某种方式相互关联的特定时期有关的已知发展。方案本身不是预测，而是传统预测的补充，这种补充是通过提供一个特殊有兴趣的系统，对每一情况一系列可能记录实现的。

然而，在规划的范围內，方案可用来帮助预测可能的发展。方案适用于：

- 增加预测的可靠性和对风险的说明（可靠性）；
- 认定可能的战略选择。

方案是基于影响的主要因素，比如，政治的、法律的、经济的、社会的、生态的和技术的因素（见表2-2）。它可随因素不同的结构和估算可能性程度进行系统性制定。

许多因素对于方案的全部或大多数，至少在广义上讲可以是相同的。这些因素是制定频谱规划的有利基础，存在的分歧可更加明显地得到暴露并且是制定规划的风险因素。这些可以明晰地摆在专家面前，如果方案没有进行过练习则无可能。它们也是那些发展中的变化和趋势需要最密切关注的领域。

“方案法”是一种概念，它可更多地用于很少能确定趋势和需要的频谱管理长期规划中。例如，使用新技术的电信和广播竞争领域的融合，预示着无线宽带到户的大量增长，以及期待具有移动功能的类似能力。这种变化是难以预料的，甚至于更难在规划中包括。因为它们不是递增变化的，所以它们不在乎趋势分析。根本的变化可能需要对频谱规划的设想作较显著的调整，然后对规划做出重大调整。

方案法可能包括诸多程序，在其中非无线电机机构可想象，在规定时期内可能发生的许多社会和商业行为的可能变化。这些所谓变化可能产生若干个方案，相互间很不一样，也可能

全部同等可能地发生，但相互是排他的。电信和频谱管理需要这些不同方案，才可以进行分析。

根据国家展望、可供资源和频谱管理的框架，国家管理人员可以选择许多方法来评估可能影响频谱使用的方案。对影响频谱使用方案的评估，可依赖咨询法或分析法，或者这些方法的结合。考虑到所有可能的因素或者比较粗略的观察，评估可以十分详细。另外，对因素考虑的责任可以是国家频谱管理人员的主要责任，或者将其交给感兴趣的委托方。对方案的这种评估最终有助于形成有关频谱分配或监管的国家频谱管理决策的基础。

## 2.7 使用趋势

任何调查的结果应该在分析当前无线电业务基础上与其需求进行比较。使用人口对频谱需求稳定增长或下降，当然是一种假设，除非当前缺少可提供的服务阻止了用户的增长。对使用用户的推断和对需要频谱的计算采用频谱有效技术，并将向管理者提供与调查结果相比较的未来使用的大体情况。基于使用趋势的预测，非线性趋势（突破）可能产生某些误导。这些是由于技术的突破或者更可能是因为服务价格的大量下降，在不远的将来使用指数可能上升。然而，在咨询法中，强调的是节约成本的进程。因此，考虑到改善准确度以从中判断其结果，对使用趋势的某种程度的分析必须要进行评估。

按照使用趋势可以向管理机构提供一些早期的关于频谱不足或减少使用的警告。这些早期警告帮助管理机构开始寻找在近期内使用频谱的最佳方式。在第8章中，可以找到频谱使用效率的一些有用度量。

## 2.8 辅助法

在规划过程中，应考虑辅助法，而且应尽可能采用。更多地依靠市场的力量分配频谱资源和在管理方法中增加灵活性，可以减轻某些规划的负担。由市场推动带来的效率增长，可减缓频谱管理人员修改频率分配，或进行以详细工程分析为基础的频率选择的必要性。在频率分配、指配和使用中更大的灵活性，可有利于频谱管理人员使管理程序更适应变化着的频谱需求。

没有任何规划或预测系统会预测系统或业务的全部需求，并在足够的时间内使它们很容易地进入频谱的环境。如果需要不过多改变已有的分配结构而满足一种未预见的需求，那么这种分配结构在对规划的限制上必须有足够的灵活性。

采用现用的登记表和在某些情况下利用监测手段确定很少使用的（已经指配的）或未使用的频谱，可帮助确定未来使用的频率。而这些频率的清单就是备用的资源。

另一种增加灵活性的方法是预留或储备一些频谱给尚未明确的需求。在发生矛盾时，提供充足的未使用频段，迅速、简便地满足未预见的用途。可以先为新的系统提供频谱，如果该业务不成功，再撤销该频谱。一种建立和管理频谱储备的方法是，在将它们提供给用户之前的几年中，确认提供的频段或频段的一部分，尽可能在不同的频谱范围内，每一两年开放一部分频谱，实际周期可由使用该频段设备的自然淘汰来支配。这可以给革新者以灵活性，给以前的用户充分的时间来腾出频段。

把可用频率作为未来的长期储备是不必要的，面对不断增长的需求，保持这种储备将会是低效的。不过，如果能够减少成本，避免无计划地置换其他系统，储备的办法还是可取的。由于频谱管理人员对这种置换可能很少提出事先警告，为新的应用而决定移走现有的用户有可能非常昂贵并具有破坏性。这些成本和破坏会对现有的用户产生强烈刺激，导致他们

坚决反对频谱的重新分配，这会停滞或实际上延误采用新业务。频率储备有利于频谱管理人员在处理未预见到的、但社会上需要频谱资源的新应用时，提供在技术和政治上的灵活性。

## 2.9 频谱管理系统规划和复审

对国家频谱管理过程的规划应包括如规则、分析方法和数据处理能力的项目。应确认需要改变的内容，接着就可以制定一个规划来改善国家系统的这些方面。完成这一领域的规划就可以逐步完善管理系统。比如，改善计算机软件模型、数据收集、数学操作能力和数据检索能力的规划变得日益重要起来。具体的规划需要将市场和灵活性因素置于行动中。频谱管理系统的具体改进以及进一步的分析和评价，必须根据可用的资金，优先考虑并制定计划表。

对以下与频谱规划有关的方面应定期进行审议：

- 决策制定过程和可供资源的选择；
- 管理程序；
- 计算机硬件、软件和网络；
- 数据库要求；
- 跨境协调过程；
- 参加国际和区域活动；
- 分析技术；
- 监测/监督能力；
- 标准和型号审批程序。

## 2.10 规划实施

规划频谱的使用或频谱管理系统基础结构的开发，可在短期、长期或战略基础上完成。三种实施办法的每一种都要求定期投入以及在某些情况下是有计划的行动。由于突发危机或发生重大事情，可停止规划。所以，实施成功规划的第一步是制定一个公认的考虑问题和更新规划的程序。这个程序应包括进行短期、长期和战略规划的具体手段。短期和战略规划，其中涉及到具体或集中的问题，不适合概要描述或公式描述。但是，总是应该勾画出需求、资源的可用性、政策决策和规划的实施。另一方面，长期规划通常应吻合一个标准化模式并且其内容再少也要覆盖多个方面。

通过规划过程选择的对单个进程的评估将依赖于，如表2-2所述，相关的政治、法律、经济、社会、生态和经济因素。每一个主管部门都必须考虑其规划对它的成员、邻国、设备制造商、服务提供商和频谱用户的影响，必须根据国家制定的优先级进行决策。因此，不能采用那些只考虑单一因素的简单规则。

### 2.10.1 短期（3-5年内）

由于时间事先准备不足，通常采用短期规划。例如，确定一个正在开发中的全国性新系统的频率指配方案，可以认为是短期问题。由于该系统在几年内即将部署，很快会将规划付诸行动，限制了选择的余地，尤其是频段的选择。比如，在这时间范围内，也不可能有长期移开已有用户的选择，不过，要遵从规划的步骤。记住这些新的需求，对所研究的频段的使用必须进行审议，包括确认未使用的或很少使用的频率。应分析同现有用户的兼容性以及向

感兴趣的各方征询有关满足新应用的最好方法和建议。可能需要协调或谈判委员会来帮助解决矛盾。可以建议修改系统设计或运营中的限制来确保新系统的实施。应该考虑表2-2所列因素以及指导或限制国内选择的国际协议。可以使用诸如像频率指配模型等分析工具来制定一个指配规划。

大多数短期规划会形成某种决策文件，说明行为选择过程和要求达到目标的步骤。

在短期之内，不大灵活的环境成为一个首先要考虑的问题。因此，短期规划必须筹划一个适合于现有环境的过程。然而，短期规划在多数情况下仍指的是长期的意思，因为新的频谱使用或新的频谱管理能力会维持一个长的时期。

短期规划应该十分全面，以满足所述时间范围内国家预知和已知无线电通信系统的频谱需求。它还导致：

- 修改国家频率分配表；
- 制定国家关于国际无线电通信大会议程的立场；
- 修改频谱规则、政策和标准。

### 2.10.2 长期（5-10年内）

现今，大多数规划都是短期规划。如果频谱资源能完全支持国家目的和目标，制定长期规划是必要的，它能提供频谱有效管理的基础，确保频谱有效分配和指配，以不断满足新系统及其应用的频谱需求。还能通过提供实际情况考虑和行为选择过程评估的基础来促进决策。长期规划应该尽力：

- 考虑到对未来的影响，做出当今有关频谱规划战略的决策；
- 确定过去的决策对未来可能的影响；
- 定期调整决策以适应变化了的情况。

表2-3中所列概要指明在长期规划中至少要涵盖的诸多方面，但是规划不需要限制在这些方面。

长期规划应该十分全面，以满足所述时间范围内国家预知和已知无线电通信系统的频谱需求。

在另一方面，长期规划具有许多灵活性。根据自然淘汰法，可以把现在的应用移到或扩展到其他的频段或地方。通过修订标准或信道规划，可以改变操作特性。通过数据库的重新建设，定义新业务或重新定义旧业务，或者开发新的管理方法，频谱管理技术可以得到很大改善。

如果考虑所有可能的方面，制定长期规划和修订已制定的规划必须涉及广泛的内容。有必要根据表2-2中所列因素，考虑定期地审议规划，即使不是规划的所有部分都需要更新。通常，对于一个现有的长期规划，有些部分经审议确认后就可以更新，而不需要对待无线电团体中的特定活动。有关频谱使用的长期规划必须考虑当前、未来和预测的频谱使用情况，因为有必要将某些应用转移到其他应用上。必须审议长期的费用和国家应优先考虑的问题，应当了解邻国和贸易伙伴的方针。频谱管理的新方法经常在这类规划中加以考虑。

表2-3

## 长期规划

频谱使用规划	频谱管理使用规划
<p>频谱使用目的-根据国家政策，目的是为了满足不同利益共享者的需求，例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 安全和法律实施</li> <li>- 商业和交通</li> <li>- 国家安全</li> <li>- 广播</li> <li>- 教育</li> <li>- 用户</li> </ul> <p>频谱资源</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 国家频率分配表</li> <li>- 很少或没有使用的频段以及频率短缺</li> </ul> <p>频谱需求</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 频率使用表</li> <li>- 未来需求</li> <li>- 出现的新技术</li> <li>- 预测</li> <li>- 国际和区域趋势</li> </ul> <p>频谱可用性</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 政府档案文件数据</li> <li>- 测试的数据</li> </ul> <p>长期规划</p> <p>活动和步骤的计划安排</p>	<p>职权</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 无线电通信法</li> <li>- 被授权的权力机构</li> <li>- 规则和程序</li> </ul> <p>频谱管理职能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 政策制定</li> <li>- 执行和管理</li> <li>- 许可证发放和费用征收</li> </ul> <p>频谱工程和计算机支持</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 设备标准</li> <li>- 信道规划</li> <li>- 电磁兼容模式</li> <li>- 工程分析方法</li> <li>- 计算机硬件和软件</li> </ul> <p>国际和区域活动</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 参加电联或其他国际和区域论坛的战略</li> <li>- 国际和区域协定</li> <li>- 边境协调</li> </ul> <p>资源需求</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 资金来源</li> <li>- 人力资源</li> <li>- 未来需要</li> </ul> <p>活动和步骤的计划安排</p>

从频谱本身的观点看，一个国家频率分配表可作为频谱使用基本的长期规划。每个主管部门都应该有这份表，主管部门及其成员应将它作为无线电业务实施的指南。

特别是发展中国家，可以将选择的重点放在提升国家无线电通信基础设施的步骤上，通常应包括建立或完善频谱管理的结构和能力，还可以包括实施无线电技术的规划以及关于私营企业在发展国家通信系统中所起作用的国家政策。

频谱规划可根据某些情况以及在适当的长远决策基础上，对业务进行重新安排，这意味着将现有用户使用的频段转移到其他新技术或新的频段。重新安排的要求由下列几种原因引起：

- 划分的频谱在相当长的时间内可能使用，并且目前不再满足用户的需求或现代系统的性能；
- 对于某种新的无线电业务需要在特定频率范围内划分频率，而且这些频率已被占用，新业务不能与其共用；或者
- 世界无线电通信大会做出决定，将现已占用的频段划分或分配给全球、区域或国家（划分脚注）不同业务。

作为国家频谱规划的工具，频谱重新安排，理论上讲，可以适用于任何频段和任何系统。但是，实际上，频谱重新安排受到很多限制，通常只适用于主管部门认为花费相当努力和费用是合理的情况。频谱调配可能是自愿的（在此情况下，不需要规划，只要管理规定允许）或者是义务的。

### 频谱自愿调配

有这种情况，当现有用户在批准使用的频段内自愿决定采用新技术或者将频率退给频谱管理者进行重新指配。在需要新技术而没有禁止性规定的情况下，用户可按意愿自由地采用新技术，比如，从二代无线通信转换到三代无线通信。如果用户认为不再需要占用的频谱，或者从使用该频谱得到的好处少于继续使用的成本，则可放弃批准使用。这种情况有可能发生，当批准使用的费用增加时，现有设备必须使用或替换时，或者不能提供继续使用的资金时。

自愿调换有可能自然发生，但通常是在小范围内。主管部门在制定频谱管理政策时愿意考虑这种潜在的自愿过程。

### 频谱义务调配

频谱义务调配是与真正的行政规划政策相关联的。在这种情况下，长期规划总有必要保证设备和业务有次序地转换、转让或调配。主管部门重视频谱调配的这种方式，是依赖于可提供频谱需要的时间规模。通常这个决定是为政治或国家安全原因做出的。通常因为一定存在相关的费用支出，所以详细的市场分析、消费需要和增长预测都伴随着规划的调配，证明这种调配是否合理。已证明有助于加快调配的机制是经济刺激和补偿，包括新用户向被调配者提供新的和现代化设备。

### 调配技术

除了无线电通信业务在大批、逐个频段基础上进行可能调配外，还有其他调配的先进技术，可考虑作为规划过程的一部分，这些包括强行的操作规则程序（比如，发送前的收听，或者对现存信号的测向，暂时排除操作使用的或让发射机改变频率的）、减少信道带宽（或隔开信道）、改进编码或调制技术以及采用新的频谱标准。如果打算在现有频段调配，采用一些落后的兼容技术和相互可操作的措施是必要的。表2-4是一个技术方法的梗概，可用来促进频率共用以及可考虑作为长期规划和调配过程的一部分。

表2-4

促进调配的技术方法

频率隔离	空间隔离	临时隔离	正交信号隔离
信道规划	地址选择	频率周期控制	码分多址
动态实时频率支配	天线图分辨率	时分多址	天线极化
动态可变分割	物理屏障	编码:	
频分多址	地址屏蔽	- 纠错	
编码:	干扰功率:	- 压缩	
- 纠错	- 动态发射机电平控制		
- 压缩	- 功率通量密度限制		
频谱发射特性的控制	- 功率谱密度限制		
频率容限	- 能量扩散		

不言而喻，有线网络可用来替代无线或无线电通信系统以减少频谱的需要，特别是在拥挤的地区以及对宽带的使用。应该制定规划政策和法规以鼓励采用先进的智能网络技术，使得有线传送系统和短距离无线链路之间实行无缝连接，从而尽可能减少调配需求。

### 2.10.3 战略规划

对国家频谱使用战略的制定将要求实施国家频谱规划战略过程。

战略规划可认为是一个长期规划的合理方法，只是通过假定大量的行动可以在现阶段进行，明确少量需要在规划中关注的关键问题，从而来简化或减少进一步的规划工作。在这种情况下，与长期规划不同的重要方面是，必须建立确认关键问题的过程。如果某个管理部门有一个以上的频谱管理机构，那么对关键问题的确认过程应由所有机构认可，而且对关键问题的选择必须一致。

战略规划的好处是减轻了不断扩大旨在规划活动的需要，而只集中在少数几个问题上。这也降低了制定规划的人力要求，避免花费时间考虑不需要考虑的问题。一般说来，在特定时刻，只有少量问题需要解决和规划。因此，对涉及内容广泛的长期规划通常不需要经常进行修订。相反，少量的问题可以采用战略规划来解决。

考虑到商业应用频谱的日益重要性以及对市场的有关研究，所有相关方包括管理机构、运营商、制造商和消费者都应牵涉在战略规划过程中，因为协调和管理工作变得越来越复杂。技术的迅速变化、市场的自由化、全球化和公众福利都是战略规划的推动力。

频谱更加有效利用的根本原则是：

- 市场驱动频谱分配的需要；
- 促进竞争；
- 满足可预见的和不可预见的先进技术；
- 需要国际协调和合作。

除了缩小了范围之外，这些步骤同样适用于作为其他规划活动一部分的战略活动。首先必须确认当前和未来的需求，必须研究和分析解决该问题的方法，收集有关方面的建议，包括其他可能受影响的主管部门的建议和关心的问题。

## 2.11 关于频谱规划程序的技术问题

在频谱规划程序中要考虑的另外一个方面是技术效率（见第8章），其主要目的是要通过不同的社会经济领域来达到频谱的最大使用。为了达到这个目标，有不同的机制，将在以下章节中进行解释。

### 2.11.1 当前和未来业务的频谱规划

考虑频谱是一个有限的资源，但是对行业的发展与成长很关键。频谱规划必须满足对当前需求的资源可用性，并预期未来的需求。频谱规划可以与技术发展、使用的灵活性、国际行业趋势、通信中的创新、市场波动、用户需求、技术中立性、特别是考虑对于国防、教育、环境和社会集成的公共政策协调进行。

就此而言，这些需求的组合要求不同的规划和制定策略来针对当前和未来业务的频谱使用提供一个有效和适时的响应。

### 2.11.2 技术选择

一些最新无线创新技术是国际移动通信（IMT）、软件定义无线电（DSR）、认知无线电系统（CRS）、开放无线电结构（OWA）和下一代网络（NGN）。

### 2.11.3 为未来的发展保留频率

电信中快速和持续的技术发展、业务的融合、信息和通信（ICT）技术领域的增长、移动通信的持续扩展和普通大众习惯与生活方式的改变已经加速，并将在未来极大地增加对频谱的需求。技术进步导致新业务的发展，要求针对频谱可用性的投资安全。新的系统提供广泛的业务，使得难以区分一个系统/业务的标识；例如，移动通信系统和卫星宽带可以将各种传统业务组合起来，例如，电话、数据传输和互联网接入。

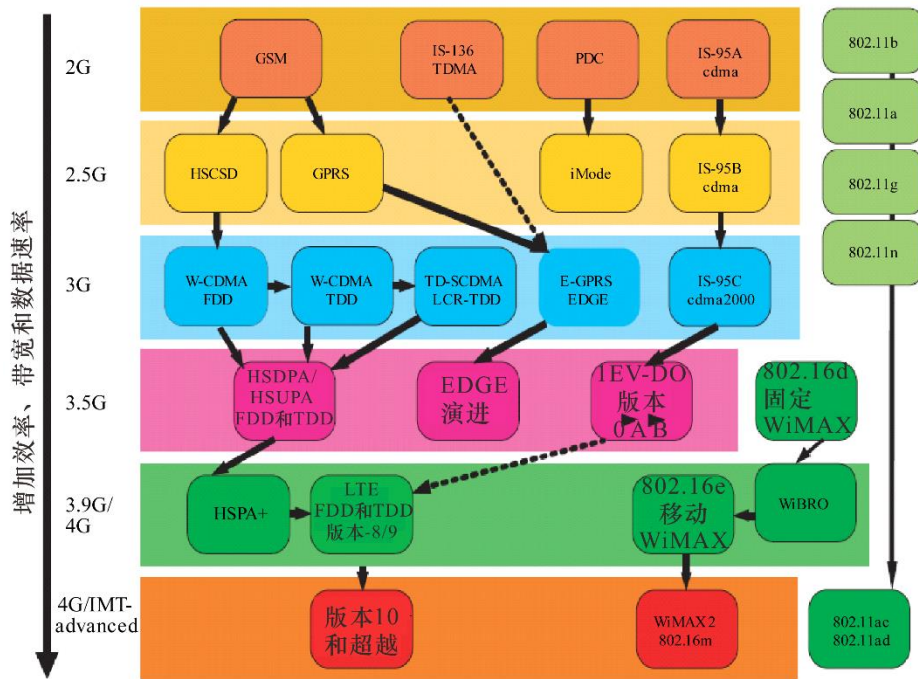
频谱的可用性和使用影响市场参与者之间的竞争水平，这不仅仅限于为频谱接入而竞争的无线电业务，而且可能影响通信光纤、卫星或电缆本地环的供应商和用户。在用于公共应用、国防和国家安全的频谱与用于商业和贸易的频谱之间有必要进行平衡。此外，用于无线电通信的数字技术正在推进频谱的使用，并因此推进如何规划、管理和控制这一资源。

管理机构可以为多个新应用分配和建立结构化的频段，并管理它们的使用，来保证此应用的运行没有有害的干扰。

互联网，特别是TCP/IP、VoIP和IPTV协议的使用，在LAN节点上产生更高的数据流量，这将导致对带宽和速度的更大需求，以及建立旨在用来满足家庭娱乐需求和办公室环境的更小的小区。电信的未来趋向于移动和多模式通信，特别是国际IMT。因此，为了保证在其国家中的IMT生态系统发展，同时促进这些使用的全球/地区和谐，管理机构可以按照其国家需求，对为IMT确定和所要求的频谱给予特殊的关注。移动行业已经完成的迁移路径AMPS / TDMA / GSM / GPRS / EDGE / W-CDMA和TD-SCDMA / HSPA / LTE，如图2.1中所示。CDMA和CDMA2000的演进是分别进行的。



图2.1  
移动技术演进<sup>30</sup>



Nat.Spec.Man-2.01

来源：安捷伦科技有限公司，2010年。

为了在此演进路径上继续成功推进，管理机构做出能够从这些技术的国家实施中得到最大收益的决策是很有关系的：

- 分配协调一致的频谱，如国际电联或者地区机构考虑了用户倾向和技术发展后对IMT-Advanced部署所建议的那样；
- 使移动运营商能够提供范围广泛的业务，充分开拓DSL类型IMT-Advanced所提供的数据速率，来支持先进的应用和业务（例如，按照ITU-R M.1645建议书，对高移动性场景确立QoS要求为100 Mbit/s，对低移动性场景为1 Gbit/s）。

这些决定尤其产生了以下益处：

- 先进无线数据提供的规模经济；
- 从移动工业研发对终端和IMT全球业务的生产与接入；
- 为了减少数字鸿沟而用于教育机构、商业和公共与私营实体的先进无线数据解决方案。

<sup>30</sup> 安捷伦科技有限公司，引入LTE-Advanced，美国：安捷伦科技有限公司，2010年，第3页。

按照以上考虑，重要的是管理机构应该为了软件定义无线电（SDR）、认知无线电系统（CRS）、开放式无线电架构（OWA）的无线电应用和以一种更加灵活的方式使用频谱的类似应用考虑优化频率使用的最佳方式。

#### 2.11.4 频谱释放和重新划分

频谱规划的方法可以考虑避免为采用不能有效使用频谱的旧技术电信系统运行发放许可证（关于频谱效率的更多细节请见第6章）。

在过渡到数字电视之前，美国NTSC标准对SECAM和PAL的电视信道间隔是6 MHz、7 MHz（在VHF）和8 MHz（在UHF）；从质量、透明度、公平性和效率角度要求带宽乘以在业务区的信道数来提供业务。在20世纪80年代，对窄带蜂窝移动系统要求每信道30 kHz带宽。今天，这些范式已经因为新技术的引入而改变。

今天，有可能将三个或更多HDTV信道包装在单独一个6 MHz载频上；采用QPSK或QAM有可能减少FM电台所需要频谱的2、4、8、...、128倍，因此通过同一载频传送更大量的信息是可行的；采用GSM-GMSK，20个可能同时的用户可以采用仅仅一个载频建立通信；UMTS通过一个宽带载频自己可以容纳与可能编码一样多的用户；有时一个芯片可以存储的编码数量似乎是无限的。

管理机构可以通过采用试探法与经验数据一起来考虑实施频段的重新分发技术。管理机构可以加速从模拟广播到数字广播的转变来恢复可用频谱并增加频谱容量。

在根据不同频段各种无线电设备运行所需的频谱确定真实的需求之后，管理机构必须汇集关于频率和带宽可能被释放的信息；对此，必须要准备相关的法规。因为不可能预测被释放频谱的未来使用，管理机构可以允许灵活性来支持范围广泛的未来无线电通信业务和新技术的使用。还需要对授权频谱占用和使用开展研究来确定监管措施，以释放未被有效使用或未被使用的频率，以重新分发频谱用于其他目的。

管理机构可以考虑何时一个用户必须要放弃指配的频段（完全或部分地）并移到一个不同的频段或平台或调整频段的使用来满足另一个用户的需求，在此移动不对迁出用户产生益处时，是否提供一个补偿来放弃该频段，根据仅仅考虑移动成本这样因素的补偿计算，以及如果用户不得不改变他们当前情形时，必须要容忍的相同情形。

#### 2.11.5 有效使用新技术来改善频率的重用

频率重用可以被定义为在一个指定地理区域不影响该频率任何用户的情况下同一频率可以被使用的次数。频率协调通常是在重用技术中的决定性问题。频谱的有效使用可以通过采用先进的工程技术来实现，来增加频率重用、减少信道带宽、改进编码技术和调制策略来改善接入、改善频段共享而没有干扰、引入新的频谱共享标准、制定频率指配和频谱使用模式的策略，以及使用其他的工程和运行技术。这些活动直接影响满足来自一个特定无线电通信业务和规划行动需求所需的频谱数量。为了使频谱使用最大化和按照此现实来执行他们的规划行动，管理机构需要了解重用技术的使用。

#### 2.11.6 信道分裂

这个行动涉及通过一个频段新规划的频谱使用，此规划使用宽度更窄频段频谱的现有信道。信道分裂倍乘了信道并促进新技术的引入。信道分裂程序必须考虑为了使用新时刻表而考虑的频谱，通常是强烈的。为了制定一个信道划分计划而要被分析的其他问题是：

- 业务的连续性：重新分发的执行应不会造成业务的中断；
- 成本：应用一种方式来减少频谱用户成本；
- 兼容性：对互通性和后向兼容性的一些措施是必须的，因为期望改善将由新技术提供的功能；
- 风险：应该在政策之间进行平衡，以提供附加的容量和低风险解决方案的用户需求；
- 协调：行动必须要（在有可能之处）与相邻国家和国际范围协调。

### 2.11.7 业务重叠和频段共享

多个业务的频段有效共享可以在减少对新频谱需求中起到一个重要的作用。确定当前和未来共享频段是基本的。

重叠业务的一个典型实例是系统有效运行加宽传统频谱的能力。像正交频分多址（OFDM）、码分多址（CDMA）和时分多址（TDMA）被普遍地用来提供共享系统。应根据情况来看待重叠系统，特别是分析各自的协议和可能干扰业务的架构。对频谱共享、频率分配策略和频谱使用模型可能需要新的方式。

### 2.11.8 未使用频谱的使用

频谱规划政策、法规和项目应该鼓励使用40 GHz以上的频谱，特别是对要求独有无线电频谱和宽带应用的业务。40 GHz以上的频谱通常被较少使用。此频段有能力支持非常宽带的业务，并且因为小的小区尺寸、窄的波束宽度和极度的传播损耗而可以进行很高程度的重用。频谱的这个部分还提供各种实施的优点，例如更小的天线、更窄的波束宽度、减少设备尺寸与重量，并且易于安装与重新配置。

除了以上诸点之外，建议管理机构确保普遍使用频率的频段得到普及使用。

### 2.11.9 特殊考虑

多种因素可能会影响在一个特殊国家中从无线电通信使用得到的益处。这些包括国家的大小、其地理构造、土壤结构、在一个协调距离之内的邻国数量和无线电基础设施。

通常，这意味着，具有很多邻国的国家将不得不对他们无线电系统的大多数进行协调，并因此将其无线电基础设施与相邻国家进行适配。这些相邻国家的基础设施越先进，越需要协调其频谱使用，以便引入新业务时没有困难。这在具有低人口密度并要求较少无线电频谱指配的国家中可能不构成一个主要问题。

在天平的另一端，大的国家具有更多的自由度来在特定频段上规划业务而不必求助于协调。如果其邻居越少，则这个自由度就越大。在一个特定协调距离之内没有邻国的国家受益于其在边境区域内对此频率具有没有限制的接入。对于本章，土壤结构意味着山区、密集森林和沙漠地区。在与国家地理和人口特征等其他元素的组合中，土壤结构帮助确定哪个频段可以最适合于一个特定业务。

### 2.11.10 人口集中度和频谱拥塞

一个国家的地理和需求分布可以结合起来评估整个国家的可用频率水平。极有可能是人口在整个国家平均分布，以及人口集中在具有不同大小的各种人口中心。实际上，这种分群应呈现出提供无线电业务的一个优点，但是需求水平对其起源的地区中可能是不适当的，并

且这将导致频率可用性的问题，最终导致频谱拥塞。这种拥塞对管理机构是一个严重的问题，并且很多权威将其视为采用一个频谱价格结构时的主要因素之一。例如，在哥伦比亚，大约93%的人口生活在大约44%的总陆地面积上<sup>31</sup>。在因为短的间隔明显限制了现有频率的重用的同时，这种人口和工业的集中产生了对所有类型业务的巨大需求（即移动、固定、广播）。此外，接近相邻国家要求在很多频段上进行协调，并且对频谱可用性呈现出另外一种限制。移动通信业务惊人的增长，引起在新电信运营商之间不断增加的竞争，但是业务的部署是基于人口的主要中心和允许连接的主要链路。因此，在该国的一定部分可能会有一个频谱短缺，而在其他区域这不是个问题。

## 2.12 改进频谱管理规划系统

改进管理系统的计划通常与国家频谱使用规划一样重要。制定这种改进计划要紧随频谱使用规划进程，当中都必须事先确定任何计划的范围，编入现有能力，认定未来频谱管理的需求，探究其他可用的技术和能力，然后确定步骤，以使从现行状况下看到解决未来频谱管理需求的必要性。特别复审的范围可以包括整个过程。另一方面，它可能局限于某个具体活动或能力，诸如数据处理支持和数据库。

## 2.13 管理机构或主管部门

建立管理或行政机构来领导和监督频谱规划项目的实施是必要的，这样确保有关长期频谱使用战略的问题可以得到解决。这将包括，在规划程序框架内采用一个早期的问题认可系统。对该过程可有专门的规划机构，诸如，工程小组或中心小组和任务小组提供支持。

制定任何种类的规划总是管理层主要的任务，这不同委托，这是因为考虑到做出决策的重要性及其后果。这些制定规划的机构职责是：

- 制定详细的战略政策和解决从战略政策转变成操作规划的有关问题；
- 分配财务和人力资源；
- 与实施战略相关的需求、结果和程序的战略复审；
- 与机构调整和管理系统相关的任何必要的建议；
- 更新用作频率管理基础的规划数据。

---

<sup>31</sup> 更多信息参见：[http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06\\_20](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/proyepobla06_20)和  
<http://www.todacolombia.com/>。

## 参考资料

- CEPT/ECC [September 2002] Report 16 – Refarming and Secondary Trading in a Changing Radio-communications World. European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT)/Electronic Communications Committee (ECC).
- NALBANDIAN, A. [February 1998] ITU-R Studies on spectrum management, ITU Radiocommunication Bureau, International Telecommunication Union, Geneva.
- NTIA [February 1991] NTIA Special Publication 88-21, NTIA TELECOM 2000 – Charting the Course for a New Century, Chapter 9. National Telecommunications and Information Administration, U.S. Department of Commerce.
- NTIA [February 1991] NTIA Special Publication 91-23, U.S. Spectrum Management Policy: Agenda for the Future. National Telecommunications and Information Administration, U.S. Department of Commerce.
- NTIA [December 1991] NTIA TM-91-152, Assessment of Technological Forecasting for Use in Spectrum Management. National Telecommunications and Information Administration, U.S. Department of Commerce.

**ITU-R文件**

- |                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| ITU-R手册          | 频谱监测（2011年版）               |
| ITU-R手册          | 频谱管理计算机辅助技术（2005年版）        |
| ITU-R SM.667建议书  | 国家频谱管理数据                   |
| ITU-R SM.856建议书  | 新高频谱效率技术与系统                |
| ITU-R SM.1047建议书 | 国家频谱管理                     |
| ITU-R SM.1131建议书 | 全世界范围频谱分配中需要考虑的要素          |
| ITU-R SM.1132建议书 | 无线电通信业务之间或无线电台之间共享的一般原则与方法 |
| ITU-R SM.1599建议书 | 出于频率规划目的确定频谱使用因素的地理和频率分布   |
| ITU-R SM.1603建议书 | 作为一种国家频谱管理方法的频谱重新部署        |
| ITU-R SM.2015报告  | 确定频谱使用国家长期策略的方法。           |



## 第3章

## 频谱指配与许可证发放

## 目录

	页码
引言 .....	72
A部分 – 为无线电台指配频率 .....	76
3.1 频率指配过程的管制问题 .....	76
3.2 频率指配过程的技术问题 .....	77
3.2.1 为无线电台指配频率的程序 .....	77
3.2.2 申请频率所需的资料 .....	78
3.2.3 频址规划的干扰分析方法 .....	78
3.3 频率规划 .....	80
3.3.1 线性频址规划 .....	81
3.3.2 顺序频率规划和指配过程 .....	83
3.3.3 蜂窝频址规划方法 .....	85
3.3.4 灵活频址规划过程 .....	86
3.4 软件和自动化 .....	86
B部分 – 许可证发放 .....	90
3.5 引言 .....	90
3.6 许可证发放的要求 .....	90
3.7 为无线电台发放许可证 .....	91
3.8 放宽对许可证发放的管制 .....	92
3.9 许可证发放的实际做法 .....	92
3.9.1 为非商用无线电用户发放许可证 .....	93
3.9.2 为商用无线电用户发放许可证 .....	94
3.9.3 为电信业务运营商发放固定业务许可证 .....	94
3.9.4 为移动业务发放许可证 .....	95
3.9.5 为广播业务发放许可证 .....	96
3.10 网上发放许可证 .....	97
3.10.1 简单的网上许可证发放系统 .....	97
3.10.2 更复杂的网上许可证发放系统 .....	98
3.10.3 多国网上许可证发放系统 .....	98
3.10.4 网上许可证发放的其他问题 .....	98
3.11 信息安全问题 .....	98
参考文献 .....	99
参考资料 .....	100

## 引言

本章探讨国内无线电系统频率指配和许可证发放的管理和技术两方面过程。一方面，频率指配必须保证现有的无线电系统能正常工作，同时使新系统达到特定的性能；另一方面，考虑到大量不断增长的公众需求，频率指配应该保证各种无线电通信业务之间干扰最小和无线电频谱及地球静止轨道得到有效利用。对于某些应用（例如广播和移动业务），对不同站的适当频率可事先整体性地予以确定，以便其后有关网络做必要创建和扩展时再行指配到各个站。该等活动可称为频址规划过程，但某些主管部门可能称之为频率划分过程。

一个国内频率的指配过程，就是要保证新频率的使用不会对国内或国际已有的用户造成有害干扰。

指配过程包括对建议书中的无线电业务进行需求分析，同时进行相关研究，并根据国家频率分配规划指配频率。它还包括采取相关行动保护国内无线电通信系统免受另一国家指配频率的潜在干扰，这是指已在国际频率登记总表（MIFL）上公布的指配。国际电联备有MIFR的光盘，并且每两周在其无线电通信局的《国际频率通报》（BR-IFIC）上公布更新文件。

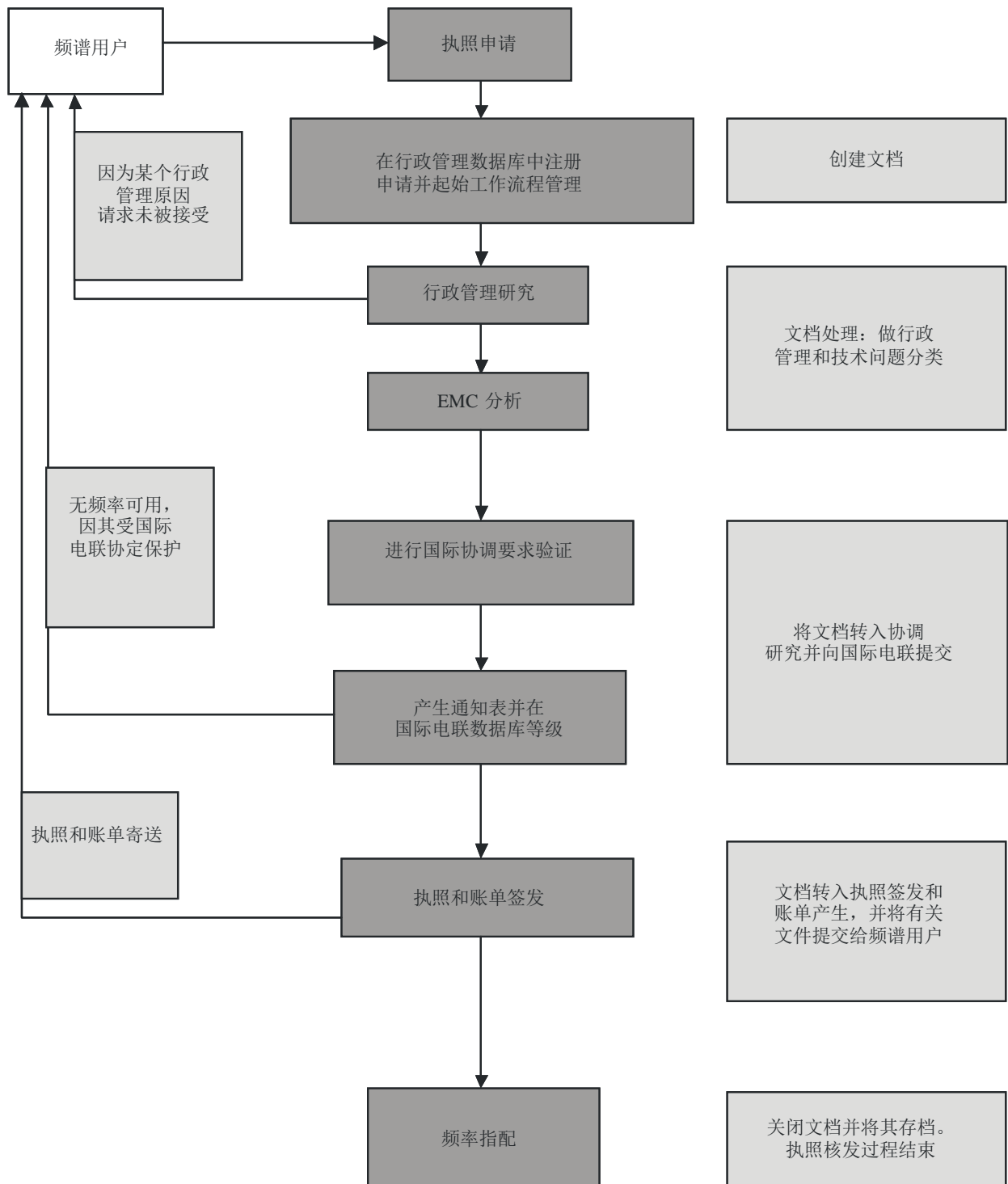
成功实施频率指配过程，可以导致在收取许可证费或其他可能费用后才发放许可证。图3.1所示为处理频率指配要求的一般程序。该程序为技术和行政规划奠定了基础。在许多频率管理机构中，行政管理程序占其工作和职员配备的大部分，因此，在为频率管理机构准备这一程序的操作版本时，要仔细考虑程序在频率规划时切实可行（见第1章）。同时还要考虑到根据实践经验，这一程序要经受定期重审和更改。

用户在申请频率指配时，一般要准备和提交一份申请表，其可根据每种或每几种业务的不同而有所不同。频率指配申请通常也是一般无线电许可证申请的组成部分，在那样的情况下，只需要一个许可证或授权书（如果政府当局要求进行频率指配的话），频率指配所需的资料与许可证申请所需的资料相似，但没有许可证所需的多数行政管理以及与业务有关的资料。



图3.1

频率指配和许可证发放过程的一般程序



申请表应填有进行有关电磁兼容（EMC）分析所需的所有行政管理、技术和运作数据，也应填有进行国内与/或国际协调的数据。完成了许可证发放过程，适当的一个或一组频率方能指配。对于容纳几个发射站和接收站的一个无线电通信系统，可以只需一张申请总表，附以对各站的详细申请表即可。申请表的结构应该接近数据进入有关频谱管理系统（SMS）数据库的顺序，以简化数据进入过程。某些SMS系统能接受按机器可读格式做成的申请表所提供的自动数据输入。

图3.1显示在SMS系统中典型的频率指配和许可证发放分系统的框图例子。

数据库的功能图（见图3.2）显示数据库中不同实体和实体间的连接实例。

图3.2描绘了所用的全部实体，主要实体以蓝色表示，次要实体以白色表示。实体由链路连接。每条链路以深红色表示，例如，0,  $n$ 站与1,1台间的连线为深红色：

台 0,  $n$  ----- 1,1站

此关系表明，一个台可以被一系列站（从0到 $n$ ）使用，而一个站只使用一个台（一个台可被0到 $n$ 的多个站使用，但一个站只使用一个台。于是将所有实体集中到一个域以显示每个实体的功能使用。

技术和行政管理数据库是由不同的域构成的： $n$

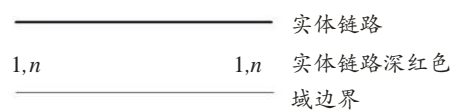
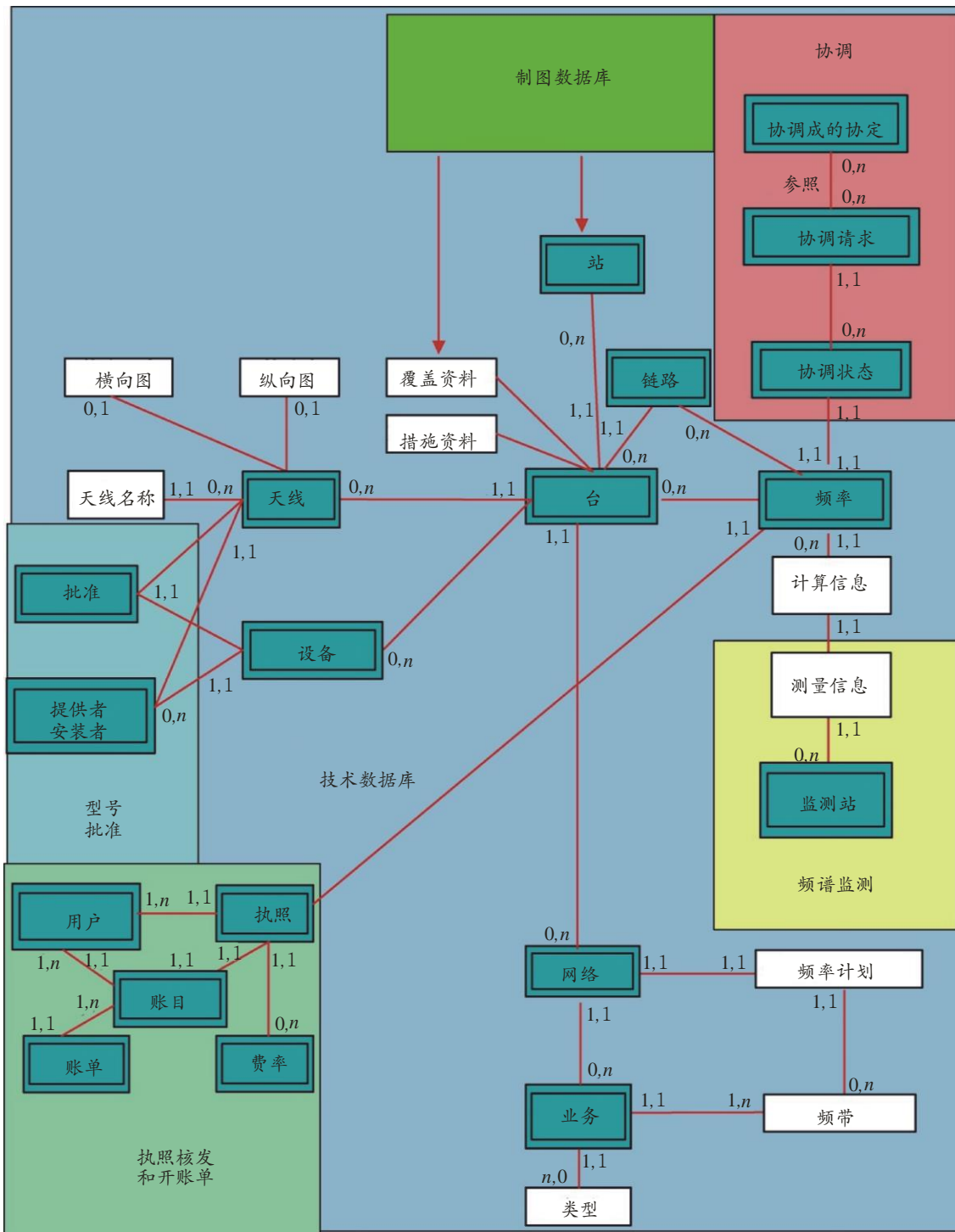
- 核心：技术数据库；以及
- 行政管理延伸：协调、许可证发放、开账单、设备批准和活动统计。

一旦频率指配给一个发射站或接收站，申请表所表示的所有行政管理、技术和运行数据以及在频率指配过程中的可能修改，都应输入国家频率登记表。这个登记表与图3.2所示的数据库是一样的，只是对一套有关数据的状态有不同的显示而已（见ITU-R SM.1370和SM.1604建议书）。这个登记表不仅能作为今后选择其他可用频率的参考，而且能为采取有效措施调整频率规划提供基本的材料，以适应众多不同用户的需要。应当特别关注国家频率登记表的编制并及时进行更新；此登记表必须有足够的空间记录足够数量的指配并能清晰、完整地表述每个频率指配的全部信息。目前，计算机软硬件价格低廉，建议用计算机数据库处理和记录频率指配（《ITU-R手册—频谱管理的计算机辅助技术》（2015年版））。

除本章所述的频率指配和许可证发放过程以外，在某些情况下，频谱管理者对某些技术可以采取免除许可证发放过程，例如，对Wi-Fi、Wi-Max、RFID、超宽频段（UWB）和其他近距离系统。

图3.2

频率管理和许可证发放的频谱管理系统数据库的组织



## A部分

### 为无线电台指配频率

频率指配是频谱管理过程的中心部分，也是所有业务需要的部分。本节探讨频率指配过程的管制和技术问题。在这里把行政管理问题作为管制过程的一个部分考虑。

#### 3.1 频率指配过程的管制问题

国家频率管理机关应规定建立一个专门负责无线电系统频率指配的部门。这个部门应该处理管制和技术两方面的问题。根据频谱管理组织的大小，可以在此部门内设专人或专门机构负责频率指配。

**国家管制：**在国家机关内应设具有对各种业务系统进行频率指配权限的专门管理小组，或者设立一个单独的管理结构，其应具有对不同业务进行频率分配的权限。这样的机构能为几种业务，包括共用同一频段的多种业务指配频率。而且必须考虑到将频段用于不同业务或不同用户的特定无线电系统指配频段的可能性。因此，对国家管理部门来说，有关决定涉及频率指配的程序和确保无线电频谱有效利用的方法。

例如，根据国际电联《无线电规则》，陆地移动业务和广播业务共用大量频段，在这些频段上，广播业务是使用这些频段的主要业务，而代表政府利益的用户可能比商业用户优先获得无线电频谱的主要使用权。

所有这些行政管理问题，以及有关拍卖、许可证费、其他收费和罚款等问题在国家的有关管理中都应有规定。它们可能以国家有关主管部门批准的整套国家无线电规则的形式与/或以单独的法令、政令或条例的形式而颁布。

**频率协调程序：**频率协调是指，当有潜在频谱冲突时，现有频谱使用用户和未来频谱使用用户之间的协调。协调可能涉及技术、行政管理、法律、礼仪或其他方面。

如图3.2所示，对负责频率指配的机构而言，一个重要的工作领域就是国内和国际频谱利用的协调。国家级协调必不可少，因为一个同一频段一般为属于不同用户的各个无线电系统共用。例如，有些微波网络可以由不同的政府部门运营，有些由国家或地方运营商运营，还有些由一个或多个私营公司运营—所有运营者都使用相同的频率分配。协调过程必须有适当的国家条例加以管制。并且受到规划中新无线电系统影响的所有用户都有义务检验对该指配干扰的可能性。

频率指配时，就要根据国家的规定考虑它们的使用应受到某些限制。一些国家对某些业务使用的专用频段规定了一些地区性限制。这包括对特殊用户使用某些频率的限制，以及对特定频段内或某些地理区域内运营的特定业务辐射功率的限制等。

在某些情况下，尤其是在边境地区的频率指配过程中，需要进行国际频率协调。这是因为无线电频谱必须在各国管理部门之间、无线电业务之间和各类台站之间共用。另一方面，每一个主管部门都是自治性的。很明显，为了最好地维护各国主管部门的利益，需要达成关

于频谱管理的一般条例和程序的国际协议。其主要目的是避免不同主管部门的台站之间的干扰。为了这个目的，应达成国际协调程序，通知具有同样边境的各国主管部门如何交换信息并如何采取必要的措施以保证不会出现有害干扰。

边境地区地面频率协调的主要态度是将频率资源公平地在有关各方分配。如果需指配的频率或边境地区人口差别较大，则在有关各方之间按比例分配。一方使用双方同意的一套频率，另一方则使用另一套频率。应商定可接受的干扰条件，并用商定的计算程序按商定的标准对考虑中的频率进行核准。协商过程可以分为以下三个主要部分：行政管理规定；信息交换和技术计算。典型的国际频率协调方法参见ITU-R SM.1049建议书中的流程图，该建议书详细叙述了地面频率指配协调程序的指导方针。涉及频谱工程方面的详细信息参见本手册第5章。协调距离和协调区的计算有时候用人工完成相当容易。而有时候计算很复杂，而且很费时间，必须使用计算机进行分析。

关于在区域级将对固定和陆地移动业务有限指配频率的多边协定例子见《维也纳协定2000》<sup>32</sup>，该协定不但包括所有必要的管制程序，而且包括所有必要的技术标准和计算程序。该建议书还辅有各种相关软件。所有这些资料也可以成功地用于国家级的协调。《维也纳协定》的主要规定也在ITU-R SM.1049建议书中给出。在国际频率协调中，边界地区的广播台站之间的频率协调是可以免除的。

国际电联进行频率指配的国际注册，能够提供国际承认，而对于特定业务和频率规划而言，台站的操作能因之得到保护。对管理部门而言，将其认为需免受其他国际用户干扰的频率指配进行登记是对自己利益最好的保护<sup>33</sup>。

在MIFR中，频率指配的公布和登记的程序大体上可分为协调、公布、检查和登记，接下去的程序包含在《无线电规则》。如果频率指配系按区域分配方案或区域指配方案进行的，则该方案也应纳入拟遵循的协调程序。

国家机关有责任审查任何新的频率建议或已在《频率通报》上刊登的频率指配修改。审查要保证，有关任何这些已发表的国际频率需求可能对现有或规划中的国内无线电业务造成有害干扰的协调，在《频率通报》公布的日期已经开始。

## 3.2 频率指配过程的技术问题

在大多数情况下，频率指配应解决的问题是：向频率指配申请者提供所要求的业务级别，同时保护申请者和现有许可证持有者不受有害干扰。频谱有效利用的要求还意味，选定的指配应确保适应未来频率指配申请的最大机会。

### 3.2.1 为无线电台指配频率的程序

为无线电台指配频率的程序应利用：

---

<sup>32</sup> 自2001年以来，2000年的维也纳协定也称柏林协定。

<sup>33</sup> 有必要注意，在许多情况下，尤其对于地域辽阔的国家，或与最近的邻国都相隔较远的国家，这一协调是不需要的。

- a) 计算机数据库，其包括国内频率登记表，即标明所有使用中的无线电台站的行政管理资料、地理位置和技术特性的总表；
- b) 与其他主管部门完成协调的频率指配的特别说明；
- c) 地形数据库，它可用于完成通过传播路径剖面的有用和无用信号电平进行精确计算；
- d) 作为一种型号而被批准的发射和接收设备的电子文库以及频率规划标准文库，其包括最小/额定可用场强、保护比、允许干扰电平，等等；
- e) 包括各种计算技术的EMC分析（见第5章）；
- f) 许可证费和其他管理费收取的电子文库，或确定这些费用的计算程序块。

### 3.2.2 申请频率所需的资料

要尽可能地保证国家使用的申请格式与ITU-R建议书相一致，申请表应包括无线电通信局在其IFIC中已说明或在适当的区域频率规划中已说明的各种数据。

### 3.2.3 频址规划的干扰分析方法

当在国际和国家范围内为无线电通信和广播网络制定频率规划时、当为各类无线电应用系统分配频率时、当不同国家的主管部门之间进行频率协调时，干扰分析都是必要的。

当决定一个接收点或一个业务区边界的所需信号或干扰信号之时，例如对于广播和一点对多点通信对特定无线电业务的最小/额定可用场强做比较和确定其保护比率时，就要开始干扰分析。在这方面，尤其重要的是要遵循无线电通信局所规定的各种干扰水平。《无线电规则》载有干扰和保护比的以下定义：

**第1.166款 干扰：**由于某种发射、辐射、感应或其组合所产生的无用能量对无线电通信系统的接收产生的影响，这种影响的后果表现为性能下降、误解或信息遗漏，如不存在这种无用能量，则此类后果可以避免。

**第1.167款 允许的干扰<sup>34</sup>：**观测到的或预测的干扰，该干扰符合本规则或ITU-R建议书或本规则规定的特别协议载明的干扰允许值和共用的定量标准。

**第1.168款 接受的干扰<sup>34</sup>：**其电平高于规定的允许的干扰电平，且经两个或两个以上主管部门协商同意，并且不损害其他主管部门的利益的干扰。

**第1.169款 有害的干扰：**危及无线电导航或其他安全业务的运行，或严重损害、阻碍或一再阻断按照《无线电规则》开展的无线电通信业务的干扰（《组织法》）。

**第1.170款 保护比（R.F.）：**为让接收机输出端的有用信号达到规定的接收质量，在规定条件下确定的接收机输入端有用信号与无用信号的最小比值，通常以分贝表示。

---

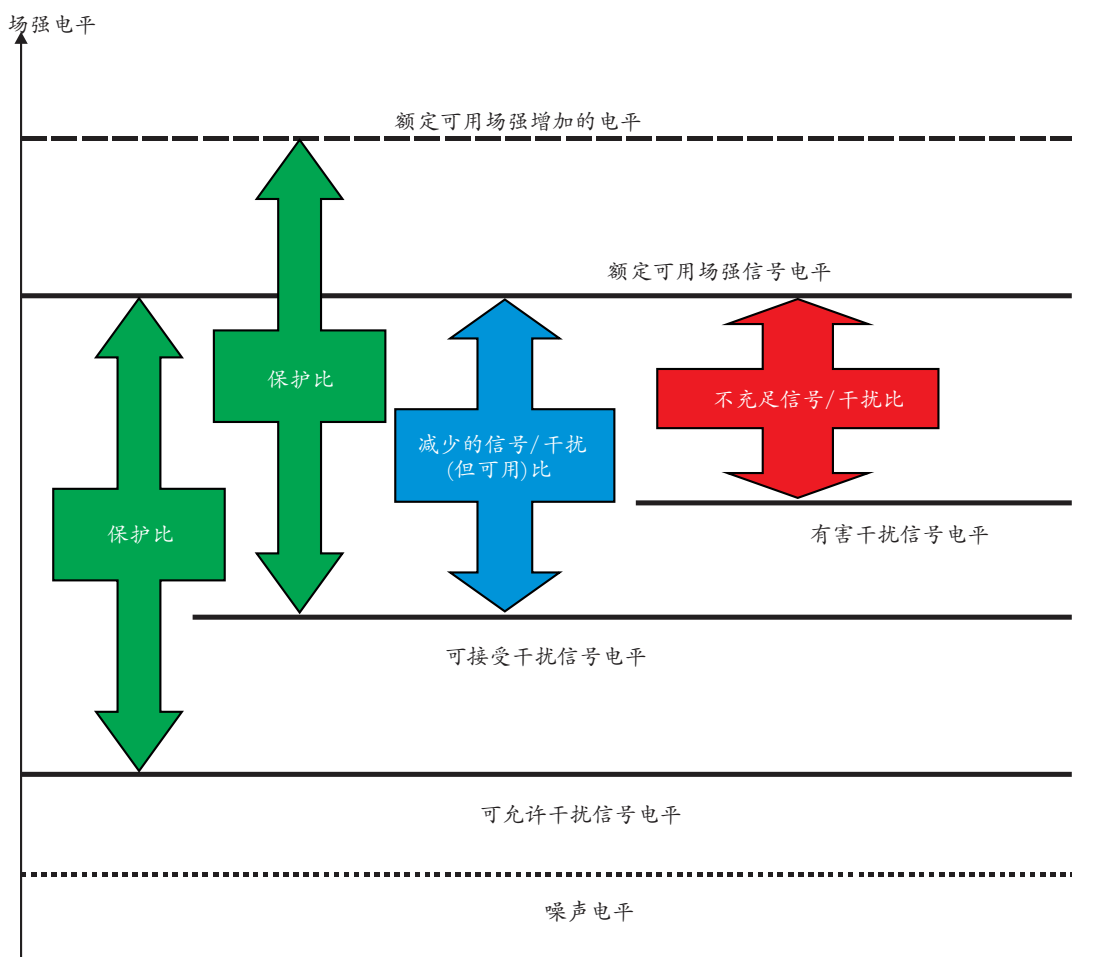
<sup>34</sup> 1.167.1和1.168.1 术语“允许的干扰”和“接受的干扰”被用于管理机构之间频率指配协调中。

按照《无线电规则》，允许的干扰和接受的干扰等术语系在主管部门之间做频率指配协调时使用。但是在实际做法中，在国家这一层面，这些术语在频谱用户间做规划和频率指配协调时也使用。

图3.3说明：在陆地无线电业务中，并在单一干扰情况下，有害的干扰和额定可用场强、保护比和允许的干扰之间的相互关系（ITU-R BS.638建议书）。

图3.3

## 可用信号和干扰信号电平间的关系



Nat.Spec.Man-3.03

额定可用场强在频率规划和协调中是一个很重要的因素。在从其他发射机产生干扰的情况下，它表示提供适当信号接收（或系统性能）所需的发射机接受到的（或设想的）信号电平。如果干扰可以避免，在同一信道的无用信号必须限制在低水平。无用信号必须限制的程度由保护比（或余量）所限定，图3.3中最左边的两个箭头表示保护比。相应的干扰信号电平定义为允许的干扰信号或接受的干扰信号（接收的或设想的）电平。

在许多情况下针对干扰产生的保护是不必要的或不实际的。无线电业务可以在低电平信号或偶尔出现干扰信号的情况下照常提供。定义这种情况的信号电平某种程度上高于允许的干扰电平，在上述图中显示为可接受的干扰信号电平。这相应于存在来自无用信号的接受干扰的情况。此定义见《无线电规则》中的上述第1.168款。然而，在这种情况下，系统的适当性能还是可以推断出的。同样的保护比也用于定义“额定可用场强增加的电平”。

如从图3.3可以看出，可接受的干扰条件可以增加“额定可用场强电平”或增加信号/干扰比的方式而满足。但干扰信号电平的增加终究会导致不充分的信号/干扰比并引起干扰。

无用和干扰信号的电平不总是恒定不变的，而会在场强中随信号衰减而变化。为确保所需的接收质量，通常会对额定可用场强附加一些冗余量。它们的值可以为6-12dB，对于某些时间百分比高的点对点微波系统，还可更高。

在图3.3中以一般形式说明的“额定可用场强电平”和保护比取决于具体业务、频段、业务质量和其他因素。现有的自动化频谱管理系统已将这些值存于图书馆，以便用于有关频率指配和频址规划程序。

有时候，发展很好的无线电系统被称为“无干扰系统”（例如，见3.3.3）。实际上，这就是指满足所设想的、特定抗干扰条件的网络。的确，真正无干扰操作需要在使用同一或临近频率的台站之间有很大的地域隔离，而且无干扰操作会降低频谱的利用率。如果各网络的所有台站都在允许的干扰电平的情况下操作，频谱就会得到有效利用，当然这种允许的干扰会因不同无线电业务的不同台站而有所不同。这就是说，允许的干扰在频址规划程序中发挥着积极作用。一方面，允许的干扰电平是传送要求质量的一个指标；另一方面，它也是有效利用频谱的一个指标。

干扰分析技术详见第5章。

### 3.3 频率规划

从无线电频率有效利用的观点来看，频率规划涉及，对构成移动通信网络或广播（电视或声音）系统的基站或广播电台之间，对一套给定的频率信道进行最优分配。频率规划能导致这样的观点：为给定网络所运营的地区提供最完整的覆盖。

规划可以以规划地区的地理和地形条件是一致的这一设想为基础而着手进行。这种设想可以允许传播损失的标准估计。所得出的规划提供一致的地区覆盖，但是不适用于规划地区内不同位置上引起的不同的的要求和条件。在这种情况下，“总规划”应做得便于调整，有时需要做特别协调。在另一些情况下，总规划可对站址和频率作出初步安排，这种安排可根据实际情况而进行调整。在现代，频率规划强调灵活，它就要求这种形式的站址规划包括对今后调整和改变的周到考虑。

无线电频率覆盖和频率指配计算机程序的问世使这些规划的调整更为实际。请注意，管制部门没有必要承担制定这些年规划的责任，例如，对于蜂窝电话，这些规划通常由蜂窝电话运营商自己制定。

除下述五种方法，还可用其他频率指配规划。传统上，频率规划的拟定采用两种方法，它们是：

- 点阵法 – 频率资源在一个区域对称地并在地理上规则地分布；



- 非点阵法 – 在一个地理区域，频率资源是不规则地分布，而不是频谱有效利用式的分布。

两种中的任一种都适合指配/分配规划，且在有先决条件时都可以使用。对于规划方法的选择，点阵法对过去大多数频率规划提供了基础，其对要求特性比较一致地区的数字广播规划也会适用。这种方法主要在这样的地区适用：频率指配系从模拟指配转换成数字指配，并成为规划的一部分。

但是，在没有统一数字广播要求的地区（例如，业务区域大小很不相同和接收条件很不相同的地区），或者在需要设数字广播电台的地区以及已有模拟电台网络的地区，非点阵法则既对所需覆盖也对可用频谱最有效利用提供最佳方案。这种方法能增加不以任何规则的形式在整个地区进行分布的指配，但不会提供均衡化的业务区域。

任一方法的规划过程都可分成“兼容分析”和“综合”两个阶段。分析阶段系为识别不兼容情况，应考虑对这些不兼容的反应措施。

规划过程可以下列步骤加以总结：

- 步骤1：提交数字广播的输入需求；
- 步骤2：识别模拟广播电台站和需予以考虑的其他业务；
- 步骤3：进行兼容分析；
- 步骤4：评价步骤3获得的结果；
- 步骤5：关于各种业务间的兼容进行行政管理性的输入，如必要再回到步骤3；
- 步骤6：进行综合，综合的结果就是规划；
- 步骤7：评审结果，并回到步骤5，然后，如果结果不尽人意，则回到步骤3；
- 步骤8：采用最后计划。

### 3.3.1 线性频址规划

线性频址规划由德国汉堡无线电广播研究所提出。它在许多无线电广播国际会议上使用（1961年，斯德哥尔摩；1963年，日内瓦；RARC 1+；1984年，日内瓦）。

这种方法也能用于移动无线电通信系统[1982年，Gamst和1981年，Hale]包括蜂窝系统的频率规划。

线性频率规划的方法基于以下的理论假设：

- 所有的发射机都相同，它们的功率和天线高度都一样；
- 天线辐射图在水平面内是各向同性的；
- 无线电波的传输损耗不是传播方向和频率的函数。

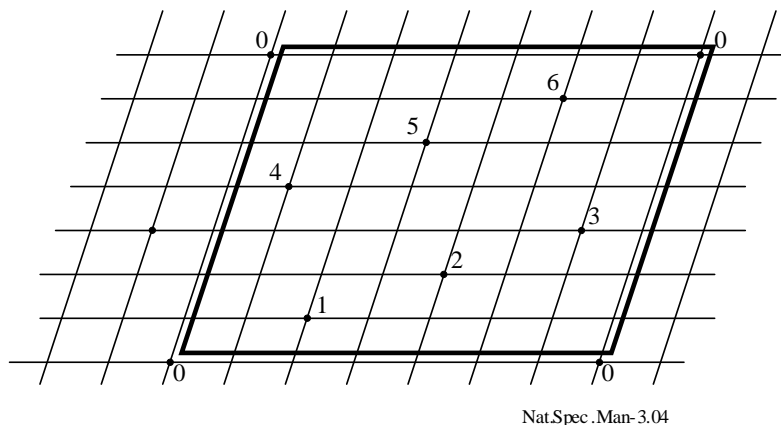
以上假设情况下每个发射机的服务区边界是一个圆，其半径取决于业务种类（声音和电视广播，移动通信，等等）和所考虑频率范围的无线电波传播定律。

这个方法的应用可导致一个同类发射机网络，网络中最近共信道发射机处于地球表面几何点阵的节点上。在这样的点阵中，每个发射机附近有六个共信道发射机。

图3.4显示发射机的点阵分布，有七个可用的共信道指配。理论网络由利用夹角坐标系统的映射坐标组成，其夹角为 $60^\circ$ 。

图3.4

## 无线电台站的规则点阵



在其结点上使用频率信道 $i = 0 \dots$ 的发射机结点的共信道菱形所在之处在图上已着重标出。最靠近原点的发射机由数字 $1 \dots 6$ 标识。由数字 $0$ 标识的台站所处的共信道菱形叫主共信道菱形，由数字 $i = 1 \dots 6$ 标识的无线电台站处于此共信道菱形的内部结点上。对每个菱形来说，各个无线电台站的信道号码在菱形内的分配都是相同的。

使用以下输入数据：

- 由网络内某个发射机所确保的业务区半径；
- 不同频率信道发射机之间容许的距离。

对规则的发射机网络来说，采用这种规划方法可得出下面的参数：

- 所需的最小频率信道数；
- 规划网络中分配给无线电台站的频率信道数；
- 不同频率信道  $i$  发射机之间的实际距离；
- 工作于信道  $i$  的无线电台所在的主共信道菱形的网络模式坐标。

用一种不同的程序来计算不同频率信道发射机之间的距离，以确保事先确定的可接受值服务区内相互间干扰的水平。

应当注意，实际发射机网络不具有如图3.4所示的规则几何图形，它们的技术性能也和理论网络不一样。与几何规则图形、理论功率和天线高度的偏差不可避免地降低了频率规划的有效性。然而，采用上述方法，将频率规划的有效性作为限制条件的函数，将限制条件作为输入数据，能够画出清晰的图形以显示频率规划。

如上所述，通过使用以上方法得到的频率规划是启发式的，但该规划本身不能说就是标准化的了。

线性频率规划的结果可以以下面的方法加以应用。将理想规划网络中的发射机网格标在规划区域的地图上，将指配的频率信道分配给最靠近方格结点所在位置。在为特定图形地点指配频率信道时，发射机功率、天线高度等应按频率规划所采用的值做修改。

完成这项规划后，有必要使用更准确的预测方法，按照每个台站的实际数据，检查网络中每个发射机的服务区半径。

在某些情况下，尤其是广播业务，每个地点需要几个频率信道而不是一个。这也可以通过使用线性规划程序而得到，该程序基于多个匹配的规则矩阵为基础，而该矩阵以每个地点有不同的信道频率且达到尽可能多为条件。如果要求避免互调干扰，还可附加一些限定。

### 3.3.2 顺序频率规划和指配过程

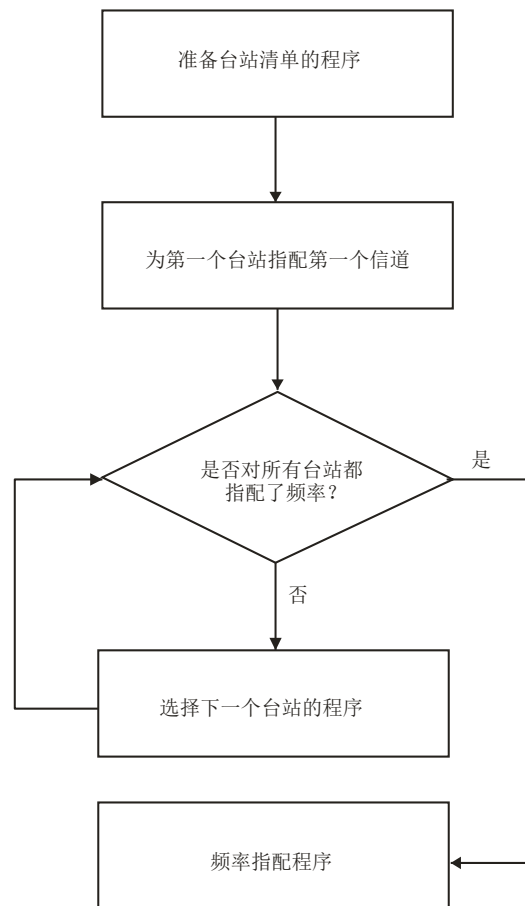
这种观点是从可用频率固定清单中为台站清单所列的每一个台站选择一个频率。

使用这种方法的网络规划需要以下输入数据：

- a) 欲为之指配频率的基站或广播电台的清单，包括其地理坐标；
- b) 可用频率信道的清单；
- c) 指明使用某一给定频率的无线电台站之间所需距离的统计表。

图3.5显示了一般算法逻辑框图。如图所示，频率规划的算法包括三个步骤。第一步是准备需要选定频率的无线电台的清单。清单所列无线电台站排列的顺序对应给发射机分配频率的难易，难易程度可由一个给定无线电台站的共信道干扰区内台站数量来定义。共信道干扰区内台站越多，给这些台站分配频率就越困难，在清单中这些电台就越靠前。

图3.5  
频率规划的一般算法



Nat.Spec.Man-3.05

给无线电台站指配频率从清单中的第一个台站开始，为它指配第一个（低点的）频率信道。

为了选择清单中每个排在后面的无线电台站并为其指配一个频率，可从几个程序中选择程序，这些程序已经制定。最简单的程序是保证无线电台站选择的优先顺序与它们在清单中的顺序相对应。

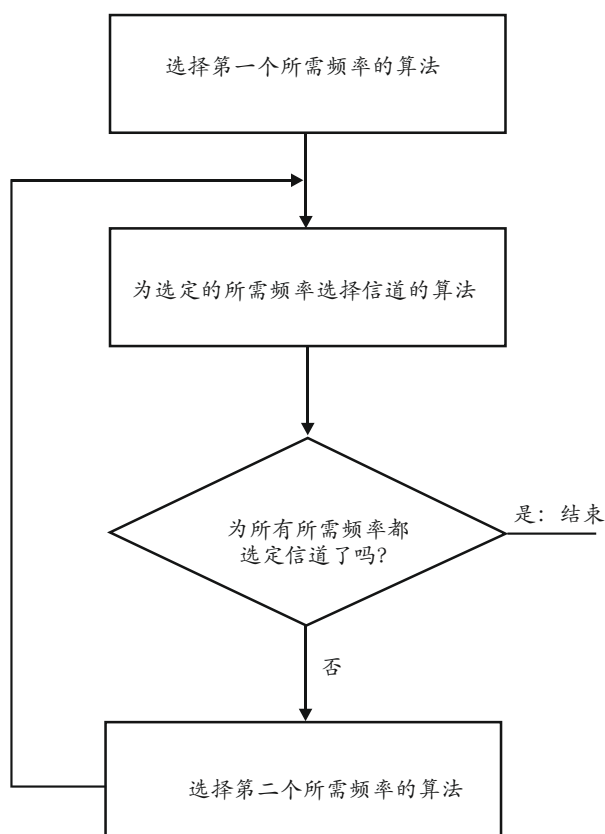
必须注意在实际中为新设无线电台站指配频率时经常发生的一个问题。这些无线电台站必须存在于那些现有的、频率分配已获承认的无线电网。例如，对电视系统而言，在有些地方接收单个高功率电视台的节目很困难或根本不可能，因此为了做到节目全部覆盖。就需要大量的中继站覆盖小服务区。

这个小功率电视子系统中频率规划的特殊问题可通过使用[1984年，O’Leary；1984年，Hunt和1984年，Stocer]文件所述的方法来解决。

图3.6所示为在第一区和第三区的部分地区内数字地面广播业务以RRC-04进行规划所采用规划方法的流程图。

图3.6

顺序频率综合规划的一般流程图



Nat.Spec.Man-3.06

### 3.3.3 蜂窝频址规划方法

过去几十年中，随着移动蜂窝系统的问世，陆地移动业务一直增长得特别快。这些系统能更有效地利用无线电频谱，因为每带宽的工作用户数量比传统的陆地移动网络的用户要多得多。这个有效性取决于每个基站参数的选取，这些基站为各特别限定的小区或蜂窝服务。蜂窝覆盖一个基站网络的工作区域以及不同地区之间的公路或高速公路。

在蜂窝网络中，相同信道的各蜂窝之间的距离 $D$ 通常不大于 $D = 3.5 R_0$ 到 $D = 5.5 R_0$ 。 $R_0$ 是蜂窝的额定半径。因此，在蜂窝系统中，频率再用的效率很高，其频谱利用的有效性可大大提高[Lee, 1989年]。

由于干扰限制，每一套相邻蜂窝不可能使用相同的频率信道，这套蜂窝则称为一个群。在一个群中的蜂窝数就是它的大小 [Lee, 1989年]。

基站可以使用水平极化全向天线和60度或120度波束宽度的扇形天线。使用扇形天线，每个蜂窝又可分成6个或3个扇区，需要为每个扇区指配不同信道[Lee, 1989]。

为了给蜂窝移动系统准备完整的频率规划，有必要确定该规划的以下基本参数：

- 一个群的大小（小区数）；

- 一个蜂窝内的扇区数目 $M$  ( $\theta=360^\circ$ 时,  $M=1$ ;  $\theta=120^\circ$ 时,  $M=3$ ;  $\theta=60^\circ$ 时,  $M=6$ ; 这里 $\theta$ 是基站天线波束宽度);
- 基站数目;
- 蜂窝的半径;
- 基站发射机的等效辐射功率;
- 基站天线高度 (移动站的高度通常设计为1.5 m)。

这个步骤能确定频率规划所需的所有参数。为了制定一个基于蜂窝系统中每个基站的信道数目和区群形状的综合规划, 需要定义分配给一区群中所有基站的特定工作频率。为此, 相邻频率信道蜂窝之间的干扰以及一个蜂窝内同样扇区信道之间的互调干扰, 必须减少到最小。

为了蜂窝系统综合频率规划, [1982年, Gamst和1981年, Hale]里论述的方法可以使用。

### 3.3.4 灵活频址规划过程

对于某些无线电业务和其应用, 诸如包括微波系统在内的规定业务或专用移动无线电系统 (PMR), 通常不用制定预先确定的、呆板的频址规划。对每个拟议中的新应用, 按以下原则确定频率指配即可: 对应国家频率登记中现有的频率指配, 对每个新提出的频率进行兼容分析, 以确定这一新频率不会影响现有的指配, 也不会被现有指配所影响。有关电磁干扰兼容性分析程序在第5章和《维也纳协定2000》中都有说明。

如果要加快对所需台站指配频率, 则可使用ITU-R SM.1509建议书所给定程序。这种方法实际上就是给出每个不同台站的具体子频段占用数据而已。这种方法可大大简化频率指配过程, 因为对于所需进入的新台站, 针对比其他子频段更少被占用的一个较窄子频段内有限的频率指配而言, 这种方法可以进行EMC分析。

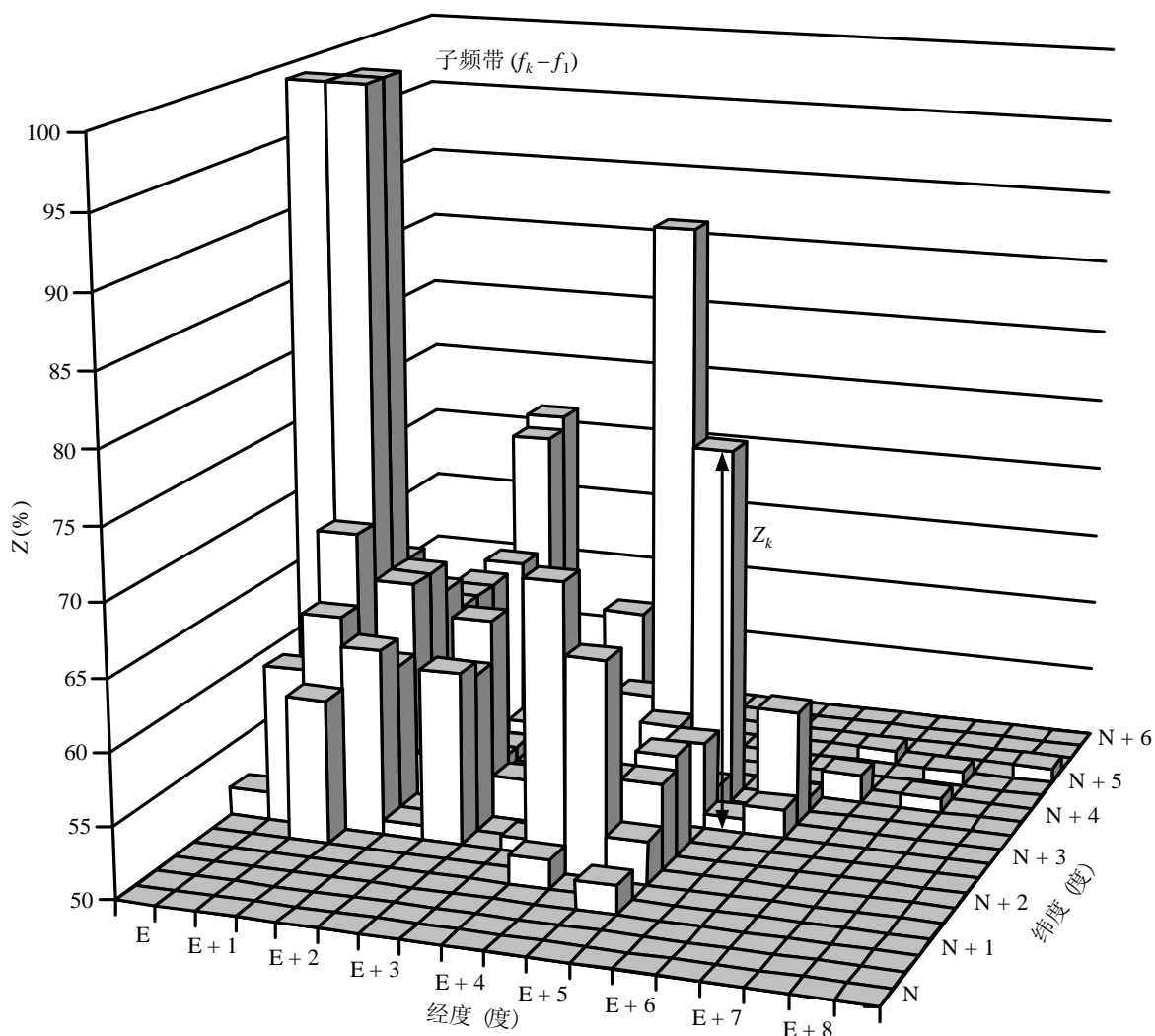
例如, 图3.7表示, 在一个 $8^\circ \times 8^\circ$ 整个区域内的 $1^\circ \times 1^\circ$ 维的一个子频段 ( $f_k - f_i$ ) 内的频谱利用系数 $Z$  (此系数在ITU-R SM.1046建议书中有规定) 的分布。从中可以看出, 对于这些蜂窝而言, 子频段 $Z_k$ 适合做进一步的EMC分析, 但其他的子频段就不适合。

## 3.4 软件和自动化

如《国际电联频率管理计算机辅助技术手册》(2005年, 日内瓦)所述, 频率指配和向子系统发放许可证需要计算机和存储媒介。计算机软件可以基于上节所述方法来计算分析兼容性和进行频率规划。现代频率管理系统 (SMS) 计算机软件可以根据用户的具体需求方便地进行定制计算。利用该软件, 可以产生文件表格, 也可以为传播 (2000年, Topcu等) 和许可证费用计算等模型编制程序。为SMS定制而专门拟定的许可证费计算模式已经问世 (2000年, Pavliouk)。现代计算机SMS软件在与各种数字化地形图一起应用时可以容易地进行调整。

图3.7

频谱利用系数Z在选定子频段所用地区内的分布

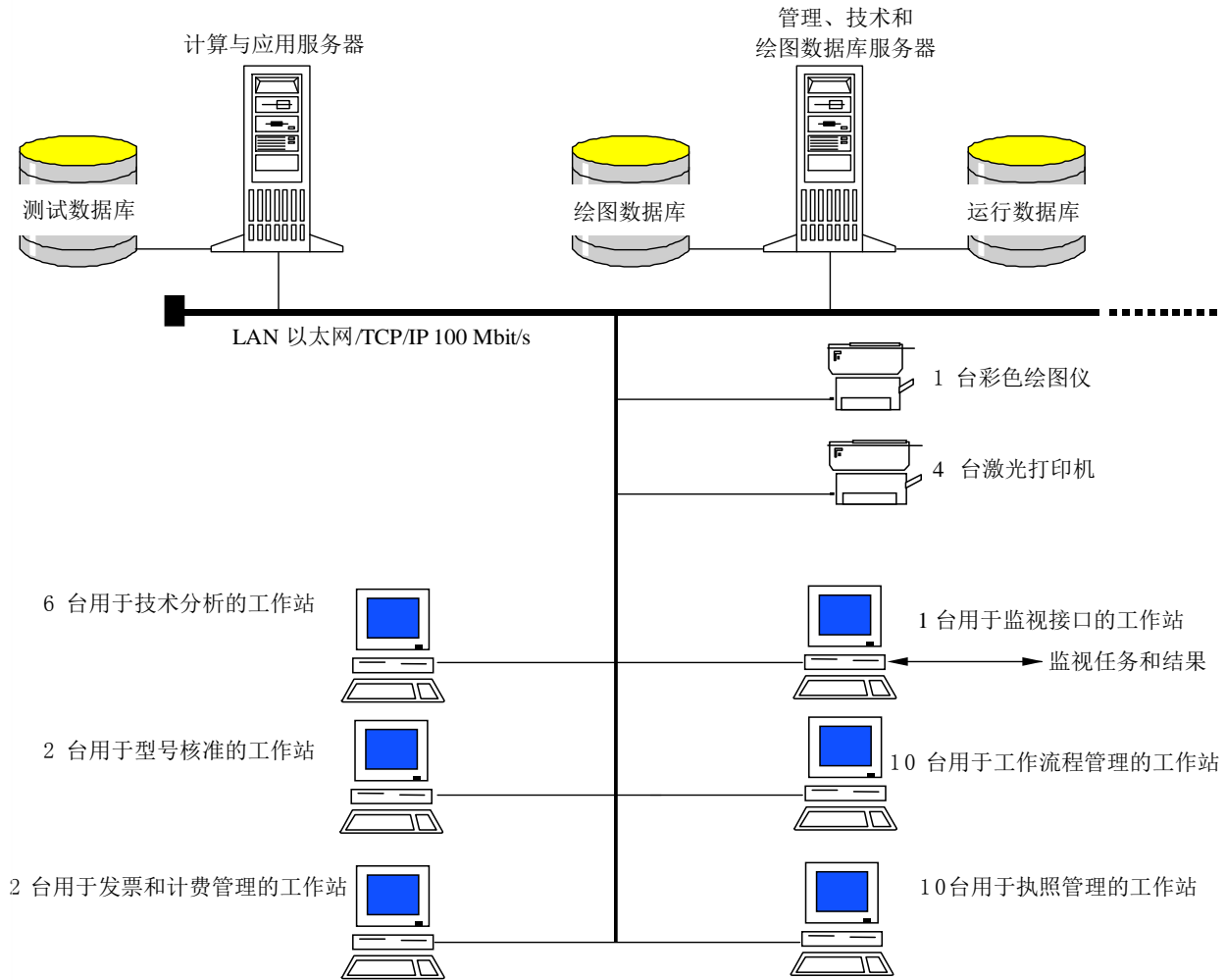


Nat.Spec.Man-3.07

在许多拥有通用自动频谱管理系统（系统包括所有无线电业务中的无线电设备）[1990年，Bare和2002年，Bykhovsky等]的国家，欲对诸如电视和VHF声音广播、陆地移动和固定业务等不同业务提供自动本地系统，则可使用个人计算机进行程序编制。[1986年，Vasiliev等和2003年，Dotolev等]。

图3.8给出了模型SMS的运营配置的例子。

图3.8  
SMS运营配置示例



Nat.Spec.Man-3.08

该模型SMS包括：

- 计算和应用服务器：SMS软件、计算文档管理、备用和恢复管理；
- 行政管理、技术和统计服务器，运作数据库管理；
- 测试数据库：用于测试和新SMS评价的数据库；
- 运作数据库：用于行政管理运作工作的数据库；
- 统计数据库：数字地形模型、地物干扰、行政管理限制和扫描地图；
- 彩色标绘器：绘图显示、覆盖图；
- 激光打印机：正式文件；
- 技术分析工作站：利用绘图显示进行EMC分析的工作站；
- 型号批准工作站：进行设备批准管理，包括进口和销售许可证管理等工作站；
- 账务和账单工作站：获得账务和账单管理数据的工作站；



- 监测接口工作站：布置任务和集中监测结果的工作站；
- 工作流程管理工作站：处理频谱管理等内部行政管理事务的工作站；
- 许可证管理工作站：管理许可证发放过程和发票开具的工作站。

所需设备的数量取决于管制部门的要求。

## B部分

### 许可证发放

#### 3.5 引言

“许可证发放”在电信业的各种情况下以及其他商业和政府活动的许多方面都广泛适用。“许可证发放”一语在无线电运营方面也适用。通常，一个许可证发放文件包含商业运营和无线电频率使用的诸多方面，即允许经营某种生意和允许使用某一频率在许可证中都有反映。在本部分，“许可证发放”只专门考虑无线电频率的使用，即“无线电频率许可证”。

无线电频率许可证发放用做管理无线电频谱的一种手段。（如《无线电规则》第18.1款所规定）但是有效的频谱管理必须考虑无线电频谱的所有用户，包括私营团体、企业和政府。政府和其他非私营频谱使用者按照频率管理者的某种允许而运营是一般现象。此类“允许”或“授权”经常是以“许可证”的形式予以考虑的，即使涉及不同的法律部门也应当如此进行。下面关于许可证发放的探讨应用于核发过程的最通常形式，包括允许、授权和其他类似文件，除非另有专门说明。

#### 3.6 许可证发放的要求

无线电许可证发放系为达到几个重要目的。最重要的目的是限定无线电台站的技术和运作特点，以便为国家和公众利益保存无线电频谱的有限资产。另一个重要目的是维持管理频谱所需的完整登记，从而达到在改进频谱有效利用的同时避免干扰。

《无线电规则》第18.1款要求所有个人或企业建立和运营的发射台站都应有主管部门颁发的许可证，除非在有国家决定允许在无干扰基础上运营的情况。《无线电规则》第18条规定了许可证持有者的基本责任，并为主管部门如何解决在移动台站进入其他主管部门辖区而引起的各种问题制定了指导方针。

所有许可证都要明确持照者的姓名和地址、发射台站所处的地理位置或其移动的（如果是移动台站的话）地理范围、台站的技术参数和运营条件、台站可能使用频率指配的目的、许可证的有效期限。所有这些都是为了确保获得许可证的台站不对其他用户产生干扰（见《无线电规则》第3条）在多数情况下，被指配的频率、发射天线的发射参数和基本特性应在许可证中列出，关于发射的授权可以在另外一个文件中列明，该文件授权不只一个发射机或不只一个指配频率的使用。也可对接收台站颁发许可证，说明其基本参数。对许可证一般都要收取费用。许可证发放可能遇到的问题是：谁应该被发给发射许可证？如何达到频谱有效利用的目的？

近来，各主管部门为移动网络进入公众网络提供了频率。在这种情况下，移动网络运营商有责任管理他们的频率，限定其台站的发射功率，确定其网络的其他参数，所有这些都是许可证发放时应当加以考虑的限定。

对于公众移动网络，频率管理当局不用对其每个移动台站单独地发放许可证，但这并不排除移动网络运营者向频率管理当局宣布其要在网络中投入业务台站的位置和基本参数的义务。

### 3.7 为无线电台发放许可证

为频谱使用发放许可证是防止各种业务和台站相互干扰所必须的手段。但是，对于某些低功率的应用，例如，民用频段内的台站、无绳电话、近距离装置、特宽带系统、电子装置、安全系统，等等，可以免除对之一一发放许可证的要求。这是为了减少管理部门和用户的管理和经济负担。

应该认识到如果没有频谱许可证发放系统的纪律约束，无线电干扰可能达到不可接受的程度，导致为信号的发射或接收所作投资的价值将大大减少。为通信系统做了投资的频谱使用者希望许可证发放当局能确保其设备在正常情况下运转，免受有害干扰。

某些主管部门利用“型号批准”或“型号验收”的程序确保产品的设计在技术上和实际中能够适应与该产品相关的、已规定的管制要求。这些管制要求的存在使无线电设备及其用户能够互相共存，确保频谱的利用具有最大可能的经济性，并有利于无线电设备的有序发展和使用。限定性地免除干扰可能是附加要求。

型号批准需要送交批准测试实验室（有时是政府）测试的、按某种批准的或公布的技术规范或标准制成的设备样品。如果设备已被批准，应签发一张合格证，制造商应在产品上固定一个标记以说明产品是“批准型号”。

型号验收只要求制造商将测试数据提交主管部门审核。测试的条件和所需样品的数量应当明确。如果提交的数据可以被接受，也要签发合格证书。设备制造商也应在产品上固定一个标记以说明产品是“型号已验收”产品。

设备的批准或验收对制造商和主管部门来讲都是费用昂贵和耗费时间的过程，尤其是在主管部门制定了自己的技术规范或者要求制造商在设备拟投入市场的每个国家都获得批准或验收的情况下。认识到这一点，有些主管部门达成了“互相承认协定”以承认每一方的批准和验收结果。视型号批准为不必要管制和潜在贸易壁垒的概念与日俱增，特别是越来越多的设备在没有管制限制的条件下在国际上投入市场，传销和运营，例如，公众移动电话就属这种情况。有一种倾向是，将责任从管制者转移到制造商或供货商以确保设备符合最基本的要求（符合评定）。市场的监视将识别不符合标准的设备，忽略标准的制造商或供应商将遭受惩罚。

一个模范程序是欧盟成员国通过实施法律上可强制执行的《无线电和电信终端设备（R&TTE）指令》而制定的。到2001年4月8日，R&TTE指令取代了1 000多项各国所制定的管制性规定，并对设备的投放市场和使用进行管制。指令覆盖所有使用无线电频率的设备，也覆盖所有与公众电信网络相连接的终端设备。指令要求无线电设备有效利用频谱，避免造成有害干扰。

评价产品是否符合标准是设备制造商的责任。设备通过法律上被承认的实验室测试合格后，制造商只需要发布“合格宣言”，而无用从某个官方机构获得批准或验收证。当无标准可采用或标准不使用时，制造商仍然有走向世界市场之路，那就是广泛地证明其设备是如何

在技术上已经满足要求。欧盟国家有义务获得无线电频谱的条例，因此，制造商在频率分配和使用中各国情况有所不同，从而可以生产出适合尽可能大的市场的产品。制造商有义务告知用户产品打算如何使用以及在使用中有何局限，同时在产品的包装和手册上加以说明。这就意味着，制造商需要明确告知用户设计该产品是为了使用哪部分频谱。

根据世界贸易组织规定，许多国家达成相互承认协定。这些协定信赖：相互承认证书、合格标记实验室签发的测试报告或各缔约方合格评定机构根据其他国家的规定所签发的报告。

超过主管部门决定的使用期限，许可证应予更新。更新后的许可证对将来无线电频谱的利用有重要影响。通过对许可证有效期的确定，以及对型号批准和型号验收期的限定，就能够确保最终所采用的新技术总是那些能导致频谱更有效利用的技术。

从许可证发放的记录获得的数据，可用于为获得频谱提供统计信息，也可用于指明国家频谱应用的趋势，还可用于帮助预测未来频谱需求的趋势。

许可证发放可以用于限制某些可能引起有害干扰的无线电设备的生产，销售，占有和进口。

无线电许可证数据对从事跟踪干扰申告的执法机关很有价值，并有助于查找非法无线电台。

### 3.8 放宽对许可证发放的管制

低功率、近距离无线电装置如按正确的技术条件操作，对其他无线电用户的干扰是极少的。在这种情况下，对许多低功率的装置，可以免除许可证发放。

这样做，对用户、制造商和供货商可以提供更加宽松的管制体制，同时，为主管部门省却很多麻烦。用户可以不再支付费用和填写申请表格；制造商和供应商可在一个减少管制的环境中将产品投放市场，以便使公众享受到潜在的好处。属于这一类的产品可以包括：金属探测器、无线电控制模型、防盗装置、地方报警器、无绳电话和特宽带装置等。

这些装置通常与其他应用共用频率，所以一般禁止其对那些其他应用产生有害干扰。如果近距离装置对经授权的无线电通信引起干扰，即使该装置符合所有技术标准，并且对该种设备的授权为国家条例所需，运营者也得被要求停止此次运作，直到干扰问题被解决。如果相互间有干扰，低功率、近距离装置是不受保护的。关于这种设备的更详细情况见ITU-R SM.2153建议书 – 近距离无线电通信装置的技术和操作参数以及频谱要求。

### 3.9 许可证发放的实际做法

在任何结构良好的频谱管理单位，许可证发放系统发挥主要作用。通过以下做法，它对所有台站的运营和频率的使用进行控制：

- 检查许可证申请文件和支持性文件，以确定，从法律和管制的角度，决定许可证申请是否符合有关要求，并决定所涉无线电设备在技术上是否可以接受；
- 对可能不需要许可证的政府机构或普通消费者使用的通信装置颁发专门的或空白的授权证书；

- 为各个台站指定可识别的呼号；
- 签发许可证文件，收取适当费用；
- 必要时重审和取缔许可证；
- 检查（业余）操作者的能力，并为其颁发证书。

通常，一份无线电频谱许可证应符合以下一系列不同的一般要求，尽管具体的无线电业务有专门对它所提出的特定要求：

- 无照经营无线电业务是违规的，除非该种业务是免除许可证发放的；
- 根据国家法律，对无线电许可证中所列参数的所有更改都应经频谱管理当局授权才能进行。对许可证细节拟议的所有更改都应报告适当频率管理当局；
- 许可证应确保任何运营无线电台站的人都要服从许可证所定条件；
- 合适的话，所有信息在开始前和结束后都应伴有台站的呼号或识别信号；
- 许可证应包括一份有关干扰、免除干扰以及包括设备本身安全在内的安全程序说明书；
- 许可证应包括关于通过质量保证方案对设备进行维护的说明；
- 站址工程条件也应纳入许可证发放详细说明。

主管部门可以对频谱许可证发放向用户收取费用。费用可以反映：所用频谱的重要程度、无线电频谱不能让他人使用以及频谱使用所导致的经济效益。收取费用的多少也可作为导致频谱最佳使用的途径。这一问题在第6章有详细叙述。

在许多国家，主管部门考虑两种用户：商用无线电用户和非商用无线电用户。

### 3.9.1 为非商用无线电用户发放许可证

非商用许可证持有者是无线电用户中的主要类别之一。这些组织使用无线电是因为无线电是其开展公众关注之活动的最基本资源。船舶和飞机通信和导航需求、警察、救火和医疗响应业务、以及某些共用事业都属于这类用户。将科学无线电用户也纳入这一类是方便的。几乎所有非商用无线电业务在某种程度上为非商用用户所用，而对于某些业务，它们是唯一的用户。

主管部门可以要求做运营者许可证检查，以确保某些个人是否有能力操作或维护非商用无线电发射装置。另外，《海上生命安全公约》和《无线电规则》都规定，只有持有许可证的个人才能或者操作或者在某些情况下负责发送无线电业务。

无线电运营许可证典型地与安全服务、业余无线电或其他安全通信所使用的服务有关。这方面的例子有：航空导航许可证；在全球海难和安全业务中的业余操作者许可证；安装，维修或维护船舶、飞机或其他方面发射机的个人运营以及宽带发射机的操作和维护许可证。某些国家要求把受过基本专门教育作为对运营者做检查的前提。另一些国家没有教育程度的要求，但是相信某些经验（学徒的身份）或通过考试是有用的。各国应当考虑接受其他国家颁发的、具有众所周知的合格标准的无线电操作者证书。这直接适用于航空和航海操作者。这可方便有效和经济的鉴定，尤其在国家的工作量相对较轻，对最新的操作者作考试所需努力有充足的权限之时。后一种情况在考试需包括高级技术问题的情况下尤其适用。

尽管主管部门坚持要求非商用用户配合以确保指配给其的频谱能得到有效利用，这些机构也通常能提供最基本的无线电需求。这些都不成问题。但是，许可证费还是应当收取，或者其他的资金转账还是应当进行，以充足地应付主管部门适当部分的开支。

### 3.9.2 为商用无线电用户发放许可证

发射机商用许可证持有者基本分为两类：业务提供者和私营无线电用户。业务提供者建立系统为他人使用，私营无线电用户通常是在自己做生意的过程中使用自己的无线电系统。尽管是非商用，但业务提供者基本上都是宽带业务和广播卫星业务（BSS）的用户。他们也是卫星固定业务（FSS）和卫星移动业务（MSS）的主要用户。私营用户只有业余业务和卫星业余业务的用户。两类用户分享固定业务和移动业务的商业使用。

业务提供者提供的和私营无线电用户从固定业务和陆地移动业务运营者所获得的产品是相似的。但是，在某些情况下，私营系统比从业务提供者租得的设施更为便宜和灵活，但是后者可望对频谱有更有效的利用。于是，在频谱不太充足的情况下，主管部门更愿为业务提供者而不愿为私营无线电用户发许可证。但是，主管部门倾向于在几种业务提供者之间维持竞争。

在为商用无线电用户发放许可证时，主管部门通常要确保申请真的涉及许可证发放的需求，申请所使用的设备可使频谱得到有效利用。如果能找到合适的频率，许可证就可颁发，许可证费就可收取。如果对两类商用用户的所有申请不能找到合适的频率来满足，主管部门必须找出决定哪些申请应予接受的依据。这种决定涉及在业务提供者和私营用户之间，在一个业务提供者和另一个业务提供者之间做选择。

优化频谱利用和在许可证申请中选择的不同方法已经被采用。对两种问题的经济解决方案，即大家熟知的频谱计价和拍卖，在某些国家已经得到应用。

主管部门应对所有商用无线电业务的频率指配负责，但是，到目前为止，大多数主管部门只对固定业务、移动业务和广播业务负责。由于电信业或广播业处于垄断，分配给这些业务的频段的管理问题由主管部门委托给业务提供者。但是，在一个国家，这些业务提供者之间的竞争在质量和价格管制领域是一个显著的问题，因此，主管部门对那些业务使用的频谱必须保留授权。

### 3.9.3 为电信业务运营商发放固定业务许可证

公众电信运营商将固定业务用于几个目的。视距城市间通信链路，一般覆盖距离为10-50 km，通常构成长途无限中继链，占用3-30 GHz频谱。近距离链路用于市区用户的宽带连接，为避免时延，可能已新安装了地下电缆。像这样的无线电链路仍广泛用于将陆地移动基站连在一起并连进公众交换电话网（PSTN）。近距离多址系统，一般在300-3000 MHz频段内工作，已用于将农村地区的用户连入电话网。

对于这些应用的每一种，主管部门的目标一般如下：

- 保持竞争者之间的公平竞争条件；
- 确保采用有效的指配模式；

- 确保整个业界建设性地使用有线也使用无线电，如果无线电媒体使用的范围接近限制的话。

约高于20GHz的固定业务的分配可能不会被频繁使用，至少高于55 GHz的频段很适合近距离的、交换网和主要用户房屋之间的宽带连接以及陆地移动网内基站之间的宽带连接。将拟用于这些目的分配的详细管理，按保证有效利用的规定委托给运营者，是切实可行的。

将频率指配给公众电信业务运营者并委托其进行管理需签署正式的协定。指配应由用于限定区域的或特定无线电信道的一组无线电频率组成。不再将这些频率指配给其他用户，以便在今后几年内满足被指配用户的新链路频率指配要求，是很有必要的。主管部门对于在指定频段内运营链路的参数应该给予指导方针，对其他区域产生的、对在同一频段内用户引起干扰或该等用户对地区产生干扰的距离，应当做出限定。应当有这样的规定：在选择一个可能对国外台站引起干扰的频率之前，一定要与主管部门进行协商。在运营者已经选择某一频率做链路时，其通常应要求主管部门对该频率做正式指配，以便使该指配纳入国家频率登记表，合适的话，还应通知ITU-R，以便将该指配纳入MIFR。尤其是，如果运营者要求更多带宽，主管部门则应审核运营者管理指配的有效性。考虑到在运营者间需要进行公平竞争以及无线电用于新的紧急需求的价值，应对新指配申请被拒绝达成一致。申请若被拒绝，已建立的路由则应转移到电缆。

公众无线运营者对获得频谱应当支付费用（初次拍卖费或每年固定费），无论是获得一组频率，还是获得单个信道。如属适当，对指配的RF带宽，也应按比例支付费用。有必要包括一个因素反映所在频率的频谱的稀缺情况，鼓励使用其他要求较少的频段，或将传输媒体转入电缆而不再用无线电电路。以拍卖方式向固定业务指配频谱已在一些国家得以实施（见第6章）。

### 3.9.4 为移动业务发放许可证

在移动业务系统中的通常做法是，对台站的频率指配不通知ITU-R以登记入频率登记总表。但是，从陆地站和与其相关的移动台站旅行的区域的发射和接受应在频率登记总表中登记。这间接地保护相关移动台站不受外界的干扰。对陆地站和移动站使用的指配都要颁发许可证，一份许可证包括一特定频段内的一群移动站。

移动业务的种类是多种多样的。有些是大量使用的，但它们对频谱的影响很小。如果要采取某些行政管理行动以确保不产生干扰，则有必要为该种行动的开支收取费用，但对每个站所花开支很少，所以每个站应摊的费用相对地很少。但是有几种陆地移动系统，它们对频谱的需求量很大，而且在快速增加，并倾向于不允许其他有需求的无线电设施进入频谱。私营移动无线网络（PMR）、蜂窝网络、大型公众接入无线电（PAMR）网络是具体的例子。主管部门应当考虑许可证发放的政策，尤其是收费政策是否应当设计为使这一频谱得到最佳利用。像对待广域寻呼系统和相关系统那样对待它们可能是必要的。

**为PMR发放许可证：**PMR使用频谱不如蜂窝和PAMR网络那样有效，但是通过窄带设备的一般使用，在私营网络中有效性有很大的改进范围。这一点很重要，因为对蜂窝系统频谱的需求很大并日益增加。

对于某些用户，PMR网络的布局很有优势。例如，对终端设备的设计可以优化，以适应某些用户的特殊要求。对另一些用户而言，所有移动站都听取基站发出的信息在运营上是必

要的。某些用户倾向于PMR，因为对于他们来讲，这比蜂窝系统更少花钱。这样一来，主管部门可能会发现，应尽快向PMR许可证收取费用，以鼓励现有PMR用户使用窄带设备放弃PMR的使用而倾向使用蜂窝系统。

**为公众蜂窝和大型PAMR网络发放许可证：**公众接入网有许多信道，也许还有国家服务区，包括主要的电信设施。它们对优化经济结构有极大的用处，也对其所有人有潜在的利润。每个网络对频谱都有很大的需求，总体上，它们是低于2 GHz以下频谱的主要用户。主管部门应确保这些网络使用频谱的有效性将不断改进。主管部门应确保许可证持有者将有魄力地向公众提供业务机会，用户有对许可证持有者施加竞争压力，以此而使设施的真正开支最少化。

有意识向业务提供者颁发许可证以使之向公众提供更多或更新便利的主管部门，可以安排初步的探讨以识别可利用的技术选择。潜在的业务提供者、设备制造商和有关政府机构应当参加这些探讨。可以为系统的设计选择作出了一项决定，以便在下一代网络实施。然后主管部门就可宣布，多组RF频谱将指配给已选择好技术规范的新网络。然后就可对提供该种系统进行招标以服务规定的地理区域。预计，可以对两个或更多其方案是最好的业务提供者签发5-10年的许可证。投标方案应包括：

- 投标者关于技术、商务和财经资源的说明；
- 所服务地区网络的“滚动发展”计划细节；
- 关于提供便利的情况和资费的打算；
- 投标者关于响应预计不到的低或高需求的说明；
- 在网络间没有竞争障碍的保证。

应收取年度固定费用，或者，投标者可以要求对许可证安排年度付费总额。

可以推测，将会收到几个投标方案，至少其中某些总体上是令人满意的。如果宣布了收取固定费用，那就应该根据质量和信誉度选择成功的方案。对于政府来讲，做出判断是困难的。判断可能遭到投诉，这会引起延误。如果在令人满意的有限数量的方案中采取拍卖方式进行选择，争议则会少一些，政府还可挣得更多收入。

成功的投标者就会获得许可证，他们的系统就会被实施。基站网络就会被规划和建设，为基站就要选择发射和接收频率并提出来以供正式指配。如果没有拒绝方案的理由，主管部门就应该肯定指配，合适的话，在适当时候通知ITU-R，以便在MIFR进行登记。

几年以后，业务需求可能会超过网络的容量，新的或更有效利用频谱手段问世，为用户提供更好业务特性等同时也具备了条件。如果是这样的话，新网络就可像以前那样建立起来，在不同频段采用这些新技术，让新网络之间相互竞争，同时也与上一带网络竞争。另一种情况是，如果原有频段系指配给一个具有中立技术规范的业务提供者，而业务提供者利用后向匹配涉动，也可以在原有频段中使用新的技术。

### 3.9.5 为广播业务发放许可证

在世界范围内，广播所用发射特点都是国家标准型的，而且都很一致。尽管发生了广泛的技术变化，而且近来数字系统在国际协调基础上得到很大发展，但是几十年来，其标准改



变得很少。而更重要的是，广播频率指配通常都是由政府进行规划，在一个国家是这样，在国际上也是这样。因此，许可证发放的主要作用只是确定将授权进行广播的机构是谁。在一些国家，拍卖机制越来越多地得以利用，以便在广泛具有同等水平的申请者之间做出选择。

在给卫星广播业务发放许可证时，主管部门多多少少会考虑如何管制广播业务提供者对卫星媒体的使用。因为数字广播业务与地面广播业务极为相似。进入无线电频率、馈线和业务下行链路都在广播所发出的国家政府的严格控制之下，尽管对卫星覆盖边沿地区这样的控制是办不到的。

这样一来，任何主管部门可能对广播卫星的使用，对为其指配和协调频率负有责任。馈线地球站可以设在卫星视距内的任何地方。下行波束业务区可包括几个或许多国家的领土，没有必要征求这些国家主管部门的同意。因此，主管部门对卫星广播的控制就是对地球站的管制。

### 3.10 网上发放许可证

一系列国家的政府已经或正在引入增加互联网向公众提供更多业务的政策。这些通常被称为“电子政务”或“电子商务”的便利也可以用于帮助动态的频谱管理或“电子许可证发放”。在许可证发放机构，许可证被视为“产品”，许可证申请者是“客户”。更自动化的网上许可证发放程序的采用和许可证信息的提供可给客户带来好处，即可为其提供更快、更容易理解和更直观的做决定的过程。另外，频谱管理机构也可得到好处，即其职员不用一直卷入核发的整个过程，而只是在过程的很靠后阶段涉及而已，这样就可处理另外的不太日常的问题。

电子许可证发放系统所提供的便利可包括：关于许可证类型、要求和费用的简单网上信息以及网上申请表。更复杂的网上核发系统可以提供网上核发和收费功能以及一套完整的互动支持工具（例如，传播预测和干扰分析程序）。申请者可以利用这些工具，选择可用技术，选择最合适的授权类型满足自己的通信需要。

#### 3.10.1 简单的网上许可证发放系统

对申请者来讲，获准发放学习者是一件很复杂的事情。有很多类型的业务需要得到许可才行，申请者需要提供各种各样的信息，还有各种费用结构。主管部门可能需要向申请者提供完整的便利，因此利用设计良好、尽量简单的互联网网址，则可以提供大多数的协助，并使主管部门免除建立相当的、广耗资源的电话系统。这一简单的网上系统也可以扩展为，为那些只需要从用户获得最简单信息（姓名、地址和电话等）的以及对指配频率不用进行工程分析的许可证签发网上授权和进行电子付费。有关这方面的例子取决于国家的许可证发放政策，但是，这样的系统一般都是在由供货商或许可证持有者选定的特定频率操作的，或由设备自动操作的低功率系统。另外的例子包括，例如，可搬动式卫星地球站快速站许可证，这样的地球站挪到临时地方操作需要批准。这种情况通常涉及电子新闻采集设备的运营者。可在网上提供地理坐标，可以用很简单的程序检查，地球站是否在可允许的区域操作或操作是否兼容（例如，在需要EMC保护的区域外的区域操作），如果是，则可签发授权。

### 3.10.2 更复杂的网上许可证发放系统

一些主管部门已经发展了完全互动的频率指配系统，这种系统可以使申请者在网上为拟议中无线电系统的细节进行登记或做修改，以充分开发各种可资利用的选择和利用各种选择的长处。对于可提供便利的唯一限制是，申请者提供准确技术细节的技术能力以及对如何准确使用互动工序的理解。虽然有些申请者有这方面的专长，但其仍可以雇用咨询者为其行事。

### 3.10.3 多国网上许可证发放系统

虽然在国家领土内运营许可证发放系统是每个主管部门的主权，但是，越来越多的无线电系统，在经有关主管部门达成协议情况下，提供它们能够提供的跨国境业务。这方面的例子是卫星业务的提供。该种业务提供者常常会碰到各有关国家许可证发放过程的不同和对申请的不同要求。一些主管部门已经合作提供单一申请点，这个点自动利用各国的正确申请表从有关参与各国收集准确的资料并将其发送给各国。这有时被称为“一站式购货”。这样的系统已被某些区域组织建立，如CEPT（欧洲）和CITEL（美洲）。

### 3.10.4 网上许可证发放的其他问题

一些主管部门已经或正在考虑采用“二次贸易”的办法，即允许在市场上私自租用，出售或购买频谱。网上许可证发放系统的应用，尤其是完全互动型频谱管理工具的利用，可以使用户为其系统试做各种各样的选择，同时为对频谱买卖感兴趣的其他用户提供信息。

## 3.11 信息安全问题

主管部门在设计频谱管理系统的时候，除考虑诈骗使用电子付款的潜在问题外，还应全面考虑商业、国家和个人资料的隐私保护等信息安全问题。（见《频谱管理计算机辅助技术手册》第2-4章，2015年，日内瓦）。

## 参考文献

- BARE, S. V. [1990] EMBOWS nazemnyh i kosmicheskikh radioslužb (EMC in terrestrial and space radio services). *Radio i Sviaz*, p. 272.
- BYKHOVSKY, M. A., PASTUKH, S. Y., TIKHVINSKY, V. O. and KHARITONOV, N. I. [2002] Prinsipii postroenia gosudarstvennoi avtomatizirovannoi sistemi upravlienia RCHS v Rossii (Principals of development of state automated spectrum management system in Russia). *Electrosviaiz*, **8**.
- DELFOUR, M. C. and DE COUVREUR, G. A. [1989] Interference-free assignment grids – Part II: Uniform and non-uniform strategies. *IEEE Trans. on Electromag. Compati.*, Vol. 31, **3**, p. 293-305.
- DOTOLEV, V. G., KRUTOVA, O. and SMOLITCH, L. I. [2003] Programni kompleks dlia upravlienia radiochastotnim spectrum v slujbe veschania (Spectrum management software for broadcasting). *Electrosviaiz*, **7**.
- GAMST, A. [1982] Homogeneous Distribution of Frequencies in a Regular Hexagonal Cell System. *IEEE Tr.*, VT-31, **3**, p. 132-144.
- HALE, W. K. [1981] New spectrum management tools. *Proc. of IEEE International Symposium on EMC*, Boulder, Colorado, United States of America, p. 47-53.
- HUNT, K. J. [1984] Planning synthesis for VHF/FM broadcasting. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 195-200.
- LEE, W. C. Y. [1989] *Mobile cellular telecommunications systems*. Mc Graw-Hill Book Company.
- O'LEARY, T. [1984] Planning considerations for the Second Session of the VHF/FM Planning Conference: the method of foremost priority. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 190-194.
- PAVLIUK, A. P. [2000] Incentive radio license fee calculation model. ITU/BDT website at [http://www.itu.int/ITU-D/tech/spectrum-management\\_monitoring/MODEL\\_FULL.pdf](http://www.itu.int/ITU-D/tech/spectrum-management_monitoring/MODEL_FULL.pdf).
- STOCER, F. [1984] A computerised frequency assignment method based on the theory of graphs. *EBU Techn. Rev.*, **207**, p. 201-214.
- TOPCU, S., KOYMEN, H., ALTINTAS, A. and AKSUN, I. [2000] Propagation prediction and planning tools for digital and analog terrestrial broadcasting and land mobile services. *Proc. of IEEE 50<sup>th</sup> Annual Broadcast Symposium*, Virginia, United States of America.
- VASILIEV, A. V., KAGANER, M. B., RUBINSTEIN, G. P. and SABUROVA, Z. M. [1986] Avtomatizirovannaya sistema ekspertizy elektromagnitnoi sovместimosti radioreleinyh linii, rabotajuschih v diapazone chastot 160 MHz (An automatic system for EMC examinations of microwave links operating at the frequency range of 160 MHz). *Trudy NIIR*, **4**.
- VIENNA AGREEMENT [30 June 2000] Agreement between the telecommunications authorities of Austria, Belgium, the Czech Republic, Germany, France, Hungary, the Netherlands, Croatia, Italy, Lithuania, Luxembourg, Poland, Romania, the Slovak Republic, Slovenia, and Switzerland, on the co-ordination of frequencies between 29.7 MHz and 43.5 GHz for fixed services and land mobile services. Vienna, 2000.

## 参考资料

BYKHOVSKY, M. A. [1993] Chastotnoye planirovanie sotovyh setie podvizhnoy sviazi (Frequency planning of mobile cellular systems). *Electrosviaiz*, **8**.

### ITU-R文件

ITU-R BS.412建议书	VHF频段地面FM声音广播的规划标准
ITU-R BS.597建议书	频段7 (HF) 中声音广播的信道间隔
ITU-R BS.638建议书	声音广播频率规划中所使用的术语和定义
ITU-R BS.703建议书	用于规划目的的AM声音广播参考接收机特性
ITU-R BS.704建议书	用于规划目的的FM声音广播参考接收机特性
ITU-R BS.1615建议书	30 MHz以下频率数字声音广播的“规划参数”
ITU-R BS.1660建议书	VHF频段中地面数字声音广播规划的技术基础
ITU-R BT.417建议书	规划一个模拟地面电视业务中可能需要寻求保护的最小场强
ITU-R BT.1125建议书	数字地面电视广播系统规划和实施的基本目标
ITU-R BT.1368建议书	VHF/UHF频段中数字地面电视业务规划标准 (包括保护比)
ITU-R F.382建议书	工作在频段2和4中固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.383建议书	工作在6 GHz (5 925至6 425 MHz) 频段低端中的高容量固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.384建议书	工作在6 425-7 125 MHz频段中的中高容量数字固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.385建议书	工作在7 110-7 900 MHz频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.386建议书	工作在8 GHz (7 725至8 500 MHz)频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.387建议书	工作在10.7-11.7 GHz频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.497建议书	工作在13 GHz (12.75-13.25 GHz) 频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.595建议书	工作在17.7-19.7 GHz频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.635建议书	工作在4 GHz (3 400-4 200 MHz)频段中的固定无线系统基于均匀模式的射频信道安排
ITU-R F.636建议书	工作在14.4-15.35 GHz频段中的固定无线系统的射频信道安排

ITU-R F.701建议书	工作在 1.350 至 2.690 GHz 范围频段 (1.5、1.8、2.0、2.2、2.4 和 2.6 GHz) 中的数字点对多点无线电系统的射频信道安排
ITU-R F.746建议书	固定业务系统的射频信道安排
ITU-R F.747建议书	工作在 10.0-10.68 GHz 频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.748建议书	工作在 25、26 和 28 GHz 频段中的固定业务系统的射频信道安排
ITU-R F.749建议书	工作在 36-40.5 GHz 频段子频段中的固定业务系统的射频信道安排
ITU-R F.1098建议书	工作在 1 900-2 300 MHz 频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.1099建议书	工作在 4 GHz (4 400-5 000 MHz) 频段高端中的高中容量数字固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.1242建议书	工作在 1 350 MHz 至 1 530 MHz 范围中的数字无线电无线系统的射频信道安排
ITU-R F.1243建议书	工作在 2 290-2 670 MHz 范围中的数字无线电系统的射频信道安排
ITU-R F.1337建议书	采用 FMCWF 斜入射回波探测的自适应 HF 无线电系统与网络的频率安排
ITU-R F.1496建议书	工作在 51.4-52.6 GHz 频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.1497建议书	工作在 55.78-66 GHz 频段中的固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.1520建议书	工作在 31.8-33.4 GHz 频段中的固定业务系统的射频信道安排
ITU-R F.1567建议书	工作在 406.1-450 MHz 频段中的数字固定无线系统的射频信道安排
ITU-R F.1568建议书	工作在 10.15-10.3/10.5-10.65 GHz 范围中的固定无线接入系统的射频阻塞安排
ITU-R M.1036建议书	为在无线电规则 (RR) 中为国际移动通信 (IMT) 所确定频段中 IMT 地面部分实施的频率安排
ITU-R M.1090建议书	移动卫星业务中采用非线性转发器对每载波单信道 (SCPC) 的载波进行卫星传输的频率规划
ITU-R M.1390建议书	IMT-2000 地面频谱要求的计算方法
ITU-R M.1391建议书	IMT-2000 卫星频谱要求的计算方法
ITU-R SM.669建议书	对频谱共享保护比的调查
ITU-R SM.1049建议书	用于边界区域中地面业务辅助频率指配的一种频谱管理方法
ITU-R SM.1413建议书	用于通知与协调目的的无线电通信数据词典
ITU-R SM.1599建议书	出于频率规划目的确定频谱使用因素的地理和频率分布
ITU-R BO.633报告	广播卫星业务中的轨道和频率规划
ITU-R BO.634报告	为规划电视广播系统测量的干扰保护比

ITU-R BO.811报告	包括为12 GHz频段中广播卫星业务确立频率指配和轨道位置计划中所使用的规划要素
ITU-R BO.812报告	在12 GHz频段中规划广播卫星业务的计算机程序
ITU-R BO.814报告	在为规划广播卫星业务选择极化中需要考虑的因素
ITU-R BS.944报告	理论网络规划
ITU-R BS.946报告	频段8 (VHF) 中FM声音广播的频率规划限制
ITU-R BT.485报告	对广播业务规划的提案
ITU-R M.319报告	陆地移动业务的设备特性和管理25与100 MHz之间频率信道指配的原则
ITU-R M.908报告	数字选呼系统的信道要求
ITU-R SM.2153报告	短距离无线电通信业务的技术与运行参数和频谱要求

## 第 4 章

### 频谱监测和检查

#### 目录

		页码
4.1	引言.....	104
4.2	频谱监测是频谱管理过程的组成部分.....	104
4.3	监测以协助频率管理职能.....	106
4.3.1	对频率规划/工程的支持.....	106
4.3.2	对频率许可证发放的支持.....	106
4.3.3	对强制执行和法规生效的支持.....	106
4.3.4	数据库验证.....	106
4.3.5	对异常传播效应的检测.....	106
4.4	作为频谱管理程序元素的频谱监测、现场检查和强制执行.....	107
4.5	无线电监视和无线电检查业务的任务.....	107
4.5.1	采用许可证条件的技术参数验证.....	107
4.5.2	频段注册和信道占用率测量.....	107
4.5.3	解决干扰.....	109
4.5.4	确认和消除未授权发射.....	109
4.5.5	对重要体育事件和国家访问等特殊场合的支持.....	109
4.5.6	无线电覆盖测量.....	110
4.5.7	无线电兼容性和EMC研究.....	110
4.5.8	EMF测量.....	110
4.6	监测台站和设施.....	110
4.6.1	监视台站类型.....	110
4.6.2	设备.....	111
4.6.3	自动违规检测.....	111
4.6.4	频谱管理与监测系统的集成.....	112

## 4.1 引言

本章为频谱管理者提供关于频谱监测在支持频谱管理功能中所起作用的信息，例如，频率规划和工程、许可证发放和强制执行。

2011年版《国际电联频谱监测手册》提供了关于如何执行频谱监测并使其自动化、设备类型以及关于所有测量类型背景信息的详细信息。为此，读者应该参考此手册来得到关于频谱监测的进一步指导。

无线电通信已经成为电信基础设施日益关键的组成部分，并因此也成为一个国家经济日益关键的组成部分。为此，关于国家频谱管理的经济考虑也在变得更加必要。这些考虑帮助促进经济、技术和管理效率，并帮助确保无线电业务能够运行在一个无干扰的基础之上。这包括对生命服务安全的保护、暴露伤害的保护和覆盖测量。

仅仅做理论上的规划对频谱管理者而言是不够的。出于很多原因，在可以对频谱指配和频率/频谱频段分配以及甚至控制频谱使用的国家政策做出决定之前，需要对频谱的实际使用有所了解。

频谱监测支持全面的频谱管理努力，通过对信道和频段使用的总体测量，包括信道可用性统计和频谱管理程序的效力，来提供实际使用情况。频谱监测可以被视为对频谱规划活动的确认检验，确认现有规划政策正在实践中实际发挥作用，并且，一旦不是这样，则为改进提供建议。

作为总体工作的一部分，检查和调查活动还支持频谱管理的全过程。在新获许可证的发射机启动之前，定位和将未授权发射机关闭以及消除干扰对于一个可用的和无干扰的频谱也都是很有必要的。

## 4.2 频谱监测是频谱管理过程的组成部分

频谱监测是频谱管理过程的“眼睛”和“耳朵”。在实际中这是必要的，因为在真实世界上，频谱的授权使用并不能自动确保频谱真正按期望来使用。这种情况可能因多种原因而引起：设备的复杂性、与其他设备的互动性、设备的误作用或者蓄意的误操作。以下情况更加重了这一问题：快速增加的地面无线和卫星系统，可引起干扰的设备，诸如计算机和其他非故意的辐射体。监测系统在频谱管理过程中可提供验证方法和起“关掉环路”的作用。

频谱使用每天24小时、每周7天、每年的每周，在本地、区域和全球都在进行着。与此相似，频谱监测也同样应以持续的方式或统计上正确的方式推进。

各国应依据国家所能利用的资源，决定对监测活动该倾注多大能力。尤其对发展中国家，建议在可获得的技术和人力资源范围内进行。

各国频谱监管机构必须决定自己监测业务的优先级，并决定，除国家自身的任务以外，是否在监测活动中进行国际合作，例如，在筹备世界无线电通信大会时开展此种合作。

频谱监测的目的总体上是支持频谱管理的过程，包括频谱指配、频谱规划和强制执行。具体地说，监测的目的如下，但不一定按先后顺序排列：



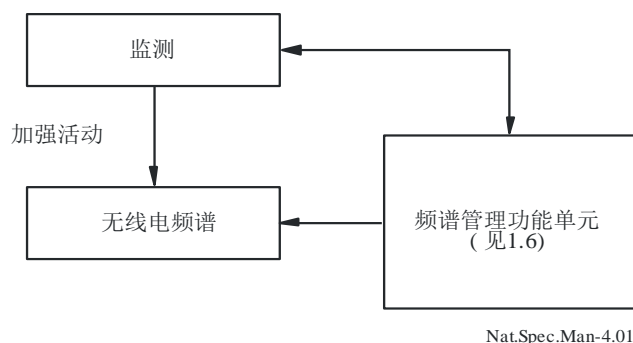
- 为主管部门的电磁频谱管理系统提供关于频率和频段实际使用情况的（例如，信道的占用和频段的拥塞）、有价值的的数据，为传输信号验证适当的技术和操作参数，检测和识别非法发射机，产生和验证频率的记录；
- 在本地、区域和全球范围内协助解决电磁频谱干扰问题，以便无线电业务和台站可以兼容地存在；减少电信业务安装和运营的资源，从而通过无干扰的和可获得的电信业务，为国家基础设施提供经济利益；
- 协助并确保公众获得可接受的无线电广播和电视节目接收质量；
- 为国际电联无线通信局组织的各种活动项目提供有价值的监测信息，例如：为无线电通信大会准备报告；为主管部门消除干扰寻求专门协助；消除带外发射或协助主管部门找到合适频率。

监测可以识别未来的频谱需求情况。

图4.1简单说明了频谱管理过程中的监测作用。

图4.1

#### 频谱管理过程中的监测



频谱用于各种无线电发射。频谱管理（例如：频率分配、指配，许可证发放和强制执行）对无线电频谱的有效利用至关重要。国家当局通过指配、许可证参数等为无线电频谱的使用制定规则。

监测业务观察无线电频谱，监测运营者有责任比较无线电频谱的使用与频谱管理的各个方面是否匹配。

观察无线电频谱的同时，监测也可以为频谱管理（例如频谱重整）提供关于无线电频谱未预见到的使用情况。当无线电管理部门对某种还没有为之制定政策（监管）的新业务做试验核准时，监测部门可以观察该试验操作，并为其落实提供信息，以便频谱管理能针对拟议中的监管做出“精细调整”。

在发现用户产生干扰或技术上有违国家（或国际）规定时，监测部门可与无线电频谱用户直接对话。在确定了干扰、违背或违反法规之后，监视执行者可以向无线电使用者提供违背/违反的详细信息，以便纠正其操作，使之符合法规。这类强制执行行动可能直接发生在

监视层面。行动可以从口头和书面警告到更加严厉的处罚，例如罚款、没收违规设备或吊销许可证，取决于违背的严重程度和违规使用者的合作程度。

### 4.3 监测以协助频率管理职能

通过对信道使用和频段使用的测量，包括对可用信道的统计，频谱监测支持频谱管理的全过程。监测为频率规划和指配过程提供资料，并对该过程的有效性进行验证。监测对规划也很有用。在做规划时，它可协助频谱管理者了解频谱使用情况，并将其与已经记录在案的指配数据进行比较。检测在协助频率规划/工程和指配过程时发挥以下具体作用：

#### 4.3.1 对频率规划/工程的支持

通过提供对频谱实际使用的概览，监视数据支持频率规划/工程功能，包括：

- 频段占用图（频谱图），例如，它可以被用于频谱的重新划分；
- 关于共享可能性和无线电兼容性的实际数据；
- 对理论考虑的评估，例如传播模型。

#### 4.3.2 对频率许可证发放的支持

通过提供对频谱实际使用的概览，监视数据支持频率许可证发放的功能，包括：

- 信道占用；
- 覆盖测量；
- 对许可证发放条件的审查。

#### 4.3.3 对强制执行和法规生效的支持

监视数据支持强制执行功能，通过提供：

- 所有类型的测量，检查一个发射的各种技术参数；
- 干扰处理；
- 对频谱未授权或非法使用的确认。

#### 4.3.4 数据库验证

频谱管理数据库的准确无误首为重要。根据不准确的数据库提出新的指配，会导致干扰问题。监测数据可用于验证这些数据库的准确性和帮助其随时更新。

#### 4.3.5 对异常传播效应的检测

VHF和UHF频段对异常传播的效应不是免疫的。水面之上的高大气压区域可能对传导有所提升。在电离层中异常高的电离区域也易于引起异常传播效应，例如，在较低频率的sporadic-E传播。结果是对来自通常认为太远的远距离系统的干扰，要在协调中付出巨大努力。这些效应通常是瞬时的，并且，尽管可以得到关于它们的统计数据，但只有通过监视才可以判断这些异常对特殊无线电系统可能造成的影响。适当的干扰曲线将是情况特定的，并且好的监视数据将非常有助于确定问题的原因。

#### 4.4 作为频谱管理过程元素的频谱监测、现场检查和强制执行

有效的频谱管理部分地取决于频谱管理者监管频谱使用和强制执行相关法规的能力。此监管主要建立在频谱监测和无线电台现场检查之上，随后是适当的法律强制执行行动，它又转而依靠一个适合的法律基础。这加强并改善了频谱管理过程。

但是，应该注意，对术语“监视”、“检查”和“强制执行”没有精确的定义。对相应实体的区分，例如“无线电监视业务”和“无线电检查业务”，在每个管理机构之间根据其几十年的法律和管理传统的历史而变化。此外，无线电的技术发展在未来可能会阻止对监视和检查的明确区分。对人员和预算的限制也可能要求将监视与检查功能集成为一个单独的机构。因此，以下考虑是基于任务和设备的，而不是基于组织单位的。

#### 4.5 无线电监视和无线电检查业务的任务

##### 4.5.1 采用许可证条件的技术参数验证

###### — 发射监视

对全国发射符合条件的定期监视及后续对不符合性消除的目标是防止无线电干扰。需要对技术参数进行监视，例如频率、带宽、频率偏移和辐射等级。

- 类似于无线电设备的发射监视，现场检查努力推动符合许可证条件要求并防止出现无线电干扰。特别选择这些工具之一将取决于技术和经济考虑。在现场检查时，在发射机处测量输出功率这样的参数。更多关于检查的信息包括在ITU-R SM.2130报告中。

在一个许可证中定义了特殊天线方向图来覆盖一个地理区域的情况中，可以通过监视来实现验证。对一个调频广播电台天线方向图的验证应该借助一架直升飞机的帮助来完成。因为最佳的准确性是通过在自由空间传播的理想条件中执行来实现的，所以需要如此进行。

###### — 设备使用前检查

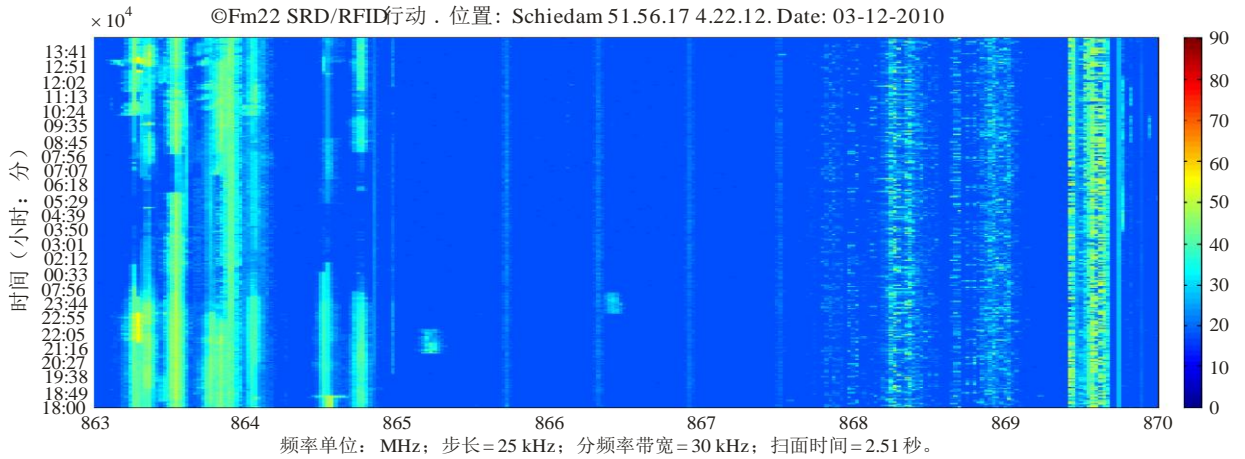
为了确信所用设备的安装符合许可证的技术条件，在一些国家中，进行所谓的使用前检查。这些测量与定期现场检查是相同的类型。

##### 4.5.2 频段注册和信道占用率测量

频段注册的目的是通过提供关于哪个频率/信道被谁如何使用来支持频率规划和工程功能。自动化的测量以通常小于信道间隔的步进宽度（或频率分辨率）测量一个以起始和截止频率指定的频段，来确定在整个频段上的占用程度。结果显示在频谱图中。图4.2显示了这样一个来自868 MHz欧洲SRD频段测量的实例。图4.3显示了基于相同监视数据的频段占用图。

图4.2

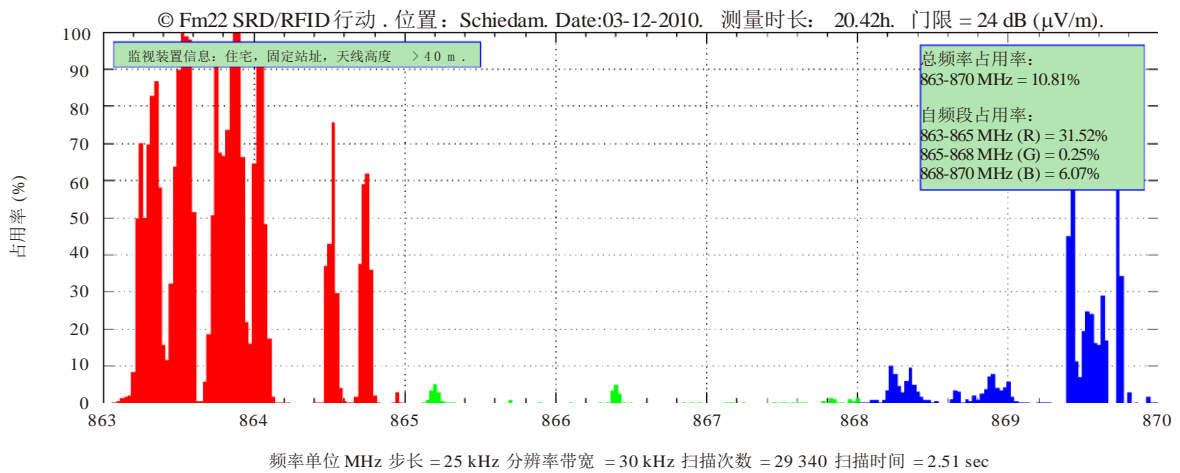
频段测量（频谱图）实例



Nat.Spec.Man-4.02

图4.3

频段测量（占用率分析）实例



Nat.Spec.Man-4.03

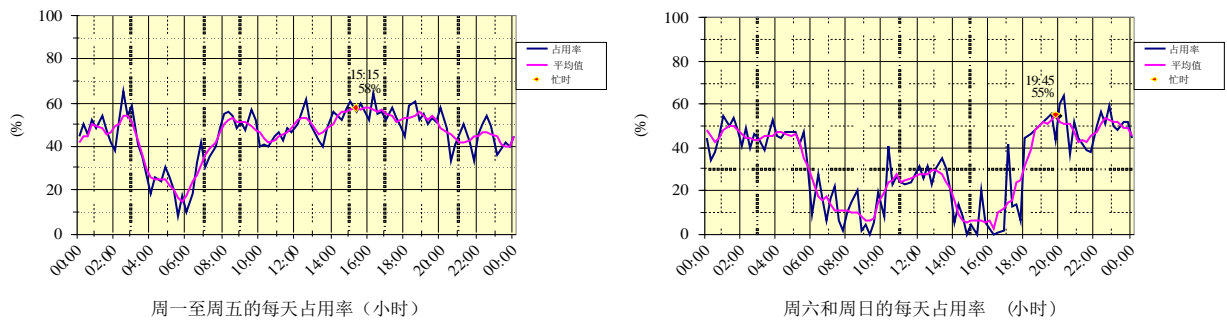
此描述方法的优点是它对频段占用率提供了一个直观的良好印象，尽管是主观的。缺点是它未对每个频率量化占用率，因此没有能够与其他结果进行直接比较的客观值。但是，这可以由一个伴随图来提供，它显示每个频率被占用的相对时间。

为了提供一个特定信道如何在一个时间段上被占用 – 以及因此还有哪个频率未被使用 – 的信息，执行信道占用率测量。此类测量可以提供指定间隔的最小、最大或中间占用率值，例如15分钟。

图4.4显示了这样一个信道占用率测量的实例。

图4.4

## 单独一个信道上占用率的报告



Nat. Spec.Man-4.04

信道占用率的一个重要参数是所谓的“忙时”。在以上所示的实例中，工作日期间的忙时不同于周末期间。这全取决于在该信道上的业务类型。在此情况下，该信道被出租车使用。

更先进的测量方法还能够确定一个无线电系统的很多信道是如何同时使用的。

### 4.5.3 解决干扰

无线电在生活各领域中所起的作用日益增加，因此迅速和有效地调查并消除无线电干扰在经济上是一项具有重要意义的任务。应该将特殊优先级给予消除对安全业务有影响的干扰，例如航空、警察和火警业务。

即使干扰的受害者可能确切地知道干扰的发生和技术参数，在大多数情况下，对无线电接收机的干扰源也不能由接收机操作者确定。因此干扰投诉常常需要频谱管理当局采取实际行动来做出识别干扰源的决定。

### 4.5.4 确认和消除未授权发射

无线电频谱的非法使用，违反以前规划的使用，是构成对其使用者干扰的原因之一，因此，频谱管理机构应该采取全面的行动，通过对非法使用的定期观测来对抗频谱的非法使用。停止未授权发射的主要目的是要防止无线电干扰以及保证收入，因为费用仅仅由授权用户支付。监管者应该采取必要的措施来保护测量工作和应用流程。应该强调，一旦必须要没收非法设备，则必须与其他政府机构有一个非常好的合作。调查人员必须要收集任何合法行动可能需要的所有相关信息，例如没收、罚款和起诉。

### 4.5.5 对重要体育事件和国事访问等特殊场合的支持

在国事访问、F1赛车和其他大规模事件的情况中，大量无线电设备被用在一个受限制的空间内。使用者经常不知道他们需要频率指配或者他们不能在所有国家中使用相同的频率。一旦干扰发生，为了防止干扰和立即干预，监视业务在现场监视频谱使用并迅速行动起来调查和消除任何干扰是有利的。必须要与负责频率指配的人员紧密合作。

#### 4.5.6 无线电覆盖测量

如果对于一个特定的新网络，许可证条件包括一定时间段内、一个国家的一定地理区域中此业务应该对其用户可用的要求，频谱监测可以执行测量来检查要求。但应注意，在一个给定区域中直接测量覆盖是不可能的，但应可以验证由规划工具预测的结果。

无线电覆盖测量包括对场强这样的参数、误码率（BER）和相邻信道功率这样的质量参数的测量。频率管理者应该清楚地定义他们对覆盖的理解。仅仅是超过一定场强？或者覆盖意味着一个客户可以以一个规定的质量来使用该业务？

#### 4.5.7 无线电兼容性和EMC研究

在频率被分配给一个新的无线电应用之前，必须要保证与现有无线电系统和与非无线电业务的兼容性。纯粹在理论上研究无线电兼容性常常是不够的。监视业务可以被用来辅助开展必要的实际研究。

#### 4.5.8 EMF测量

对源自无线电发射机的电磁场进行测量来指示电磁场对人体的伤害。在高功率发射机周围和敏感地点对人体暴露的测量是重要的，例如学校和医院。在某些国家中，EMF测量是许可证发放过程的一部分。

### 4.6 监测台站和设施

#### 4.6.1 监视台站类型

在一些国家中，人口密度极大地变化。人口在一定区域中以高人口密度集中，并因此有高密度无线电使用，尽管该国的大部分人口非常少。这要求指定该系统的那些人得出覆盖需求，并确定是否需要整个国家层面的监视信息，或者仅仅集中在那些人口更密集的区域。必须设计系统来在需要的地方提供结果。监视台站的部署总是一个对无线电覆盖和预算限制的折衷。

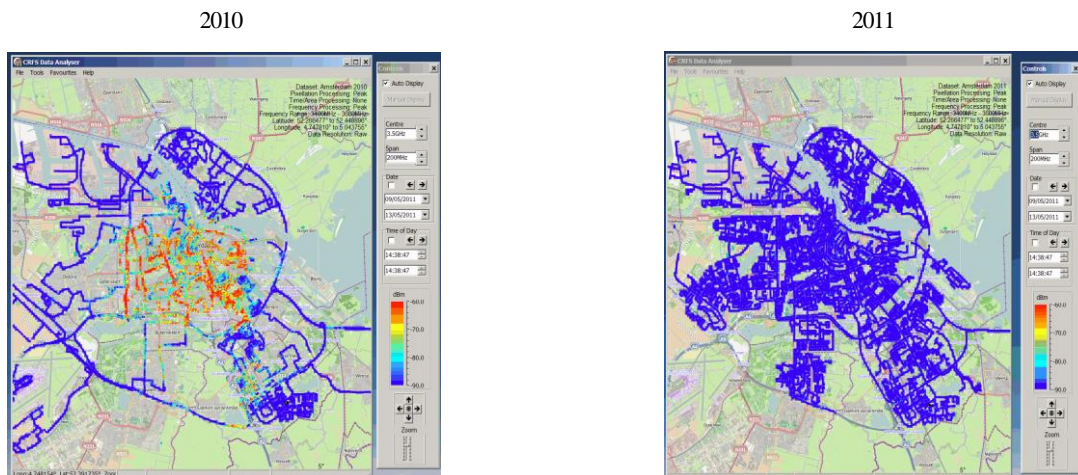
固定监视台站经常覆盖一个大的面积。它们可以装备用于所要求频率范围的接收机、分析仪和探向仪。固定有人监视台站的主要缺点是由于财政原因不可能以足够的数量建立它们。因此，这样的台站经常通过远程控制监视台站来补充，先进的设备不仅使台站能够由一个远程操作员来操作，还能够允许测量程序自动执行，结果在稍后时间被传送到有人监视台站。

固定监视台站的一个特殊类型是用于空间无线电监视的那些类型。

移动监视台站具有在低发射机功率、高天线方向性和特殊传播特性情况下使得不可能由固定台站进行测量的地方执行所有那些监视操作的功能。移动监视台站使用的一个实例是移动数据收集。移动台站可以与一个全自动化高速频谱记录一起使用（即射频电平作为20-6 000 MHz频率的函数）来产生下至各个街道位置的、详细的频谱使用图，使监管者能够理解并预期瓶颈和弱点，确定和监视长期的频谱使用趋势。图4.5显示了2010年WiMax在3.5 GHz频段上的使用情况。一年之后，重复了相同的测量，彼时，WiMax已经不在。

图4.5

## 相邻两年中WiMax的使用情况



Nat.Spec.Man-4.05

便携监视台站将固定台站的一些功能和优点与移动台站的一些功能和优点结合起来。便携台站的设备通常安装在一个可以重复部署的设备舱中。

手持设备被用于对无线电源最后几米的定位。这样的设备类型对于干扰源和非法发射机的定位是不可或缺的，特别是在较高频率情况下。

#### 4.6.2 设备

监视业务拥有大量类型的设备，根据它们的处理来完成不同的任务。不同频段需要不同类型的天线、接收机、分析仪、探向仪和数据记录仪。根据特殊任务，还需有各种类型的系统特定分析仪。关于设备的详细信息，参考《国际电联频谱监测手册》第2、3和5章。

#### 4.6.3 自动违规检测

一个集成自动频谱管理和监视系统可以完成测量任务，例如，信号活动、像频率和带宽这样的技术参数以及DF，并且将这些测量值与在管理系统数据库中关于已发放许可证台站的信息进行比较。这个自动违规检测程序使得能够自动检测未授权的信号和偏离其授权参数的许可信号。该系统指示可能的违规，需要运行者进行进一步的调查来确认任何违规。

一个有效的完整许可证数据库对成功执行自动违规检测是必要的。需要指出，自动违规检测是一种在特定情形和环境中可以很好发挥作用的方法，但是它不总是适用。在SM.2156报告的附件1中给出了很多这种方法的实例，尽管名称不同。

#### 4.6.4 频谱管理与监测系统的集成

执行频谱管理和频谱监测的管理机构应该考虑采用一个具有通用关系数据库的集成自动系统（见ITU-R SM.1537建议书）。这种集成使得能够在管理和监视数据库之间进行信息交换、由管理系统对监视系统分配任务和向管理系统报告监视结果，以及其他有用的功能，例如远程访问系统资源。

但是，应该注意，可能没有单个集成频谱管理和监视系统可以用于覆盖在全部频率范围中和针对全部无线电应用的所有频谱监测任务。还应该牢记，购买集成系统可能意味着至少在一定范围内依赖于单独一个供应商。



## 第 5 章

### 频谱工程实践

#### 目录

		页码
5.1	引言 .....	115
	5.1.1 技术基础的重要性 .....	115
	5.1.2 本章论述范围 .....	115
5.2	技术参数 .....	115
	5.2.1 设备规范和证书 .....	115
	5.2.2 设备参数 .....	116
	5.2.3 性能准则 .....	120
5.3	工程分析工具 .....	121
	5.3.1 传播模式 .....	121
	5.3.2 地形数据 .....	126
	5.3.3 传播模型的选择 .....	126
	5.3.4 天线和参考辐射方向图 .....	126
5.4	干扰分析 .....	134
	5.4.1 共信道 .....	135
	5.4.2 邻信道 .....	135
	5.4.3 灵敏度降低 .....	136
	5.4.4 干扰概率 .....	137
5.5	共用频段 .....	139
	5.5.1 共用频率分配（不同业务间的共用）的技术基础 .....	139
	5.5.2 陆地移动和广播业务之间的共用 .....	144
	5.5.3 固定业务和广播业务间的共用 .....	146
	5.5.4 与雷达系统共用 .....	146
	5.5.5 与射电天文业务的共用 .....	147
	5.5.6 利用扩展频谱技术的共用 .....	147
	5.5.7 ITU-R关于在业务间共用建议书的概括 .....	150
5.6	保护比 .....	150
5.7	噪声电平 .....	154
5.8	辐射限制 .....	156
	5.8.1 CISPR限制 .....	156
	5.8.2 暴露在电磁场对健康的影响 .....	157

	页码
5.9 站址工程考虑.....	157
5.9.1 共址工程.....	158
5.9.2 共用基础设施范例：3G蜂窝网.....	159
参考文献 .....	160
参考资料 .....	160

## 5.1 引言

### 5.1.1 技术基础的重要性

通常，国家政府或授权的国家机构负责本国领土内的频谱管理工作。它们确定国家的政策、频率划分的规划、设备的标准和规范，从而达到从国家利益出发允许频谱和谐使用的目的。电波的物理传播规律以及发射机、接收机的技术特性限制了频谱管理方式选择的灵活性，也决定了在任何给定位置可供指配的无干扰的频率。

由于新业务的引进和现有业务的发展，无线电频谱正在遭受越来越大的压力。同时，在目前不断增长的频谱共用的环境中，需要为用户提供适当水平的保护。这些都向频谱管理机构提出更高的技术要求。现代无线电技术正在飞速地前进，正在融入新的及常规的电信业务，而生产和实施周期在不断缩短，这一现象已经越来越明显。然而，任何频谱管理方案在保持技术上的可行性的同时，在实施中也必须遵守与频谱管理方法相符合的法规的限制。这些限制必须通过工程研究来明确和定量化。法规必须在频谱有关利益各方的参与下由主管部门制定。

### 5.1.2 本章论述范围

本章研究频谱工程实践和频谱管理的分析工具。技术参数部分探讨设备的规范、认证和定义。工程分析工具部分包括频率指配技巧和传播模式。干扰分析部分包括共用频段。另一部分包括保护比、噪声、辐射限制和站址工程研究。

## 5.2 技术参数

### 5.2.1 设备规范和证书

设备规范主要用于规定由大量用户用于相同业务的设备可接受的最低技术特性。有两类设备规范：一类是关于需要发放许可证的无线电台的设备；另一类是免发许可证的无线电设备。设备规范几乎专门涉及设备必须严格遵守的最低技术参数，即从频谱有效利用以及减少发射机与接收机干扰的观点来考虑，设备必须严格满足这些技术参数。它们通常与业务的质量无关，质量由用户自己决定，但能对设备质量选择提供条件，以满足用户的需要。

第二类设备规范通常涉及小功率设备，这类设备由于它们的作用距离有限，一般免发许可证。这类设备只允许在规定的频段内操作。除了车库开门器、告警与玩具控制设备和无绳电话外，又有许多这类设备在商业界层出不穷地投入使用，如无线电本地网络（RLAN）和无线电频率识别系统。这类设备的技术规范只规定发射机的特性，如最大发射功率、允许的谐波电平和稳定性。这些设备不需要抗干扰保护。

设备规范还应包括最低可接受的广播发射机（模拟和数字，无线电广播和电视）的技术特性，如调制方式和调制制度、频段及其稳定度的限制、允许的功率以及噪声抑制标准。

由于建立和维护测试设施需要开支，所以主管部门与制造商达成测试结果互相承认就可以了。这尤其适用于设备需要复杂测试而其产品批量很小的情况。

下一节给出这些重要参数的定义。还包括这些参数的计算方法。

### 5.2.2 设备参数

本手册的这一节中，概括描述了一些设备参数，这些参数如果不加以控制，可能对其他系统产生干扰，对频谱的有效使用有不利影响。这些参数归纳如下：

- a) 载频
- b) 发射机功率
- c) 频率容限
- d) 带宽
- e) 无用发射
- f) 互调产品
- g) 无线电接收机灵敏度

其他参数可能对业务的质量有所影响，但不会通过潜在干扰直接影响其他业务。在某些情况下，例如，在生命安全业务情况下，这些参数需要加以管制，但是，在其他情况下，可能只需要少量的或不需管制。在那些情况下，制造商根据其他有关设计的质量来选择参数，或最终由消费者按价格和质量之比来进行选择。如要创造这样的环境，主管部门需要慎重考虑制定和公布处理以下情况自己的政策，即在接收机质量低劣而产生干扰遭到投诉时，问题如何解决。

对于频谱工程，有必要识别最基本的参数和其他参数。在这方面参数还没被管制，因此有必要为规划目的而对之做出评价。另外，将该种评价予以公布，以便于自愿使用，并将此活动与关于干扰的政策挂钩是合适的。

在这一节中定义了这些参数，此外还检查了无线电接收机的参数。

#### a) 载频

确保发射机对应其被指配的频率工作最为重要，否则，它对其他业务的干扰几乎不可避免

#### b) 发射机功率

发射机功率在《无线电规则》第1条中有规定，涉及：峰值包络功率、平均功率或载频功率。只要无线电系统能够满意地工作，发射机功率就应该限制在最低限度。对这一参数的无效控制会导致对不同地理地区的、被指配使用同一频率的用户造成干扰。

#### c) 发射机频率容限

频率容限在《无线电规则》第1条中定义为：出自被指配频率的发射，从所占频段的中心频率偏离的最大允许范围；或者，出自参考频率的发射的特征频率偏离最大允许范围。频率容限用每百万分之几或以若干赫兹（Hz）表示。

关于频谱有效利用的一个主要考虑是，由于通信所使用的必要带宽中一小部分不稳定所产生的频率空间的丢失。代表性带宽的 $\pm 1\%$ 这个数字已用于从频谱的经济观点可以接受的频率容限值。在某些情况下，例如A3E广播，频率容限必须要小到能把载频外拍音所引起的共信道干扰减少的地步。

在一个只有几个具有单一频率台站的单边带无线网络，容限要小到能允许载频的压缩和提供不对接收机做调整就能得到的声音清晰度。

有某些类别的台站，不管出于操作的理由还是出于行政管理的理由，都无须满足严格的容限。例如移动雷达系统，对于它们严格的频率指配这一行政管理问题现在已经没有必要了。从运营的观点看，通过允许在指配的带宽中分布的正常制造容限来减少干扰。

要采用改进容限的最大困难是：由目前已在运营中的、按现有容限而制造的大量发射机带来的经济问题。《无线电规则》附录2规定了各种发射机的最大允许频率容限。ITU-R SM.1045建议书载有：目前可能达到的频率容限和对某些频段、某些台站类别和某些发射级别所定长期设计目标的详细情况。建议所示各类台站的功率是单边带发射机的峰值包络功率（p.e.p.）和所有其他发射机的平均功率。“无线电发射机功率”一词在《无线电规则》第1条中规定。

#### d) 发射带宽

《无线电规则》第3条第3.9款要求发射带宽应确保最有效的频谱利用。一般说来，这需要使带宽保持在尖端技术发展水平和业务特性所允许的最小数值。《无线电规则》第1条第1.152款对必要的带宽定义如下：“对于给定级别的发射，频段的宽度是足以确保信息的传送速度和所需质量能符合所规定的条件就行。”必要的带宽可以用ITU-R SM.328建议书—“不同级别的发射”所给定的一般方法而算出。ITU-R SM.853建议书提供了对多信道FDM系统必要带宽的计算方法。ITU-R SM.1138建议书（已包括在《无线电规则》中做参考文献。）提供了必要带宽的计算方法，并举有例子。

必要带宽以外的发射被称为无用发射。所占带宽在《无线电规则》第1.153款定义为：“频段的宽度应当是高于最低的频率限制和低于最高的频率限制，每个频段发出的平均功率等于一个给定发射的总平均功率的规定百分比 $\beta/2$ ，除非在ITU-R关于发射级别的建议书中另有规定，在该种情况下 $\beta/2$ 这个值应该为0.5%”。根据ITU-R SM.328建议书，“当占用带宽与有关发射级别的带宽正好吻合，则从频谱经济的观点来看，发射应被认为是最适度的。”

由于在测量情况下很难直接采用这些定义，ITU-R SM.328建议书给出第3个称为“x dB”带宽的定义：“对于高于其最低限度和低于其最高限度的频段的宽度，任何不连续的频谱或连续的频谱功率密度至少比预定的0 dB参考电平低x dB。”

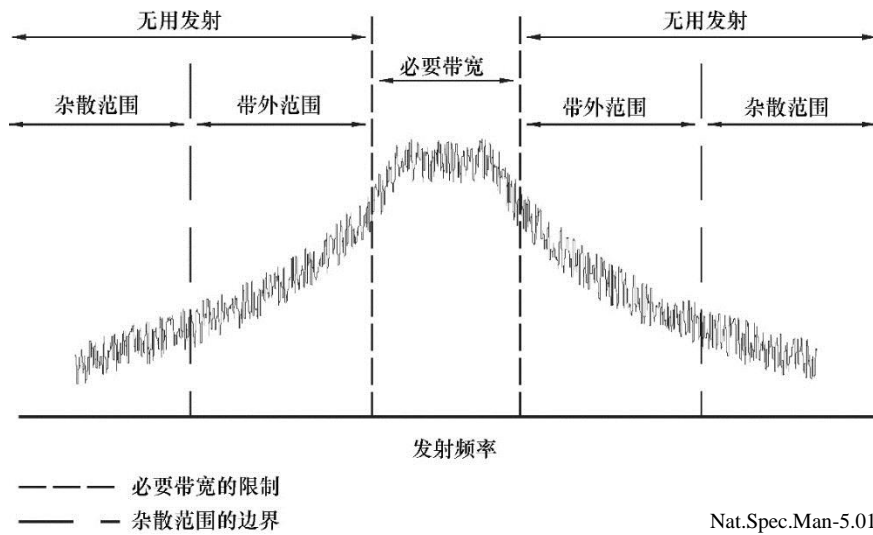
关于特定发射带宽的进一步指导方针可在ITU-R SM.328建议书中找到，《ITU-R频谱监测手册》则对带宽实际测量给出进一步的指导方针。

#### e) 发射机无用发射

无用发射包括带外发射和杂散发射。带外发射是靠近基本发射的无用发射的主要成分，杂散发射对基本发射更具支配作用，但是在二者之间没有明确的界线。为对无用发射制定切实可行的限制，ITU-R最近的工作是导致对带外发射和杂散范围下了定义。

图5.1

发射的带外和杂散范围



带外范围是紧靠必要带宽的频率范围，但不包括杂散范围，在这个频率范围，带外发射一般占优势地位。

频率范围的杂散范围在带外范围以外，在这个范围，杂散发射占优势地位。

带外发射，根据它们的来源而定义，出现在带外范围，程度轻一点，出现在杂散范围。因此，杂散发射可以出现在带外范围，也可以出现在杂散范围。

范围的特点是：无用发射占优势地位；为两种范围确定的边界一般是必要带宽的2.5倍，但有时也有例外。关于这些例外的指导见ITU-R SM.1539建议书。

《无线电规则》的附录3载有各种不同类型的无线电通信业务的杂散发射限值。ITU-R SM.329建议书进一步详述杂散范围的无用发射。

ITU-R SM.328建议书为各种不同类型的无线电通信业务确定必要带宽的观点和关于带外发射特点的指导。应当注意，所提供的特点是“安全网”的限值，是从地区和国家的多个成功实施特点中得出来的。

与无用发射有关的频谱工程主要考虑之一，是发射在带外范围产生的影响，而该范围是分配给另一种业务的邻信道。在大功率发射机工作在灵敏接收机的邻信道情况下，这种影响尤其值得关注。卫星下行线在临近射电天文信道工作是最明显的例子，因为有了第66号建议书（WRC-2000修订版），这一问题正在被广泛研究。但是，在国家一级，对邻信道用户可能产生影响的大功率雷达和广播发射机应当引起密切注意。进一步的指导见ITU-R SM.1540建议书。

**f) 互调产物**

当两个或更多信号在非线性装置不期而遇时，就产生互调产物。三次互调频率的形式是： $2f_1 \pm f_2$ 和 $f_1 \pm f_2 \pm f_3$ ，其中 $f_1$ ， $f_2$ 和 $f_3$ 分别为发射机1、2和3的载波频率。对于单个发射机，互

调产物一般由于调制边带之间的互调产生。这些产物落入到邻信道。更严重的问题会发生在两个或更多发射机同站址而且信号从一个耦合到另一个发射机输出级时。

最重要的互调产物是那些三次及更高次的奇次谐波，而且这些产物不能用滤波器来减少，由于这些产物接近有用信号的频谱。三次互调产物的频率是由两个或更多同站址发射机基波频率形成的。当大量发射机共站址时，高次谐波产物可能也必须予以考虑。

天线间的互相耦合导致无用信号被反馈到每部发射机的功率输出级。功放输出级可能表现为对反馈回发射机的无用信号的一个有效的非线性阻抗，互调产物可能产生并再次发射。形成辐射的杂散信号幅度主要取决于：

- 干扰发射机的功率；
- 天线耦合损耗；
- 转换损耗：不考虑发射机频率选择性时，在受害发射机输出端测量的、外来干扰信号功率与互调产物功率的比值；
- 发射机输出电路和天线的频率选择性。

发射机输出级的转换损耗是由输出级宽带非线性和非线性与负载间的隔离度来确定的。FM发射机使用固态C类功率放大器，转换损耗在3-20 dB范围内。为SSB而设计的线性放大器，转换损耗约为50 dB。对LF、MF和HF广播发射机，典型大功率真空管放大器的转换损耗可以低到10 dB。

多发射机使用一个共用功率放大器可能产生的互调产物：多发射机可以连到一个共用天线上，在进行放大之前把信号合在一起。对共用功率放大器的发射机，互调产物最有可能产生在大功率放大器上。典型地，内部产生互调产物的电平与放大器效率成反比关系。

靠近天线的非线性部件可能产生的互调产物：无用谐波和互调成份也可能是天线上非线性接点中的导体或发射机附近的金属构件的激励引起的。非线性成份可由天线桅杆和馈线路路中金属和金属之间的连接形成。有些非线性成份是由于不可避免地使用不一样的金属和腐蚀引起的。

腐蚀是一种始终存在的威胁，特别是在海岸和大气污染地区。仔细注意金属构件和天线所有接点处的连接是避免出现这种不希望现象的唯一办法。

关于互调的进一步资料和指导载于ITU-R SM.1446建议书和ITU-R SM.2021报告。

### **g) 无线电接收机灵敏度**

以下内容主要依据ITU-R SM.852建议书。它定义了通常用于测量无线电接收机灵敏度的信/噪比标准。根据ITU-R SM.852建议书，对用于陆地和海事移动业务的、发射类别为F3E的单信道模拟接收机，其灵敏度的测量规定如下：

“SINAD”法使用（信号+噪声+失真）/（噪声+失真）或SND / ND=12 dB，在有调制加测试信号带阻滤波器情况下在输出端测得。

如果接收机中使用了基带滤波器，灵敏度测量应在有滤波器的情况下进行。在大多数情况下，接收机灵敏度将由于接收机输入端存在的无用信号而降低。对于一个接收机的全部特

性，灵敏度应当是在有或没有干扰信号下进行测量。最有可能的性能恶化方式将在本节的后面部分讨论。

对于那些数字调制接收机，很容易实现对所复原数据流的直接存取，其灵敏度最好使用误码率准则来度量。

### 5.2.3 性能准则

对数字语音系统，语音处理器的性能也必须采用主观技术评价，而传输路径的性能可由差错率测量来评估。对波形跟随的数字化系统，如PCM和CVSD（连续可变斜率调制），可得到比特差错率（误码率）与信噪比和语音质量的关系的曲线。作为信源跟随的数字化系统，如码激励线性预测（CELP）是标准化的，则应可得到有关比特差错率与语音质量关系的近似曲线。

对数据传输而言，差错概率是主要性能准则。这与传输的消息结构或内容无关，而且对所有的系统都适用。已有曲线表示比特差错率，其是常用数字调制方式和纠错技术的 $E_b/N_0$ 的函数。

#### 5.2.3.1 清晰度评分和指数

语音系统可理解度的基本测量，采用在一个由于干扰而扰乱的信道上能准确听清的词语百分数来表达。可理解度的这种度量称为清晰度评分（AS）。为了回避与AS测量相关的困难，开发了清晰度指数（AI）方法，并用来校正各类干扰。

经验表明，能准确传输正常语言信息的AI的最小值，在0到1的标度范围内为0.7，而对于可用链路，最低可接受的AI值则为0.3。

#### 5.2.3.2 最低干扰门限

最低干扰门限（MINIT），虽不是性能门限的度量，但在评定干扰对语言传送的影响时是很有用的。它是指在音频输出端，首次测到干扰的电平。由于这个电平是由主观评定得到的，所以由于评测的人员和向评测人员定义门限的方式不同，从本质上讲，存在一定的可变性。特殊情况下，门限电平可通过逐渐增加或逐渐减少相对于固定的有用信号电平的干扰电平值得到。在第一种情况下，测试开始时使用比较明显的干扰，当减少到干扰刚刚能察觉到时，测试停止。在第二种情况下，干扰逐渐增大，直到开始听到干扰。

该测试还可在不存在有用信号情况下进行。这类测量对于高保真度或电视伴音系统是很有用的，在这些系统中，在出现干扰时有用信号就不存在是不可接受的。在这种情况下，则要求的门限干扰电平，比存在有用信号时的门限干扰电平要低，因为有用信号可能掩盖干扰的存在。

测量表明，MINIT是干扰对噪声比值的函数。对于特定的信/噪比来说，MINIT还因此对应于信号干扰比。MINIT是一个门限值，可以用作可忽略的干扰和允许的干扰范围之间的边界值，可用于频率协调问题。

#### 5.2.3.3 数字语音

对波形跟随的语音数字化系统，如PCM和CVSD的清晰度评分在差错率低于 $10^{-4}$ 时，通常不敏感，对于PCM系统当差错率为 $3 \times 10^{-2}$ ，对CVSD系统当差错率为 $10^{-1}$ 时，清晰度评分降到0.7。差错率更高时，恶化得太快，通常认为不可用。在信/噪比要求更高的地方，必须使



用更高的数据速率，在误码率为 $10^{-6}$ 时就会发生恶化。通常认为信源跟随方式将提供相似的特性，即使在很低的数据速率下。

#### 5.2.3.4 数字系统

数字系统最小误码率选定为比特误码概率为 $10^{-6}$ 。最大或中等的数字系统误码率选为误码率分别为 $10^{-2}$ 和 $10^{-4}$ 。门限值用误码率代替字符差错率，以便使此结果适用于与消息结构无关的所有系统。为得到这些门限值，为各种调制类型定义了所要求的 $E_b/N_0$ 值。

#### 5.2.3.5 航空系统

ITU-R SM.851建议书规定了用于航空器ILS定位器、VOR和COM接收机的干扰门限。

#### 5.2.3.6 电视信号

##### 模拟

使用两种标度确定TV信号视频分量的损伤级别：TASO的6级标度和ITU-R双激励5级标度。5级标度自1974年开始建议使用，见表5-2所示。对地面广播（TV）业务而言，在短期对流层干扰影响下，最大允许干扰电平应相当于ITU-R标度的3级，而在50%以上时间都有干扰的情况下为4级。对于卫星广播（TV）业务，允许的干扰电平应相当于4级和5级。

表 5-1  
双激励损伤级别

级别	干扰标准
5	察觉不到
4	可察觉，但不讨厌
3	稍讨厌
2	讨厌
1	很讨厌

##### 数字

ITU-R BT.2033建议书提供了当对VHF/UHF频段中长期演进（LTE）基站（BS）和用户设备（UE）进行兼容性研究时数字视频广播（DVB）系统在各种信道上所需要的保护比。

### 5.3 工程分析工具

#### 5.3.1 传播模式

无线电波传播损耗是一个关键的参数，必须在确定无线电系统实际覆盖范围和不希望干扰的程度时予以考虑。

传播模式包括：波导、地波、天波、太空波（由一个直射波和一个地面反射波组成）、绕射、对流层散射和视距传播（点对点或地对卫星）。表5-2总结了从VLF至EHF频段电波的传播模式、范围、带宽利用和潜在干扰等情况。

表5-2

各频段的传播模式和使用

频段	频率	模式	范围	带宽	干扰程度	使用
VLF	3 - 30kHz	波导	几个1000 km	非常有限	广泛扩散	世界范围的、长途无线电导航和战略通信
LF	30-300kHz	地波、天波	几个1 000 km	有限	广泛扩散	长途无线电导航和战略通信
MF	0.3-3 MHz	地波、天波	几个1 000 km	适度	广泛扩散	中程点对点、广播和海事移动通信
HF	3-30 MHz	天波	达到几个1 000 km	宽	广泛扩散	长途和短途点对点、全球广播、移动通信
VHF	30-300 MHz	太空波、对流层散射、衍射	达到几个100 km	非常宽	受限制	短程和中程点对点、移动、LAN、音频和视频广播、个人通信
UHF	0.3- 3 GHz	太空波、对流层散射、衍射、视距内	一般少于100 km	非常宽	受限制	短程、中程和远程点对点、移动、LAN、音频和视频广播、个人通信、卫星通信
SHF	3 - 30 GHz	视距内	30 km; 对多跳和卫星, 几个1 000 km	非常宽, 直到1 GHz	一般受限制	中程到短程点对点、音频和视频广播、LAN、移动/个人通信、卫星通信
EHF	30-300 GHz	视距内	20 km; 对多跳和卫星, 几个1 000 km	非常宽, 直到10 GHz	一般受限制	短程点对点、微波蜂窝、LAN、个人通信、卫星通信

在从发射天线传播后所接收到的无线电信号取决于阻挡地形的特性以及电离层与对流层的特性和变化。详细估算信号强度或传输损耗以及信号的衰减，必须要考虑终端的位置、季节和一天当中的时刻，以及所需的统计参数（如时间的百分数）。ITU-R第3研究组是无线电波的传播专家组。由于要考虑各种各样的影响，如反射、绕射、散射和波导，无线电传播模型很复杂。在许多频谱分析和频率指配的应用中，需要简化的传播损耗评估。在[1979年，Bem]中概括评述了影响无线电通信业务和干扰分析的传播现象。

频谱用户需要详细估算发射的覆盖或传输可靠性。为频率管理和规划目的，对覆盖和场强信号进行简单和乐观的假设就足够了；例如，使用自由空间传播，考虑空间的扩散损耗（ITU-R P.525建议书），不受大气层和地形屏蔽现象的影响。由于有用信号应具有高可靠性，只需考虑预期发生的只在很少时间出现的无用信号。但应注意，需要更准确的方法提供这一级别的稳定性，以使出现无用信号（干扰）的时间更短。

在本节内，对几种传播方式做了简要讨论。更完整的讨论可以在ITU-R P系列建议书中找到。

### **VLF( $f < 30$ kHz)**

频率低于30 kHz, 传播损耗近似自由空间传播损耗。在VLF频段内, 电波在电离层与地球之间的波导中可以在全球范围传播。

### **LF( $30 < f < 300$ kHz)**

在此频段内, 主要有两种不同类型的传播模式; 即经常用来计算有用信号限值的地波模式和经常用来传播无用信号的电离层(天波)模式。天波信号幅度具有明显的昼夜变化, 这是由于电离层吸收变化的缘故。这一传播模式有以下区域特点: 在该区域, 天波不会抵达(即跳过)地面, 每一与地面的截断距离正好是跳过距离。

ITU-R P.1147建议书涉及这些频率的天波传播, 而ITU-R P.368建议书涉及这些频率的地波传播曲线。

### **MF( $300$ kHz $< f < 3$ MHz)**

在此频段内, 传播模式也是地波和天波; 因而许多文件涵盖了LF和MF这两个频段。

10 kHz到30 MHz之间频率的地波传播在ITU-R P.368建议书中有所考虑, 而且有一个被称为GRWAVE的计算机程序, 从ITU-R网站上可以获得。当计算地波时, 有必要知道大地的电气特性, 特别是电导率。ITU-R P.832建议书中给出了电导率图, 然而, 这些图主要是用于VLF, 而且目前还没有供计算机运用的数值形式。

从150 kHz到1.6 MHz的频率采用天波传播, 已在ITU-R《关于电离层及其对地面无线电传播和地对天无线电传播的影响手册》中进行了讨论, ITU-R P.1147建议书给出了预测方法。在MF广播频段内, 通常假定天波传播只发生在夜间就足够了。对于1.6 MHz以上的频率, 下面叙述的HF传播预测方法已经开始生效。而且在1.6 MHz以上, 天波对移动通信系统变得越来越重要。

### **HF( $3 < f < 30$ MHz)**

在此频率范围内, 信号的传播一般通过电离层, 因而表现出很大的变化。电离层传播特性主要指的是长途电路会遇到多径失真、信号干扰和操作中断的情况。由于长距离传播和频谱拥挤, 必须使用相当复杂的传播预测模式。

电离层特性的数值化图(ITU-R P.1239建议书和ITU-R P.1240建议书)已被用于基于计算机计算的模式, 用来预测HF传播。计算机程序REC 533是ITU-R P.533建议书的计算机化的版本, 该建议书可在任何季节和任何太阳黑子数情况下, 预测对任何电路基本的和运作的MUF、场强、接收功率、信/噪比和可靠性。

### **VHF和UHF( $30$ MHz $< f < 3$ GHz)**

在这些频段内, 除在这一范围的最低频率, 不会出现通过规则的电离层进行的传播。气候效应受超折射和传导所限制, 而超折射和传导可能是大气折射指数中正常梯度的转换所引起的。干扰自由空间传播的另一重要因素是, 由包括地球的曲率以及地形和建筑物引起的对流层散射和绕射。

取决于特定的传播环境, 下述内容可以用来估算传播损耗:

- 自由空间衰减。在某些环境中，只假定有用信号在自由空间的传播衰减就足够了（ITU-R P.525建议书）。
- 平坦大地的绕射。对有用信号的预测，在大于视距的范围时，需要考虑地球的曲率。计算机程序GRWAVE能处理这类情况，在ITU-R P.526建议书中也包含了绕射传播如何处理的内容。（见《ITU-R手册-近地球表面的无线电波传播曲线》）
- 在世界特定的区域和特定粗糙度的大地上的传播。ITU-R P.1546建议书适合于对30 MHz到3 000 MHz频率范围中广播、陆地移动、海上移动和一定固定业务的点对点场强预测（例如，那些采用点对多点（P-MP）的系统）。目的是要用于有效发射天线高度低于3 000m的长度在1-1 000km之间的陆地路径、海上路径与/或固定陆-海路径上的无线电电路。且它给出对一个城市环境中移动业务Okumura-Hata模型的兼容结果。此外，还有除了距离和等效天线高度之外的更多变量。此模型具有在郊区和开放区域中预测衰减的修正因子。此模型被用作ITU-R SM.2028-1报告中的参考和条件。但是它不特定于一个特殊极化，并且在短于1km的路径上是不完全的。并且因为它不适合所要求的短距离场景，需要进行适当的调整来考虑街道峡谷传播、建筑物入口、路径的室内段或者物体效应这样的效应。

在一个特定地形剖面上的传播。ITU-R P.1812建议书适合于对采用路径长度从0.25km到大约3 000km地面电路的无线电通信系统进行预测，双方终端都在地面以上大约3 km高度之内，并且建议与VHF和UHF频段中地面点对点业务关联使用。它可以用来预测业务面积和对期望信号电平（覆盖）的可用性，以及由于无用、共信道与/或邻信道信号（干扰）所引起的此业务面积与可用性的减少。采用此方法的点对点预测由很多均匀分布在国家服务区上的P-MP（即发射机点到多接收机点）预测系列构成。点的数量应该足够大，以确保这样得到的基本传输损耗或场强预测值是它们所代表的元面积对于位置的对应量中值的合理估算。

必要时，可以由地形数据库得到的地形剖面进行传播的详细计算。因此，假设此建议书的使用者能够对许多不同终端位置（接收机点）将详细的地形剖面（即平均海平面以上的高程）确定为沿着终端之间大圆弧路径（即测地曲线）距离的函数。对于此方法大多数的点对点覆盖和干扰预测的实际应用，此假设意味着参照相对于一个一致测地数据经纬度的地形高程数据库的可能性，通过自动方式可以从其中提取地形剖面。ITU-R P.1812建议书现在发现了Longley-Rice（ITS）模型。用于20 MHz和20 GHz之间频率的这个ITS模型，基于电磁理论和从地形特点和无线电测量的统计分析，可用来预测在距离及信号随时间和空间变化的作用下无线电信号的中值衰减。

此外，还有必要考虑到有可能造成干扰的其他传播机理。这些机理包括：

- 电离层传播。在某些季节和一天的某些时刻，电离层传播模型，如通过偶尔发生的E层，可以允许在最高约70 MHz频率上进行长距离传播（见ITU-R P.534建议书）。
- 超折射和传导。这些现象在ITU-R P.834和P.452建议书中进行了探讨。

### SHF和更高频率( $f > 3$ GHz)

前面所述的传播因素（天波除外）均适用于更高的频率。然而，必须考虑衰减、散射和由降雨和其他大气微粒产生的交叉极化。15 GHz以上，必须考虑大气层的气体引起的衰减。

出现于传播路径上的降雨和其他沉淀物会产生多种问题。频率大于10 GHz时，雨滴引起的衰减，可能对信号质量造成严重的衰落。估计衰减概率分布的方法，通常以时间概率超过0.01%的雨强密度值 $R_{0.01}$ （mm/h）为基础。这个值应以雨量计所做的长期降雨观测为基础，采用大约一分钟的降雨时间来进行辨别。如果不能得到所研究地区的这种长期观测数据，则可以利用ITU-R P.837建议书所示的地图来估算该值。对于所研究的频率和极化，“具体”的衰减于是可以根据ITU-R P.838建议书来计算。ITU-R P.530建议书给出了一个在视距路径上估算对应于其他时间百分数平均衰减电平的方法。

在清洁的空气条件下，地面传播可能遇到由于绕射、大气和表面多径、波束扩散、天线散焦造成的衰落，也可能遇到由于大气层气体造成的衰减，以及在某些区域内，沙尘暴造成的衰减。ITU-R P.530建议书提供如何处理这些影响的信息。ITU-R P.453建议书给予折射率数据。ITU-R P.836建议书提供一些有关在靠近地球表面大气层里的平均水蒸气密度的参考值，这主要与工作在20 GHz以上的系统有关。

### 地面 - 空间的传播

在地 - 空路径上，最主要关心的传播现象是信号衰减、闪烁衰落和信号的去极化，每一种现象的重要性均取决于路径几何尺寸、气候和通信系统的参数。补充的信息见ITU-R P.679建议书（广播卫星），ITU-R P.680建议书（海事移动卫星），ITU-R P.681建议书（陆地移动卫星）和ITU-R P.682建议书（航空移动卫星）。

当考虑无用信号时，必须要考虑水气引起的交叉极化（ITU-R P.618建议书）、电离层的极化旋转和电离层闪烁效应（ITU-R P.531建议书）。当通路仰角变小时，路径损耗将超过自由空间值，当然，当障碍增加时，中断也可能出现。

ITU-R P.618建议书提供最主要的传播数据源，以及在地-空链路设计中，对流层对有用信号影响的工程建议书。ITU-R P.618建议书载有大气吸收和降雨衰减造成的信号损耗的估算方法。ITU-R P.618建议书叙述频率和衰减统计极化分级的技巧，最坏月份统计的估算在ITU-R P.581和P.841建议书中作了叙述。伴随路径损耗的空间噪声温度的增长，还可引起地球站接收机品质因数的降低，可根据ITU-R P.618建议书中的表述公式来进行估算。站址分集能够明显地降低严重衰减路径上对应于给定年度时间百分数的衰减电平，而且还减少闪烁与去极化的影响。估算分集性能的计算过程可在ITU-R P.618建议书中找到。

信号闪烁是信号幅度的快速波动，是由对流层折射指数变化引起的。ITU-R P.618建议书包括了一个估算闪烁衰落深度的预测方法，对应年时间百分率为0.01到50%之间。

传播路径上的不对称散射（雨滴、冰晶体）在双极化频率再用通信系统中产生信号的去极化。ITU-R P.618建议书提供了估算交叉极化鉴别（XPD）的方法，适用频率在8-35 GHz（和频率换算到4/6 GHz）之间，路径仰角在60度以下。用于冰极化的一种经验校准也作为估算降雨XPD的因数。

### 5.3.2 地形数据

在许多情况下，地形的特性的不同会对有用信号和无用信号（干扰）电平造成较大差异。在使用一些估算传播损耗的方法中，必须具有地形知识。各种不同类型的有用地形有：海洋、其他水体、沙漠、稠密森林、森林、农村、郊区和城区。要进一步了解情况，请参阅ITU-R P.1058建议书—供传播研究的地形数据库。

从地形图中提取路径剖面传统上由手工进行。这是很费力、费时和费用很高的过程。然而，绘图研究部门已作了大量工作，提供所选择地理区域的数字地图。从这些地图中，可以提取到无线电传播预测的重要特性。地形高度、地表植被、建筑物高度和密度、街道宽度、大地地质等项目将来都可以得到，但可能费用昂贵。不过，上述地形资料还可以利用航空照片或卫星（包括多频对称孔径雷达）捕获的图像得到。

在地形数据库中，使用最频繁的方法是采用栅格结构，按统一的空间间隔产生高度的数据。数据的分辨力由数字存储容量和观测的精度来决定。所需地形数据的分辨率，取决于所研究的频段。分辨率因频段而异，对于UHF/SHF，可以少于1 m，但对于HF，应当大于1 km。数据的精度（障碍物高度）应在10 m至1000 m的范围内，这也取决于频段。使用已存储的地形数据时，高度路径剖面可以在任意包括在地形数据库内两个地理点之间生成。这些剖面在确定视距的各个点和地形周围的屏蔽效应时是很有用的。当地形特性很重要时，建筑物的高度不应忽略，特别是在市区和郊区。用于传播损耗计算的计算机技术可以自动地访问地形数据库[Chan, 1991年], [Palmer, 1981年]。最近，有人将制图数据和其他数据相结合，产生了一套称为GLOBE的地形图数据。这套数据的一个版本目前已被作为国际电联产品的基础，被称为IDWM。这套数据的分辨率是30弧度秒（在赤道上大约1km）美国航空航天局（NASA）在2000年搞了一项SAR使命，其可以产生更高分辨率（3弧度秒）的地形图，还带有高度和某些群集数据。这套数据称为GLOBE 2，是一套更与实际情况一致的数据。

### 5.3.3 传播模型的选择

频谱管理问题的分析常常利用频谱工程模型和适当的数据库。一个物理过程的工程模型有更快捷和更便于修改的优点。一个模型模拟一个过程的精度由它的设计和使用来确定。一个特定问题的不寻常属性需要在进行分析时有创造性、灵活性及直观性。根据这种考虑，上述的数据与模型提供基本素材，可用作常规使用，也可以在适当情况下进行更新。

以适当的传播模型为基础，可以计算传播损耗以及有用信号电平或干扰电平。

### 5.3.4 天线和参考辐射方向图

如ITU-R F.2059报告所认定，天线辐射性能是确定可能频率重用或“频谱效率”范围中的一个主要因素。这个结论是在点对点固定无线业务内采用多种商用天线模型进行统计研究之后得出的。此外，此结果可以扩展到大多数无线电通信业务。

在一个规划研究中缺少所涉及实际天线特定信息的情况中，将使用ITU-R建议书中定义的参考辐射方向图。它们是描述一个假想天线在空间每个方向上增益的数学模型。通常，此模型化是从理论模型或者从商用天线测量的经验辐射方向图推算出来的。

#### 5.3.4.1 固定无线业务中的一个简要实例

在点对点固定无线业务（FWS）中，主要使用抛物面天线。这些天线的基本特性是高方向性和线性极化。

为了固定无线系统之间和这样系统与共用相同频段的空间无线电通信业务地面站之间的协调研究和互扰评估，有可能需要使用FWS天线的参考辐射方向图。这种必要性的一个实例是无法得到在该研究中所涉及的实际天线辐射方向图信息的情况。

因此，ITU-R F.699建议书规定了100 MHz到70 GHz频率范围中的参考方向图，此处，在一个给定轴偏离角上相对于一个全向天线的增益是天线直径（ $D$ ）和工作波长（ $\lambda$ ）的一个函数。同样，主瓣天线增益和波束宽度被模型化为 $D/\lambda$ 的一个函数。

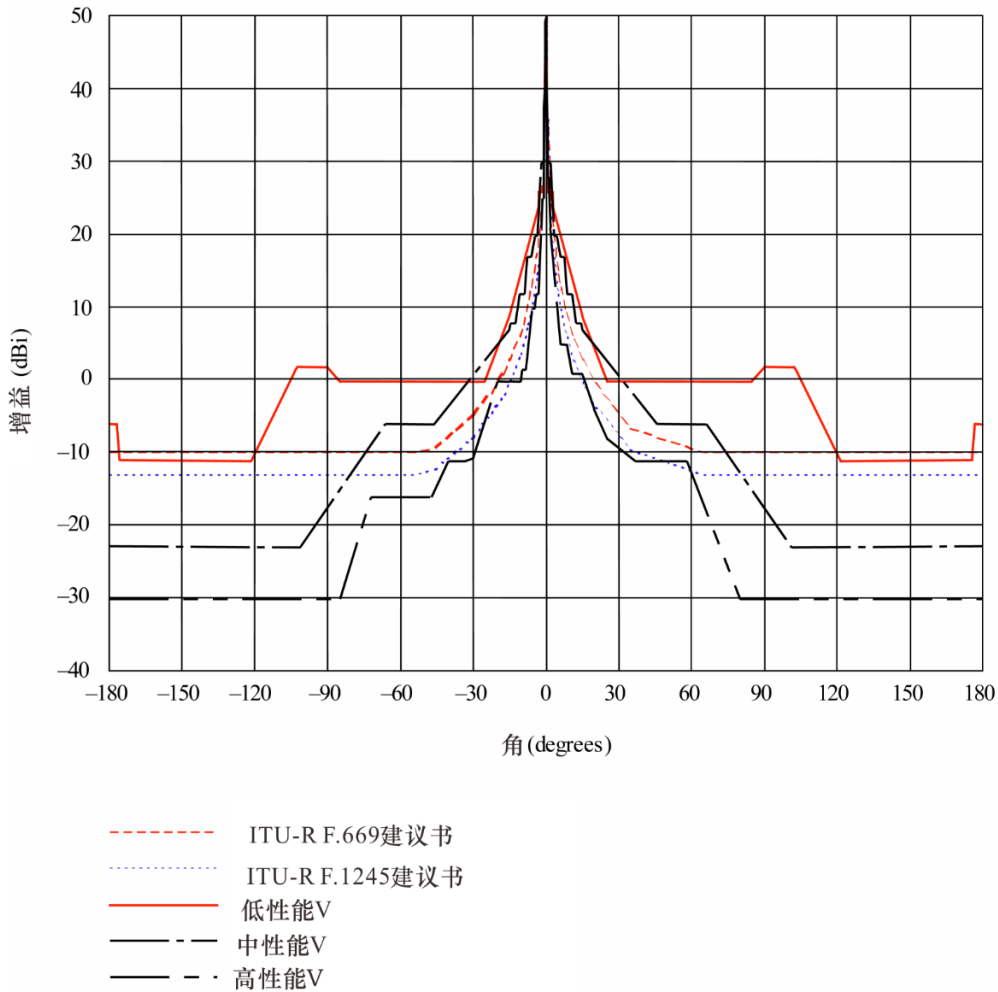
ITU-R F.699建议书给出了旁瓣方向图的峰值包络；但是，在包括很多干扰输入的汇聚干扰评估中使用这些方向图，预测的干扰将导致数值大于实际中所经历到的数值。在ITU-R F.1245建议书中，规定了平均辐射方向图的一个数学模型，它在以下情况中是必要的：

- 预测很多无线电中继站对一个地球静止或非地球静止卫星的汇聚干扰；
- 预测很多地球静止卫星对一个无线电中继站的汇聚干扰；
- 预测在应该被平均的连续可变角下一个或多个非地球静止卫星对一个无线电中继站的干扰。

在图5.2中可以看到一些实际天线方向图包络与从ITU-R F.699建议书和ITU-R F.1245建议书推算出来的相应参考方向图之间的比较。

图5.2

10.7 GHz的3米直径点对点 (P-P) 天线 ( $D/\lambda = 114$ ; 增益 = 49.8 dBi)  
(H: 水平极化, V: 垂直极化)



Nat. Spec. Man-5.02

#### 5.3.4.2 定义参考辐射方向图和其他天线考虑的ITU-R建议书

表5-3汇总了广泛的ITU-R建议书，它们定义了在使用和协调研究中需要考虑的参考辐射方向图和对来自单个或多个干扰源的干扰评估。

所列ITU-R建议书集中的一些设定了设计目标（即ITU-R S.580建议书，它规定了与一个地球静止卫星一起运行的新地球站天线所要满足的辐射图）。ITU-R S.1717建议书详述了一个格式，管理机构可以采用它以电子形式提交关于特定FSS地球站天线的增益数据。在参考方向图未提供足够详细数据的一些研究中，或者当要改善/制定一个参考方向图时可能需要此信息。

#### 5.3.4.3 对管理机构建议的实践

建议管理机构保存来自实际天线测量辐射方向图的记录，以便允许在要进行的和建议的协调研究和干扰评估中使用新的和改善的参考辐射方向图。



此外，在协调研究和干扰评估中必须尽可能使用实际天线方向图。因此，那些记录的辐射方向图应该被用来进行研究，即使有可能以及在需要更加详细信息的情况下。

表5-3

与在共用、协调和规划研究与/或干扰评估中需要考虑的参考辐射方向图  
与/或天线特性相关的ITU-R建议书汇总

建议书编号	标题	业务	频段	天线/方向图类型	问题
BO.652	在12 GHz频段中的广播卫星业务及在14 GHz和17 GHz频段中的关联馈送链路地球站和卫星天线参考方向图	广播卫星	12 GHz 14 和17 GHz	地球站天线（接收） 卫星天线（发射）	接收地球站天线和卫星发射天线的同极化和交叉极化参考方向图
BO.1213	在11.7-12.75 GHz频段中的广播卫星业务的参考接收地球站天线方向图	广播卫星	11.7- 12.75 GHz	地球站天线	BSS的参考地球站同极化和交叉极化天线方向图
BO.1296	出于规划目的用于无线电规则附录30A (Orb-88)计划版本1区和3区中14 GHz和17 GHz的椭圆波束的参考接收空间站天线方向图	广播卫星	14 GHz 17 GHz	空间站天线	圆极化参考天线同极化和交叉极化方向图，用于规划目的的椭圆波束。
BO.1443	用在涉及无线电规则附录30所涵盖频段中非GSO卫星干扰评估中的参考BSS地球站天线方向图	广播卫星		地球站天线	BBS的三维参考地球站天线方向图，可以用于计算非GSO FSS卫星所产生进入BSS地球站天线的干扰。
BO.1445	无线电规则附录30，1区和3BBS规划的快速滚降卫星发射天线的改进方向图	广播卫星		卫星天线	在主波束中带有快速滚降的改进卫星天线同极化和交叉极化方向图，用于在按照532决议（WRC-97）的研究中需要这样的快速滚降天线时的快速滚降椭圆波束
BO.1900	在1区和3区的21.4-22 GHz频段中广播卫星业务的参考接收地球站天线方向图	广播卫星	21.4-22 GHz	地球站天线	用于共用研究的BSS的同极化和交叉极化参考接收地球站天线方向图。

表 5-3 (续)

建议书编号	标题	业务	频段	天线/方向图类型	问题
BS.80	HF广播中的发射天线	广播	HF	非方向性 方向性	关于为系统设计和规划选择一个适当发射HF天线和HF天线方向图的指南。
BS.599	在频段8 (VHF) 中声音广播接收的天线方向性	广播	VHF		用于VHF声音广播规划的接收天线方向性特性。
BS.705	HF发射和接收天线特性与示意图	广播	HF	阵列、对数周期、菱形、单极子、幛形、正方形、十字偶极子	出于规划目的评估HF发射/接收天线性能的公式
BS.1195	VHF和UHF频段的发射天线特性	广播	VHF UHF	阵列、天线系统	发射天线方向图计算，实际问题和计算软件
BS.1386	LF和MF发射天线特性与示意图	广播	LF MF	天线系统、单极子、阵列及其他	特别用于规划目的评估LF和MF发射天线性能的发射天线特性和示意图。实际问题
BT.419	电视广播接收中天线的方向性和极化鉴别度	广播	电视频段 I, III, IV, V (ITU-R BT.417建议书)		用于规划地面电视业务的接收天线的方向性特性；采用正交波极化得到的益处；电视广播中发射的极化。
BT.1195	VHF和UHF频段的发射天线特性	广播	VHF UHF	阵列、天线系统	发射天线方向图计算、实际问题和计算软件。
F.162	工作于大约30 MHz以下频段的固定业务中的定向发射天线应用	固定	4-28 MHz	方向性	性能：方向性、增益、业务扇区、天线方向性因子。
F.699	在100 MHz至大约70 GHz频率范围协调研究和干扰评估中使用的固定无线系统天线的参考辐射方向图	点对点 固定	100 MHz- 70 GHz	方向性	用于协调研究和干扰评估的参考辐射方向图（旁瓣峰值包络）。

表 5-3 (续)

建议书编号	标题	业务	频段	天线/方向图类型	问题
F.1245	在 1 GHz 至大约 70 GHz 频率范围的一定协调研究和干扰评估中所用视距点对点固定无线系统天线的平均和相关辐射方向图的数学模型	点对点固定	1-70 GHz	方向性	用于一定协调研究和多干扰或时变干扰评估的参考辐射方向图(平均)。
F.1336	在 400 MHz 至大约 70 GHz 频率范围的共享研究中使用的全向、扇区和其他天线的参考辐射方向图	点对多点固定陆地移动	400 MHz-70 GHz	全向和扇形	用于共用研究的参考辐射方向图(峰值和平均)。
			1-3 GHz	低增益方向性	
M.694	船载地球站天线的参考辐射方向图	移动卫星	1 518-1 660.5 MHz	船载地球站天线	用于相同频段中移动卫星业务地球站之间和陆地与空间站之间协调研究和干扰评估的船载地球站天线参考辐射方向图。
M.1091	工作在 1 至 3 GHz 频率范围陆地移动卫星业务中的移动地球站天线的参考离轴辐射方向图	陆地移动卫星	1-3 GHz	便携或车载地球站天线	用于干扰统计评估和用于陆地移动地球站与共用相同频段的不同卫星系统空间站之间协调的参考辐射方向图。
M.1851	干扰分析中使用的无线电测定雷达系统天线方向图的数学模型	无线电测定雷达系统	420-33 400 MHz	全向、八木单元矩阵、抛物面反射器、相控阵	用于单输入和汇聚干扰分析的无线电测定雷达系统天线方向图(峰值和平均)。

表5-3 (续)

建议书编号	标题	业务	频段	天线/方向图类型	问题
RA.1631	用于基于epfd概念非GSO系统和射电天文业务台站之间兼容性分析的参考射电天文天线方向图	射电天文	150-5 000 MHz 10.6-43.5 GHz		用于非GSO系统和RAS站之间兼容性分析的平均辐射方向图的数学模型。
RS.1813	用于1.4-100 GHz频率范围中兼容性分析的工作在地球探测卫星业务(无源)中的无源传感器参考天线方向图	地球探测卫星	1.4-100 GHz		用于兼容性研究中地球探测业务无源传感器的参考天线方向图。
S.465	用于2至31 GHz频率范围中协调和干扰评估的固定卫星业务中的地球站天线参考辐射方向图	固定卫星	2-31 GHz	地球站天线	用于FSS中地球站与共用相同频段的其他业务台站之间协调研究和干扰评估以及FSS中系统之间的协调研究和干扰评估的参考辐射方向图。
S.580	用作与地球静止卫星一起工作的地球站天线设计目标的辐射图	固定卫星		地球站天线	与一个地球静止卫星工作的一个地球站新天线的设计目标。
S.672	用作在采用地球静止卫星的固定卫星业务中一个设计目标的卫星天线辐射方向图	固定卫星		单馈入圆/椭圆波束 多馈入整形波束	用作设计目标的卫星天线参考辐射方向图。
S.731	用于2至大约30 GHz频率范围中频率协调和干扰评估的参考地球站交叉极化辐射方向图	固定卫星	2-30 GHz	地球站天线	用于FSS中地球站与共用相同频段的其他业务台站之间的频率协调研究和干扰评估,以及FSS中网络之间的协调研究和干扰评估的地球站天线的参考交叉极化辐射方向图。

表5-3 (续)

建议书编号	标题	业务	频段	天线/方向图类型	问题
S.732	为了确定超过天线参考方向图和对任何超过可接受条件的地球站天线旁瓣峰值统计处理的方法	固定卫星		地球站天线	为了确定超过在相关ITU-R建议书中所给天线参考方向图旁瓣峰值百分比的地球站天线旁瓣峰值统计处理方法；以及具有峰值超过所建议包络的地球站天线旁瓣方向图仍将被视为符合允许一定百分比旁瓣峰值超过建议包络的ITU-R建议书的条件。
S.1428	用于涉及10.7 GHz和30 GHz之间频段中非GSO卫星的干扰评估的参考FSS地球站辐射方向图	固定卫星	10.7-30 GHz	地球站天线	用于涉及移动干扰源与/或FSS干扰的受害接收机的干扰计算的参考地球站辐射天线方向图。
S.1528	工作在30GHz以下固定卫星业务中非地球静止轨道卫星天线的卫星天线辐射方向图	固定卫星	Below 30 GHz	多波束非GSO天线（圆或椭圆波束）	用作设计目标或执行干扰分析的辐射方向图
S.1717	地球站天线方向图的电子数据文件	固定卫星		地球站天线	使管理机构可以以电子形式提交关于特定FSS地球站天线数据的格式。
S.1844	2至31 GHz频率范围中线性极化甚小孔径终端（VSAT）的交叉极化参考增益方向图	固定卫星	2-31 GHz	VSAT地球站天线	用于涉及FSS中VSAT地球站和共用相同频段的其他业务台站的干扰计算以及FSS系统之间协调研究与干扰评估的交叉极化参考增益方向图。

表 5-3 (完)

建议书编号	标题	业务	频段	天线/方向图类型	问题
S.1855	用于2至31 GHz频率范围中协调与/或干扰评估中与地球静止卫星轨道上卫星一起使用的地球站天线替代参考辐射方向图	固定卫星	2-31 GHz	地球站天线	与GSO轨道上卫星一起使用的天线的参考辐射方向图，用于FSS中地球站与共用相同频段的其他业务中任何台站之间或者FSS中系统之间的协调与/或干扰评估
SA.509	用于低于30 GHz频率干扰计算和协调程序的空间研究地球站及射电天文参考天线辐射方向图	空间研究射电天文	1-30 GHz	大型抛物面	预测来自单个或多个源干扰的参考天线辐射方向图。
SA.1345	预测用于空间研究和射电天文的大型天线辐射方向图的方法	空间研究射电天文			电磁场建模方法；采用实验数据的分析。
SA.1811	用于31.8-32.3 GHz和37.0-38.0 GHz频段中涉及大量分布干扰项兼容性分析的大孔径空间研究业务地球站的参考天线方向图	空间研究	31.8-32.3 GHz 37-38 GHz	大孔径地球站天线	用于兼容性分析的单个测定参考天线方向图（峰值）和用于涉及大量分布干扰源的统计兼容性分析的增益模型（平均）。

## 5.4 干扰分析

有效的频谱利用取决于对环境和系统参数的有效分析，这些分析本质上是典型的统计，用以减少干扰的范围。由于干扰会降低系统性能和频谱效率，对获得许可证在给定业务和给定频段内操作的无线电系统，其设计的技术参数和技术规范应考虑到，许可证持有人不受到干扰，也不会对其他用户产生干扰。

防止干扰必须考虑的重要参数包括：中心频率的限定、载频间隔、频率稳定度、发射类型（数字或模拟及其使用的调制）发射机或载频的功率电平、以及在带宽内的每信道等效辐射功率（e.i.r.p.）和带外发射电平。天线特性，如有效高度、极化辐射图的方向性、最小前后比，以及天线的主瓣与其他用户（如地球静止卫星用户）的天线主瓣之间的夹角，也必须加以考虑。

在接收机输入端的有用信号受四种类型的干扰所恶化：共信道干扰、邻信道干扰、灵敏度降低和互调。前三种类型的干扰可以用一个一般的方程来表达。

接收机上的干扰电平基本上是以下的作用：干扰源发射功率 $P_t$ 、在接收机方向上的干扰天线的增益 $G_t$ 、干扰方向上的接收天线的增益 $G_r$ 、接收机和干扰机之间的间隔距离 $d$ 的基本损耗 $L_b(d)$ 与 $\Delta f$ 相关的频率相关抑制，可用下式来表示：

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b(d) - FDR(\Delta f) \quad (1)$$

频率相关抑制（FDR）是 $\Delta f$ 的函数， $\Delta f$ 是干扰调谐频率和接收机的调谐频率的差。它还取决于接收机的特性。进一步的资料可以在ITU-R SM.337建议书中找到。应当注意，公式（1）可以用于计算所需的信号电平，条件是传播损耗是用适当的传播模式计算出来的。

另一个关于多源干扰环境下的无线电干扰的一般特点是，总干扰功率是各个干扰功率的和：

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_K \quad (2)$$

下面几节简单叙述这些类型的干扰。其他诸如谐波、杂散发射、寄生发射和交叉调制等类型的干扰在本章第5.5.2节中叙述。

#### 5.4.1 共信道

共信道干扰是由于有用信号和干扰信号在同一信道内工作而在中频放大器内产生的。由于有用信号与干扰信号重叠，公式（1）的 $FDR(\Delta f)$ 等于零，而且，干扰信号不能用正常手段滤除掉。共信道干扰的电平取决于接收机的共信道抑制特性和发射机的发射特性。

在不同的无线电业务中，共信道干扰的计算也有差别。在陆地移动业务中，共信道电台在最坏情况下彼此也要隔开120 km。这个距离随着地形和使用频段的不同而有所不同。在蜂窝无线电系统中，共信道间隔距离更近一些，以允许信道在同一城市中重复使用。在固定业务中，天线的方向性在计算干扰电平时起重要作用。当地面电台和地球站工作在同一频段时，这尤其重要。

共信道干扰的另一个原因是由于未经协调频率的共用情况，在这种情况下，可能干扰源的数量和位置也许都不清楚，例如，当干扰辐射来自家用设备时。

#### 5.4.2 邻信道

邻信道干扰可以由工作在邻信道的干扰信号或发射机的杂散发射所引起。邻信道干扰电平取决于接收机的射频抑制特性。

邻信道干扰的基本效应是有用信号、干扰和具有不同频率和间隔的发射机之间相互作用的结果。这些都可以用频率-距离（FD）、频率相关抑制（FDR）或相对射频保护比来表示。FD表示接收机和干扰机之间所需的最小间隔距离，该距离随它们调谐频率的不同而有所不同。FDR表示接收机选择性对无用发射机的发射加以抑制的程度。邻信道干扰取决于公式（1）的 $FDR(\Delta f)$ 值。当有用和无用发射机载频具有相同的频率或频率差 $\Delta f$ 时，保护比是有

用信号和无用信号之间所需的最小比值，通常在接收机输入端以dB表示。保护比在本手册第4.4.5节有更详细阐述。

对接收机来说，当规定了可接收的干扰功率最大值 $I_m$ 时，则只有当：

$$L_b(d) + FDR(\Delta f) \geq P_t + G_t + G_r - I_M \quad (3)$$

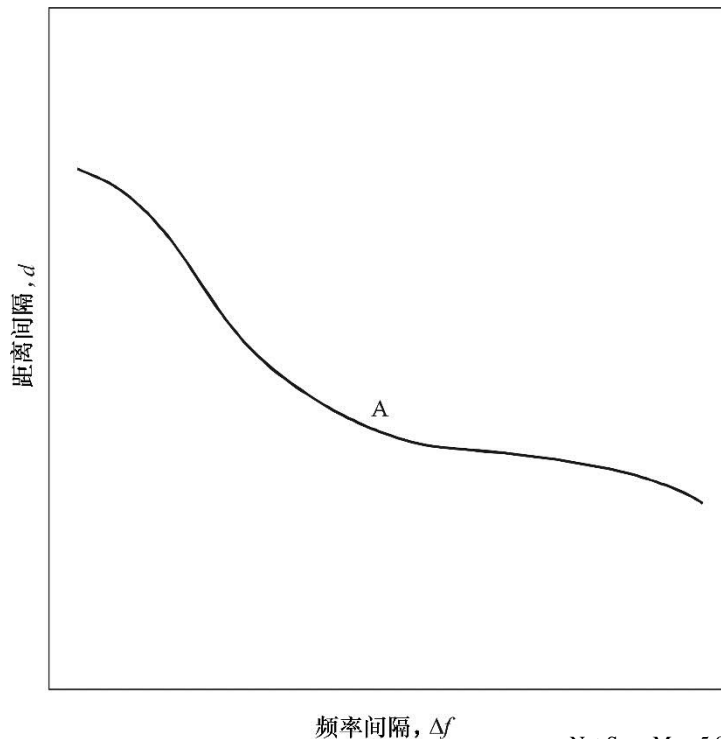
接收机性能才可以接受。各类组合间隔曲线和可接受的接收机性能区域表示如下。表示曲线A的公式是：

$$L_b(d) + FDR(\Delta f) = \xi \quad (4)$$

曲线之上是可接受的接收机性能区域，曲线以下是不可接受的接收机性能区域。

图5.3

频率和距离的间隔。描述曲线A的公式为 $L_b(d) + FDR(\Delta f) = \xi$ 。曲线之上是可接受的接收机性能区域，曲线以下是不可接受的接收机性能区域。



根据所叙述的计算机相邻频段和信道功能的方法，FDR、FD和保护比的计算可以采用小型计算机实现。通过计算，也可以分别确定邻信道干扰成分是由载频还是由边带产生的。

### 5.4.3 灵敏度降低

当干扰发射机非常靠近接收机进行操作时就会发生灵敏度降低现象。如果干扰信号太强，可能会使接收机完全失灵。灵敏度降低电平取决于射频（RF）抑制特性，即接收机的 $FDR(\Delta f)$ 。典型的系统技术规范建议用户选择具有对这种有害干扰进行抑制特性的接收机。



避免灵敏度降低干扰的通用方法包括安装滤波器，挪动站址，或减少干扰台站的极端发射功率。

#### 5.4.4 干扰概率

《无线电规则》第1.166款对干扰下的定义是：“在无线电通信系统中，无用能量对...接收产生的影响，其表现为任何性能的降低、错误的体现或信息的丢失。如果不存在这种能量，那么可以获得这些信息。”

为了估计干扰的程度，计算机模拟、传播模式已经研究出来，以计算干扰功率、载噪比和有用信号对干扰信号比。由于无线电设备、传输损耗和业务量密度的多样性，现实的做法只有估计干扰的概率。

干扰概率取决于一系列因素，一个一般的公式只能将干扰的统计性质加以概括。实际的干扰概率只有因类型而异进行评定。

从上面“互调”一节可以找到一个例子，三阶互调产物可能在接收机处产生干扰，即在干扰的频率正好与接收机的IF通带一致之时。互调干扰概率取决于一系列因素。在RIM情况下，这些因素是：接收机的鉴别特点、接收机的RF放大器、接收机在给定信噪比情况下的灵敏度、以及在接收机的输出端有用和干扰信号功率电平的散射。在TIM情况下，互调干扰概率是：在被影响发射机的天线电路上的衰减的作用、发射机的互调转换损耗、共信道保护比、在输出终端的干扰发射机的功率、以及在发射机和接收机之间的通道上的互调。由互调引起的干扰概率在固定点对点系统的设计阶段就有显著减少，但对于陆地移动业务，减少的难度较大。

在系统一级，例如移动通信系统，干扰概率应考虑以下方面的效应：

- 无线电设备基本接收信道上发射机的带外辐射；
- 在接收信道上发射机的谐波辐射；
- 在杂散接收信道上发射机的基本辐射；
- 在杂散接收信道上的谐波辐射；
- 三阶互调干扰。

可接受的接收概率是，没有任何一种干扰模式会引起问题。干扰模式的累计分布函数可以被计算出来。从这点出发，就有可能从总接收概率的角度，把一种干扰模式的影响与另一种干扰模式的影响加以比较。进而，为了改进信号的接收质量，降低一种干扰模式的成本与降低另一种干扰模式的成本也可以评定出来。这就可以提供以下信息：接收机和发射机的EMC参数是否应当改进，以便使无线电设备为符合标准而应开销的总成本能够最优化。

ITU-R SM.2028报告描绘了一种统计模拟方法，这一办法系基于“蒙特卡洛”技巧，适合复杂方案的计算。这种办法原本系研究来重新评价《无线电规则》的附录3中所述对无用信号的限制。但是，这个方法在频谱工程方面也适合于下列方面：

- 工作在相同或相邻频段上的不同无线电系统之间的共用性和兼容性问题研究；
- 发射机和接收机屏蔽的估算；
- 诸如阻断或互调以及无用发射参数的限值的估算。

蒙特卡洛方法实际上可以针对所有无线电干扰的情况。这一灵活性是通过对所有系统的参数都做限定而获得的。所有可变参数（天线方向图、辐射功率、传播通道...）是其统计分布函数。因此，通过较简单的函数就可以模拟非常复杂的形势。各种各样的系统都可以处理，诸如：

- 广播（地面和卫星）；
- 移动（地面和卫星）；
- 点对点；
- 点对多点，等等。

在下面的例子中对原则有最好的叙述，这些例子只考虑无用发射为干扰体系。一般说来，蒙特卡洛方法也能处理无线电环境中的其他效应，诸如带外发射、接收机封塞和互调。这种方法适用的例子有：

- 数字PMR（TETRA）系统和915 MHz GSM系统之间的兼容；
- FS系统和FSS系统共用的研究；
- 近距离装置（蓝牙）和在ISM频段的2.4 GHz RLAN系统间共用的研究；
- IMT-2000系统和1.5 GHz左右的PCS1900系统之间兼容的研究；
- 工作在这些频段上的特宽带系统和其他无线电系统之间的兼容性问题研究。

ITU-R SM.2028 报告中所包含的方法已经在频谱工程高级蒙特卡洛分析工具（SEAMCAT<sup>®</sup>）中实现。SEAMCAT可以从欧洲通信办公室（ECO）免费得到，也可以直接从其网址：[www.cept.org](http://www.cept.org) 下载。

SEAMCAT通过一个便于使用的图形用户接口提供在本节前面所描述的所有功能。一个样品结果显示在图5.4和图5.5中。通过一个方便使用的绘图用户接口，SEAMCAT提供本节已经叙述的所有功能。

图5.4

SEAMCAT绘图用户界面的例子

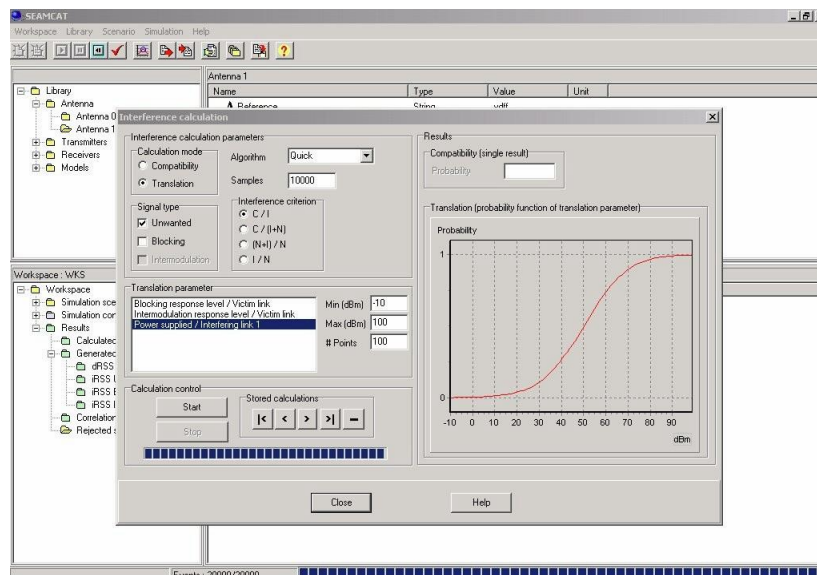
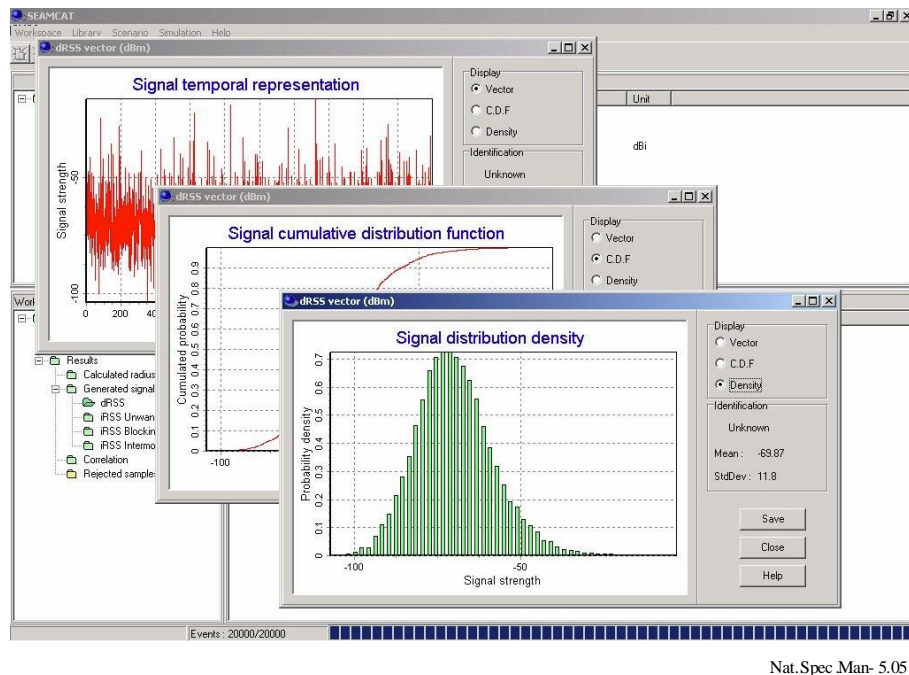


图 5.5

## SEAMCAT绘图用户界面的另一些例子



Nat. Spec Man- 5.05

## 5.5 共用频段

新无线电通信业务的引进和现有无线电通信业务的发展日益增加的要求，使人们极为重视开发技术手段，以通过频率共用达到增加频谱利用的目的。

当两种或更多无线电业务有效地利用同一频段时，就存在业务间的共用。《无线电规则》第1条第1.166-1.176款规定了频率共用需要考虑的参数。频率共用是改善频谱利用的有效方法。在指配新频率之前，应当考虑共用现有频率的可能性。

无线电频谱利用取决于频率、时间、空间位置以及调制/编码和正交信号的隔离。任何频谱的共用都必须考虑满足这四个方面的一个或更多的条件。频率共用可以采取直接的方式，即其中任何两方面相同，第三或第四方面可有一定程度的不同，这就足以确保所有涉及的业务（两种或更多种）可以满意地工作。当各种业务在四个方面都相同，也能实现共用。在这种情况下，共用是通过采用技术条件来实现的，但这些条件不会降低所涉及业务的性能要求。

### 5.5.1 共用频率分配（不同业务间的共用）的技术基础

随着时间的推移，为适应新业务和更有效利用频谱资源，频谱共用的情况在不断增加。表5-3所示是一些可以促进共用的技术方法。共用方法依据四个方面按列进行分组：即频率、时间、空间位置和信号隔离。有些方法是新的或革新的，它们可使频谱得以更有效利用或在利用中有更大灵活性。其中许多方法都是新设备技术的采用、分析的计算机化和新思路的结果。有些方法比较复杂，涉及实时计算机控制的频率管理。经常，设备特定技术参数的技术规范有必要实施表5-3所示的方法。这些参数的某些例子如下：

- 共用业务设备间地理间隔距离的技术规范；

- 共用业务调制特性的技术规范，如数字调制、扩展频谱；
- 发射机功率的限值、功率通量密度的限值（pfd）、发射机天线的指向角；
- 只是点对点的传输；
- 方向性和自适应天线的利用；
- 共用业务设备的占空率和信息类型的约束，例如只是间断地使用、只是模拟信号、只是数据；
- 规定的干扰标准，即比特的误码率标准（BER）、要求的误码率标准；
- 为促进共用，协商放宽的共用技术标准。

表5-4

有助于共用的方法

频率间隔	空间间隔	时间间隔	信号间隔 <sup>(1)</sup>
授权共用接入 频谱数据库 频谱接入控制器 地理位置数据库 信标 传感			
信道规划 带宽分段 频率捷变系统 - 动态频率选择(DFS) 动态共用 - 动态实时频率指配(1) 发射的控制 频谱特点 动态可变 频率容限 导频信道	地理的共用的分配 站址间隔 天线系统的特点： - 自适应天线（小天线） - 天线极化鉴别 - 天线方向图鉴别 - 天线分区 天线下倾 空间分集多址(SDMA) 物理障碍和站址屏蔽 发射功率控制(TPC)	占空率控制 动态实时(1) 频率指配 载波检测多址(CSMA)	信号编码和处理 前向纠错(FEC) 干扰抑制 扩展频谱： - 直接序列 - 频跳 - 脉动FM 干扰 功率/带宽调整： - 共信道 - 动态发射机电平控制 - 功率通量密度（pfd）限制和频谱功率通量密度（spfd）限制（能量扩散） 调制复杂性 天线极化 [软件定义无线电(SDR)]

(1) 动态实时频率指配有通过同步使用频率和时间域而达到共用。因此，这一方法在两列中都被列入。

在表5-4中所列的某些方法是新的和革新的，它们可以使频谱使用更有效或更为灵活。许多这些方法是新设备技术的引进、分析的计算机化和新思路的结果。某些方法很复杂，涉及实时计算机控制频率管理。

### 5.5.1.1 频率间隔

#### 信道规划

可以同类和不同类为基础安排运营信道，以便填隙式地布局一个或更多的通信系统。这一避免干扰的手段必须要事先协调好，以便利用调制类型的长处而将信道适当地间隔。

#### 频段分段

为频谱的不同用户和不同使用，将一系列信道组合在一起，或为非信道化的系统创建一个子频段，与信道规划的使用是相似的。在某些情况下这是需要的，因为这可以减少和避免协调，而可以使频段被用于多个用途。

#### 频率捷变系统

频率捷变系统可以在规定的频段内的任何地方实时地选择频率，利用的是发射前“听”的技巧。这是些不需要依靠相互协调过程的，或依靠另一系统运营者的决定的系统。频率捷变系统就是寻找非使用频谱进行通信的系统，由于它们易受干扰，不适宜公众电信或重要数据的传送。

#### 动态共用

利用先进的计算机技术，频谱管理者可以有更多的频率共用机会，于是也就有减少因严格业务界线而导致的非有效情况的机会。在同样和相似的业务中，在不同系统之间进行频率动态共用，就可以使在同一地理区域的不止一个系统，在同一频率，但是在不同时间进行工作。

#### FDMA

FDMA技术包括，将一个频段的几个部分同时分给几个用户，但限制各个用户进入分配好的子频段。这样一来，在频域可以达到正交性。

#### 发射频谱特性的控制

发射频谱特性的控制，系通过限制浪费在无用发射（杂散发射和带外发射）的频谱的量，来增加无线电通信所能利用的频谱。

#### 动态可变间隔

频谱灵活利用的另一种共用方法是动态可变间隔。这是在两种业务之间实时共用一组频谱，在两种业务中，有一种占优先地位。

#### 频率容限

在被指定的频率内，一个发射占用频段的中心频率最大允许偏移度，或者，一个发射的特征频率从参考频率偏移的最大允许度，称为频率容限。频率容限的限值，通过对发射频率信号漂移的控制，可以减少频谱的浪费，从而增加在频谱的某一部分可以工作系统的数量。

#### 按需指配多址连接（DAMA）

信道的事先固定指配的主要缺点是难于满足业务量的随机变化。在稀路由情况下，网络或系统中有很多站，但每个站的业务量都很少，DAMA技术就能增加其频谱的利用。DAMA

SCPC（每载波单信道）系统和SPADE（每载波单信道PCM多路连接按需分配设备）系统是这一应用形式的典型例子。

### 频率分集

利用频率分集便可获得十分明显的分集增益并加上信道无触及（无差错）开关。频率分集增益当无线电传播随频率而衰落，并且在不同频率位置衰落程度不同，但只需要很小的或可忽略不计的校正取决于衰落的散射特征、频率分集位置间的校准系数、以及无触及（无差错）开关的性能。

#### 5.5.1.2 空间间隔

##### 地理共用分配

不同地理区域的用户如果彼此相隔很远，则可以再使用同一频率。地理或地区频率共用是一项已经证明的，并长期以来为人们认为是实际可用的技术。

##### 站址间隔

站址选择主要是为了选择一个与在同一频率工作的其他台站相隔适当距离的工作位置。

##### 天线系统特点

有各种各样利用天线特性而便利频率共用并减少干扰的可能性。最好的办法是将定向天线使用到技术所能允许的最好程度。

##### 空分多址（SDMA）

技术已经发展到这样的地步：根据对天线方向图的控制，则可依据空间方向而对传输进行鉴别。这种技术对卫星、无线本地环路和蜂窝移动无线电新的应用尤其重要。

##### 物理障碍和站址屏蔽

屏蔽可以限制发射机可能辐射的方向，以及因辐射对其他系统和接收机引起的干扰。通过将几个系统在地理位置上很恰当地安排在一起，这种限制不但使它们不会互相干扰，而且还可以增加它们共用的可能性。站址屏蔽可以通过植被、地形和建筑物等而自然地实现。

#### 5.5.1.3 时间间隔

##### 频率共用

用户可以按时间而共用频谱，如几家出租汽车公司可以交替使用同一频率，或民用频段（CB）无线电运营者共用多个频率。

##### 占空率控制

占空率是脉冲持续时间和脉冲重复速度的产物，也是平均功率输出与峰值功率输出之比。

##### 动态实时频率指配

灵活利用频谱的另一种共用方法是动态可变间隔，它是在两种业务间实时共用一组频率，两种业务中的一种占优先地位。利用这种动态可变间隔技术，就是把一组频谱所载的信道间隔成两个部分。

## TDMA

TDMA技术是将固定的预先确定的时隙指配给每一个用户，用户可以进入整个带宽，但是只能在自己所分得的时隙之内。

### 5.5.1.4 信号间隔

#### 信号编码和处理

按信号编码（或编码调制）和处理一般分级的几种技术已经问世。编码可以在调制过程（如CDMA的信道编码）中发生或在传送之前在原始信号（称信源编码，犹如数据串被压缩）中发生。

#### FEC

FEC在数字链路上的一种使用方法是减少所需的 $C/(N+I)$ 之比。FEC是以牺牲吞吐量或带宽而换取减低的功率富余的技术。在这种情况下，源编码技术用于检测误码和控制发射机重新发送错误数据块的要求。

#### 干扰抑制

先进的干扰减轻技术是一种利用强有力信号处理算法的非线性干扰抑制技术，该算法既利用所需信号的频谱校准特性也利用干扰信号的频谱校准特性。

## CDMA

扩散频谱调制或CDMA提供显著的在同一系统或几个系统中一致地共用频率的好处。

CDMA技术可允许频率和时间的传送重叠。这种技术是将不同的信令编码和预定接收机的匹配滤波器（或可相应地称为校准检测）一起利用而达到信号间隔的目的。每个用户被指配一个特定的编码序列，该序列在具有数字数据的载波上进行调制，而该数字数据在载波的顶端被调制。存在两种共同形式：频跳和编码。在前一种情况，频率按某些已知模式而周期性地改变；在后一种情况下，载波由数字数据序列和编码序列进行相位调制。以增加带宽需求（为了扩展波形）的代价换来多正交编码。

#### 扩频

利用扩频技术的发射机，通过利用事先确定的重复码，将信号在一个比原始信号带宽宽许多倍的带宽上进行扩散。接收机用同样的编码将信号还原成其原本的形式。

扩频的好处是干扰压缩。商业应用包括：个人通信、蜂窝电话、无线告警系统、局域网和寻呼系统。

虽然在频段上叠加扩频系统可以改进频谱的有效性（就像未被颁发许可证的小功率装置那样），但是由于扩频系统数量的增加，干扰的可能性也增加。直接序列系统的增加会实质性地导致所有窄带系统干扰的增加和性能的降低。如果频跳系统戏剧性增加，则干扰的产生，尽管时间很短，会变得很频繁而使系统的性能降低。

#### 干扰功率/带宽调整

可以设想，杂波和干扰对接收机的影响是相等的，如在某些系统中那样，则功率和带宽调整技术可以用来利用可接受的载波对干扰（ $C/I$ ）之比的性质，作为恒量 $C/(N+I)$ 的载噪比

( $C/N$ ) 的函数。所采用技术与增加被干扰系统发射机的功率是一致的。当把杂波限制系统发射机的功率少量增加, 例如, 增加3 dB, 接收机就会承受量多得多的干扰, 例如10 dB。

### 调制复杂性

具有更多状态数量的正交振幅调制 ( $M$ -QAM) 和先进信号设计的利用, 可以增加固定信道带宽的比特率或减少固定比特率的信道带宽, 并改进功率/频谱的利用性能。增加调制的复杂性需要依赖纠错码的增加, 并可能需要更复杂的动态信道处理, 以满足传送性能目标。

### 编码调制

FEC技术可改进功率利用, 但是由于在时域插入冗余量, 会降低频率的利用率。既提高功率利用又不降低频谱利用率的一项技术就是编码调制技术, 其可将冗余量映射进调制参数而把调制和编码技术相结合。

### 自适应信号处理

先进的自适应信号技术是实现新一代高速无线数字传送好处的关键。通过利用:

- 频率和时间域的自适应均衡;
- 自适应发射机功率控制;
- 天线分集, 包括垂直空间分集与/或带各种自适应分级组合器的水平空间分集;
- 频率分集, 包括利用无触及(无差错)开关对付实时传播时延变化;
- 干扰/回波取消或抑制, 以及针对实时干扰的多用户检测;
- 针对宽带信号的强散射的(正交)多载波平行传送(或OFDM);
- 针对线性失真的预失真或非线性均衡技术, 等等。

它可针对诸如接收到信号电平的变化和信号散射等实时传送环境变化提供强有力的措施。

### 天线极化

如前面所述, 天线极化性能, 如正交极化性能, 对于加强地面数字无线电通信、卫星通信、窄带/宽带无线地方环路以及移动通信的频率复用能力实在是非常重要的。这些方法的更详细叙述见表5-4, 也可在ITU-R SM.1132建议书中找到。

在第5.5.2节中, 会讨论一些共用的方法, 并举例说明。

## 5.5.2 陆地移动和广播业务之间的共用

在ITU-R SM.851、M.1767和F.1670建议书中描述了VHF和UHF频段中陆地移动业务和模拟广播业务之间的空间间隔共用。为了能够让这二种业务满意运行, 规定了接收机处的最大干扰场强。陆地移动业务和广播业务在VHF和UHF频段的空间间隔共用在ITU-R SM.851建议书中有描述。为使两种业务满意地工作, 建议对加强接收机的干扰场强做了规定。

为了对陆地移动业务中利用角度调制的模拟电视和声音广播进行保护, 在电视广播时应提供抗干扰保护的中等场强应当如何, 在ITU-R BT.417建议书中有规定。这些数值系取自世界范围中等场强数值的最大值。



表5-5

## 在广播业务中应当提供的保护所需场强

频段 (MHz)	场强 ( $\mu\text{V/m}$ )
44-108	48
66-108	54
137-254	56
470-582	65
582-960	70

这些值适用于地面上高度为10m的天线，对于城市中一些建筑物高度远远超过10m的地方，需要进一步研究以确定对应的场强值，对于那里的中继发射机，更高场强可能适当。移动业务基站的潜在干扰从干扰场强可以算出：

$$F_i = E(50, T) + A + B \cdot E(50, T) \quad (5)$$

是采用10m高度天线在50%位置处被超过 $T\%$ （1到10之间）时间的干扰发射机场强，并且是从前ITU-R P.370建议书（见ITU-R P.1546建议书）确定。 $A$ （dB）是电视广播要求的保护比，并且在本手册的第3.2.3节中被更加详细地描述。 $B$ 是天线方向鉴别度（dB）。对于混合极化， $B = 0$ ；对于水平极化电视广播， $B = -15$ ，除了在2区的一些国家中，在那里 $B = -9$ ；对于声音广播， $B$ 应该从ITU-R BS.599建议书计算。来自基站的多重干扰的影响应采用功率和的方式计算。

对于共用频段中利用角度调制的陆地移动业务的保护，对于出自广播业务的干扰，在利用25 GHz或30 GHz间隔的陆地移动业务接收所需中等场强如下表所示：

表5-6

## 陆地移动业务保护的场强

频段 (MHz)	场强 ( $\mu\text{V/m}$ )	
	讨厌干扰 (3级)	能注意到的干扰 (4级)
44-68	16	19
68-87.5	15	20
87.5-108	14	20
137-254	14	21
470-582	20	24
582-960	30	38

随着级别的降低，要想听懂广播，必须做更多努力。5级干扰几乎可以忽略，4级产生“能注意到的”干扰，3级产生“讨厌的”干扰。对于12.5 kHz和15 kHz的信道间隔，上述值都应高3 dB。大于30 kHz的信道间隔还需进一步研究。

移动接收机接收到的功率用下面的公式计算：

$$P_r \text{ (dBm)} = E - 20 \log F - L_c + G_r - 77.2 \quad (6)$$

其中：

$E$ ： 电场强 (dB( $\mu$ V/m))

$F$ ： 频率 (MHz)

$L_c$ ： 天线和接收机间的电缆损耗 (dB)

$G_r$ ： 接收机天线增益 (dBi)。

在50%位置被超过10%时间的干扰发射机的场强可以从前ITU-R P.370建议书计算出来（见ITU-R P.1546建议书）。针对水平极化电视广播发射的天线鉴别度对于基站是18 dB，对于陆地移动台是8 dB。对于垂直或混合极化发射没有假设天线鉴别度。

3级陆地移动业务和声音广播业务的共用，在两种业务的载波之间按不同频率间隔而共用的情况下，对于利用12.5 kHz信道间隔的陆地移动业务保护比如下表所示：

表 5-7

陆地移动业务的保护比

频率间隔(kHz)	保护比 (dB)
0	8
25	6
50	-5.5
75	-17.5
100	-27.5

在ITU-R BT.2033建议书中描述了在VHF/UHF频段中存在LTE BS和UE时所要求的DVB系统保护比。

对其他业务级别和信道间隔的保护比需要进一步研究。

### 5.5.3 固定业务和广播业务间的共用

ITU-R SM.851建议书涉及确定以下情况下共用准则所用程序：在广播业务（声音和电视）和固定业务之间，当它们都在同一或临近VHF或UHF频段同时工作时。

### 5.5.4 与雷达系统共用

雷达系统提供许多功能，包括无线电定位、无线电导航、测高、气象、雷达天文、以及地球遥感。一般来讲，雷达所提供的范围广泛的多种功能使它成为无线电频谱的一个大用户集团之一。

雷达在频率、功率、天线特性和波形方面的多样性特点决定了一个及其复杂的电磁环境。多数雷达系统在扫描状态下工作，形成一个三维干扰储存媒体。再加上，雷达系统工作在固定的或移动的陆地台站上、舰载、机载和星载等情况，雷达系统和其他无线电系统之间

的干扰是不可避免的。一个共同的因素是传播从天空到陆地的成分是在200 MHz至40 GHz频段。但是，大气的干扰，尤其是降雨，其频率在大约5-40 GHz，变得很重要。

雷达系统通常与工作次要的或无用保护情况下的业务共用频率。在考虑与非雷达系统共用时一定应慎重。这主要是因为雷达系统是大功率系统及其在系统间干扰的潜力。但是，有很多雷达与其他系统成功共用的例子。

一个成功共用的例子是雷达与其他业务在5 GHz频段的共用。许多国家的规定允许无线电局域网（RLAN）在5 GHz频率范围成功地工作，这一频率首先是分配给无线电定位的，所以许多雷达系统都使用它。动态频率选择技术（DFS）的发展，使RLAN网络能避免雷达所使用的频率，方便了共用的可能性。

### 5.5.5 与射电天文业务的共用

射电天文学家检测比有源业务的发射弱 $10^6$ - $10^{12}$ 倍的信号。为此，通常射电天文不可能与在一个射电天文天线视距之内发射机的任何有源业务成功地共用。因此，特别选择射电天文站址来将来自地基发射机的干扰减少到最小。这些站址通常距离主要固定地面干扰源相当远，并且可以利用附近的高地来屏蔽。在一些情况下，管理机构也已经在无线电天文台附近设置无线电静默区，以将它们从地面发射屏蔽开。

在《无线电规则》第5.340款中所列出的一些频段中，所有发射均被禁止，因此，这些频段仅能在无源（非发射）业务之中共用。在主要射电天文频段中的成功共用必须通过地理间隔、时间间隔、或者二者来实现。如ITU-R RA.1513建议书中所给出，在共用的主要频段中，来自任何一个业务的2%数据丢失或来自所有业务的5%丢失对射电天文是可容忍的。尽管地理间隔要求大的无发射机半径，全世界仍有相对少数射电望远镜工作在任何给定频段中，因此共用仍是可能的。

与机载和特别是星载发射机的共用对于射电天文站是不可能的，除非在一些时间共用安排之下。

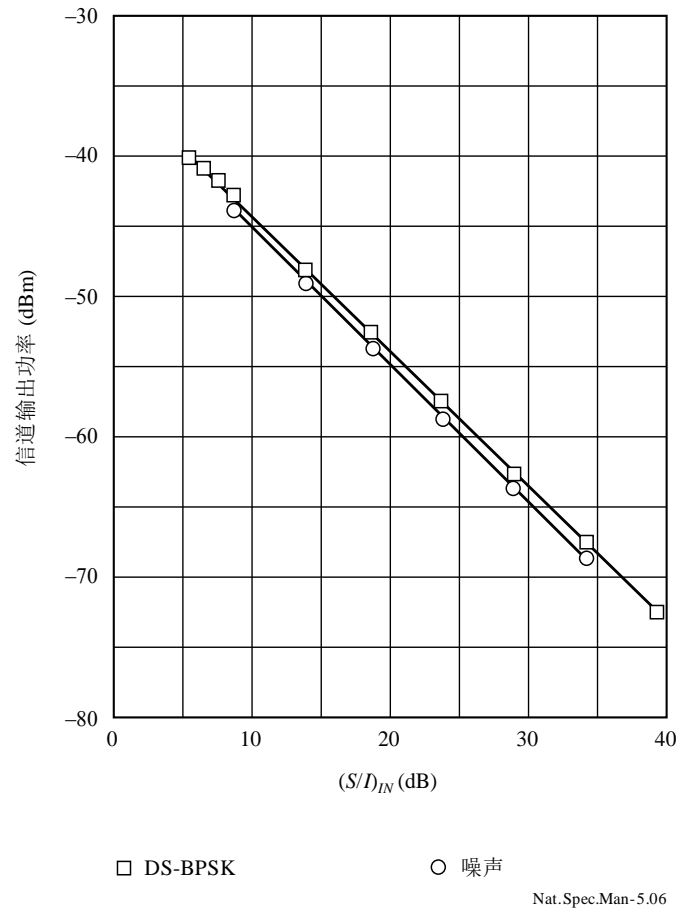
### 5.5.6 利用扩展频谱技术的共用

可以这样给扩展频谱系统下定义：在这个频谱中，传送信号的能量在比信息信道宽得多的带宽上广为传播。这些系统系以较宽的传送带宽换取较低的平均功率频谱密度，从而增加对工作在同一频段的干扰信号的抑制。因此，它们有与常用窄带系统共用频谱的潜力，因为它们在窄带接收机通带上传送的功率可能很低。另外，扩展频谱系统可以抑制窄带干扰。但是，也应当注意，扩展频谱系统与其他现有系统在同一频段共用会提高杂波水平，对窄带系统的性能有所影响。

ITU-R SM.1055建议书载有扩展频谱技术应用的更多情况，还包括：通过该技术应用而进行频段共用的实例；对常规接收机干扰进行分析的程序。ITU-R SM.1055建议书的第一个例子，以测得的数据和计算机模拟结果为依据，表明，AM声音、FM声音或FDM/FM声音等信号的性能与有DS信号和高斯噪声信号出现时的情况是相同的。图5.6显示在一个模拟的600信道的上端，并在有噪声和DS/测得的信道输出功率对PSK干扰情况下的测量结果。两条曲线间的细小差别是因为DS信号的功率频谱通量密度，其比噪声的通量密度略大。工作在有FH信号或脉冲信号存在情况下的AM、FM和FDM/FM声音信号的性能是同样的，这一结果也可适用于混合FH/DS信号的情况。为进行可理解度测试，脉冲信号的脉冲重复频率和脉冲带宽与随机FH信号情况下的是兼容的。测得数据所显示的趋势和为AM情况所作的计算机模拟的概括见[Hatch等，1971年]。

图 5.6

信道输出功率对带有DS/BPSK和噪声的S/I  
FDM/FM的测得结果



基于研究结果，，确定信噪保护比并用于计算每个工作在共用环境的系统的最小所需传播损耗，见表5-8所示。但请注意，这些结果不能用来对AM声音、FM声音和FDM/FM声音相互进行比较，因为它们三者各自所用的有用信号电平是不同的。从表5-8可以看出，在共信道SS系统，即DS/PSK 10 Mbit/s和AM声音系统之间存在共用的可能性，因为127 dB的传播损耗要求低于共信道AM声音系统之间144 dB的传播损耗要求。

表5-8

要求的最低传播损耗 (dB)

发射带宽 <sup>(1)</sup> (kHz)	干扰		有用信号					
			A3E		F3E		F8E	
		AI	0.7	0.9	0.7	0.9	0.7	0.9
1.4 <sup>(2)</sup>	A3E (AM)		144	150				
1.5 <sup>(2)</sup>	F3E (FM)				163	177		
400 <sup>(2)</sup>	F8E (FDM/FM)						143.6	148.6
9 000	DS/PSK 10 Mbit/s		127	134	137	144	141.6	147.6
6 000	DS/MSK 10 Mbit/s		129.1	136.1	139.1	146.1	141.6	147.6
36 000	DS/PSK 40 Mbit/s		121	128	131	138	139	145
24 000	DS/MSK 40 Mbit/s		123.1	130.1	133.1	140.1	141.2	147.2
180 000	FH/DS/PSK (40, 100, 250, 5, 4.5)		111.7	123.7	134.7	145.7	131.7	137.7
120 000	FH/DS/MSK (40, 100, 250, 5, 3)		113.7	125.7	136.7	147.7	133.7	139.7
90 000	FH/DS/PSK (40, 100, 250, 2.5, 2.25)		114.7	126.7	137.7	148.7	134.7	140.7
60 000	FH/DS/MSK (40, 100, 250, 2.5, 1.5)		116.7	128.7	139.7	150.7	136.7	142.7

<sup>(1)</sup> 3 dB发射带宽（用于确定发射机和接收机共信道地占有带宽的发射带宽）。

<sup>(2)</sup> 这一值与峰值边带功率频谱密度有关。

这些关于共信道干扰和邻信道干扰的测试的某一些是在五个标准北美电视接收机上所进行的。这些电视机在50-88 MHz频段工作，用NTSC调制证明在FH SS系统和电视广播业务之间共用的可能性。还需进一步的情况以确定所需S/I比和FH传送数量之间的关系。

另一个例子是关于航空导航/有效距离测量设备（AN/DME）和一个SS TDMA系统之间的频段共用。这个例子提供了一系列低频谱密度以外的一系列参数。TDMA系统发射的能量在960-1 215 MHz的AN/DME频段（这可与300 kHz的AN/DME接收机带宽作比较。）上扩展。当具有共用可行性后，证明如果要导致更有效的频谱利用，只需作少量调整就可以了。

## 5.5.7 ITU-R关于在业务间共用建议书的概括

表5-9

涉及业务间共用的ITU-R建议书

受干扰业务:	干扰源:									
	广播	固定	移动	EESS/ SR/SO	MSS	FSS	无线电 导航	无线电 定位	Met- sat/Met- aids	卫星间
广播		SM.851	SM.851							
固定	SM.851		F.1402	SA.1258 SA.127 7F.1502	M.1469 M.1472 M.1473 M.1474	SF.1006 SF.1486				
移动	SM.851	F.1402		SA.1154 SA.1277						
EESS/SR/SO		F.761 F.1247 SA.1277	SA.1154 SA.1277			S.1069 SA.1277 RS.1449			SA.1277	
卫星移动 业务				SA.1277					RS.1264	
卫星固定业 务		SF.1006 SF.1486	S.1426 S.1427 M.1454	SA.1277			S.1068 S.1151 S.1340			
无线电导航					S.1341	S.1151				
无线电定位										
Met-sat/Met- aids					SA.1158 RS.1264					
卫星间										
RNSS				RS.1347	M.1470					
无线电 导航 <sup>(1)</sup>										
射电天文	SM.1009									

(1) ITU-R RA.1031建议书阐述了在与其他业务共用频段时对射电天文业务的保护。

## 5.6 保护比

《无线电规则》第1条第1.170款对保护比的定义是：“有用信号对无用信号的比，通常在接收机输出处以分贝表示，它按某些特定条件而决定，例如，在接收机输出处所获得接收信号的质量。”特定的质量按给定性能以下面的术语表示：误码率、图片质量损伤程度或可理解度，这些术语按发射的类型而定。

表5-10给出某些保护比，包括为各种业务水平规定的条件。这个表也考虑在关于邻信道干扰一节所述的共信道（当发射机的载频使用同样的频率时）和信道外（当有用发射机和无用发射机具有 $\Delta f$ 的频差时。）的各种情况。

ITU-R BS.559建议书和ITU-R BS.560建议书对声音广播的保护比提供了更多资料。

保护比可按包括其噪声干扰的干扰信号的一个发射级别和一组发射级别而确定。保护比的确定根据计算和测量，也根据被保护业务所要的特定业务质量而定。从表5-10可以看出，某些业务间的保护比还有待确定。

工作在相邻两频段的地面通信和广播业务间的复杂性在ITU-R SM.1009建议书中有探讨，ICAO的《芝加哥公约》的附件10提供了对某些航空业务所需保护比的技术规范和特性，所涉及的方面有：仪表着陆系统（ILS）、VHF全方位无线电航向信标（VOR）以及导航和通信设备。

表5-10  
保护比(dB)

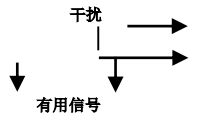
<div style="text-align: center;">  <p>干扰 →</p> <p>↓</p> <p>有用信号 →</p> </div>		发射类别	500HA1B			6K00A2B			6K00A3E			3K00A3E			5M00C3F			7M00C3F-8M00C3F			1K10F1B			16K0F3E			726KF8E			1M32P0N			噪声				
		参数	100 Bd PW = 10 ms			m = 1			m = 0.3						525行			625行			50 Bd PW = 10 ms						24信道			PW = 5 μs PRF = 300 pps			白高斯噪声				
发射类别	参数	性能级别 <sup>(1)</sup>			CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e	CO	OFF	N o t e
500HA1B	BW <sub>IF</sub> = 500 Hz, 50 Bd (S/N) = 18 dB	P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-2</sup>	11		3					6	4	14		4							12		3	8		4											
		P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-4</sup>	12		3						7	4										13		3	11		4										
		P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-6</sup>	13		3						8	4										14		3	13		4										
6K00A2B	BW <sub>IF</sub> = 8 kHz m <sub>s</sub> = 1.0 (S/N) = 18 dB	P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-2</sup>	4		1					5	1													4	1							6	-	1			
		P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-4</sup>	4		1						5	1													4	1					9	-	1				
		P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-6</sup>	4		1						5	1													4	1							-	1			
6K00A3E <sup>(2)</sup>	BW <sub>IF</sub> = 8 kHz Δf = 0.5 kHz m <sub>s</sub> = 0.3 (S/N) = 45 dB	MINIT	44	61	1					43	48	1	50	50	1						47	55	1	48		1			20	10	1						
		0.7 AI	4	8	1						7	8	1	17	14	1						3	8	1	19		1			-17	-22	1	21	-	1		
		0.3 AI	-7	-2	1						2	3	1	6	3	1						-2	4	1	8		1			-30	-37	1	10	-	1		
		GCQ	39	35	2						32	42	2	44	43	2						37	41	2	40		2			-3	-2	2	41	-	2		
		MCQ	21	20	2						14	24	2	26	25	2						19	23	2	22		2			-15	-20	2	23	-	2		
		JUQ	12	11	2						5	15	2	17	16	2						10	15	2	13		2			-24	-28	2	14	-	2		
3K00J3E 或 3K00R3E	BW <sub>IF</sub> = 2.7 kHz Δf = 0.5 kHz (S/N) = 35 dB	MINIT	25	42	1					20	20	1	42	41	1						30	40	1	35		1	38		1	1		1		-			
		0.7 AI	-14	-8	1						-14	-5	1	3	4	1						-25	-12	1	3		1	0		1	-38		1	9	-	1	
		0.3 AI	-28	-24	1						-28	-19	1	-12	-16	1						-43	-37	1	-10		1	-12		1	-52		1	-3	-	1	
		GCQ	10	27	2						13	30	2	31	32	2						21	30	2	27		2	26		2	-15		2	32	-	2	
		MCQ	-8	9	2						-5	12	2	13	14	2						3	12	2	9		2	8		2	-33		2	14	-	2	
JUQ	-17	0	2						-14	3	2	4	5	2						-6	3	2	0		2	2		-1	2	-42		2	5	-	2		
5M00C3F	BW <sub>IF</sub> = 6 MHz, 525 lines (S/N) = 46 dB	TASO 2.5					50	15	5	50	15	5					47	25	5					50	15	5											
7M00C3F-8M00C3F	BW <sub>IF</sub> = 6 MHz, 625 lines (S/N) = 46 dB	ITU-R 4								58	-	6								52	-	6															
		ITU-R 3								51	-	6								45	-	6															
1K10F1B	BW <sub>IF</sub> = 1 050 Hz D <sub>PK</sub> = ± 425 Hz 50 Bd (S/N) = 18 dB	P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-2</sup>	0		1 & 3					2	1	10		4							6		3	0.5		1					-50		1	9	-	1	
		P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-4</sup>	0		1 & 3						3	1	13		4							7		3	1		1					-49		1	13	-	1
		P <sub>E</sub> □ 10 <sup>-6</sup>	1		1 & 3						3	1	15		4							8		3	2		1					-48		1	15	-	1
16K0F3E <sup>(2)</sup>	BW <sub>IF</sub> = 16 kHz D <sub>PK</sub> = 5 kHz Δf = 0.5 kHz De-emphasis (S/N) = 22 dB	MINIT	38	38	1																33	33	1	31		31	1	32	32	1	-11		1	-1	-	-	
		0.7 AI	0	0	1																	2	2	1	2		2	1	4	4	1	-24		1	1	-	1
		0.3 AI	0	0	1																	0	0	1	-5		-5	1	0	0	1				0	-	1
		GCQ	13	13	2																	15	15	2	14		14	2	16	16	2				11	-	2
		MCQ	2	2	2																	3	3	2	1		1	2	4	4	2				5	-	2
JUQ	-1	-1	2																	1	1	2	0		0	2	1	1	2				2	-	2		
726KFBE <sup>(3)</sup>	24信道 上部信道 Δf = 44.5 kHz (S/N) = 45 dB	MINIT	47	60	1					55	64	1									55	60	1	55		46	57	1	25	20	1	-	-	-	-		
		0.7 AI	3	12	1						4	14	1									6	14	1	12		18	1	2	5	1		-34	1	9	-	1
		0.3 AI	0	-15	1						0	4	1									2	6	1	2		6	1	1	-3	1		-39	1	1	-	1
		GCQ	24		2						25		2									29		2			29		2					31	-	2	
		MCQ	6		2						7		2									11		2			9		2					13	-	2	
		JUQ	2		2						2		2									5		2			4		2					4	-	2	



表5-10的注解:

- (1)  $P_E$ : 差错概率  
 MINIT: 最低干扰门限  
 AI: 清晰度指数  
 GCQ: 良好商用质量  
 MCQ: 边际商用质量  
 JUQ: 刚好能用质量  
 TASO: 电视划分研究组织的评分等级  
 ITU-R 第6研究组: 1-5级损伤评分  
 CO: 频率间隔为零的共信道  
 OFF:  $\Delta f$ 给出的带外间隔  
 $\Delta f$ : 有用信号和干扰信号间的频率间隔

(2) 对于广播, 见其他保护比参考值。由于不同的调制规范, 本表中A3E和J3E的数与噪声之比比ITU-R F.339建议书\*中所定的值高2 dB。

(3) 只涉及单链路, 对于多链路地面微波无线电中继, 见ITU-R F系列建议书。

注 1 – OT/ECAC [1975年8月]《通信/电子接收机性能降质手册》, 美国商务部 (DOC) 电信办公室 (TO) 频率管理支持处和电磁兼容分析中心 (ECAC), ESD-TR-75-013。(从US DOC国家技术情报中心 (NTIS) 可以得到, Springfield, VA, 美国, 订阅号 AD-A016400)。

注 2 – 从注1中所说的手册所用的传送曲线得出。

注 3 – 从ITU-R F.240\*建议书推论出。

注 4 – MAYHER, R. [1972] 对数字系统的干扰性能恶化。1972年 IEEE国际EMC专题讨论会记录。

注 5 – 从原CCIR 建议书418-3 (1982年, 日内瓦) 推论出。

注 6 – 按照ITU-R BT.500\*建议书和ITU-R BO.600\*建议书评定。

$m_i$ : 干扰信号的调制指数

PW: 脉冲宽度

PRF: 脉冲重复频率

BW: 带宽

$m_s$ : 有用信号的调制指数。

---

\* 原CCIR 240、339、500和600建议书。

表5-11

## 其他无线电通信研究组的保护比参考值

	建议书 <sup>(1)</sup>	注解
	ITU-R F.240	许多PR, 包括衰落
	ITU-R M.589	无线电导航PR
	ITU-R M.441	航空移动(R) (ICAO An.10)
	ITU-R BS.638	声音 RF/AF PRs
	ITU-R BS.560	声音LF、MF、HF PR
	ITU-R BS.641	FM声音PRs
	ITU-R BS.412	FM声音/VHF PRs
	ITU-R BT.655	AM TV PR

<sup>(1)</sup> 确保获得了建议书的最新版本。

## 5.7 噪声电平

诸如大气噪声、银河噪声、天空噪声和人为噪声之类的外界噪声都会严重影响无线电通信系统的运作。在地面接收机站址所允许的、来自0.1Hz-100 GHz频率范围的自然和人为噪声源的最小外界噪声（包括无用信号）在ITU-R P.372建议书中一有规定。外界噪声数字 $F_a=10 \log f_a$ 在图5.5和5.6中对各种频段都有表示，系以实曲线表示。另外有关的噪声以虚线表示。总的工作噪声系数 $f$ 是：

$$f = f_a + (l_c - 1)(t_c/t_0) + l_c(l_t - 1)(t_c/t_0) + l_c l_t (f_r - 1) \quad (7)$$

其中：

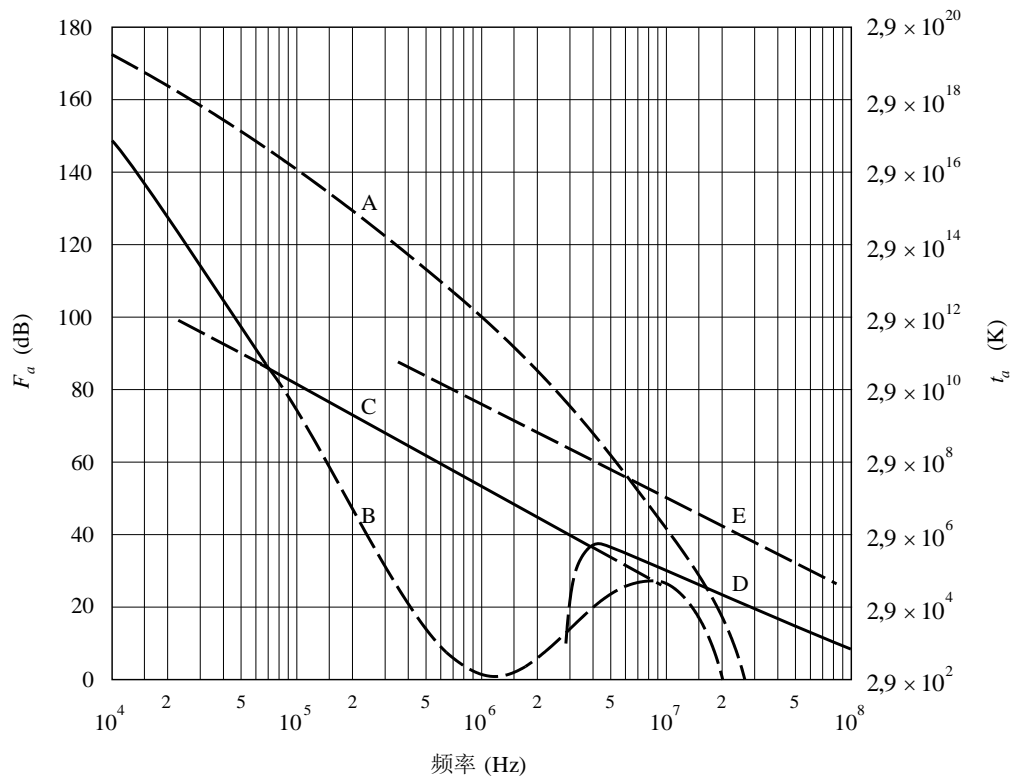
- $f_a$ : 外界噪声系数
- $f_r$ : 接收机的噪声系数
- $l_c$ : 天线电路损耗
- $l_t$ : 传输线损耗
- $t_0$ : 参考温度取为288 K
- $t_c$ : 天线和周围地面实际温度
- $t_t$ : 传输线温度。

应当注意，许多噪声在本质上是脉冲性的。性能不仅取决于干扰噪声的功率，而且取决于干扰噪声的详细统计特性。

研究表明电力发动设施和配电站可能是无线电通信最严重的干扰源，因此，定期的保护性维护是减少其对无线电通信业务干扰所必要的。

图5.7

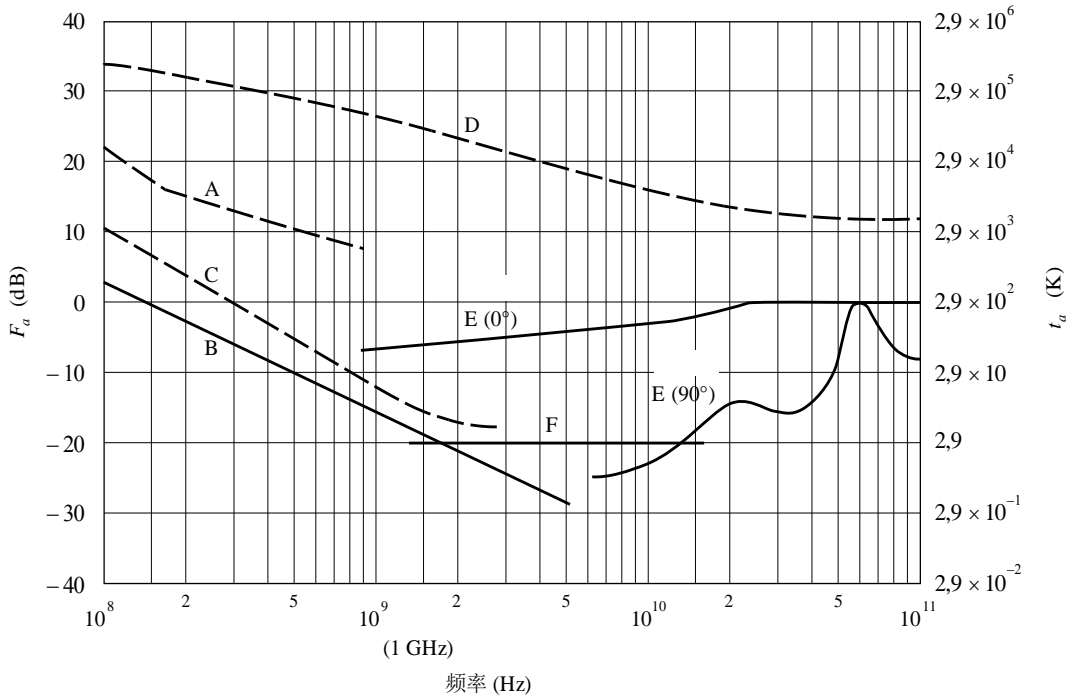
$F_n$ 对频率( $10^4$ 至 $10^8$ Hz)



- A: 大气噪声, 时间值超过0.5%
- B: 大气噪声, 时间值超过99.5%
- C: 人为噪声, 安静的接收站
- D: 银河噪声
- E: 中等商业区的人为噪声
- 预计最小噪声电平

图 5.8

$F_n$ 对频率( $10^8$ 至 $10^{11}$  Hz)



- A: 估算的中值商业区人为噪声
- B: 银河噪声
- C: 银河噪声 (以无限窄波束宽度朝向银河中心)
- D: 静默太阳 (指向太阳的  $1/2^\circ$  波束宽度)
- E: 由氧气和水蒸气引起的天空噪声 (非常窄波束天线)  
上部曲线,  $0^\circ$  仰角; 下部曲线,  $90^\circ$  仰角
- F: 黑体 (宇宙背景) 2.7K  
预期的最小噪声电平

Nat.Spec.Man-5.08

## 5.8 辐射限制

### 5.8.1 CISPR限制

本节涉及对通信设备以外的、能产生或使用射频能量的设备，如计算机系统和大功率馈电系统产生的辐射的限制。这包括ISM（即工业、科学和医学）器械，在这些器械中，射频能量被用于产生热量救治病人，处理材料和生产产品。

目前，ISM和其他非通信设备占用非常广泛的频谱。国际上承认的标准制定机构是CISPR、国际电气技术委员会（IEC）的第77技术委员会和其77A和77B分委员会，以及各个国家的标准机构，如欧洲的CENELEC和美国的联邦通信委员会（US FCC）。（CFR卷1，第18部分）。

射频场强的限值是根据测量来确定的，然后经统计分析来确定传播的特性和潜在的干扰。CISPR建议的限值见表5-9和5-10。设备分成两组，每组再分成两类。

第1组包括所有有意地产生和使用传导耦合的射频能量的ISM设备，射频能量系用于设备的内部功能。

第2组包括所有有意地以电磁辐射形式而产生和使用射频能量的ISM设备，其用于加工材料，还包括火花腐蚀设备。

B类适用于民用建筑使用的设备，或直接连接到为民用目的供电的低电压供电网络的设备。

A类适合于民用建筑以外的所有建筑使用的设备，或直接连接到为民用目的而向建筑物供电的低电压供电设施的设备。

为ISM设备确定满意的辐射限值是复杂的，因为各国的政策不同。例如，有些政策与地理和人口密度有关；有的主管部门使用严格的规定，而另一些主管部门放松对制造商的限制；有些对所有用户加以限制，而另一些只有在遇到干扰时才采用标准。有些主管部门将采用CISPR的标准，但另一些主管部门将继续采用它们自己的标准。ITU-R SM.1056建议书的发射限制参照了CISPR第11期刊物的极限，而ITU-R SM.2180报告所引入的CISPR干扰模型可以被用于评估IMS设备与无线电通信系统之间的兼容性。

在某些频段内，尽管有相当高的辐射电平，但在所有国家，对ISM设备的干扰，却很少有投诉，不仅在绝对数量上，而且与ISM设备安装的总数相比，都如此。ISM设备的主要干扰源来自ISM被制定频率的谐波以及工作在指定频率之外的ISM设备，例如那些工作在呼救频率附近的那些设备。但是，还需要进一步的调查，因为在某些情况下，干扰源还没法查清，某些干扰受害者又不投诉。

### 5.8.2 暴露在电磁场对健康的影响

多年来，人们进行了相当多的研究以确定人体暴露在电磁场会受到什么影响。关于短期暴露的即时影响人们已有所了解，并已规定了适当的限值，例如对工人进行保护。长期的影响了解还很少，需要继续研究。关于符合人体暴露于电磁场极限指南的ITU-T K.52建议书，以及关于限制人体暴露于无线电通信台站附近电磁场的消除技术的K.70建议书与人体暴露于电磁场中密切相关。

安全标准：为了确保人体暴露在EMF而不会在健康方面受到负面影响，并确保人造EMF产生装置是安全的，各种各样指导方针和标准都已被采用。这些标准是成批的科学家经过审议所有科学文献后制定出来的，科学家们一直在寻找持续的再生效应对健康负面影响的证据。这些科学家于是建议了标准的指导方针，供适当的国家和国际当局采取行动。一个原被WHO承认的非政府间机构，即“非电离辐射保护国际委员会”（ICNIRP）已经对人体在所有电磁场的暴露限值制定了国际指导方针，涉及的电磁效应有：超高压（UV）辐射、可见光和红外线辐射、RF场和微波。

更多的情况可向设在日内瓦的国际卫生组织（WHO）了解。（见其网站：[www.who.int/](http://www.who.int/)）。

### 5.9 站址工程考虑

无线电业务的增长导致所需无线电台站数量以及享用这些设施用户数量的增加。无线电系统必须按这样的原则设计：每个系统工作有效；对其他系统产生最低限度的干扰。同时也有必要考虑，优化拟议中设备的安装，使其满足对无线电设备结构的美学要求和它所影响社区的环境要求。ETSI在其专门的出版物对负责无线电系统的设计、技术规范、安装、操作和

维护的工程师们提出了指导方针。这特别直接针对工作在移动业务的VHF和UHF频段内的系统。

### 5.9.1 共址工程

多个发射机如互相靠得太近，就会引起发射机各种各样的非线性，并因引起干扰而对接收机产生显著的影响。共址干扰问题小到引起少许讨厌，严重到造成系统的中断。

干扰分为三种类型：

- 射频干扰（RFI）；
- 电磁干扰（EMI）；
- 互调干扰（Intermod）。

RFI是由RF装置，即广播和电视发射机等引起的，它们工作的一个部分就是产生射频能量。EMI是由计算机、数字设备、电器设备、照明系统、医疗设备（电热）等引起的。互调干扰（Intermod）是由无线电设备，在内部或外部源所引起的设备内部振荡情况下，引起的一种干扰。如果几种通信系统共处同一位置，互调干扰可能显著增加。

共址问题可以通过改进以下方面而得到解决：

- 积极的站址管理；
- 共站设备和特别的干扰参数的详细数据库登记；
- 共址分析能力。

固定接收机成功接收所需信号的能力，取决于在站址提供最好的无线电频率环境。

为达此目的，在接收到的频率上出现的无用能量的电平必须限在最低。在大多数情况下，最低化地方发射机发出的无用信号的电平，滤出进入接收机的无用信号，可以减少接收环境的干扰。多副天线布于同一站址最容易引起干扰。如果经过测量，接收机还是受到干扰，则必须在附近环境查找和消除干扰源。

以下是共同问题所在和解决方案：

- 锈蚀，所有材料都不能生锈（要有防止锈蚀的线性化机制）；
- 编织导线不能用，因其容易腐蚀并产生互调信号；
- 金属与金属的连接必须严紧；
- 所有松动的金属器件必须从站址清除出去；
- 链状篱笆材料必须涂上乙烯涂料；
- 两种不同金属材料必须在仔细参阅其电位对照表后才能连接，而且必须接紧系牢；
- 应避免使用无护套的传输线；
- 不要用裸露的金属电缆带；
- 玻璃型输电线绝缘材料非常容易引起宽带杂波；
- 确保所有方向性发射天线不要对准接收天线或远离接收天线，以防止被烧坏。要避免烧坏，应保持20m的距离；
- 另一个方面是天线的安放和间隔问题。规定最小间隔的设计准则通常被忽略，因此，塔架和房顶普遍被用作天线的附加高度；必须仔细阅读和遵循有关天线塔和房顶放置的标准；

- 如果要把干扰问题减少到最低限度，站址上所有的设备必须遵循标准。

尽管无干扰工作是不能确保的，但是，当所有标准得以遵循，良好的站址管理得以落实，则出问题的机会和解决干扰问题所需的时间就会减少到最低限度。

一个被称为共址分析的模式（COSAM）已问世，其目的是大量发射机和接收机安装在单一站址情况下的相互干扰如何评定。ITU-R M.2244报告包括了为了设计陆地移动业务中共址IMTBS天线配置的二个天线之间水平、垂直和倾斜空间隔离计算。

### 5.9.2 共用基础设施范例：3G蜂窝网

3G网基础设施包括四个主要部分：

- 无线电设备的安装，包括所需无源设施（建筑物、供电、支撑柱，等等）；
- 无线电天线；
- 接入无线电设备，即基站；
- 核心网络设备。

基础设施共用可以利用，以减少3G网络运营者在以下方面的投资：覆盖关键地区，如隧道和一流场所等；以成本有效的方式覆盖农村地区和人口稀少地区。这一解决方案允许建立各自独立的网络以应付能力和质量方面不断增加的需求。德国、瑞典和英国已经制定这样的计划。一般来讲，详细规定这方面的作用不是管制者的责任，它们只需原则性地指出方向就行。

关于基础设施共用可能性的分析可以得到以下结果：

- 可用的解决方案（共用程度）可以达到最初投资的目的，使3G网络刚开发的时候覆盖能够最优化。这些方案在国际标准（IMT）框架中已经具有；
- 这些解决方案能允许朝着分开网络的演变，在发展的稍后阶段，网络能适应业务和业务量发展的需要；
- 他们只影响基础设施各个不同的组成部分、即网络的设计和管理，对用户终端不会有重新撞击；
- 为适应共用的水平，基础设施组成部分的共用需要在有关运营商之间的协调和配合。除适当的管制框架外，共用使运营商之间的合作成为必要；
- 有关运营商之间有必要进行详细地协调；
- 所有解决方案，对于网络的实施，尤其是其以下方面的功能都会有撞击，只是程度不同而已：
  - 控制和维持运作的同步；
  - 符合每个运营商满足技术参数和业务质量要求的能力，这些对于发展共用框架都是至关重要的；
  - 在竞争的环境中可资利用资源的分配；
- 我们可以假设，IMT的开发正处于它的最初阶段，网络的发展，根据覆盖范围的不同，而正处在不同的状况。

最有效的安排要根据环境和情况，在将频率留给这些业务的运营商之时，允许所需的经济效益，因此，共用政策应该根据国家的形势而定，并应具有根据具体情况而适应解决方案的灵活性。基础设施共用还取决于管制形势。

## 参考文献

- BEM, D. J. [November 1979] Propagation aspects in the planning of radiocommunicaiton services, *Telecomm. J.*, Vol. 46, **XI**, p. 680-688.
- CHAN, G. K. [November 1991] Propagation and Coverage Prediction for Cellular Radio Systems, *IEEE Trans. Vehic. Techn.*, Vol. 40, **4**.
- ETSI [1991] Radio site engineering for radio equipment and systems in the mobile service, Version 0.0.7, European Telecommunications Standards Institute, Valbonne Cedex, France.
- HATCH, W., HINKLE, R. and MAYHER, R. [1971] Modelling of pulse interference in amplitude modulated receivers, IEEE International Electromagnetic Compatibility Symposium Record, Philadelphia, PA, United States of America.
- PALMER, F. H. [1981] The CommunicationResearchCenter VHF/UHF Propagation Prediction Program: An Overview. *Can. Electron. Eng. J.*, Vol. 6, **4**

## 参考资料

- BERNOSKUNI, YU. V., BYKHOVSKY, M. A., PLEKHANOV, V. V. and TIMOFEEV, V. V. [1984] Effektivny method podavleniya impulsnykh pomwkh v troposferynykh sistemah svyazi (Effective method of suppressing pulse interference in trans-horizon communications systems). *Elektrosviaz*, 9, p. 11-14.

## ITU-R 文件

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| ITU-R手册               | 电离层及其对从VLF至SHF的地面和地球-空间无线电波传播的影响（1997年） |
| ITU-R手册               | VHF/UHF频段中地面陆地移动无线电波的传播（2002年）          |
| ITU-R手册               | 用于地球-空间路径通信预测的无线电波传播信息（1996年）           |
| 建议书66 (WRC-2000, 修订版) | 对无用发射最大允许电平的研究                          |
| ITU-R BS.412建议书       | VHF频段中地面FM声音广播的规划标准                     |
| ITU-R BS.559建议书       | LF、MF和HF广播中射频保护比的客观测量                   |
| ITU-R BS.560建议书       | LF、MF和HF广播中的射频保护比                       |
| ITU-R BS.638建议书       | 声音广播频率规划中所使用的术语与定义                      |
| ITU-R BS.641建议书       | 对调频声音广播射频保护比的确定                         |
| ITU-R BT.417建议书       | 规划模拟地面电视业务中可能寻求保护的最小场强                  |
| ITU-R BT.500建议书       | 电视图像质量主观评估的方法                           |
| ITU-R BT.655建议书       | 受到无用模拟视频信号及其相关声音信号干扰的AM残留边带地面电视系统的射频保护比 |



ITU-R BT.656建议书	ITU-R BT.601建议书（A部分）中工作在4:2:2水平的525行和625行电视系统中的数字分量视频信号接口
ITU-R BT.2033建议书	VHF/UHF频段中第二代数字地面电视广播系统的规划标准（包括保护比）
ITU-R F.240建议书	大约30 MHz以下固定业务中各发射等级的信号-干扰保护比
ITU-R F.1670建议书	固定无线系统针对VHF与UHF共享频段中地面数字视频和音频广播的保护
ITU-R M.441建议书	30 MHz以上航空移动（R）业务中所要求的信扰比和最小场强
ITU-R M.589建议书	70至130 kHz之间频段中无线电导航业务数据传输与干扰保护方法的技术特性
ITU-R M.1767建议书	陆地移动系统针对在基本基础上分配的VHF与UHF共享频段中地面数字视频和音频广播系统的保护
ITU-R P.368建议书	10 kHz至30 MHz之间频率的地波传播曲线
ITU-R P.372建议书	无线电噪声
ITU-R P.452建议书	在大约0.1 GHz以上频率的地球表面台站之间微波干扰评估的预测程序
ITU-R P.453建议书	无线电折射指数：公式与折射率数据
ITU-R P.525建议书	自由空间衰减的计算
ITU-R P.526建议书	衍射传播
ITU-R P.530建议书	地面视距系统设计所需要的传播数据和预测方法
ITU-R P.531建议书	卫星业务和系统设计所需要的电离层传播数据和预测方法
ITU-R P.533建议书	HF电路性能的预测方法
ITU-R P.534建议书	sporadic-E场强的计算方法
ITU-R P.581建议书	“最差月”概念
ITU-R P.618建议书	地球-空间通信系统设计所需要的传播数据与预测方法
ITU-R P.679建议书	广播卫星系统设计所需要的传播数据
ITU-R P.680建议书	地球-空间海上移动通信系统设计所需要的传播数据
ITU-R P.681建议书	地球-空间陆地移动通信系统设计所需要的传播数据
ITU-R P.682建议书	地球-空间航空移动通信系统设计所需要的传播数据
ITU-R P.832建议书	世界大地电导率图集
ITU-R P.834建议书	对流层折射对无线电波传播的影响
ITU-R P.836建议书	水蒸气：表面密度和柱状总含量
ITU-R P.837建议书	用于传播建模的降水特性

ITU-R P.838建议书	在预测方法中所用的特定降雨衰减模型
ITU-R P.841建议书	年统计到最差月统计的转换
ITU-R P.1147建议书	大约150至1 700 kHz之间频率的天波场强预测
ITU-R P.1239建议书	ITU-R参考电离层特性
ITU-R P.1240建议书	基本MUF、工作MUF和射线路径预测的ITU-R方法
ITU-R P.1546建议书	30 MHz至3 000 MHz频率范围中地面业务的点对点预测方法
ITU-R P.1812建议书	VHF和UHF频段中点对点地面业务的一种路径特定传播预测方法
ITU-R RA.1031建议书	对在与其它业务共享频段中射电天文业务的保护
ITU-R RA.611建议书	射电天文业务针对杂散发射的保护
ITU-R SM.326建议书	调幅无线电发射机功率的确定与测量
ITU-R SM.328建议书	辐射的频谱与带宽
ITU-R SM.329建议书	杂波域中的无用发射
ITU-R SM.331建议书	接收机的噪声与灵敏度
ITU-R SM.332建议书	接收机的选择性
ITU-R SM.337建议书	频率与距离分离
ITU-R SM.851建议书	VHF和UHF频段中广播业务与固定与/或移动业务之间的共享
ITU-R SM.852建议书	无线电接收机对发射F3E等级的灵敏度
ITU-R SM.853建议书	必要带宽
ITU-R SM.1009建议书	大约87-108 MHz频段中的声音广播与108-137 MHz频段中航空业务之间的兼容性
ITU-R SM.1045建议书	发射机频率容限
ITU-R SM.1055建议书	扩频技术应用
ITU-R SM.1056建议书	工业、科学和医学 (ISM) 设备辐射的极限
ITU-R SM.1132建议书	无线电通信业务之间或无线电台之间共享的一般原则与方法
ITU-R SM.1134建议书	陆地移动业务中的交叉调制干扰计算
ITU-R SM.1138建议书	确定必要带宽, 包括它们的计算和发射设计的相关实例
ITU-R SM.1140建议书	用于确定大约87-108 MHz频段中声音广播业务和108-118 MHz频段中航空业务之间兼容性而测量航空接收机特性的测试步骤
ITU-R SM.1235建议书	在一个干扰环境中数字调制系统的性能功能
ITU-R SM.1446建议书	对采用频率、相位、或复杂调制技术发射机中的交叉调制产物的定义与测量

ITU-R SM.1448建议书	确定在100 MHz和105 GHz之间频段中地球站周围协调区域
ITU-R SM.1535建议书	安全业务针对无用信号的保护
ITU-R SM.1539建议书	ITU-R SM.1541建议书和ITU-R SM.329建议书应用所需要的带外和杂波域之间边界的变化
ITU-R SM.1540建议书	落入相邻分配频段中的带外域中无用发射
ITU-R SM.1541建议书	带外域中的无用发射
ITU-R SM.1542建议书	无源业务针对无用发射的保护
ITU-R SM.1633建议书	一个无源业务与一个分配在相邻和附近频段中的有源业务之间的兼容性分析
ITU-R M.2244报告	陆地移动业务中IMT基站天线之间的隔离
ITU-R SM.2021报告	发射机中交叉调制产物的产生与消除
ITU-R SM.2022报告	来自其他调制机制的干扰对数字通信系统的影响
ITU-R SM.2028报告	在不同无线电业务或系统之间共享与兼容性研究中使用的蒙特卡洛模拟方法
ITU-R SM.2153报告	短距离设备的技术与工作参数和频谱要求
ITU-R SM.2180报告	工业、科学和医学（ISM）设备对无线电通信业务的影响
ITU-T文件	
ITU-T K.52建议书	对遵守人体暴露于电磁场极限的指导
ITU-T K.70建议书	限制人体暴露于无线电通信台站附近电磁场的缓解技术
ITU-T K.91建议书	对评估、估算和监视人体暴露于射频电磁场的指导



## 第 6 章

### 频谱经济学

#### 目录

		页码
6.1	引言.....	167
6.2	传统的频谱管理资金筹措机制.....	167
	6.2.1 国家预算资金筹措.....	167
	6.2.2 频谱许可证和使用费用.....	168
	6.2.3 其他费用.....	170
	6.2.4 支持频谱管理活动的可选方法.....	171
6.3	频谱许可证发放方法.....	171
	6.3.1 “先到先得”法.....	171
	6.3.2 “选美”法.....	172
	6.3.3 拍卖.....	172
	6.3.4 “彩票”法.....	175
6.4	频谱定价.....	175
	6.4.1 奖励频谱费用.....	176
6.5	频谱权利.....	179
	6.5.1 如何定义频谱权利.....	179
	6.5.2 主管部门在定义频谱权利中的作用.....	181
	6.5.3 许可证期限.....	181
	6.5.4 可转让的频谱权利.....	181
	6.5.5 二级市场.....	182
	6.5.6 管理频谱资金筹措中的转变.....	183
	6.5.7 频谱重新部署（作为频谱管理的一种方法）的成本费用.....	183
	附件1 – 频谱定价的一个应用（新西兰）.....	184
	附件2 – 频谱重新部署的成本费用（法国）.....	185
1	驱动做出重新部署频谱决定的利益.....	185
2	重新部署的成本费用.....	185
3	使用剩余账面价值计算重新部署的成本费用.....	185
	3.1 评估用户放弃频段的成本费用.....	186
	3.2 剩余账面价值 $V_{cr}$ .....	186
	3.3 更新成本费用.....	186
	3.4 重新部署成本费用的计算.....	186

	页码
4 使用剩余经济价值计算重新部署的成本费用.....	187
5 重新部署的资金和过程.....	188
5.1 重新部署的资金.....	188
5.2 重新部署的过程.....	188
附件3 – 频谱拍卖示例（大韩民国）.....	190
1 引言.....	190
2 历史.....	190
3 拍卖方法.....	190
4 频谱拍卖的流程和结果.....	191
5 结论.....	191
参考资料 .....	192

## 6.1 引言

本章论述与国家频谱管理计划资金筹措有关的问题。本章还给出了一些关于工具使用的信息，并基于频谱经济学，阐述了在众多主管部门中出现的问题，这些问题主要出现在发达国家中，原因是电信自由化后出现的对频谱需求的增长。频谱需求的增长带来了频率指配问题，许多主管部门发现，使用传统的频谱管理工具难以解决这些问题，这反过来带来了基于频谱经济学开发和使用频谱管理工具的兴趣。ITU-R SM.2012号报告（频谱管理的经济问题）中讨论的许多观点如下所述，为避免理论与报告内容脱离，下面的叙述将集中于各种费用类型和频谱定价机制。若想对频谱经济学做更详细的分析，则需参考该报告。

在本章中有关费用方面的问题如表6-2所示。

此外，在ITU-D第2研究组解决第21/2号研究课题“频率费用计算”的同时，（WTDC-02）完成了以下工作：

- 分析了不同国家用于频率费用计算的各种方法、规则和手段，并通过比较分析，明确强调了以下内容：
  - 与频率费用计算有关的方法和原则；
  - 每种方法的原因和理由；
  - 每种方法是如何推动频谱管理及其效率的；以及
  - 每种方法（社会经济、技术和其他考虑）的优势与不足。
- 在精心设计新的规则或评估现有规则时应考虑的基本因素。
- 如何使频谱重新部署过程与频率经济优化之间实现一致、互补。

该项工作的结果可在ITU-D第2研究组的网站上得到。

## 6.2 传统的频谱管理资金筹措机制

正如在本手册其他章节中所指出的那样，无线电频谱管理涉及许多不同的活动，而所执行的活动内容将取决于单个主管部门的要求。所执行的频谱管理活动内容还将取决于可用资源的层次，这需要建立资金筹措机制。虽然有许多不同的资金筹措机制（如下所述），但它们都必须基于恰当的国家法律，对许多主管部门而言，这些机制通常基于：

- 国家预算资金筹措；
- 已确定的费用；
- 频谱的竞标方法。

在发展一个频谱管理组织机构的某些阶段，大多数主管部门使用一种方法，或这些方法的某种组合，来为其所有的频谱管理功能筹措资金。

有关基本资金筹措模型的更多例子见关于“CEPT国家用于无线电管理资金筹措的成本费用分配和结算系统”的ECC第53号报告。该报告可以从<http://www.cept.org/ecc/>在deliverables/reports处下载。

### 6.2.1 国家预算资金筹措

这可能是所有主管部门用来筹措频谱管理资金的首选方法。在该系统中，政府每年预算的一部分分配给频谱管理，而不对许可证持有者收取费用。提供的资金水平将取决于国家政府的优先级以及政府总的税收资源。当在一个国家中引入频谱管理时，从政府提供的资金中

筹措频谱管理资金可能是最容易使用的方法。不过，随着频谱使用的增加，频谱管理的要求也随之提高，因此相应的成本费用也随之增加，最终要求主管部门从许可证持有者中回收部分或全部的费用。

## 6.2.2 频谱许可证和使用费用

尽管使用国家预算筹措资金在管理上简单易行，但向无线电用户收取针对许可证发放的申请费用则更为公平，否则将由所有的纳税人来支付频谱管理的费用，即使纳税人没有从无线电的使用中获得任何收益<sup>35</sup>。因此，在许多主管部门中，提供适当频谱管理的费用已导致在许可证发放中引入一次性收费，许可证指配使用某个频率的权利。该费用可能适用于部分或所有的无线电用户。针对一次性和定期费用，有两种最常见的频谱使用费用形式，它们是：

- 简单费用；
- 基于成本回收的费用。

实际上，由于主管部门正在设定许可证持有者应支付的价格，简单费用可以被认为是另一种基于成本回收的费用，不过需要有所区别，原因是，其结构和操作很大程度上受到国家法律和制度要求的影响。许多国家从频率使用费用中全部或部分地筹集频谱管理计划所需的费用，许多国家也采用某种形式的成本回收体系。

有关许多国家应用频率费用的例子可以在ITU-D SG 2网站中找到<sup>36</sup>。

管理费用方式的不足之处是收取的费用一般不能反映出频谱的价值，从而对许可证持有者在希望获得或使用的频谱量方面产生错误的激励效应。

### 6.2.2.1 简单费用

简单费用的情况下，主管部门设定许可证的价格，该价格可能是基于所有许可证的一个平均费用，或者可能依据特定的准则而变化。为所有许可证在同一水平上设定的平均价格便于使用和操作，但未区别对待用户，对频谱使用少的用户收取的费用可能与对频谱使用多的用户收取的费用相同。某些用户群组可能认为这种做法非常“武断”，从而危及对系统的信任。

费用的变化取决于特定的准则，如频谱占用量、所用频段或覆盖的地理区域，这样可以提供一个更加公平的方法。

建议在一个公开和透明的过程中确定此类费用。这将部分满足管理费的定义。管理费应遵循严格的法律框架（参见有关成本回收原则的解释）。然而，如果这些费用流入政府的总预算中，那么它们将被认为是税收。哪些方面（收入、财富）和活动属于税收以及税收的最高限额属于国家的整个主权实体。

### 6.2.2.2 成本回收

成本回收体系的目的是收回主管部门发生的频谱管理费用。对频率使用收费，并因此对无线电频率许可证收费，是按照许可证发放以及相应的频率划分或指配过程（例如：频率指配、站点清理、频率协调）发生的费用设定的，包括任何其他必要的频谱管理功能（对许可

---

<sup>35</sup> 换句话可叙述为：整体的节约效益来自无线电的使用。英国的“经济影响研究报告”表明，无线电的使用（直接的和间接的效果）产生大约2%的UK GDP。

<sup>36</sup> [http://www.itu.int/ITU-D/study\\_groups/SGP\\_2002-2006/SF-Database/index.asp](http://www.itu.int/ITU-D/study_groups/SGP_2002-2006/SF-Database/index.asp).



证发放而言这些费用是一次性的)。除此之外,通常对与保持频率不受干扰(执法费)相关的费用收取年费,参见第6.2.3节。因此,许可证费用通常在下列原则上构成:收回直接和间接由许可证类别(广播、移动、卫星等)引起的费用。

从许可证持有者的观点来看,成本回收可能是一个公平的体系,原因是,它将管理频谱的费用分配给那些使用频谱的用户,而且收费是透明的。不过,成本回收需要有管理资源来监控和记录频谱管理的费用。为了确保许可证费用的最大透明度,建立一个独立有效的账户可能是有用的,即由国家审计者来审计,以确保基于许可证费用的收费是恰当的而且是正当的。上面的这些观点都会增加管理费用,并可能需要开发实质性的财政系统,以便使收费与费用相匹配。

也应注意到,成本回收的确切定义和操作可以依据国家频谱管理、法律和机构要求而有所变化。这些差异可能对每个国家成本回收的实施有一些影响,并影响到如何证明收费和费用是正当合理的。这些差异有几个原因:

- a) 成本回收被解释为向管理活动受益者收取的费用之和与因管理部门活动而产生的费用之和是相等的。实际上,从严格的法律观点来看,成本费用覆盖原则只不过简单规定了向管理活动受益者收取的费用,其总和不得超过因管理部门活动而产生的费用之和。因此,执法或立法权威机构的决定,可能被司法权威机构修改,亦可以规定进行部分成本回收—其差由政府的总预算来筹集。
- b) 在一些国家,主管部门的总收入与其成本费用匹配或总收入只是接近其成本费用这两种情况是有区别的。在前者情况下,主管部门不得资助或对许可证多收费,多余的费用必须退还给许可证持有者;在后者情况下,认为费用是基于期望成本费用的一个估计,因此收入可能超过或者没有达到主管部门的实际成本费用。(注意—在那些采用后者方式的国家,可能还需要实施严格的审计控制。)而且,过高的费用可能导致收入过多,这可以用来减小来年的费用,反之亦然。
- c) 为成本回收设定的费用基于所完成的工作、直接或间接地基于单个许可证或许可证类别(如“广播”类别)的平均。
- d) 频率指配过程的复杂性以及发放许可证所需执行之频谱管理功能的数量可能是不同的,原因是:
  - 国家特性—例如,频率用户的数量,或者需要使用详细的地形数据库的地理特点;
  - 国际协调—例如,由于双边或多边协议,《无线电规则》中的相关脚注或协调要求;
  - 其他相关的成本费用(无线电研究、参加无线电通信大会等)。

上述因素将影响许可证费用的构成,以及主管部门可能用来监控其收入和费用的机制。由于对应该分配给每个类别的特定费用有不同的解释,部门中直接成本费用和间接成本费用之间也是有区别的,尽管在定义上基本一致。通常,直接和间接成本费用的定义如下所示。

#### — 直接成本费用

直接成本费用包括直接的且可确认的、有关特定申请的许可证发放费用。例如,它们包括:在频率指配过程中工作时间的费用、站点清理费用、当可以直接与某一特定业务类别相关时的干扰分析费用—保持公共新闻和娱乐频道不受干扰、针对特定业务的国际电联磋商和区域性国际协调费用。在一些频段上以及对某些业务,或如果发射机靠近周边国家,那么直接成本费用将包括相关的国际协调费用。

### — 间接成本费用

间接成本费用包括频谱管理功能（用来支持主管部门的频率指配过程）所需的费用以及操作主管部门频谱管理程序所需的费用。它们代表的费用不能确定为是由特定业务或许可证持有者引起的，例如一般性的国际合作、涉及许多频段和业务的传播研究、一般性的频谱监控、对来自权限用户投诉的干扰调查等所需的费用，以及维持职员和设备、筹备和参加无线电通信大会及相应的后续行动所需的费用。

不过，对某些主管部门而言，直接成本费用的定义是非常严格，并局限于源自单个许可证申请者的费用，不包括许可证类别的费用；某些主管部门可能不对间接成本费用收取任何费用。在后一种情况下，这些间接成本费用必须覆盖在总预算中。

基于成本回收的系统的一个不足是它抑制了基于用户使用频谱的比例以及存在的频谱拥塞程度（或频谱的“价值”）向用户收费，这可能造成大频谱用户的利益建立在对小频谱用户利益的损害之上。这使得使用收费来提高频谱使用效率的办法难以实施，它是通过鼓励用户转向更高效率的技术或相对不拥挤的频段来实现的。另外，基于成本的费用可能不考虑用户的支付能力或意愿，造成对某些用户的损害（例如，与拥塞地区的用户相比，边远农村地区的用户更多地以基于成本的方式支付，虽然发放许可证的工作量基本相同）。发放单个许可证过程中发生的费用更是难以记录。

### 6.2.3 其他费用

除了来自许可证发放和实施所涉及的频率产生的费用之外，主管部门还有与频谱管理活动有关的能产生费用的具体职能。一些例子如下所示。

#### — 类型批准或类型验收费用（不适用R&TTE国家）

这是由主管部门收取的、用于终端或无线电设备类型批准或类型验收的费用。一旦设备已经在公认的测试实验室中通过测试或设备规格通过验收，将从主管部门或职能机构处收到一个认证，此后，设备才能投放市场。在一些地区，一致性评估基于制造商自己宣称的程序，因此，来自这些费用的收入可能并不多或根本就没有。

#### — 鉴定费

在一些国家，是由来自非主管部门的独立鉴定测试实验室来执行终端和无线电设备的测试任务。在这种情况下，测试费直接支付给鉴定实验室，不纳入主管部门收入。

#### — 电磁兼容（EMC）费用

由于EMC管制，主管部门在市场监管领域发生费用支出。因此，一些主管部门选择对这类管制下的设备征收EMC费用或对制造商征收费用。

#### — 检查费

在某些情况下，在许可证持有者安装设备之前或之后，主管部门将对安装情况进行检查。这可能是系统的检查或随机的检查。在某些情况下，用于检查的费用包括在标准的许可证费用内，而在其他一些情况下，这是一笔单独的费用。

#### — 用于处理干扰投诉的费用

主管部门通常调查来自许可证持有者或其他公众成员的干扰投诉。为了约束错误的投诉，或者为了包括管理费用，对所有的投诉或仅当投诉证明是不合理的时候，可以征收一定的费用。

- 用于操作员认证的费用（无线电业余爱好者、海事检查）

对于无线电业余爱好者和海事用户，在允许他们操作其设备之前，申请者需要通过一个考试来获得一个证书。主管部门可以对考试或操作员证书发放收取一定的费用。

#### 6.2.4 支持频谱管理活动的可选方法

主管部门可能考虑选择传统集中式的、政府操作和进行资金筹措的国家频谱管理体系。虽然国家频谱管理仍然主要是政府行为，但可选的、使用国家频谱管理者之外资源来执行或资助某些频谱管理功能的办法可以提高国家职能的效率和效能。

许多主管部门已经利用其国内的频谱管理资源以及国家频谱管理过程之外的资源，包括：

- 频谱方面有直接利益的通信团体，例如咨询委员会、贸易协会、专业组织和准政府协会；
- 频率协调员（与协调组）和指派的频谱管理者；以及
- 频谱管理顾问，以及支持承包商。

这些可选方案可以用来支持国家频谱管理者。使用哪种方法可能因频段、无线电业务与/或特定的频率应用、国家频谱管理组织的能力和可用资源以及来自其他资源的专门技能的不同而不同。国家频谱管理者可以确定责任的限度，以及基于所支持之功能赋予这些团体的职权。主管部门也可以寻找一种这些方法的组合，要求它执行总的频谱管理功能。

使用其他国家实体来辅助国家频谱管理过程的目标如下：

- 节省政府的财政资源或人力资源；不过，如果频谱管理活动是由作为主管部门之外的利益对象的第三方完成，频谱管理活动资金筹措问题仍然存在，原因是，必须就其提供的业务向第三方支付费用；
- 提高频谱使用的效率；
- 提高频率指配和协调过程的效率；
- 补充国家频谱管理者的专业技能。

### 6.3 频谱许可证发放方法

要求采用不同的频谱许可证发放方法来处理单个无线电用户的不同需要，以及频段可能开放用于许可证发放的不同时间段。如果申请者的数目超过了可供使用的频谱的话，“先到先得”法可能不太适合，而采用像投标程序、“比较竞标”法、拍卖和“彩票”法等机制是必要的。

#### 6.3.1 “先到先得”法

主管部门最常用的频谱指配机制是“先到先得”。按照申请收到的先后顺序进行频谱指配，它基于可用的频率、已经完成恰当的频谱管理功能、申请者满足申请要求。当频谱不缺乏时，这一机制是合适的，它必须指配给潜在的大量用户或者在长的时间段内。该机制最常用在国家预算资金筹措或频谱使用费用中，并可能在可预见的未来是最有效的办法，尽管它可能与用于监管需求的方法（例如，主管部门的定价）联系起来（使用或不使用成本回收）。

### 6.3.2 “选美”法

这种机制用来决定哪个申请者有权使用有限数量的频谱，而且，可能最经常地是用于广播或公共移动系统。它基于竞争的申请者提交其关于运营业务的提议；这些将由主管部门进行评估。典型地，提议包括关于人口覆盖范围、业务质量、实施速度以及运营商商业计划等信息。对于广播，将包括有关以下节目的信息：儿童节目的小时数；教育节目；新闻服务等。通常提议应对早已确立的、由主管部门公布的准则做出响应。如果没有申请者符合这些标准，主管部门方没有义务将频谱指配给任何的申请者。

对提议的评估是耗时的，所需资源密集，而且决策过程可能是不透明的。除非给落选申请者的拒绝理由是明确的，否则评估可能是主观的，如果落选的申请者符合主管部门公布的条件，那么它们可以申请司法评估。任何法律质询都将对主管部门的业务开始时间表产生重大影响，并要求主管部门重复整个招标过程。

操作一个投标程序可能是昂贵、耗时的，即使没有法律质询的威胁。这一机制仅当只有少量申请者申请有限数量的许可证时才可用。此外，当投标程序考虑未来许可证持有者的资格且目标是将许可证发放给装备最好、满足许可证要求的组织机构时，它也可能导致这样一种境况：获胜的申请者具有高度先进的技术/质量基础来赢得竞标，而后必须开发一种业务，例如，系统的质量或性能超出了运营要求，或者之后发现它不能满足要求。

#### 6.3.2.1 有价格标的“选美”（“比较竞标”法）

该机制基于投标程序，但替代主管部门指配免费频率或设定一个费用，申请者除需满足主管部门公布的标准之外，还要求提交现金竞标。因此，竞标者确定频谱对其而言的现金价值。

引入申请者的现金估价提供了频谱价值的一个有限指示，但它可能不是真实的市场估价，原因是，作为对主管部门发布之准则的回应，申请者提交的内容可能对现金竞标有重要影响。为防止申请者联合起来减少其提交的货币要素，政府可能应对频谱的价值进行研究，以便设定一个有关提交之现金要素的更低限度底价。

就像投标程序，比较竞标的优势是：它可以考虑到未来许可证持有者的资格，并部分地考虑到频谱的价值。

如同投标程序，所有的提交都由主管部门进行评估。此外，主管部门方没有义务向任何申请者发放许可证。如果申请者的数目等同可用的许可证数目，那么评估过程就简单了，显然提出一个超过主管部门所有标准的提交并提出最佳的金钱估价。不过，在大多数情况下，由于现金竞标只是提交的一个因素，最高的现金竞标并不一定就能赢，因此评估过程是非常复杂的。此外，引入金钱因素需要对申请者的商业计划尤其是财政计划进行彻底的评估。比较竞标的评估过程可能是耗时的，所需资源密集。除非有明显的赢家，否则主管部门的决定可能与投标程序一样是主观的，更会引起法律质询，原因是，将对不同的要素（财政的和其他的）进行评估。

### 6.3.3 拍卖

拍卖代表了一种新的指配机制，最终由申请者来决定收费。这种方式下，频谱的最终价格完全由市场力决定，频率指配给获胜的竞标者。大多数情况下由主管部门设定准则，来确定哪些申请者满足入围条件，可以参与拍卖。这些准则可以与“比较竞标”法（或“抽奖”法，见下一段）中设定的入围条件类型相类似，下文阐述了拍卖的主要特征，也说明了这种方式在世界各地得到广泛采用的原因：

- 通常，拍卖通过向获胜的申请提供奖励，鼓励它尽快、最大限度使用频谱。有一些担心认为，拍卖给运营商在业务开始之初带来负担，但显然，竞标者应意识到他们的现金流动需求，而良好的商业运作应避免“出价过高”。
- 与传统的投标程序或比较竞标方式相比，拍卖可能是快速且有效的频率指配方式。拍卖可以处理申请者数量庞大的情况，被认为是一种客观、透明的许可证发放方式。从而减小了频谱指配过程中的偏袒机会。拍卖过程的透明性减小了法律质询的可能性。
- 用于拍卖的准则和限制条件越多，对许可证价值的影响就越大（拍卖价格可能下降）。在一些情况下，为了清楚定义许可证运营上的限制，主管部门可能需要确定频谱管理工具的类型，而这在以前是认为不必要的，例如监控活动、地形数据库工具、自动干扰分析功能等。

为了让拍卖过程进展顺利，在拍卖开始之前，拍卖的所有参与者均应知晓并清楚理解拍卖的规则和程序。任何计划执行频谱拍卖的主管部门均应经过充分咨询，充分了解有关该问题的情况，并回顾其他主管部门的经验，了解有关拍卖设计和操作的成功经验和问题及其对运营商、电信制造商和最终用户的影响。

视正在讨论中的拍卖的复杂性，最好采用一个自动的拍卖系统。因此，举办一次拍卖可能需要某些技术基础设施的辅助。另外，可能需要对频谱管理者和潜在的竞标者进行教育和培训，以确保高水平的“拍卖文化”。

拍卖可能采取多种形式，以下为一些例子：

- “英国式”拍卖  
拍卖人增加价格，直至只剩下一个竞标者；
- 密封的第一价格竞标拍卖  
竞标者提交密封的标价，最高报价者获胜；
- 密封的第二价格竞标拍卖  
竞标者提交密封的标价，最高报价者获胜，但只需支付第二高的标价；
- “荷兰式”拍卖  
拍卖人宣布一个高价然后降低价格，直至某竞标者呼喊“我买”；
- 同时多轮拍卖  
这是美国联邦通信委员会采用的方式，它涉及对许多同时提供之标的的多轮竞标。当所有标的的竞标价被接受时，在开始下一轮竞标之前，每个标的的最高竞标价显示给所有的投标者。每轮竞标后，高竞标者的身份可能显示或不显示，但在拍卖结束后会显示出来。这个过程将持续到在一轮竞标中再没有提交新的有关任何标的的竞标。这种形式比单轮拍卖更复杂，但给竞标者提供了更大的、以不同方式组合标的的灵活性，而且，由于这比密封竞标过程更开放，因此限制了获胜者诅咒的影响，使竞标者可以更加信任地参加竞标；
- 同时组合多轮拍卖  
这与“同时多轮拍卖”下所述的方法基本相同，但这种类型的拍卖参与者可“组合”出价。即，他们可以对多个标的的组合提交一个竞标价。在标的具有协同效应的情况下，这对投标人而言可能是一个很大的优势。这种可能性一个负面影响是，拍卖的设计变得更加复杂，需要计算机辅助和特殊算法；

## — 组合价格钟拍卖（CCA）

在21世纪的头十年，组合价格钟拍卖（CCA）正迅速成为许多频谱监管机构各类（主要是移动）频谱许多的首选拍卖形式。已开始采用这种形式的国家如英国、荷兰、奥地利、瑞士和丹麦。CCA寻求解决同时多轮拍卖（SMR）和英式拍卖的一个主要缺点，即竞拍者提交一个新竞价后，那么该竞标人之前的报价均无效了。此外，拍卖结束时竞拍者可能对结果或价格并不满意。在CCA情况下，每轮的每个竞标都是有约束力的出价（所有轮次的所有竞标都有效），而且第一阶段的拍卖结束后竞拍者还有最后一次报价的机会，从而解决了这个问题。CCA实际上是时钟拍卖和单轮密封竞标拍卖的结合。拍卖的第一阶段确定估计定价和投标人的需求（‘时钟相位’）。这之后是密封竞标组合补充投标（第二阶段），其中竞标受到第一阶段行为的限制。这种方法消除了最后一轮买方懊悔的情况，并为竞拍者提供有效的价格估算。这种拍卖形式的主要缺点是其极其复杂，竞拍者很难理解。需要借助相关软件，来确定第二阶段的获胜者（组合密封竞标，亦考虑到在第一阶段拍卖的竞标行为）。竞拍者在必须信任这种拍卖形式和制度，相信在这种拍卖形式下，他们在报出实际估价竞拍许可证时不会付出过多。算法和系统将确定出价最高的为获胜者。因此，没有动力为了最后中标报出比实际估价“更高”的价格（如英式拍卖或同时多轮拍卖）。通过组合方式，亦可利用统一报价竞标一定数量频谱的多个许可证的组合。

### 拍卖的优势

拍卖的优点是将执照授予出价最高的申请者，同时还可获得收益。但这并不意味着这些收入将比竞标的价值大，竞标时的价值取决于许多因素。在给定划分结构内通过拍卖指配执照时，只有在划分结构范围内出价最高的申请者才能获得执照。例如，如果移动无线电用户对特定地区内的特定频块出价最高，但此频块却被划给了广播公司，那么此频谱所能产生的收益和经济效益将会低于允许移动无线电运营商参加拍卖时的收益和经济效益。

扩大拍卖执照的适用范围也可以将频谱用于需求最大的业务。但限定范围较广的业务的潜在缺点是会增加相邻频谱和地区内持照者之间的干扰协调成本。这些有关划分结构的论点同样适用于初步频谱指配后可转让频谱权的制度。在未来，频谱使用越来越融合，这种负面影响会有所减少。

### 不足

拍卖不是一种适用于所有情况的通用方法，它只适用于特定的许可证和特定的条件。如果频谱权利不能恰当地定义，那么拍卖是不适用的。对于大容量、低价值的许可证（FCFS）、社会期望的业务应用（军事用途、公共广播等），以及当不存在竞争或竞争很有限时，拍卖也是不适用的。实际上，拍卖许可证的最重要的因素是获胜的申请者的业务应面向竞争，因此，拍卖的先决条件是：存在有效的竞争立法来确保竞标者没有形成限定价格的安排。

对某些业务或情况，拍卖可能是低效的或不切实际的。已提到的一个例子是对没有频谱竞争的情况。这是可能出现的，例如，在固定微波系统中，有许多与窄波束宽度的单个链接和非常精确的位置，或者潜在的运营商在一个合理的时间表内几乎看不到能够实现实际的投资回报的前景。另一个例子是，社会期望的频谱使用业务（例如国防或科研）的提供商在实现频谱的经济价值可能有困难，如果所有的频谱使用业务提供商均面对拍卖时，这可能导致这些业务不能很好地提供给社会。政府以竞争的方式进行频谱竞标就可以克服这一困难。此

外，政府还可通过市场购买其他切合社会需求的活动所需的商品和服务，如警车，并租用政府大楼等。

如果在多个国家举办全球或国际卫星系统执照的拍卖会，那么，为了参加每场拍卖会，潜在服务提供商就有可能需要花费巨大的人力物力，并且，这样繁琐的过程还可能推迟所需服务的实施。此外，因为潜在的服务提供商不确定是否能在他们希望开展业务的所有国家都赢得拍卖，连续的拍卖会对这些服务提供商造成严重的不确定性。如果这种不确定性足够严重，它就可能阻碍国际卫星系统的提供和发展。另一方面，所有其它替代的频谱许可方法中也存在这种不确定性。此外，通过“选美”法，潜在的服务提供商不能肯定能否在其希望开展业务的所有国家赢得许可证。人们甚至可以说，与不确定的“选美”法程序相比，在拍卖中服务提供商对结果的控制性更强（最高出价）。

### 拍卖的局限

如果由主管部门决定采用拍卖方式，应该认识到，通常，关于待拍卖之频谱的规则、条件或约束数量越多，拍卖的财政收入越低，因此，取决于其优先级，主管部门可以考虑权衡使用。需要注意的一个相关问题是，主管部门可以选择限制频谱供应，这通常将产生更高的拍卖收入；不过，权衡以及限制频谱的供应将导致消费业务范围变窄、消费价格更高、经济效率整体下降。

为了促进竞争，有必要为拍卖的业务提供额外保障。例如，在有些情况下，一些或全部潜在竞拍者都是一些力争加强其垄断或寡头（竞争者数量有限）地位的占据支配地位的服务提供商。限制参加拍卖的资格或者限制任何实体所能赢得的频谱量可以减轻这一问题，尽管这样也会限制参加者的数量。

一般情况下，拍卖收益会转到总预算，在预算过程中会为筹集的资金确定一个新用途。在某些情况下，这可以降低国债或减少新部门或活动的投资。

### 6.3.4 “彩票”法

这一机制可以应对非常大量的申请者，它基于从竞争的申请者中随机选择赢家。在其最简单的形式中，“彩票”法是简单、快速而且透明的，但频谱被指配者可能并不重视这个。由于频谱指配没有主观决策要求，而且无需对申请者做任何评估，因此决定的法律质询可能性很小。不过，除非有某种进入费，否则获胜者将免费获得频谱。因此，主管部门可能决定征收一个“彩票”法进入费，并可能附加其他进入条件，以便确保获胜的申请者能够提供业务。这些额外的约束条件可以限制申请者的数目，并可回收部分频谱价值。如果赢得的标的（许可证）代表了实际市场价值，那么彩票法的实际缺点就会显现出来。获胜者可在二级市场上出售这些许可证来赚取利润。这可能会导致一系列的问题，因为如果选择了拍卖等不同的指配程序，政府会获得这一市场价值。在实践中，彩票法机制使用并不多。

## 6.4 频谱定价

由于无线电频谱是一种有限的、但可重复使用的资源，因此它必须高效地、有效地加以使用，以避免不必要的干扰，使每个主管部门从频谱的使用中获得最大利益，并确保所有的现有和潜在用户公平地使用频谱。不过，电信自由化和正在进行的技术发展已经使得众多新的频谱应用及其发展成为可能，虽然这常常使得频谱使用更有效率，并激起对有限频谱资源的更大兴趣和需求。因此，在一些地理区域，对某些业务和某些频段，频谱的需求已经超过

了可用的频谱供应。同时，开发周期越来越短的趋势增加了频谱管理者的压力，要求频谱管理者更快地做出谁和哪种技术使用频谱的决定

在这些情况下，基于成本的收费政策和非基于市场机制的指配方法可能不是用于管理频谱使用的最优方案，原因是，它们基本上不具有达到某种管理目标的动机。在本节中描述的费用专门用来影响频谱用户的行为。通过以下措施可以使频谱使用得更好：

- 通过他们自己提供一个透明的机制来提高频谱的使用效率；
- 防止用户储存他们并不真正需要的频谱；
- 当需要的时候，提供某种奖励转向可选的频段。
- 当有高要求、申请者之间有强竞争时，提供一种快速指配有限数量频谱的方法

此外，因申请者数量之故，一些传统的指配机制是难于操作的，并更易引起法律质询，原因是，主管部门的决策过程（尤其是比较过程、选美法）不够透明。

这些考虑推动了其他频谱管理方式的发展，包括将经济准则作为某些业务的一种频谱管理工具，以及用做计算许可证费用构成的工具。使用经济准则以及其他更传统的频谱管理工具，目的是改善频谱管理，并使无线电频谱能够在更加公平的基础上进行管理，使所有的无线电用户和整个经济受益

#### 6.4.1 奖励频谱费用

受频谱定价因素影响的一个方面是频谱使用费用的方法，这种方法在费用结构中引入了频谱经济价值的概念。

奖励费用尝试使用价格来达到频谱管理的目标，并因此提供一些有助于频谱有效使用的奖励。奖励费用规则在某种程度上具有体现频谱稀有和租金有别的优势（经济价值）。因此，在这种方式下，指配费用级别不依赖于基于成本的限制，并提出了一种接近频谱市场价值的费用结构。奖励费用的总体目标是鼓励更加高效地使用频谱，意在通过以下方式保持频谱供需平衡：

- 鼓励用户转向使用频谱效率高的设备；
- 退还不需要的频谱；
- 转向使用不太拥挤的频谱部分。

奖励费用规则可能因此还提供一种支持频谱重新部署政策的机制。

该费用源自一个规则，它试图反映频谱的稀有价值。在规则发展过程中，可能需要考虑频谱使用的各种不同要素，并且对不同的频段和业务可能需要使用不同的规则，以便开发一个灵活的奖励费用结构。典型地，一个规则可能包括众多准则，例如：

- 频段

收取费用的数量随着所用频率的不同而变化，以便鼓励用户在压力更小的频谱部分中部署新的业务，或将现有业务移至有空余容量的频段。但主管部门应认识到，某些业务需要在特定的频率上或特定的频率范围内工作，例如HF通信、气象业务。



— 所用的带宽

费用数量随用户占用的频谱数量的变化而变化。它用来说服所有用户使用频谱效率更高的设备，放弃他们不需要的频谱以及说服新的用户只使用需要的最小频谱。这种方法已原则上采用，它通过对固定业务的每个链路进行收费或对专用移动通信（PMR）业务的每个频道进行收费来实现。

— 专用性

这两个方面。首先，在所有其他无线电应用标准都相同的前提下，有权使用一个专用频道的频谱用户其费用要高于那些使用共享频段的用户。其次，在共享频段内，在所有其他无线电应用标准都相同的前提下，大量使用无线电通信设备的用户其费用要高于那些使用较少无线电通信设备的用户，原因是，前者比后者更有可能占用频谱（因此排除了后者使用频谱的可能性）。

— 地理位置

在越拥塞的地区（例如城市中心），运营商交付的费用越高，在越不拥塞的地区（例如农村地区），运营商交付的费用越低。注意：实际上，一些农村地区的频谱使用情况可能比一些城市的更拥塞，频谱的使用将随业务类型和频段的不同而不同。

— 覆盖范围

费用变化取决于传送覆盖区域（这指已排除他人使用的地区，意味着该地区不能由其他人来使用，原因是，许可证持有者已使用了该地区，它等同于覆盖区域加一个缓冲地带）。覆盖区域也可以按达到的人数来定义（潜在的观众或听众）。

— 无线电中继

使用有效的中继系统和使用单个的无线电系统之间，在收费上存在差别

奖励费用的不足是，不管有多复杂，没有规则可以考虑到市场的所有不同。

如果为了避免费用与市场价值之间出现巨大差异，那么在制定许可证费用时需要投入大量精力。此外，如果需要精确反映一个国家频谱使用的差异，那么开发一个奖励费用规则可能不是一件简单的任务。最后，奖励费用可能并不适用所有的业务。

#### 6.4.1.1 基于机会成本的奖励频谱费用<sup>37</sup>

在引入频谱定价的情况下，确定部分频谱的价值的一种常用方法是基于“机会成本”的费用。机会成本费用通过计算给定频谱的第二最佳替代频谱的价值，试图模仿频谱的市场价值。例如，出租车PMR许可证的机会成本可能是认购GSM牌照。因此，PMR牌照的价值可基于该PMR牌照的下一个最佳选择：认购GSM牌照。该过程可能需要进行财政分析、需求估计或市场调研，以获得估价及可观的专家意见。机会成本费用规则具有直接面向期望之模仿市场价值目标的优势，因而有助于考虑可选的通信方式，以及现有用户返回剩余的频谱。

---

<sup>37</sup> 见ITU-D 1998 (SG 2) 《最后报告》（3号文件）。

正如建立一个涉及影响某特定位置频谱价格所有相关变数的奖励费用规则是极其困难的一样，准确模仿拍卖亦非常困难，完成分析所需的努力可能超出拍卖的成本费用。这样一个模仿依赖于评估单个消费者的决策，以及以某种方式将该信息综合进一个可用的模型中。财政方面的研究或推断可能在某种程度上是有用的，但模仿市场将总会是一个非常不完美的过程。

尽管如此，此类方法可能比基于成本费用的可选方法在管理频谱以平衡供需之间关系并达成最大的经济福利方面更具优势。此外与拍卖相比，奖励费用可能在长时间内适用于普通的许可证，而拍卖通常适用于在某个时刻指配一定数量且具有一定期限的许可证。

#### **6.4.1.2 基于用户总收入的奖励频谱费用**

基于成本的费用另一种选择可能是根据公司总收入的百分比收取费用。费用计算中使用的总收入的值必须与公司的频谱使用直接相关，以避免会计和审计流程中的困难，并显示总收入与频谱活动之间的关系。基于用户总收入的费用与频谱实际经济价值越接近，越有希望实现“奖励频谱费用”下所述的目标。

表6-1表示了传统的基于成本和后来引入的基于市场的费用方法的积极和消极方面。

表6-1

方法	优势	劣势
简单费用	可以适用于所有用户。考虑到建立一个费用计算模型以及根据无线电通信应用固定各种费用的限高，因此无需冗长的分析和调查就可以实施。 易于实施和回收部分或所有发放许可证的成本费用。	费用既没有反映出管理的成本费用，也没有反映出频谱对于用户的价值。 单独应用它就不能在频谱使用中提高技术效率或经济效率。
成本回收	确保频谱用户只需支付频谱管理部门面向他们的费用。 来自普通纳税人的税收不资助主管部门的活动，其受益者是明确定义的	单独应用它不能提高频谱使用的技术或经济效率。 通过费用计算模型和资费方式，分配频谱管理权威部门总的直接与间接成本费用是一个非常复杂的过程 由于法律或实际限制（例如，在许可证豁免/通用许可的情况下），频谱管理权威部门的活动可能不是都能得到成本回收费用的资助
基于用户总收入的费用	将频谱的成本费用和使用频谱之商业活动的价值联系起来。 计算“简单”	只适用于那些其收入直接与频谱使用有关的用户。 如果收入与所用频谱数量不成比例，那么该方法不能提高频谱效率。 可以看做是一种额外的税收
奖励费用	提高频谱使用效率。 回收部分或全部发放许可证的成本费用，尽管不是该费用的目的	若想接近市场价值则需要大量的努力 可能不适于所有的业务
基于机会成本的费用	非常接近频谱的市场价值。 提高频谱使用效率。是一种奖励费用。	可能要求大量数据和分析。 只适用于频谱的有限部分（只考虑竞争某给定频段的用户和使用）。

## 6.5 频谱权利

频谱定价已引导着一些主管部门和许可证持有者重新考虑与许可证相关的权利或许可，如它们包括哪些内容、它们应该如何定义以及它们是否可以进行买卖。一般来说可分为免许可频谱（即无需单个许可证）和需要许可证的频谱。只有后一种情况下的许可证可以进行交易，并给予特定的频谱权利，如期限、在边界附件使用频率的特定权利，以及在某些情况下的推广工作等。还可规定与其他用户共用许可频谱的条件和义务。

### 6.5.1 如何定义频谱权利

在一些方面，频谱资源类似于土地资源，它可以被分成多个“小块”，可以进行转让或出租。不过，频谱不像土地那样容易进行定义或勾画，原因是，无线电传播不局限于物理边

界内。此外，尽管“频谱出售”是一个经常用做与拍卖有关的术语，但它实际上只是一个概念上的术语。实际上，发放的是许可证，而拍卖是一种用于许可证发放的市场机制。

用户获得的频谱权利的范围取决于单个许可证及其相关的条件和排他性。这些权利是频谱指配时授予给用户的。频谱权利通常包括规定无线电系统准确的技术或操作特性的细节，无线电系统将来自某个特定位置，或用在某个特定区域。

在传统的许可证发放机制下，认为主管部门，除此之外，保留了修改许可证条件、解决干扰投诉以及对相关国际频谱问题负责的权利。引入频谱定价，即通过拍卖，已引起竞争的许可证申请者质疑其将要遵循的条件范围。这些问题已经产生了，原因是：

- 对频谱用户，许可证被认为是一笔资产<sup>38</sup>（与许可证的期限无关，但许可证期限越长，它的价值越大），它可以用来为其发展计划筹措资金。关于频谱使用的限制越少，许可证的价值越大，反之，限制越多，价值越低；
- 每次拍卖通常有一组规定频谱许可证条件的准则，在此条件下许可证才可以发放，这些可能是除频谱权利声明之外的、由许可证赋予的准则，并由主管部门保留。如果准则与频谱权利声明的内容相抵触，或未准确地反映出与许可证相关的频谱权利，那么主管部门可以：
  - 禁止进行拍卖；或
  - 如果在后来的某些时候，它们还是许可证持有者和主管部门之间争论的话题，引起对许可证价值的怀疑 – 那么这可能也导致对主管部门的法律质询或索赔

频谱权利的明确定义对于后面的拍卖和交易过程非常重要。许可证持有者频谱权利的定义具有一定的灵活性，这一点显然是值得期待的，虽然存在一些约束。尤其是，许可证持有者能够改变其所提供的业务可能会引起问题，尤其是许多国家有许多边界的情况，考虑到：

- 在同一频段或在相同的频率下运营不同种类的业务，这潜在技术和干扰方面的问题；
- 许可证持有者改变其所提供的业务（借助市场条件的改变），会为其现有业务的用户带来影响。

在前一种情况下，尽管在同一频段上运营几种业务是可能的，但它需要逐一进行分析。也有来自跨边界干扰的保护问题，这源自不同于《无线电规则》第5条的国家分配。

在后一种情况下，在改变所提供的业务过程中，许可证持有者将面临实际的问题，原因是，这对于许可证持有者收回其在最初业务/系统中的任何投资可能是必要的，而且改变成一种新业务可能考虑到这个问题以及许可证剩余的年限。此外，还有其他因素可能影响投资的回收（既包括现有业务中的因素，也包括计划之取代业务中的因素），如用于提供取代业务的任何新设备的可用性、完成取代业务所需的时间，以及用户使用的任何新设备。但在竞争激烈利润最大化的环境下，许可证本身能够更好地做出这些决定。

<sup>38</sup> 在本节中，资产不以其标准的会计学形式使用。

### 6.5.2 主管部门在定义频谱权利中的作用

主管部门保留的频谱权利对主管部门以及竞争频谱的任何申请者来说都是重要。它们对主管部门的邻国也是重要的<sup>39</sup>。因此，在给许可证持有者提供更大的权利以及改变其所提供的业务或技术特性之能力方面，主管部门需要确保通过定义频谱权利，邻国的权利得到保障。这亦适用于在该国的邻频用户。从国际的观点来看，主管部门应该保留频谱权利，它是完成下列工作所必须的：

- 提供用于无线电通信问题的国际接触点；
- 负责所有源自其辖区的无线电信号
- 满足国际协议和条约（例如国际电联《组织法》）规定的职责，并应包括在许可证过期之前收回频谱的权利，如果是必须满足的，例如，在区域或全球基础上重新分配频谱的国际协议要求。

上面所列频谱权利可能是主管部门希望保留的最小权利，实际上还有额外的要求，它们取决于国家法律、国家频谱管理过程结构和组织机构。

### 6.5.3 许可证期限

不同国家的许可证周期各不相同。通常许可证周期的范围为1、5、10、15甚至20年，尽管一些特殊的许可证周期可能会短些，并且在一些国家，许可证的发放期限可能是一个不确定的周期，且受每年支付的费用影响。费用每年支付不能就认为许可证是为期一年的许可证。更长的许可证周期并不自动意味着任何更大的安全使用期限，原因是，它依赖于许可证附加的条件。不过，每年更新许可证可能使主管部门更容易或更方便来中止一个许可证，相对一个还剩几年期限的许可证使用撤回程序。但在拍卖、激励定价和可交易性制度下，永久许可证体制会是最好的选择，因为在不断分散的市场化进程中，政府希望尽可能少地进行干预。

### 6.5.4 可转让的频谱权利

没有一种指配机制可以为后来加入的使用者更好地使用频谱留有余地，因此，主管部门需要一个机制来确保频谱能继续有效地使用。许多国家对这一问题的两个方案进行了调查。

- 可转让的频谱权利 — 许可证持有者的频谱权利可以全部或部分地转让给第三方。
- 灵活的频谱权利 — 允许许可证持有者修改其频谱权利，以便允许对调制技术、人口密度、传输功率、频率等进行改变。

或这两种方法的结合。

在一些国家，在现有法律下以及在主管部门许可下，频谱权利转让性或灵活性是可能的。不过，这直接涉及决策过程中的主管部门，并可能引入推迟和约束。

为避免这些频谱权利操作上的不必要的约束，并确保它们在经济上完全有效，频谱权利的定义应尽可能明确而且尽可能具有非限制性（灵活）。最小的限制性定义将允许许可证持有者选择其希望提供的最终用户业务，但前提是确保不对其他频谱用户产生干扰。在天平的另一边，最大限制性频谱权利形式限制只能在特定的分配和一组严格定义的技术参数下进行

---

<sup>39</sup> 从这方面看，邻国将依赖于传播距离，并可能扩展至1000英里，或更可能依赖于频率以及传播路径是通过陆地还是海洋。

转让，但这可能未提供足够的灵活性来实现经济效率。一个可接受的方案是这两种极端方案的折衷，以便实现经济效率与限制性技术参数之间的一个可接受的平衡，在某些情况下，这可以通过允许许可证持有者磋商其发射权利来实现

### 6.5.5 二级市场

通过在特定的许可证条件和地理区域内引入可转让的频谱权利，形成二级市场。二级市场取决于一定频率范围内的频率供求和许可证以及相关国家的市场结构、市场是动态还是静态。二级市场显然需要可转让的频谱权利以及具有足够安全期限和工作期限的许可证。频谱交易的能力为许可证持有者提供一种机制，使之可以从其不再需要或者可以比自行利用许可证更高的利润进行出售的频谱中获得经济回报，有利于频谱的有效使用。

频谱权利的任何转让需要在频谱管理权威机构类似于“频率及其所有者登记表”中进行登记，而且像其他市场一样，需要一个反垄断机构以确保公平竞争，避免形成市场支配力量。尤其是需要有竞争法律来防止因囤积频谱和限定价格而形成的许可证持有者的市场支配力（垄断）。如果需要开发一个频谱市场，那么可能需要建立新的组织机构来提供频谱转售，以及可能的频谱营销服务。

表6-2

设定频谱价格

主题	子主题	段号
频谱鼓励性定价（频谱的“价值”）	- 利用“经济变量”来计算费用（费用规则）：	§ 6.4; § 6.4.1
	- 带宽	§ 6.4.1b)
	- 专用性	
	- 地理位置	
	- 覆盖范围	§ 6.4.1a)
- 等等	§ 6.4.1c)	
	- 基于总收入的费用	
	- 机会成本费用	
基于成本的费用	- 基于各类成本分摊系统/计算	§ 6.2.2.2 § 6.2.3
简单费用	使用公共资源特权的简单费	§ 6.2.2.1 § 6.3.4
拍卖 “比较竞标”法中的竞标 竞标与“选美”法	获胜者标定的价格	§ 6.4.2
		§ 6.3.2
二次交易	新用户向以前的用户付款后，“频率使用权”转移	§ 6.5.3
		§ 6.5.1.4
		§ 6.5.1.5

应注意的是，不一定非要在上述不同种类的定价方法中选择一种。在一国中，不同种类定价方法可能同时存在或不同的定价元素可以结合起来。

### 6.5.6 管理频谱资金筹措中的转变

来自无线电使用的经济效益是增加还是减少，取决于频谱的使用效率和管理效率。频谱定价和频谱权利的实施可对频谱管理过程产生重大影响。

事实上，拍卖、频谱定价和交易的频谱体制是传统的频谱管理体制（通常被称为“指令和控制”）向基于市场机制的体制转型的结果。最后，过渡的中心目标就是让许可证持有者决定其要最大限度地在市场导向的竞争环境中盈利（“分散式分配”）所需的频谱使用类型和数量。这需要主管部门转换思维方式，形成减少主管部门职能的新文化，并摒弃详细界定谁在什么条件和情况下可以使用频率。在全球技术发展和创新日新月异的ICT竞争市场中，这种新方法和变化非常有必要。更加灵活、以市场为导向的频率管理方法有助于提高社会的经济效益。

### 6.5.7 频谱重新部署（作为频谱管理的一种方法）的成本费用

重新部署是一种频谱管理工具，它使得可以看到新来者的频谱可用性的时间表。无线电通信第1研究组正在对该问题进行研究（见ITU-R SM.1603建议书）。频谱重新部署过程的一个例子是基于法国的经验。不过，其中的普遍原则也可以适用于其他国家（见附件2）。同时必须铭记，在交易越来越多的动态体制下，中央政府的频谱重新部署手段的重要性可能会有所降低。

## 第6章

### 附件1

#### 频谱定价的一个应用 (新西兰)

依据1989年的无线电通信法案，一个频谱管理方案已经在新西兰建立了，该方案很大程度上利用了自由市场原则。所选频段的全国范围的“管理权利”有效期为20年，已经由新西兰商务部通过拍卖租借出去了。这些管理权利可以进行买卖、细分或聚集。管理权利的持有者出租定期的“许可证权利”给它自己或其他有意的用户，许可证权利的持有者有资格建立具有特定载波频率、功率和发射类型的、工作在特定地点的无线电发射机，用于许可证权利持有者选择的任何目的。许可证权利持有者向商务部支付一笔年费以补偿其成本费用，并负责保证管理权利持有者之租约规定的频率限制范围之外的辐射不超过固定的级别。这些许可证权利也是可以买卖的。频段不包括在这个方案中，包括国际干扰问题认为可能是个麻烦的频段将继续由商务部管理。

新西兰采取的激进方案到目前为止还没有在其他地方采用。事实上，新西兰地理上的隔绝可能使得在该国能实施的方案到其他地方可能是不适合的。不过，多种限制性更强的频谱定价倡议，将来自经济方面的压力与更常规的频谱管理方法连接起来，已经在若干国家采用了，例如关于专用无线电系统的定价问题。



## 第6章

## 附件2

频谱重新部署的成本费用  
(法国)

## 1 驱动做出重新部署频谱决定的利益

团体整体上必须从无线电频段的重新部署中得到足够的利益，以便体现授权的价值。在经济学术语上，这些利益是通过最大化团体盈余来反映的。换一句话说，根据Pareto最优准则，必须达到一个平衡点，以至于频谱的其他使用不能提高团体的盈余。

寻找这个平衡点时，比较不同参与者的参数选择（效用）是有益的。他们的效用功能以私人价值和团体的社会价值形式来表示。私人价值相当于他们可以从频段使用中得到的益处，而社会价值相当于业务总体上对社会的重要性。私人价值的计算是相当简单的，而对社会价值的量化比较复杂。可能需要使用“机遇”这个概念，用于评估业务的社会价值，换一句话说，可以通过计算来了解当缺乏业务时将会给团体带来哪些费用。

至于频谱重新部署过程，就私人价值和社会价值而言，对要求放弃频段之代理和新入之代理的效用进行比较是必要的。

令 $U_{\text{outgoer}}$ 和 $U_{\text{incomer}}$ 分别表示放弃频谱的运营商和取代它的运营商的效用（包括私人价值和社会价值）。令 $C_{\text{removal}}$ 表示放弃者的频谱重新部署费用：

如果 $U_{\text{incomer}} > U_{\text{outgoer}} + C_{\text{removal}}$ ，那么放弃的社会价值和经济价值都是最优的；

如果 $U_{\text{incomer}} < U_{\text{outgoer}}$ ，那么放弃的社会价值不是最优的而经济价值是最优的；以及

如果 $U_{\text{outgoer}} < U_{\text{incomer}} < U_{\text{outgoer}} + C_{\text{removal}}$ ，那么需要做出选择。

## 2 重新部署的成本费用

假定由于频谱重新部署的结果，责成频段用户放弃原有的频段，而在不同的频段上继续其活动，或使用非无线电方案，若这对他来说是可能的话。对该用户而言，放弃原有频段可以减少额外的费用，这些额外的费用在没有原有频段的情况下是不会发生的。这带来的结果是，该额外费用将被认为是“重新部署费用”。前面讨论的放弃费用 $C_{\text{removal}}$ 是重新部署费用的一部分

尤其是在电信部门，大多数情况下，转换中的设备的转售价值是不可知的。这些网络的投资通常就是所谓的用户“滞留费用”。这意味着，如果活动结束后，用户不能补偿其投资。剩余价值的计算使得确定设备不能转售时的理论价值变得可能。区分剩余账面价值和剩余经济价值是有用的。由于这个原因，展望并提出了两种用于计算重新部署费用的方法：

- 使用剩余账面价值计算；
- 使用剩余经济价值计算。

## 3 使用剩余账面价值计算重新部署的成本费用

当放弃者持有正常账户时，尤其适合采用账面价值方法。此外，在商业活动的情况下，这种方法考虑了放弃者已经享受的、有关其设备折旧的税收优势。

### 3.1 评估用户放弃频段的成本费用

转向频谱的其他部分或退出频谱

首先必须确定的是，如果放弃用户继续从事其活动，是否需要责成他使用无线电频率。如果是（例如，对移动业务的运营商而言），放弃用户将移向另一个频段，并需对转向另一部分频谱的这一转变之费用“ $C_d$ ”进行计算。如果不是（例如，对拥有固定无线电链路的实体而言），需要考虑以下两种假定：

- 用户转向一个不同的频段，需要计算 $C_d$ 费用值；
- 用户放弃使用现有的频率，而使用一个可选的、有线系统，需要计算 $C_s$ 费用值，相当于从无线电频谱中退出。

在这两种假定之间的选择只采用了经济准则，结果是采纳两者中费用较低的那种。

令 $C_i$ 为因用户离开频段而发生的费用。如果责成用户占用一个不同的频段，那么 $C_i$ 等于 $C_d$ ；如果用户有可能采用有线方案，那么 $C_i$ 等于 $C_d$ 和 $C_s$ 中的较小者。

### 3.2 剩余账面价值 $V_{cr}$

本方法补偿放弃用户设备的使用期限，对用户设备采用剩余账面价值“ $V_{cr}$ ”，设备的剩余账面价值通常定义为：

$$V_{cr} = \text{可用设备的购买价格} - \text{折旧}$$

$V_{cr}$ 表示仍可以进行折旧之设备的价值的一部分。如果在折旧阶段，那么其拥有者不可再用此设备，其后，根据会计学理论，将产生一个等于 $V_{cr}$ 的损失

### 3.3 更新成本费用

由于技术的演化和设备的老化，要求频段的占用者更新其设备，甚至是在频段无任何改变的情况下。令 $C_r$ 为设备更新成本费用，更新的设备具有相同的特性并使用相同的频段。在这种情况下， $C_r$ 表示频段占用者将产生的费用，即使在不进行任何频谱重新部署时。

### 3.4 重新部署成本费用的计算

假设频段用户的现有设备剩余账面价值为 $V_{cr}$ ，由于重新部署，他不得不撤出该频段。放弃频段意味着他不得不支付相当于 $C_i$ 的费用（见第3.1节），以便继续他的活动。撤出频段的事实可能意味着他不可能使用现有的设备，因此会引起相当于 $V_{cr}$ 的损失（见第3.2节）。如果他想继续使用那个频段，那么他需要支付相当于 $C_r$ 的费用（见第3.3节）。因此可得出以下关系

$$\text{重新部署费用} = \text{责成用户放弃频段的额外费用} = C_i + V_{cr} - C_r$$

注释：

- 如果计算得到的重新部署费用是一个负数，那么意味着用户放弃其当前占用的、自身协定的频段是有利的；
- 在每种情况下，计算频段重新部署费用时，需要专家评估以建立现有网络和新网络的实际费用。

计算结果对折旧程度和现有网络的体系结构非常敏感。

#### 4 使用剩余经济价值计算重新部署的成本费用

经济方法使之变得可能，在其他因素中，抛开以下两方面：

- 设备实际的工作周期可能不同于记账上的工作周期<sup>40</sup>（由折旧周期决定）的事实；
- 放弃的用户可能不采用折旧机制。

#### 分析网络的价值

一旦进入者认识到使用无线电波提供其业务是有利的，以及当确定进入者的价值比放弃者的价值加上转变的费用还要大时（换句话说： $U_{incomer} > U_{outgoer} + C_{removal}$ ），那么放弃者有5种选择：

- 放弃者停止活动：放弃者提供的业务其社会价值小、技术过时或提供的业务不再是恰当的；在所有的这些情况下，放弃者停止其活动更可取。
- 为单一业务共享频段：现有的运营商使用频率的效率不高或不能保证使用的数量；在这种情况下，如果没有技术阻碍，他可以同意另一个运营商提供相同的业务。
- 在不同业务间共享频段：进入者可能利用主频段，而不要求现有的运营商将其业务移开，后者可以继续使用频谱而不受进入者的干扰。该方案通过共享频段来提供不同的用途。
- 放弃者将其活动转至另一主频段：进入者排他地使用整个频段，现有的运营商必须将其活动转至另一频段。
- 放弃者将其活动转向一个完全不同的平台：进入者希望从整个频段的排他性使用中获益，而现有的运营商必须移开其活动。调查表明，放弃者在其他频段开展活动的费用比在有线（电缆、光纤等）支持下开展相同活动的费用要高。对于一个未改变的业务，放弃者撤出频段并转向一个可选的平台更可取。

每一个这种例子都可以通过对不同的投资选择方案进行经济学分析来解决。

参考在法国已经完成的工作，即当地回路的分类计价和网络费用的计算，通过比较不同的选择方案（也指“配置”）来检查频谱重新部署的费用。以运营商为例，假定他撤出了其频段（全部地或部分地）并转向一个不同的频段或一个不同的平台（或仅仅调整了他所用的频段以适应另一个运营商）。运营商的撤出（称为放弃者）不一定是他的损失。移开必定涉及一个对放弃者的奖励，否则，他将不撤出频段或试图拖延撤出。同样地，运营商移开不一定给其机构带来利益。因此，需要通过计算“公平的”补偿来找到一个平衡点。这通过比较以下两种情况来实现：第一种情况是放弃者需要承担移开费用；第二种情况是同一运营商不必移开，如果他移开，只需承担其设备的更新费用

<sup>40</sup> 记账上的折旧不同于经济上的折旧。已经彻底折旧的设备在替换之前常可以继续再使用几年。在具体的科目上，经济上的折旧是指折旧科目（一年内设备标称价值的损失）与代表折扣率 $k$ 下固定资产补偿的科目（或资本费用）之和。只有那部分资本的补偿，它通过借款（债务）筹措，可以包括在财政费用中，记录在账目中。因此，对应固定使用费用（投资除以账目中所用的设备周期）的记账上的折旧以及下跌的财政费用，表示了相比经济上的折旧在覆盖范围方面的差别。对于后者，补偿适用于在议之投资的总的资本价值，假定那部分资金实际上来自内部。因此它包括财政费用相当的价值以及源自自身资源的投资补偿（股东的补偿等）。

## 5 重新部署的资金和过程

### 5.1 重新部署的资金

重新部署的资金由负责管理频谱的机构（AFNR：Agence Nationale des Fréquences）管理，有一个与AFNR总的预算严格分开的特定预算。可以通过几种方式获得经费，包括从公共实体得到重新部署所需的资金。到目前为止，惟一的资金资助来自财政部。

财政部提供资金的最初部分，在每年3百万欧元的基础上，增加一定额外数量的费用，这些费用根据所处理的案例每年逐一确定。从1997年到2001年，来自财政部的费用已累计6千5百万欧元，为的是转向适应GSM 1800、IMT-2000和SRD应用（包括蓝牙）。后期，费用也将来自私人。当用户获得新的频段时，可能要求他们向基金捐款。例如，GSM运营商在2002年将为1.8 GHz频段上的额外频率支付费用，在权威机构批准后，也就是2001年9月，IMT-2000运营商也将支付费用。

从重新部署资金中受益的部门和独立的权威机构（或代表此目的的实体）与AFNR签署了重新部署协定。

ANFR委员会，代表所有相关的部委和权威机构，批准了这些协定。到2002年6月30日为止，所有签署之协定的累积值已达5千9百万欧元。已经从重新部署资金中受益的实体主要是运营商——法国电信和国防部。其他显著的受益者是EDF和SNCF。

### 5.2 重新部署的过程

在重新分配频段之前，主管部门中负责指配频率的部门启动了重新部署过程。在法国，主管指配频率的机构为“affectataires”。

根据他们的请求，政府委派给ANFR的任务如下：

- 准备评估各种费用因素和重新部署原则；
- 提出一个重新部署实施进度表；
- 组织对过程的监督；
- 管理重新部署资金。

为完成这些任务，ANFR依靠许多委员会，在委员会中寻求一致。重新部署实施过程中涉及以下委员会：

**CPF：**频率规划委员会。

该委员会接收、调查和协调来自affectataires的、有关频率的要求。

它有以下任务：

- 起草和更新国家频率分配表，必要的话，协调频段的使用；
- 调查所有具有国家或国际影响的频率使用和分配相关问题；
- 向CAF发出指示：频率指配委员会，它向CPF负责，CPF作为它的请求实体。

**CSPR：**无线电通信综合与预期分析委员会。

CSPR负责无线电频率频谱的预期分析，着眼于优化公共和私人用户对它的使用，并提出有关以下方面的建议：电磁兼容性规则、用于确保无线电系统恰当使用的频谱工程和标准。

CSPR负责召集相关部门的代表，以及相关的、其网络向公众和行业开放的运营商的代表。

CSPR在以下4个分委员会的帮助下开展工作：

- CCE：电磁兼容性委员会。
- CVS：频谱价值委员会。
- CRDS：频谱评估委员会。
- CFRS：频谱重新部署资金委员会。

通常，所有决议都是一致同意才通过。不过，当不是一致同意时，决议由ANFR委员会来决定，ANFR是频率频谱相关事务的最高决策实体。在ANFR委员会某个成员的请求下，首相办公室可以启动一个请求程序。

到目前为止，所有的重新部署案例均使用通常的程序进行处理，在有关的委员会中获得了一致同意，并保证了彻底的透明性。

## 第6章

### 附件3

#### 频谱拍卖示例 (大韩民国)

##### 1 引言

频谱拍卖是在难以对频率指配设定一个标准市场价格时通过拍卖，在竞争基础上为市场上的商用移动通信确定频率指配价格的方法。

在过去，一直通过频谱收费指配为移动通信指配频率，但这种方法不能完全反映其经济和市场价值。因此，由于对有限的频率资源的需求增加，引入拍卖作为基于市场的频率指配方法。

据评估，在基于市场的竞争中指配稀缺的频谱资源时，面向移动运营商进行频谱拍卖是行之有效的。

大韩民国在此与其他国家分享其在较短的时间内为移动通信业务指配频谱方面的各种经验。

##### 2 历史

修订《无线电波法案》的计划（包括引入频谱拍卖制度）于2010年7月获得批准，并于2011年1月1日起生效。

在经修订的《法案》中，基于价格竞争的频率指配（如拍卖）成为首选的方法。然而，在相关频率没有竞争性需求的特殊情况下，可通过频谱收费指配（而非拍卖）来为移动运营商指配频率。

在频谱收费指配的情况下，应考虑到根据频段的价值和系统带宽预期的频谱经济价值。此外，还应考虑到下列事项：

- 无线电资源的利用效率；
- 申请人的经济能力；
- 申请人的技术能力；
- 待指配的频率的技术特点，相应的频率划分对电信企业和其他必要项目的影响。

##### 3 拍卖方法

关于在拍卖会上出售800 MHz、1.8 GHz和2.1 GHz三个频段，三个频段的拍卖必须同时进行，拍卖方法应为同步升价拍卖，按第6.4.1节所述，通过一个以上竞标程序（轮次）确定获胜者。

标底价格指可能的投标价格范围内的底价，进入下一个轮时不断递增。

标底价格是在第一轮底价，从第二轮起，标底价格通过上一轮第一竞标价格加上增价进行计算。

每一轮结束后，将每个频段的最高标价格记录在案。而后下一轮开始时，将每个频段的标底价通知各竞标方。

## 4 频谱拍卖的流程和结果

### 4.1 首次频谱拍卖

2011年8月。

### 4.2 指配目标

目标频率为800 MHz 频段（带宽10 MHz）、1.8 GHz 频段（带宽20 MHz）和2.1 GHz 频段（带宽20 MHz）。

频率指配目标的带宽不得超过每运营商 20 MHz。

### 4.3 指配日期

800 MHz频段于2012年7月1日指配，1.8 GHz和2.1 GHz频段将在结果公告之日指配。频率使用期限为从频率指配通知之日起的10年。

### 4.4 最低竞价

800 MHz频段标底价格为2610亿韩元，1.8 GHz频段为4455亿韩元，2.1 GHz频段为4455亿韩元。指配目标频率和拍卖结果见表1。

表1  
指配目标频段和拍卖结果

频段	指配目标频率[MHz]		指配日期	指配期	成功竞标价格
	上端	下端			
800 MHz	819-824	864-869	2012年7月1日	10年	2610亿韩元 (A 公司)
1.8 GHz	1755-1765	1850-1860	通告日期	10年	9950亿韩元 (B 公司)
2.1 GHz	1920-1930	2110-2120	通告日期	10年	4455亿韩元 (C 公司)

4.5 在韩国，拍卖制度的实施被认为是成功的，亦被视为未来商业频率指配政策的基础。

## 5 结论

审查拍卖流程和结果后，政府确认拍卖过程稳定，并提高了频率指配的公平性和有效性。

### 参考资料

#### ITU-R 案文

ITU-R SM.2012报告 频谱管理的经济方面

#### CEPT 案文

ECC第53号报告“CEPT国家用来为无线电主管部门融资的成本分摊和计费系统”。



## 第 7 章

### 频谱管理活动自动化

#### 目录

	页码
7.1 引言.....	195
7.2 频谱管理活动的应用.....	195
7.2.1 何时需要频谱管理过程自动化.....	196
7.2.2 频谱管理过程自动化的益处.....	197
7.3 自动化频谱管理系统的主要组成部分.....	198
7.4 从手工系统向计算机化系统的转变.....	200
7.5 结束语.....	202
参考文献 .....	203
附件1 – 国际电联的计算机化频谱管理系统 (SMS4DC) .....	204
1 引言.....	204
2 SMS4DC的开发过程和特性 .....	204
3 SMS4DC的主要功能 .....	205
附件2 – 马来西亚的无线电频谱管理 (案例分析) .....	206
附件3 – 频谱管理和监控系统 (SAAGER) 介绍.....	208
1 引言.....	208
2 频谱管理系统.....	209
3 频谱监控.....	213
4 CONATEL对系统的使用 .....	217
5 其他用户对CONATEL所用之自动化频谱管理系统的经验.....	218
附件4 – 中欧和东欧频谱管理软件和自动化的例子.....	221
附件5 – 土耳其的国家频率管理.....	224
附件6 – 更新原有的频谱管理系统.....	233
1 概述.....	233
2 挑战.....	233
3 目前状况.....	234
4 向现代化统一集成系统的发展趋势.....	235
5 高级的频率管理系统.....	238
6 转换至FMS.....	240
7 未来.....	240

	页码
8 总结.....	241
附件7 – 秘鲁的国家频谱管理和监控系统.....	242
1 引言.....	242
2 频谱管理系统陈述.....	244
附件8 – 博茨瓦纳（共和国）的国家频率管理和监测系统.....	252
1 引言.....	252
2 频谱管理系统描述.....	253
3 频谱监测系统描述.....	259
附件9 – 欧洲邮电主管部门大会（CEPT）采用的计算机化工具和开展的自动统一活动	264
1 引言.....	264
2 SEAMCAT.....	264
3 EFIS.....	265
参考资料 .....	269

## 7.1 引言

当数据量巨大且分析研究需求复杂而多样时，自动化技术就变得必需。自动化还可改善有限的分析技术和数据库的利用。计算机系统会以一种便于检索的方式提供一些数据储存手段，以便数据处理、生成数据相关的报告，并进行分析研究。

效费比高的、可以进行大量数据处理或复杂分析研究的计算机系统已经问世一段时间了。随着技术发展，计算机系统成本不断降低，而计算能力不断提高。对每个主管部门来说，将计算机技术用于频谱管理已成为一种可行的方法，包括对那些频谱管理需求或数据库比较小的主管部门。电信发展局（BDT）已赞助制定了目前以多种语文提供的发展中国家频谱管理系统—SMS4DC。本章附件1概要描述SMS4DC，同时，《国际电联计算机辅助频谱管理技术手册》中的一个附件对SMS4DC做出更为详细的介绍。

无线电通信局负责检查计划中的频率指配，并分析潜在的干扰问题。在结果肯定的情况下，把这些指配记录在主国际频率注册表（MIFR）中，或对计划进行更新。最为重要的是各个主管部门也从事着类似的活动。尤其是，为了高效利用无线电频率频谱资源，必须具备标准的数据文件和分析技术，以供所有的主管部门使用。

本章的目的就是介绍该问题，参考了最近一些与该问题有关的文件。不过，本章无意取代ITU-R手册—用于频谱管理的计算机辅助技术（2015年）或无线电通信第1研究组已经准备好的、有关该问题的各建议书。

## 7.2 频谱管理活动的应用

不论频谱管理过程的规模、频率或复杂性如何，应在部分或全部国家频谱管理活动中使用计算机。不同主管部门对频谱管理的要求各不相同，会有很大差别，而且对各主管部门来讲，开发满足其特殊要求的数据库和工程应用是很重要的。在决定这些需求时，一个主管部门应考虑国家的需要以及国际协议。

自动化能够支持频谱管理的各种职能，这些职能包括：

- 频率规划；
- 频率分配；
- 频率指配和许可证发放；
- 频率协调；
- 国际通告；
- 标准、规范和设备授权；
- 监控活动；
- 保存和维护频谱管理数据；
- 高级的统计报表；
- 提供查询接口；
- 费用和自动的更新通告；以及
- EMC计算，包括传播。

每个频谱管理系统一个非常重要的组成部分是各种信息的数据库。在无线电通信数据字典（ITU-R SM.1413建议书）中对许多数据项都有描述。为了快速而经济地实现频谱管理自动化，建议主管部门只选择那些满足其频谱管理需求所必需的数据元素、数据文件和数据

库。需要包括用于国际协调的数据元素列表。为了制定一个数据获取、维护和检索的公用方法，频谱管理数据可以包括以下几类：

- 频率分配数据；
- 频率指配数据；
- 许可证持有者数据；
- 设备特性数据；
- 费用；
- 地理地形数据；
- 频率协调数据；
- 频率通告数据；
- 频率监控数据；以及
- 执行数据。

### 7.2.1 何时需要频谱管理过程自动化

在任何一个国家考虑实现频谱管理过程自动化时，首先遇到的一个问题必定是：“它是否真的需要？”每个国家的回答都是肯定的：“需要”。不过，如果自动化频谱管理系统未能恰当设计，那么它可能是一个沉重的负担，而不是主管部门的好帮手。

为使自动化频谱管理系统取得成功，几个方面的问题必须解决，它们与提出项目的主管部门有关。需要考虑和解决的几个方面问题包括：

- 有一个用于频谱管理的监管基础设施。这意味着已经存在一个频谱管理职权部门及其支持机构。它们包括但不限于：立法、监管和执行的政策和过程；
- 定义应用计算机辅助频谱管理系统的范围和项目目标。为什么要考虑实现自动化？在主管部门的要求中，是否已经下达了新的指示，要求将资源重定向给其他职能？自动化看起来是否是一个增加工作量的工具？每个频谱管理单元中的哪些过程或任务可以进行自动化？某些手工过程是否留下不动会更好；
- 确定可用的内部和外部资源分配。对项目需要的财力和人力资源必须做好评估。此外，它是否需要获得特殊的筹款授权；
- 系统如何实现或开发？是利用内部资源进行开发，还是通过合同进行开发，或购买可用的软件，或这些方式的组合？主管部门是否拥有所需的监管和技术专家？它是否需要援助；
- 限制或边界条件是什么？如何有，是否会影响自动化系统的开发？项目规模是否将要求把开发工作分为多个阶段或多年进行；
- 制定工作计划和进度，显示项目阶段、任务和状态报告里程碑。利用图形化工具描述工作计划和进度，如Gantt图；
- 定义用户指标。必须明确定义最终用户的要求和指标，确保正确转化为详细的设计指标。必须明确定义需要实现自动化的频谱管理职能范围及其自动化程度。在签订的任何合同中都必须包括对工作的明确而全面的论述；
- 确定操作要求。每项任务或活动都包括自己的操作要求，必须利用流程图或伪码，通过一系列步骤对其做出清晰解释；

- 建立功能和技术指标。这些指标描绘了系统的进展，是详细设计的基础；
- 现有系统和操作中组织和过程文档的可用性。系统开发者需要查阅这些文档，在开始转化现有操作和过程之前，他们首先需要成为类似的监管/技术专家；
- 如果考虑承包商，那么必须对其以往的业绩进行检查。承包商是否拥有所需的、技能高超或经验丰富的系统开发者，来负责项目的开发和实现？应对其以往交付的合同进行检查，以便确定或评估相关的经验是否可以用于提议的合同中。

上面所列各项是一个指南，用于指导主管部门考虑、决定是否建立、设计、开发和实施一个计算机化的频谱管理系统。

### 7.2.2 频谱管理过程自动化的益处

计算机辅助技术已成为各主管部门的一个共同工具，帮助它们管理数据，并开展与频谱管理相关的分析研究。另外，技术的发展使计算机系统的成本不断下降，尤其是功能强大的微计算机，使得在频谱管理中应用计算机辅助技术成为一个实用的解决方案。

为使计算机辅助解决方案在频谱管理中发挥最大效益，首先需要对在某个特定的频谱管理领域中应用计算机系统进行评估，应对目前可用的各种计算机硬件和软件类型进行分析。它们应嵌入某个明确定义的结构中使用，该结构应具有良好定义的国际频谱管理功能。

一旦这么做了，通过适时、有效地完成以下任务，各主管部门将从集成化的系统中获得益处：

- 验证频谱指配要求是否符合国家和国际频率分配表及其相关的脚注；
- 验证建议在某特定无线电通信链路中使用的设备集（发射机、接收机和天线）之前是否提交过并通过了适当的认证过程，或是否满足其他相互认可的协议标准；
- 通过考虑细节，如地形特征，选择适当的信道，对频谱指配要求做出更加准确和优化的响应；
- 许可证和发票的自动化、分散在线发放和更新（法律必须允许电子签名）；
- 正确处理无线电通信监控数据（参见ITU-R手册-《频谱监控》（2002年，日内瓦））；
- 建立一个更加迅捷的系统，以便对客户频谱使用情况进行全面记录和实时记账；
- 考虑到可以实现自动的数据确认过程，因此应能更加准确地准备并以电子表格形式向国际电联提交通告表格；以及
- 实现各主管部门之间或主管部门与国际电联之间的数据电子交换（参见ITU-R SM.668建议书）。

支持所有这些功能的数据元素总数是相当大的。许多数据元素的需求很大程度上受国家职权部门目标的影响。比如，为得到有意义的和正确的EMC计算结果，所需的数据量将随着频谱拥塞状况的增长而增长。这与一个国家使用的无线电通信设备的密度以及该国的基础设施有关。根据ITU-R手册 - 《用于频谱管理的计算机辅助技术》（2015年，日内瓦）附件1，对所有文件，可导致几百个数据字段。不过，在多数情况下，需要的数据可以减少到有限数量的基本数据元素。

国际电联的许多活动已经实现自动化。无线电通信局的陆地分析系统（Terasys）和空间网络系统（SNS）是该局使用的一个计算机化工具，用于处理各主管部门提交的频率指配通告。该系统还用于维护《主国际频率登记表》，以及频率指配计划。可以以多种形式得到这

些数据，包括CD-ROM。因此，这些数据可以方便地以国内使用的确切的格式形式或以数据库形式进行查询。每周还可以以电子表格方式得到《无线电通信周报》（BR IFIC），有关通告和记录的指配信息保存在光盘上。

### 7.3 自动化频谱管理系统的主要组成部分

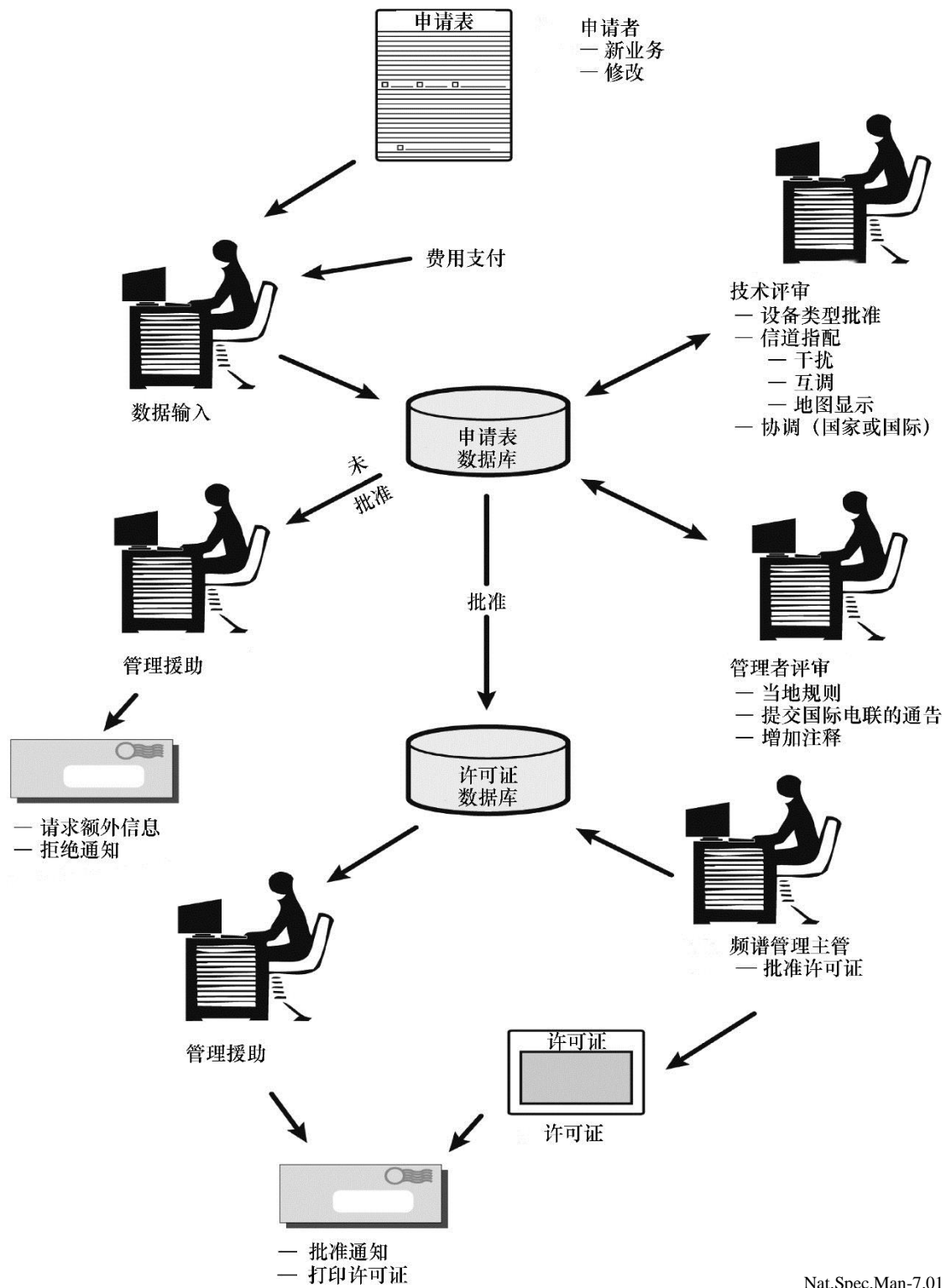
为了评估在特定频谱管理条件下的计算机系统应用情况，必须对各种类型的计算机软硬件进行分析。一个计算机化的频谱管理系统的例子如图7.1所示。

必须明确定义数据流（必须明确数据从哪里来，对它做哪些处理，以及到哪里去）。数据文件的结构以及储存在其中的记录和字段也要明确定义。还要确定数据的容量、更新的频率以及升级的程序。

希望使用特定频谱工程模型的主管部门必须小心，应确保能够得到并维持使用这些模型所需的数据。要求对数据和数据库进行仔细设计，包括更新的方法，以便能够从计算机化的频谱工程模型中得到可用的输出。

图7.1

有关许可证申请的计算机化处理过程举例



为推进引入无线电频率管理的自动化，商定的数据元素应当包括在未来的双边或多边协议和约定中。因此，国际上应就基本数据元素的定义、格式和可能的编码达成一致意见。数据格式还必须与无线电通信局（参见ITU-R SM.668和ITU-R SM.1413建议书）相协调。这也意味着所需数据元素列表不可能是最终的，必须不断修改以适应新的发现和要求。这之后，可开发应用软件、确定任务并规定责任。只有这样，一系列兼容的软硬件产品才能得以检验并准备引入或修改。在该选择过程中，维护支持的可用性是另一个重要的因素。另外，应具备称职的工作人员，对其进行培训并储备，以便保持连续性。在所有这些工作完成之后，就可以制定一个有关引入国家频谱管理自动化的战略和规划了。

ITU-R SM.1370建议书包含有关开发自动频谱管理系统的设计指南。私营公司和BDT都已开发了符合SM.1370所述指南的软件。如上所述，BDT开发的软件名称为SMS4DC。BDT已举办了多次培训班，以便各主管部门能够有效使用该软件。

监管机构有望从自动化中得到以下特定工具：

1. 一个方便申请表和许可证处理的系统。
2. 一个用于收费管理的会计系统。
3. 工程分析工具，通过分析避免干扰，或许鼓励有干扰处进行标准化，以便不同的国家能够在其边界处就业务应用达成相同的结论。
4. 用于显示的地图和地理信息系统。
5. 便于使用的、与频谱监控设备的直接接口。

有关有待自动化的设备的更多信息，请参见ITU-R SM.1370建议书。

监管机构无望从自动化中得到以下特定工具：

1. 频率的自动指配。
2. 自动频点规划。
3. 蜂窝系统的服务质量。

#### 7.4 从手工系统向计算机化系统的转变

从手工到自动化分析技术的转变具有众多优点，这种转变随着处理数据的大量增加是必然的发展趋势。

在开始向自动化系统转变之前，应当考虑到以下各因素：

- 在开始自动化系统前，应对基础设施进行分析、规划并实施。此规划所需的一些步骤如下所述：
  - a) 研究能用于将已有手工程序改造成自动化系统的方法；
  - b) 用户对新程序的接受程度；
  - c) 为实现自动化任务，对核心的专业人员进行培训；
  - d) 开发和长期应用所需资金的可用性；
  - e) 拥有可提供本地和长期支持的计算机供应商，包括对设备（硬件）和程序（软件）的支持；以及
  - f) 对所需的数据水平进行分析、权衡。
- 从手工到自动化过程的转变最初会产生新的问题。



- 系统开发和实施初期开支可能会很大。用户应认识到，在他从自动化系统中获得所有优点和财政利益之前，是需要一段时间的。

在频谱管理操作中，各个主管部门都使用一套其独有的文件集（许可证、申请表、分配计划、发票等等）。这些文件常常是手工填写的纸质文件，虽然目前有一些文件已经以电子形式存在。为了有效实现向自动化频谱管理系统的转换，绝对需要对现有的所有文件进行仔细分析，以便符合频谱管理主管部门的特定需求，并提供所需的输出格式。实现从现有系统到新的自动化系统的转换有赖良好的转换计划以及为满足这些特定需求所做的努力，并对所需的文件进行转换，以供新系统使用。必须充分了解目前主管部门所用数据的变化情况，以便能够被自动化系统成功替换。这些要求应成为主管部门与承包商之间有关合作伙伴关系的合同框架的一部分，这对系统的成功实施是非常重要的。在任何招标过程中，建议主管部门向潜在的承包商提供输入和输出需求，提供当前的数据注册表，以便其对转换工作做出正确评估，看其能为此提供哪些支持。作为转换工作的一部分，主管部门还应对其自身的人力资源做出正确评估，确保拥有所需的人员。允许对承包商的能力进行更加严格的评估，以便各项资源得到更好的保证。

过去，在此类项目中，已经出现过许多有关合同方面的问题。有关合同规定的争论只会给双方带来不好的感觉。最好设计一个转换过程，它认识到，为了推动工作的顺利进行，所有各方都需要付出巨大努力。指手划脚无助于各方达成满意的结论。出于这些原因，非常有必要用一个正式的过程来规范现有的数据收集过程，数据来源如下所述：

1. 确定所有现有数据的类型和格式，包括操作数据和管理数据，如一般性的管理数据（部门、区域代码、收费规则、工作流程步骤、许可证类型、设备认证类型、持有者类型，……），以及一般性的技术数据（服务类型、站类型、设备类型、移动电话类型、频率计划、保护比、信道外拒绝曲线，……）。通常我们可以定义两种类型的数据：
  - 非重复数据（有时称为参考数据），如频率计划、分配等等；
  - 重复数据，如管理数据和技术数据。
2. 确定详细的现有数据转换策略，包括有待转换的数据列表、主管部门将用于数据提供的表格、主管部门数据交付时间表、承包商数据转换时间表、用于验证转换过程是否成功实施的测试，以及用于验证转换过程是否已经完成的测试。

共享的责任应成为合约的一部分，以避免误解。这些文件应对需要完成的工作、工作进度、以及各方责任性质做出描述。需要明确基本数据和操作数据，主管部门将以适当的格式对数据进行收集，并在转换之初提供给承包商。主管部门提供的数据应是有效的，并应去除冗余部分。任何手工记录的数据通常会被转录为一种中间的电子格式（如EXCEL）。而后利用承包商依据需求文件提供的脚本将该数据纳入新的系统中。

在数据转换过程中，主管部门必须明确指出对提供给承包商的原始数据所做的任何改动，原因是，在转换过程中，承包商不对数据做这些改动。一旦数据成功转换并得到验证，主管部门将需要使用新的系统输入这些改动。如果主管部门和承包商之间的合作伙伴关系能够得到所有各方的良好理解，那么处理工作会非常高效。

## 7.5 结束语

随着数据量、事务处理量、分析操作数量和复杂性的增加，维持人工频谱管理系统的费用也随之不断增加，因此，使用自动频谱管理系统已成为必然趋势。现在的计算机系统已具备了所需的处理能力和数据存储能力，能以合理的价格提供良好的性能。

第1研究组已制定了描述自动频谱管理系统（ASMS）设计指南的建议书（ITU-R SM.1370），该建议书应成为主管部门招标进行此类系统设计开发的基础。BDT提供符合该建议书的发展中国家频谱管理系统软件 – SMS4DC。

本章附件2到附件9中包含了若干研究案例，用于辅助主管部门考虑有关自动化的动议。希望这些案例研究有助于避免重复出现此类系统购置或开发过程中曾经出现的共同错误。对此处所述的任何系统不存在任何明示的或暗示的认可或批评。系统进行过程中有助于或有碍于系统取得成功的步骤才是论述的重点，而不是具体系统的细节。

## 参考文献

- ITU-R手册 频谱监测（2011年，日内瓦）。
- ITU-R手册 应用于频谱管理的计算机辅助技术（2015年，日内瓦）。
- ITU-R 案文**
- ITU-R SM.668建议书 用于频谱管理目的的电子信息交换
- ITU-R SM.1047建议书 国家频谱管理
- ITU-R SM.1370建议书 用于开发高级自动频谱管理系统的设计导则
- ITU-R SM.1413建议书 用于通知和协调目的 无线电通信数据词典
- ITU-R SM.1537建议书 带有自动频谱管理的频谱监测系统的自动化和集成

## 第7章

### 附件1

## 国际电联的计算机化频谱管理系统（SMS4DC）

### 1 引言

国际电信联盟电信发展局（ITU-BDT）可提供一种便于发展中国家更有效地履行频谱管理职责的计算机程序，该程序称作发展中国家频谱管理系统（SMS4DC）。SMS4DC是一种低成本的入门级频谱管理系统，但却是一种拥有多种技术特性和功能的复杂软件工具。

开发SMS4DC软件的目的是给发展中国家一个高效、有效的无线电频谱管理工具，主要针对广播、固定和陆地移动无线电业务，从而加速这些国家中无线电技术的发展。

### 2 SMS4DC的开发过程和特性

ITU-R和ITU-D开发的首个频谱管理软件 – 基本自动频谱管理系统（BASMS）于1995年发布。该软件使用FoxPro语言并在MS-DOS平台上运行。随后（1997年）向发展中国家免费提供该软件的视窗版（WinBASMS）。WinBASMS的设计理念是便于单一用户使用和维护且支持《国际电联国家频谱管理手册》规定的多数功能要求。

2002年，无线电通信第1研究组批准了新的ITU-R SM.1604建议书，呼吁对WinBASMS予以完善/升级。此外，2002年世界电信发展大会（WTDC-02）决定进一步开发计算机化频谱管理系统。SMS4DC是WinBASMS的继任软件，按照国际电联电信发展局（BDT）和无线电通信局（BR）根据前ITU-R SM.1048建议书确立的规范开发。

对该项目予以协助并监督和报告其进展情况的工作由ITU-R和ITU-D WTDC-02第9号决议联合组负责。自愿专家组举行过若干次非正式会议，目的是起草有关升级的规范。在该自愿专家组框架内，确立了详细的技术规范，涵盖增强基本系统及其有关先进系统基本要求的目标。2004年底向BDT介绍了旨在得到实施的综合技术规范。在这些最终技术规范基础上，开发并发布了SMS4DC这一新软件，用于管理陆地移动、固定和广播业务的频率指配以及地球站的频率协调（《无线电规则》附录7规定的程序）。

SMS4DC可用于支持《国际电联国家频谱管理手册》确定的多数功能要求。

应当强调指出，为成功安装和运行SMS4DC，各主管部门应已出台有关国家频谱管理的法律法规和技术机制。此外，尽管该系统实现了多数技术流程的自动化，但有关频率指配的最终选择和决定仍然需由工程师做出。因此，负责操作工作的人员必须具备足够的知识，理解构成SMS4DC运行核心的规则和技术流程，并正确解释相关算法结果，以便做出正确决定。

#### SMS4DC的主要特性包括：

- 用户友好的图形用户界面（GUI）
- 纳入了国际电联的IDWM
- 可在网络环境中安装
- 提供不同用户接入等级

- 在服务器或工作站上使用数字地貌模型（DTM）
- 对共用分层行政数据库予以管理
- 综合了若干传播模型
- 在DTM上演示计算结果
- 生成无线电通信局电子通知单
- 干扰计算
- 频率指配
- 考虑到了区域/国家频率划分表
- 在技术计算中考虑到了区域性协议
- 频率规划能力
- 与BR-IFIC数据库相连接
- 生成情况通报报告
- 采用国际电联围绕地球站的协调等高线计算模块
- 频谱计费管理
- 链路预算计算
- 进行审计控制的用户记录
- 英文和法文软件界面（很快也将提供西班牙文）
- 指向Argus（R&S）和Esmeralda（泰雷兹）监测软件的链路
- 与谷歌™地图连接的界面
- 按照GE06协议做出计算。

### 3 SMS4DC的主要功能

- 行政管理功能。该功能在相关数据库管理系统上实施，旨在确保行政管理数据的完整性和一致性。它提供进行各种行政工作的用户屏幕，包括频率申请记录、频率指配记录、许可记录、干扰记录、频率测量记录和频谱收费记录。目前而言，仅以英文提供该程序，很快将拓展至法文、西班牙文和俄文。
- 工程分析功能。该功能提供一种增强型分析工具，以处理申请方提出的频率指配。该功能还可在特定条件下计算一个或多个发射机与受影响接收机之间的干扰情况。
- 图形用户界面：显示DTM的用户友好界面，能够移植标准地图格式，包括全球地图并显示地理地图，同时提供多种输入功能、菜单项目、在地图上分配新的台站并搜索和显示地图上的一个或一组台站。

《国际电联计算机辅助频谱管理技术手册》提供有关SMS4DC的详细信息。

## 第7章

## 附件2

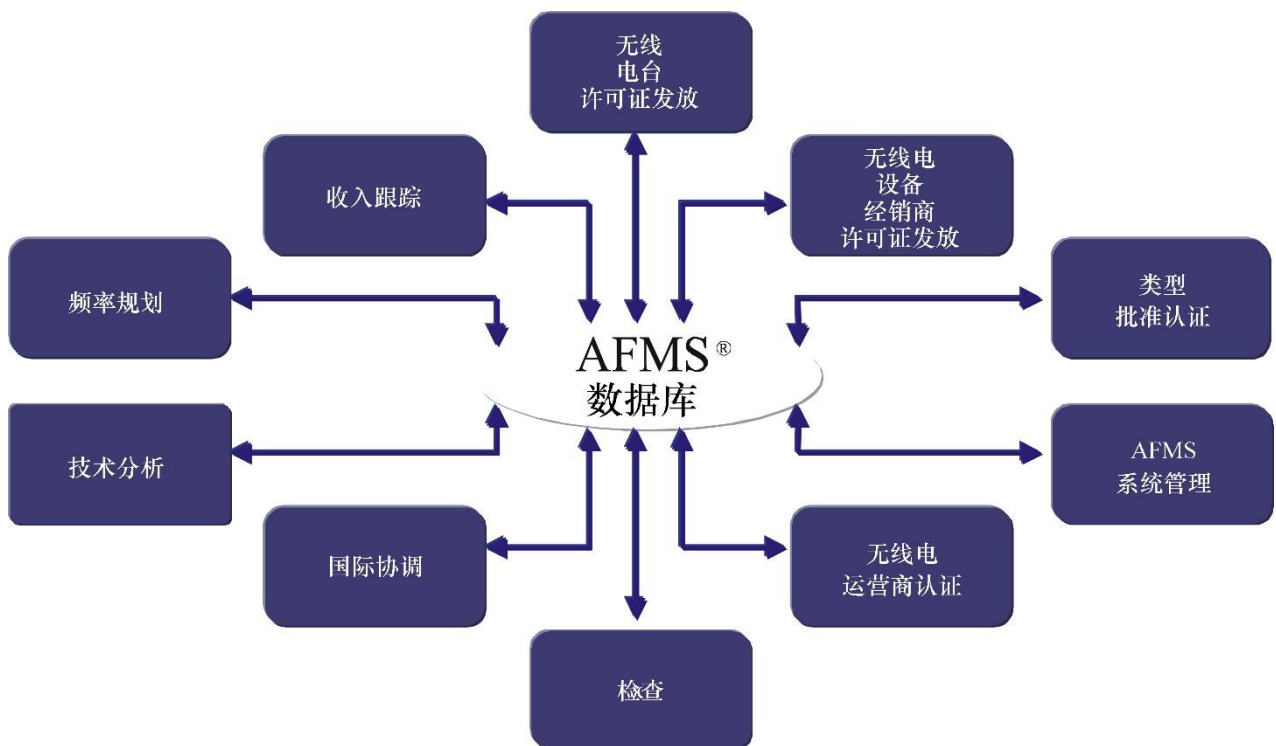
马来西亚的无线电频谱管理  
(案例分析)

AFMS是一个基于Windows的计算机系统，它包括用于管理大量关于无线电台许可证发放信息的所有要求。AFMS基于国际标准和技术规范。AFMS中包括一个用于输入来自无线电台应用信息的数据输入模块，如图7.2所示，它还包括以下模块：用于收入管理和控制的模块、频率规划模块、技术分析模块、频率协调和通告模块、频谱控制模块、经销商许可证发放模块、授权和自动无线电台许可证产生与更新模块。所有这些模块工作在一个频率指配和许可证发放数据库中，数据库采用ORACLE结构。

马来西亚政府签订的自动频率管理系统基于加拿大的频谱管理模型。该系统是根据用户要求定制开发的，符合JIM的要求。系统集成度很高，而且包括一个运行在集中式VAX网络上的综合频谱管理系统，它位于首都吉隆坡，包括一个无线电监控系统接口。

图7.2

AFMS模块



在安装AFMS之前，马来西亚政府使用一个基于纸质的文件归档系统来保存其所有的频率指配记录和相关的许可证发放信息。纸质文件已经证明是低效的。纸质文件形式的频率指配、收入和许可证发放记录已经证明是难于控制和管理的。对马来西亚的无线运营商来说，有害的干扰正成为一个严重的问题，它们担心其运营可能最终受到损害，并需要昂贵的费用来解决。随着在马来西亚这样一个快速发展的社会里无线电台数量的日益增加，自动化的频谱管理系统显然是必要的。

由于缺乏完整和准确的信息以及不恰当配置的频率指配频道，AFMS的安装比预期的要困难得多。完整和准确的信息对于建立一个有效的频率指配和许可证发放数据库来说是非常重要的。尽管某些信息可能是缺省的，自动化的应用需要可靠的信息，以便完成准确的操作。

对任何技术而言，过时是一个现实，需要以一种与时俱进的管理方式来解决。马来西亚继续寻求技术升级，以及为20世纪90年代签订的诸多项目合同寻求专家咨询和培训。1999年，国际电联在瑞士日内瓦举办“Telcom '99”（1999年世界电信展）期间，马来西亚批准了一个升级JTM中计算机系统的合同，JIM已经改组成为一个新成立的马来西亚通信与多媒体委员会（MCMC）。通过马来西亚政府的这个先见之举，当前的合同中包括一个重要的、有关频谱管理咨询和培训的规定。

由于建立了一个有效的频率管理和许可证发放数据库，以及一套高效和现代化的频谱管理操作，随着无线电团体的增加，许可证发放的收入在马来西亚得到了很大增长。同时，运行费用维持在了相当稳定的水平上。基于成本回收原则，许可证收入可以用来资助频谱管理项目。

在马来西亚实行频谱管理取得成功主要归功于马来西亚政府认识到关注知识以及技术的转化是必要的。

MCMC的网址是：<http://www.cmc.gov.my>。

## 第7章

### 附件3

## 频谱管理和监控系统（SAAGER）介绍

### 1 引言

本附件描述了当前由委内瑞拉国家电信委员会（CONATEL）正在使用的自动无线电频谱管理和监控系统（SAAGER）。SAAGER系统是一个完全符合国际电联要求的频谱管理和监控系统，硬件满足或超出了在ITU-R频谱管理和监控手册中所述之建议的标准。该系统由美国的TCI公司（[www.tcibr.com](http://www.tcibr.com)）提供。

系统使基础设施部（MINFRA）能够通过CONATEL有效地使用无线电频谱。系统有下列功能：

#### 无线电频谱的规划与管理

- 规划频谱资源。
- 提供最新的符合国际电联要求的技术，技术要求是可扩展的，能够随着委内瑞拉电信基础设施的发展而发展。
- 使在频率指配需求和干扰问题方面能与邻国合作。

#### 无线电发射的监控与技术验证

- 执行所有国际电联推荐的无线电测量。
- 避免和解决在安装和运行重要业务中出现的干扰问题，如蜂窝电话、地面微波链路、专用移动电台（PMR）、无线本地环路（WLL）。
- 为监控人员提供一系列不符合要求的信号及其特性。
- 确定并起诉非法操作者，收取罚款，并保护合法频谱操作者免受干扰。

#### 无线电发射的无线电定位

- 确定干扰的方向和位置、非法的或其他不符合要求的信号，作为执行委内瑞拉无线电规则的一种辅助。

#### 电信设备的标准化

- 维护类型批准的电信设备数据库，使得只有批准的设备才能在委内瑞拉使用。

#### 系统包括下列站点和设备，在括号里标出了数量：

- 国家控制中心（1）：位于首都加拉加斯，它是系统的中心，存放频谱管理系统数据库；产生操作任务、指挥和控制监控站点的操作活动；接收和合并结果数据。
- 辅助控制中心（5）：分别位于加拉加斯、马拉开波、克里斯托瓦尔、圣菲利浦、马图林；提供HF/VHF/UHF范围内的监控和技术验证功能。
- 移动单元（10）：每个辅助控制中心带有两个移动单元，提供HF/VHF/UHF监控功能、HF/VHF/UHF定向功能（3个）和VHF/UHF定向功能（7个）。



- 便携式设备装置（10）：提供技术验证功能。

这些站点的位置描绘在一张委内瑞拉地图上，见本附件第3.5节。

## 2 频谱管理系统

这部分提供了频谱管理系统的功能描述，图7.3显示了管理软件的功能流程。

### 2.1 申请处理

许可证申请表处理过程的一个典型例子如图7.1中的示意图所示，包括接受申请表并将之输入系统的过程、执行频率指配和发放许可证。系统包括内置的数据输入表，用以帮助主管部门处理频率指配的申请和许可证发放。这些表用于新的业务，也用于现有许可证或待批准申请的修改和修正。申请输入屏幕如图7.4所示。

图7.3

整个管理软件的功能流程

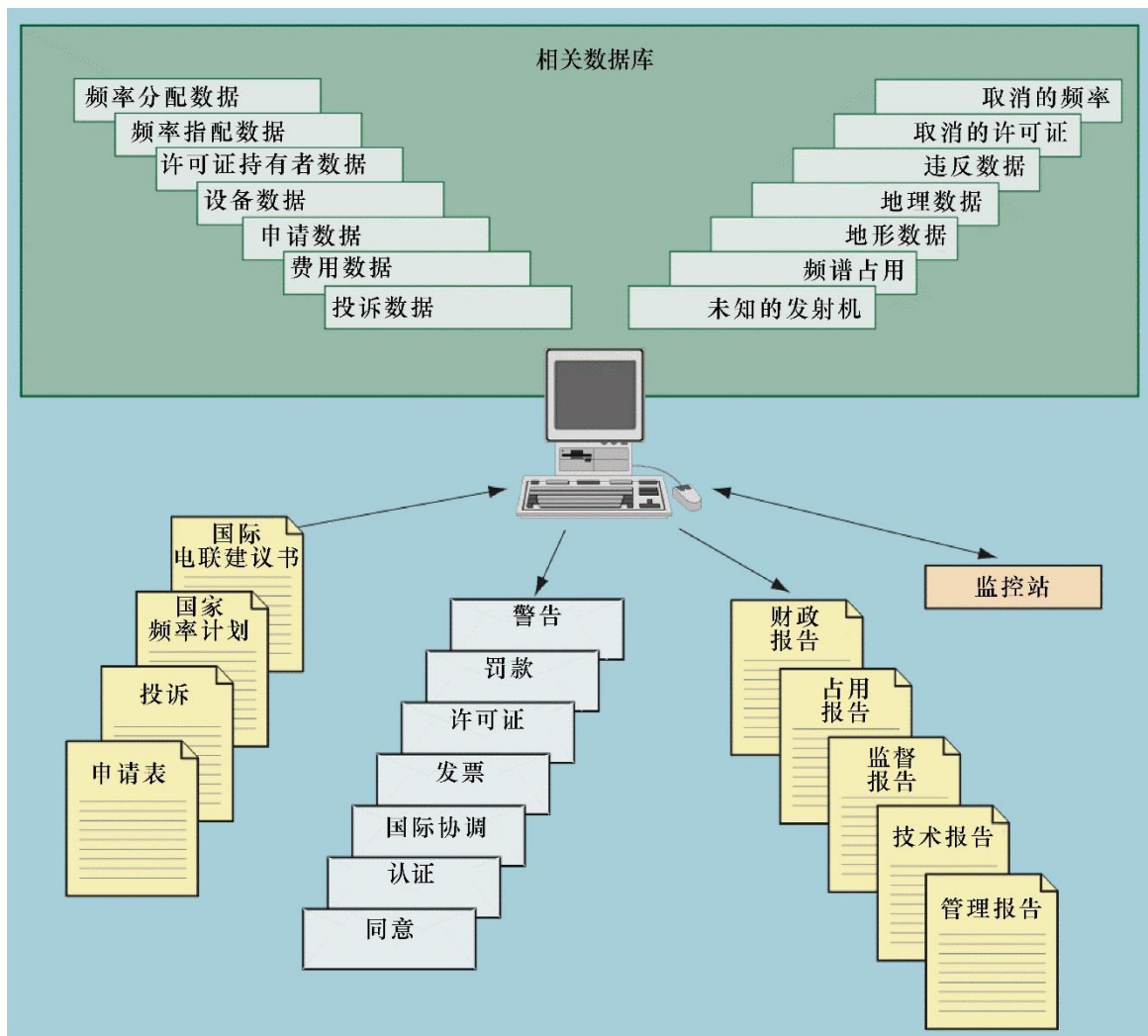


图7.4

## 申请表格

Nat.Spec.Man-7.04

## 2.2 频率指配

操作员可以使用多种内置的功能来帮助频率指配。这些功能是：

- 对于一个特定的设备和业务，显示可能的频道；
- 在许可证数据库中搜索现有的频率指配，并为各种可能的频道显示出来；
- 执行提议之新指配与现有之指配之间的干扰计算；以及
- 在数据库中输入新的指配。

### 2.2.1 频率指配过程

系统支持频率自动指配，包括国际电联业务指定和国家业务优先级和脚注。软件与委内瑞拉的国际电联频率指配计划一起装入。操作员可以让系统显示与委内瑞拉的国家频率分配计划、规定的设备类型、计划的业务/操作类型、或操作员规定的类别相容的各频道。系统在其数据库中搜索这些频道上的现有频率指配并予以显示。可以进行现有之指配与提议之新指配之间的干扰计算。操作员而后可以指配一个频率，并输入到数据库中。如果在一个特定的频率区域中不可能找到一个可用的频道，那么一个或多个ASMS频谱工程分析工具可以帮助操作员按地理区域定位一个可用的频道，或在可以按运行小时共享的区域中找一个频率。

### 2.2.2 国际电联和国家频率分配计划

系统操作员可以对每个站点类的频率指配情况进行检查和更新。参数包括频率范围、站点类、频道带宽和限制，如共用频道的分隔距离。

### 2.2.3 边界协调

系统包括一个国际协调模块，系统管理者用之来处理所有的协调请求（进入的请求和外出的请求）。这些请求可以来自其他国家、国际电联或委内瑞拉国内的另一个机构。所有的许可证发放信息保存在一个单一的数据库中。该模块为每个请求从数据库中提取所需的信息。这些信息包括：数据、许可证编号、所需的数据类型、通信接收方和数据传输格式（纸质格式还是电子格式）。作为协调查询的一部分，生成一个永久的记录并记入数据库中。

### 2.3 许可证发放

许可证处理和发放的大部分功能是系统自动完成的，这使得系统在申请批准后自动产生一个许可证，系统提供一个基于表格的界面，用以支持下列活动：

- 对于满足所有更新条件的现有许可证进行更新；
- 将一个临时的许可证转换成一个永久的许可证；
- 终止不符合现有运行要求的许可证；以及
- 发放临时的许可证或通行证。

### 2.4 频谱工程

依据国际电联建议书，自动频谱管理系统建立在一组强大的工程分析工具之上，这些工程分析工具用于帮助操作者的工作。这些工具用来研究无线电频谱，包括电磁兼容性（EMC）计算、无线电链路性能和站点覆盖范围分析。分析工具用于许可证申请、请求协调和干扰投诉。表7-1说明了系统内置的算法和模型，以及涉及的频率范围和业务类型。

表7-1

工程分析模块传播模型

频率范围	传播模型	注释
0.15到3 MHz	GRWAVE	GRWAVE计算电场强度，对于沿弧形、同质、光滑地面传播的地波，计算其沿距离的路径损耗。它也用于MF波段干扰分析。
2到30 MHz	IONCAP, VOACAP	IONCAP是最初的电离层分析程序的名字，最新的版本称为VOACAP，已经集成在工程分析模块中。该程序可以计算用于点到点HF通信的MUF、LUF和FOT。
30到1 000 MHz	TIREM (3.04版本)	地形综合粗糙地面模型的简写。最初是为美国国家电信信息主管部门（NTIA）开发的，作为主传播系统（MPS）的一部分。MPS是一族模型，从VLF一直到毫米波频率。
30到1 000 MHz	Longley-Rice	美国联邦通信委员会（FCC）技术报告101，记录了单刃和双刃衍射模型的使用情况，其中显著的地形特征对于特定的传播路径是已知的。
最高到40 GHz	SEAM	单发射机分析模型的缩写。使用自由空间或光滑地球传播模型计算微波信号的传播损耗和场强
1到40 GHz	附录7	依据国际电联《无线电规则》附录7，为地面站和对地静止卫星计算协调等高线。
1到40 GHz	附录8	依据国际电联《无线电规则》附录8，计算两个对地静止卫星网络之间的干扰。

工程分析工具与ESRI公司的ArcView地图标绘程序集成在一起，这使得系统可以在一个地理地图和地形地图上显示出计算信息。当系统需要地图标绘程序时，它会自动激活。

工程分析模块执行以下功能，包括但不限于这些功能：

- 基站辐射路径剖面 and 覆盖图；

- 共用频道、相邻频道和空隙频道干扰分析；
- 多信号三阶互调分析；
- 接收机去灵敏度/发射机噪声分析；
- 使工作人员能够对选择接受申请的候选频率指配进行分析；
- 使工作人员能够对进入的协调请求的候选频率指配进行分析；
- 对正在分析的频带和业务类型自动使用缺省的算法/模型；
- 使工具能够在线运行；
- 使工作人员在完成分析后能够对实际的系统技术记录进行更新；
- 从监控系统数据库中查找占用数据；
- 允许系统管理者使用不同的模型；
- 允许系统管理者更新输入的数据，以便更好地表现当地的条件；以及
- 在并入系统的数字化地图上显示传播分析的结果。

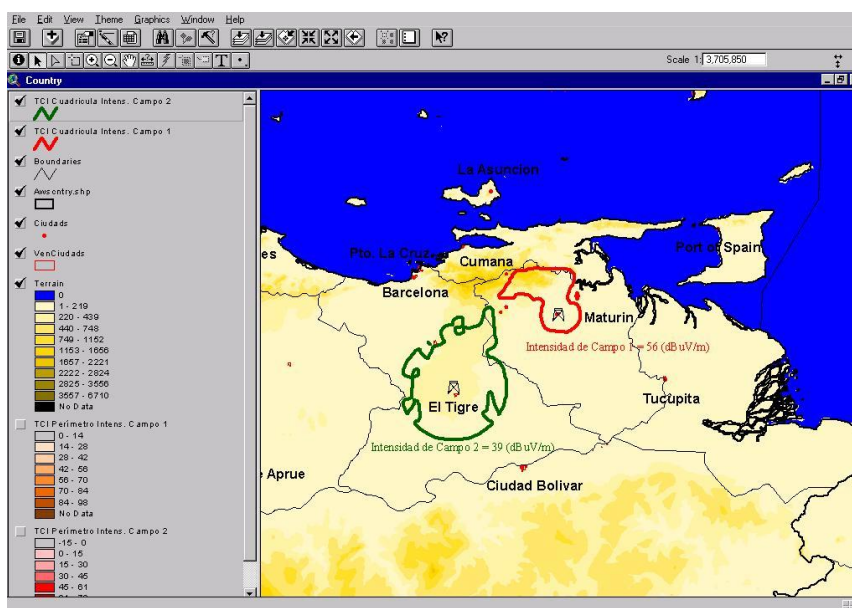
## 2.5 工程报告

频谱工程分析员使用频谱工程模块来分析电磁环境并得到报告。在选择所需的报告时，在系统呈现的屏幕上操作员可以输入所有所需的参数，而后选择报告的格式（表格形式或图形形式）。可以从系统中得到以下报告：

- |             |           |
|-------------|-----------|
| - 链路分析和路径损耗 | - 地形剖面绘制  |
| - 传播分析      | - 互调分析    |
| - 场强等高线     | - EMC分析工具 |
| - 阴影绘制      | - 天线高度分析  |
| - 服务区域分析    | - 微波频率规划  |
| - 干扰分析      | - 卫星附录7   |
| - 地形剖面绘制    | - 卫星附录8   |

图7.5显示了一个可以从系统得到的报告样例。

图7.5  
干扰分析



Nat.Spec.Man-7.05

### 3 频谱监控

频谱管理系统集成了一个符合ITU-R SM.1537建议书要求的频谱监控系统，这使得频谱管理者能够控制委内瑞拉的频谱。充分集成的系统可以接收来自管理系统的任务，还可以给监控站回送报告。每一个监控站定期下载一个管理数据库的拷贝。这使得监控站点具有最新的、关于许可之发射机的信息。

系统软件运行在标准的Windows NT客户机/服务器环境下，为主管部门的频谱监控需求提供一个完全符合国际电联要求的解决方案。监控软件提供了访问、显示和保存监控系统产生之测量结果的功能。结果可以以文字数字的形式或图表的形式显示。

图形显示结果显示在地图背景上，使用与管理系统同类的地理信息系统软件。显示内容包括以下信息，它们与操作员选择的监控系统有关：

- 空中测量的信号方向；
- 测量信号的距离与位置；以及
- 来自数据库的许可发射机的位置。

显示结果包括一组测量的信号参数，操作员可以选择要求打印显示结果。监控软件提供了访问、显示和保存监控系统产生的测量结果的工具。以下测量信息对每个空中监控信号都是可用的：

- 测量的信号频率；
- 测量的场强；
- 测量的调制参数；
- 测量的占用频率带宽；以及
- 测量的到达方向。

### 3.1 软件功能

软件包括以下功能：

**度量：**这些功能提供了依据国际电联建议书对信号参数进行精确测量的方法，这些功能用来检验是否与许可证要求相符，可以按计划进行度量。

**设备控制：**这些功能用来定位、识别与记录特定发射机的参数，通常是未获许可的盗版系统或干扰源。这些功能包括用于定位目标发射机的宽定向工具。

**工具：**这些工具用来检查、检测和标绘出现信号的频谱。这些是基本检查方法，用于确定实际的电磁环境是否符合管理数据库中包含的信息。自动违反检测（AVD）工具将报告管理数据库与“实际”电磁环境之间的符合信息和矛盾信息。频谱占用工具提供统计性检查，以验证使用的指配频道是否与其许可证上规定的相一致。

**诊断（BITE）：**该工具用来获得服务器的工作状态（服务器可以是固定的、移动的或便携式的监控站）。

### 3.2 公制度量

公制包含“任务日历”和“任务结果”，允许操作员建立系统来进行度量。软件为“交互模式”提供一个网络连接，为执行度量的“预定模式”提供另一个网络连接。

- 交互模式允许直接与即时反馈进行交互，如监控接收机的调整、解调和频谱全景显示选择。注意：定向行为可以是“即时的”或“预定的”。
- 计划模式（日历模式）提供了日历特性，客户可以在一个选定的服务器上预定时间来对请求的度量进行度量。单个服务器能够处理多个客户的请求。注意：一旦度量任务已经发送到服务器，客户就可以与服务器断开链接，直到需要查询结果。

作为软件的一部分，操作员有各种内置的工具来帮助定制各种不同的任务。操作员可以添加额外的计划要求，这些要求将帮助检查干扰投诉。如果投诉者能够给出一天中干扰发生的确切时间，操作员可以要求系统在那些时间进行检查。如果需要的话，操作员也可以要求系统立即进行度量。计划表还允许操作员预定度量执行的频率和次数。操作员可以查看、打印和保存汇总了所收集数据的报告。度量结果报告包含所有与度量建立有关的信息，及其结果的汇总，包括以下信息：任务数据、日期、时间、频率、带宽、身份、请求的度量、类型、结果和图形化数据。可以选择以下一个或多个参数用于度量：占用带宽、调制、场强、频率和方向。

度量完全符合国际电联建议书和《频谱监测手册》的要求。这些参数根据用户选择的值自动重复并进行平均。进行平均的技术包括线性化、RMS和最大值保持技术。

### 3.3 地图显示和控制

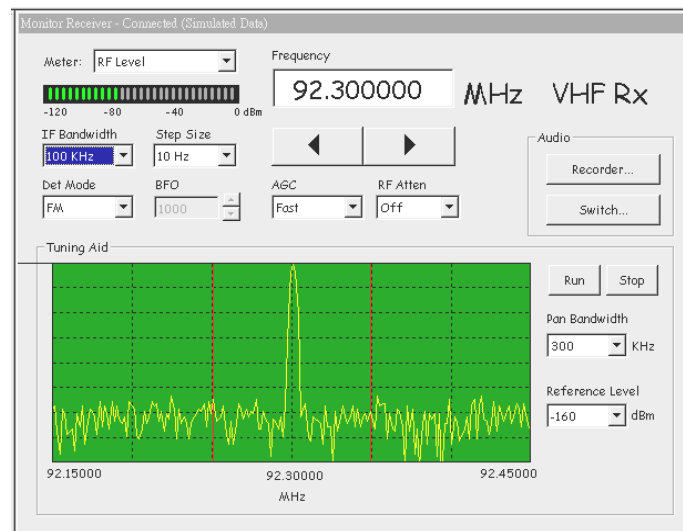
地图窗口显示网络监控站点、定向操作的结果以及发射机的位置（带误差椭圆）。系统配置了多幅地图，操作员可以通过选择“Layers”按钮显示委内瑞拉的多层地图（城市、地区、河流等）。操作员还可以对地图进行放大、缩小、显示全景、居中或执行测量功能。

### 3.4 监控接收机

操作员通过虚拟控制面板（VCP）来控制内置的监控接收机（见图7.6）。VCP有与典型的独立接收机相关的类似控制，为接收机单元提供交互式控制，以实时观察监控的信号。接收机的状态信息以及对频率、调制和幅值的控制都在同一显示屏上显示。计算机也有一个内置的音频开关和声卡，可以进行数字化录音并保存为音频文件（.wav），并可以在所有站点之间进行传送。

图7.6

监控接收机屏幕



Nat.Spec.Man-7.06

操作员有权使用多种显示来查看感兴趣的频率。全景频谱（或全景）是其中的一种。信号的幅频曲线绘制在X-Y平面上，而且可以显示IF数字数据的高达10 MHz的带宽。操作员可以使用该显示来观看和识别无线电频谱中的宽带信号、信号关系，并检查干扰源。

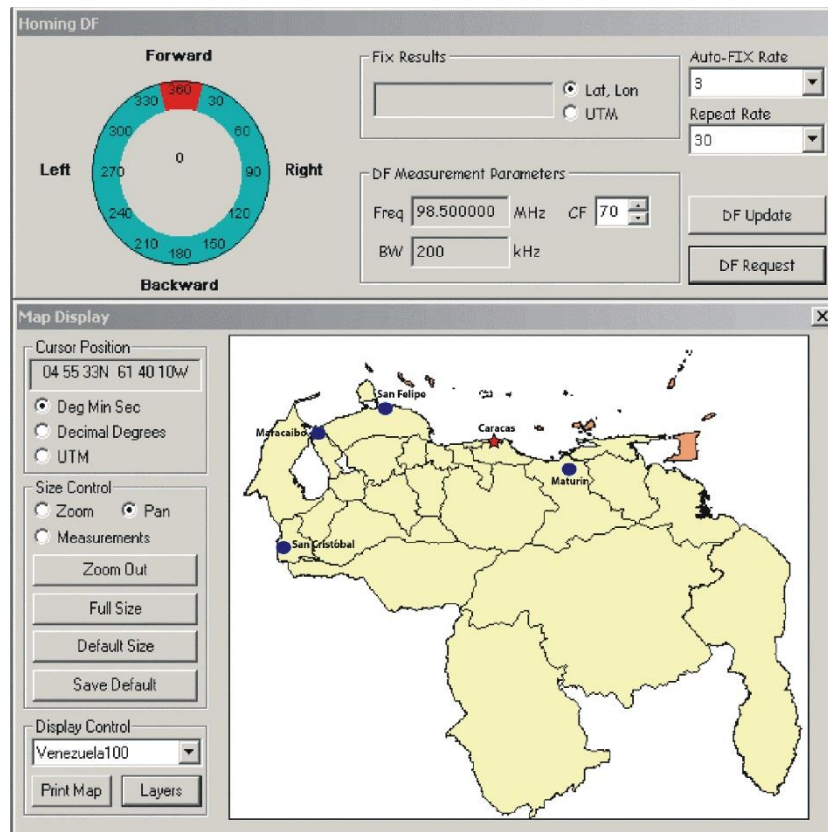
### 3.5 定向（DF）

定向系统使用监控站可以快速、有效地发现发射机的位置，而且可以从两个或多个站计算出结果以及使用单个移动站来执行“降级”定向功能。

“降级”定向功能使单个移动监控站能在移动中得到连续的定向和信号强度度量结果。从这些度量结果中，移动监控站确定发射机的位置（见图7.7）。

图7.7

DF/Map显示窗口的例子



Nat.Spec.Man-7.07

### 3.6 用于培训的监控仿真

为了帮助培训新的操作员以及让现有的操作员能掌握最新的操作，监控软件设有一个内置的培训模块。该培训模块使新用户能够熟悉如何计划测量和控制接收机，而不占用资源或创建/删除运行之监控数据库中的测量数据。它还帮助现有的操作人员练习其监控指配工作和技术。

培训模块是完全交互式的，可以使用便携式电脑或工作站获得在线帮助，还提供了纸质形式的用户手册以帮助新用户熟悉界面、图形显示和系统中可用的报告。培训不需要使用网络中实际的监控硬件就可完成。

### 3.7 频谱监控系统功能

频谱监控系统执行国际电联建议的所有测量，包括信号参数测量（频率、场强和功率通量密度、调制和占用带宽）、定向和频谱占用。自动测量执行系统自动执行整个过程，因此操作员不必学习、记忆或花时间留心各种测量规则。

频谱占用使操作员能够通过指定搜索频带的起始和结束频率来定义监控的频率范围，以及指定搜索参数，包括搜索完成的时间周期。

监控系统的重要特征是有自动违反检测（AVD）。AVD是一个强大的工具，用来检验许可之发射机是否符合要求并检测未获许可的操作。AVD与来自管理数据库的许可证数据



(频率指配) 协同工作。AVD确定某个特定的发射是否符合指配之中心频率和带宽的容差, 如委内瑞拉国家频率计划中为分配之频带和业务所规定的那样。它还报告正在工作的但没有管理数据库中相应许可证的发射机。可以对操作者指定的单个频率或频率范围执行AVD测量。图7.8所示为来自AVD的一个典型的结果屏幕显示。

### 3.8 报告

可以从系统得到有关信号参数、频谱占用和其他测量结果的报告。

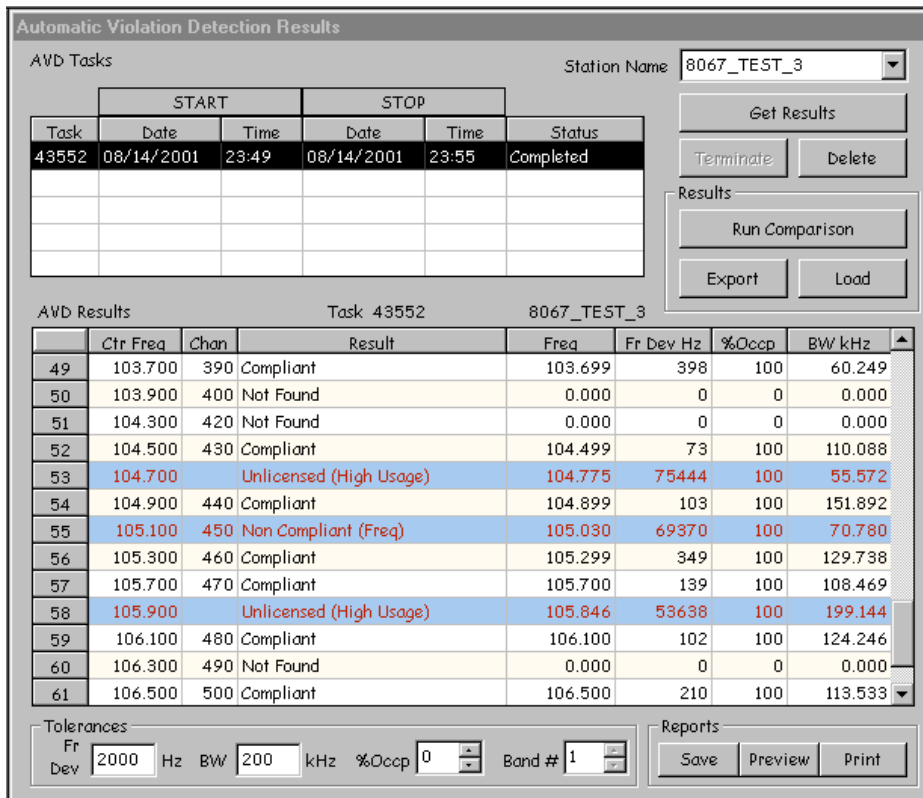
## 4 CONATEL对系统的使用

引入新的综合频谱管理和监控系统从根本上改变了CONATEL的商业指导方式。在引入系统之前, 许可证发放和费用处理是一个非常耗时的过程, 经常需要花上几个星期才能完成。所有的数据输入不得不手动完成, 而且没有办法预测新的发射机将如何与已经存在的那些发射机相互作用。工程分析不得不采用手持或便携式设备来进行, 这些设备的性能有限而且未与管理系统集成起来。

自从引入新系统, 许可证发放和费用处理现在可以在几个小时内完成, 采用内置的工程分析工具和充分使用如在本文档中描述的频谱监控功能, 频谱管理系统可以指配和检查每个频率的可用性以及是否与现有的发射机兼容。

图7.8

自动违反检测结果的例子



完全集成的管理和监控系统提供了先进的控制、报告和数据交换功能；它能够使用来自管理系统和监控站点的信息来对频谱进行监管。系统使用AVD功能来调查用户投诉并找出与指配之频率规定相违反的发射机（如带宽、功率等）。

#### 4.1 投诉和违反检测

在系统中，主数据库用作所有投诉的存储中心。接收到来自客户的投诉后，把投诉与存储的投诉列表进行对照检查，以确定该投诉是新的投诉还是以前已有的投诉。一旦确定投诉是新的投诉，那么就用频谱监控软件对来自违反电台的频率测量结果进行收集以做进一步调查。作为集成软件的一部分，提供了众多工程分析工具，用于投诉的分析。

系统包括了用于处理投诉信息的三种表格：投诉表格、检查表格和违反表格：

- 投诉表格包括描述引起投诉的事件和进行投诉的人的信息。
- 检查表格用来记录有关违反和投诉检查结果的信息。
- 违反表格用来记录有关投诉之违反的信息。

软件使操作者可以收集所有相关的数据并对投诉进行评审。操作者而后可以拒绝投诉或采取其他行动，如对许可证持有者进行处罚或终止许可证。

#### 4.2 扩充性

无线电频谱的使用是一个不断发展的过程。随着无线电频谱的使用越来越多，频谱管理和监控系统需要具有随着使用的增多而扩充的能力。系统设计时考虑到了扩展性，它采用模块化设计，具有强大的核心性能，使之能够很容易地适应未来的需要。未来可能的扩充包括：升级用于分析和解调新通信格式的分析算法、增加移动或固定系统、扩展移动站点的频率范围以及增加操作员工作站。

### 5 其他用户对CONATEL所用之自动化频谱管理系统的经验

#### 5.1 引言

本附件前面部分描述了CONATEL使用的自动频谱管理系统。上述系统以及在下面的参考文献1和2\*中列出的系统都是由TCI公司提供的。除了CONATEL以外，目前世界上还有几家管制权威部门也在使用此系统，包括津巴布韦、哥伦比亚、纳米比亚、毛利塔尼亚、多米尼加共和国和乌干达的管制权威机构。本部分总结了这些用户从系统中获得的益处。

---

\* 参考文献：

WOOLSEY, R. B. [2000] Proc., ITC/USA 2000, Automatic Tools for Telemetry Test Range Spectrum Management. TCI, A Dielectric Company, 47300 Kato Road, Fremont CA 94538-7334.

频谱管理系统, <http://www.tcibr.com/PDFs/710webs.pdf>

有关该系统是如何自动执行以及如何改善这些主管部门频谱管理工作的例子包括：

- 一个主管部门过去每周处理10-20个申请，处理和批准一个典型的申请要拖4-8个星期。系统安装并且操作员得到培训后，在全面运行的第一个星期内，相同的组织机构处理、指配频率和批准了90个申请。
- 一些主管部门过去使用分散小组来管理广播业务和电信业务，因此这些主管部门从来没有过一个统一的处理和批准许可证的程序。一旦拥有了在本附件中所述的系统，主管部门就有了一个可用于所有频谱用户的统一的数据库和统一的批准和频率指配程序。主管部门可以继续使用分散的小组来完成不同的业务，但是所有的人员都使用同一个系统，而且所有的管理和技术信息都存储在一个中心中。
- 这些主管部门还在系统数据库中添加处理、批准和开票功能，以便准许不需要使用频谱的业务并发放许可证，如有线电话或增值业务。传统上，这些业务的管理由小的分散的电子表格程序来完成。系统使这些管理能够在统一的数据库中进行，包括所有的用户以及所有的收入源。

有关系统在特定方面应用的其他例子在下面恰当的部分进行讨论。

## 5.2 申请处理

系统提供数据输入和申请处理业务，使一个主管部门可以执行在本手册第3章中所述的频率指配和许可证发放功能。系统的大多数用户已经发现，可以方便地直接从系统打印纸质申请表，然后由申请者填写这些申请表，来自这些表中的数据而后可以方便地输入到系统中。

## 5.3 频率指配

系统帮助操作员实现在本手册第3章中所述的频率指配功能。使用本系统的主管部门都发现，自动数据库为在一个提议的频率上搜索其他发射机提供了便利，而且系统在指配频率过程中提供的帮助功能非常强大。

## 5.4 频谱经济学

系统包括一个完整的会计接受财务软件包，用于费用处理的管理，它是本手册第6章所述之频谱经济学中的一个关键部分。使用本系统的一些主管部门在获得系统之前的几年中，未曾处理过许可证更新发票，原因是，使用纸质的或简单的基于计算机的文件系统进行更新处理是非常麻烦的。系统使这些主管部门能够方便地从许可证更新中获得收入。

## 5.5 许可证发放

系统自动执行在本手册第3章中所述的许可证处理和发放功能。使用本系统的一些主管部门最初在其文件抽屉中放有纸质形式的许可证，而这是不方便查询和搜索的。来自这些纸质许可证的数据已经输入到系统中，现已成为数据库的一部分，当进行新的频率指配时，为计算机查询和系统使用提供了极大的方便。

## 5.6 频谱工程

系统提供了强大的工具来帮助操作员执行在本手册第5章中所述的频谱工程功能。使用本系统的主管部门发现，这些工具对于回答“如果……将会……”之类的问题、在帮助主管部门进行频谱规划活动方面尤其有用。

## 5.7 频谱监控

或许完全集成系统的最大优势是自动违反检测。一个集成系统可以将来自监控系统的测量值与来自管理系统的许可证信息进行比较，以确定哪些发射机的频率没有包括在许可证数据库中，以及确定哪些发射机没有运行在其许可的参数下。本系统的一些用户在其投标文件中指定AVD作为频谱管理和监控系统的一部分，而且发现这是一个非常有用的工具，可以帮助操作员检测未获许可的发射机以及工作在许可参数之外的发射机。

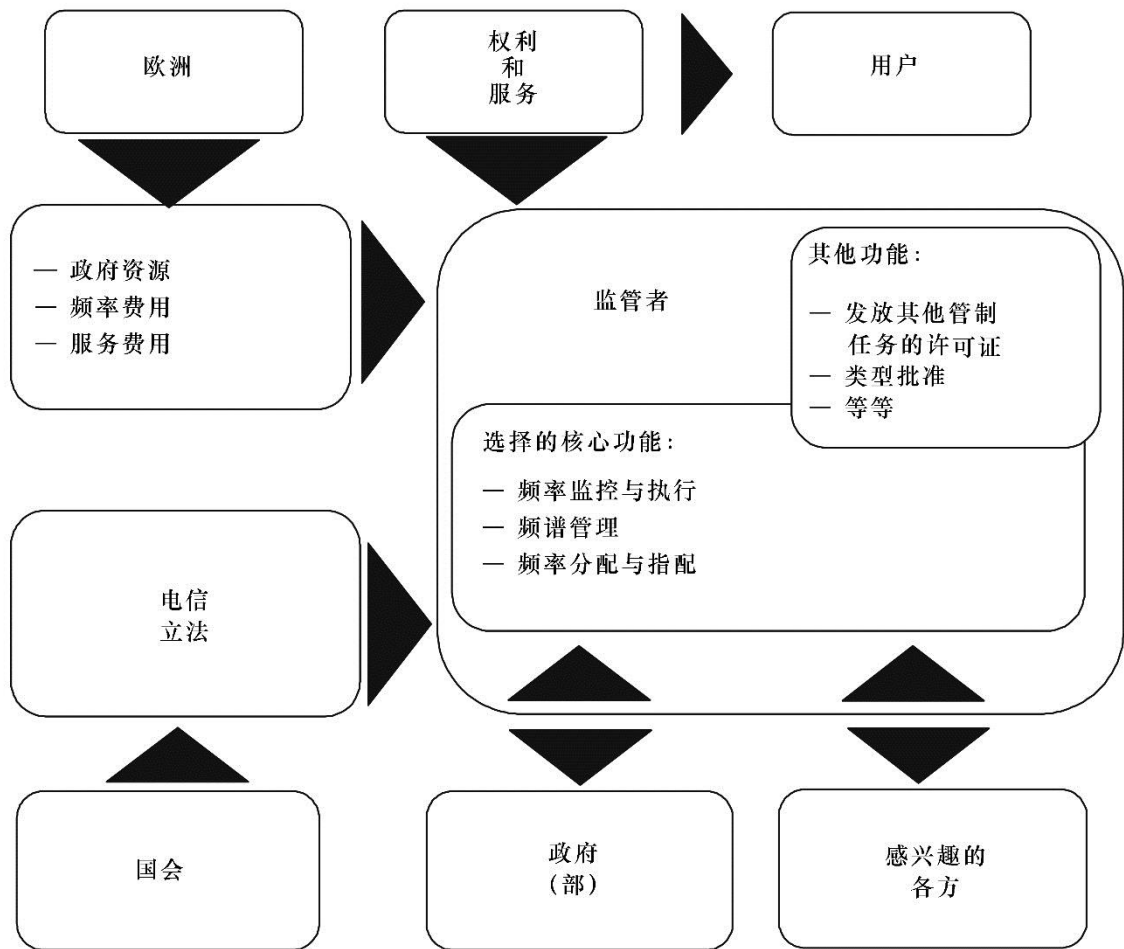
第 7 章

附件4

中欧和东欧频谱管理软件和自动化的例子

来自中欧和东欧的11个受惠国参加了一项由欧盟资助的、Phare多国计划下的、为期一年的重大项目，对频谱管理和频率监控中存在的问题进行分析并确定解决方案。尽管项目具有非常专业的技术性质，但项目的大部分针对的是检查如何发展管制机构、如何确定其任务、工具以及筹资方案。项目的基本目的是建立一种独立的国家监管权威机构（NRA），作为与欧盟成员国做法相一致的公共业务机构。

无线电通信管制系统和整个国家的电信管制体制自身一样，被认为是一个更广泛的政治、法律和商业环境的一部分。



Nat.Spec.Man-7.08-bis

不过，提高监管者的独立性并不意味着政府要放弃政治方面的影响因素，它们对电信部门的发展有影响。监管方面存在并将继续存在政治因素。重要的是在政治层面（即有关部门）和监管层面（即NRA）之间建立清楚明晰的责任和任务划分。

一方面，政治系统必须提供立法和议会控制，监管者在此基础上开展工作；另一方面，如果合理安排的话，日常NRA运营独立性的实际实现可以为民主和良好治理原则提供支持。

财政独立性是NRA实现运营独立的一个有效方法。国家监管机构（NRA）的所需收入可以通过用户费用和收费的方式来筹集。在CEE国家发展现代化的监管主管部门取决于众多因素，这些因素在各个国家各不相同。尽管现代化进程已经在整个区域范围内展开，但到1998年，各国取得的进展还差别很大。

工程关注建立国家监管机构（NRA）面临的5个关键问题，建议的优先级如下所述：

- 建立立法基础；
- 建立制度结构；
- 确定财政上的可能性；
- 开发人力资源；
- 获得必要的技术工具。

每个参与国解决这些优先级的方式决定了它走向现代化的进程。SMFM（频谱管理和频率监控）项目试图对这些方法做出研究。

这些国家主要的公共的调查材料标明：

- 专业的管制人员通常非常了解新的目标。
- 管制变化过程具有迷失在其他变化过程中的风险。
- 可以改善国家主管部门内不同部门之间的对话。需要加强管制机构与财政部之间的对话。
- 潜在的（和当前的）费用和收费水平在大多数CEE国家中看起来足以覆盖管制者的费用（假定存在正确的分配和转换程序）。

调查资料确认了建立管制机构作为财政独立机构的可行性，具有产生盈余的实际可能性（也就是说，为政府产生净收入）。然而，大量的关注集中在各部、管制机构和电信运营商各自的权力和职责上，凭借该体制，管制机构可以循环地筹集经费，许多情况下投资是不够的。

产生的草案计划表明，在2000-2006年，在不同国家将完成一个现代化的过程。在这些计划中，根据优先级来分，第一个应用已经在各个国家之间的一个标准频谱接口（P接口）中实现，为跨国界协调实现了管理交换，P接口现正在运行中。

### **P接口：频谱的一个标准接口**

尽管不同国家实现前面强调之频谱管理的方法各不同，但体系结构是实际的开发范围，其中跨国界协调是可能的而且是有益的。交换无线电通信数据和频谱管理软件的能力是其中的一个领域。在此描述的Phare多国公共工具将标准接口（P接口）的开发看作是一个共同工具，它用来在国家频谱管理系统之间交换数据和软件。P接口对推动无线电业务增长和减小有害无线电干扰风险这一更大目标是一个贡献。

P接口软件相当于一个虚拟数据库服务器，它允许其客户以一种透明的方式访问一组基本的数据库。作为这个为期12个月的项目的参与者，中欧和东欧的11个国家计划采用P接口层来互相交换数据和软件。P接口的一个主要优点是使同一个兼容性计算程序能够用于不同的主管部门。开发用于一个主管部门的兼容性计算软件可以方便地供所有其他主管部门使

用。换句话说，一个主管部门可以将其自身的兼容性软件用在收自其他主管部门的数据上，还可在其自身的环境中运行一个来自其他主管部门的兼容性软件程序。该公共兼容性软件的一个例子是统一的计算方法（HCM）。

P接口呈现的是一个惟一的应用编程接口，承认兼容性软件认证。这样，软件开发的重担就可由参与的主管部门共同分担。计算机辅助确保了无线电通信数据的交换是完整且一致的。主管部门之间的直接数据交换缩短了协调的过程，其最终目的是促进无线电业务的开发和减小干扰风险。

植入的技术基于客户机/服务器概念，其中国家频谱管理系统中的相关数据可以通过服务器服务访问。通过与服务器的标准接口，数据可以看作是放在了一个可以以透明方式访问的容器内。因此，内部数据结构或数据存储方式对客户应用来说就是不相关的和不可见的。

P接口的原理是提供一个统一的方法，用于以下目的：

### 利用一个惟一的数据字典

数据交换的一个主要问题是数据元素的惟一识别。P接口使用的数据元素是那些由国际电联无线电通信研究组定义的数据元素。每个主管部门可以正确、清晰地识别频率管理信息。

### 定义一个公共的无线电通信数据库结构

分配的各个数据元素看作是数据库的一个属性，有关P接口管理的无线电通信输入。数据库结构结合了国际电联研究组最新的研究成果，可以对其进行改编以便考虑到兼容性计算方面的需求。

### 封装本地数据库

P接口以一种客户看见“标准P数据库”的方式封装用户数据库，“标准P数据库”包含用于频率协调和兼容计算的相关信息；P接口能够在一个数据库集合中封装大量的数据容器。通过这种方式，所有的老版本应用程序得以保留。

### 利用公共地图服务器

参与国中使用分歧协调系统。为了解决这个问题，P接口留出了一个给数字地形数据的公共接口。1984年的世界测量系统（WGS84）保留了P接口作为参考协调系统。P接口提供在本地协调系统和WGS84之间的转换服务。

### 数据交换支持

在提议的概念中，数据交换变成了一个简单的、向国外主管部门发送一个传输容器的动作。容器的传输基于互联网。典型的情形是数据在传输容器中传送。容器与用户数据库相连。在P接口的客户端，对取自传输容器或取自本地容器的特殊数据元素不作区别。

总之，该项目面临的问题是复杂的，原因是，参与国之间业已存在的各种不同环境。项目的领域是多学科的，需要解决众多问题，如频率管理、先进的计算方法、异构数据库访问和计算机系统体系结构等。

## 第7章

### 附件5

## 土耳其的国家频率管理

### 引言

由于频谱需要的增长，许多国家面临着需要更严格地执行管理频率使用规定。获得许可证的无线系统运营商必须受到监控，以确保它们的网络没有脱离指配给它们的波长，对欺诈的电视或无线电台必须进行跟踪并受到处理。

土耳其政府采取了积极主动的措施来确保有足够的频率资源来满足日益增长的需要。土耳其的电信权威机构已经开发了多点国家监控系统，它具有以下功能：

- 监督无线电信号；
- 测量频谱占用；
- 无线电和电视广播传送；
- 检测频谱违反；
- 确定并绘制无线电覆盖区域；
- 分析信号干扰；
- 定位非法电台；
- 为综合频率管理收集统计数据。

系统的一个主要部分是国家频率管理系统（NFMS），它包括两个主要的软件成分，集成了最新的频谱工程、传播建模和地理空间数据查看技术，用以完成权威机构的管理目的。土耳其电信权威机构类似于美国的联邦通信委员会，与首都安卡拉Bilkent大学的通信与频谱管理研究中心（ISYAM）签订了开发NFMS的合同，基于其长期参与研究电信应用中频谱工程的经验，尤其在频率规划、指配和使用方面的工作。

国家监控系统（NMS）包括位于安卡拉的1个国家控制中心（NCC）和7个位于土耳其不同城市的区域监控中心（RMC）。有固定式和便携式监控站，以及移动广播测量系统和移动监控车，监控车装载类似固定站中的定向和监控设备。权威机构使用频谱监控系统来监控频率、分析站点之间的干扰、检查无线电台的参数是否符合许可证上的参数，以及定位非法的发射。NFMS的频率范围为10 kHz-40 GHz，而监控系统覆盖的频率范围为10 kHz-2.5 GHz。

项目合同于1998年5月签订，详细的需求说明和分析以及之后的系统设计和开发产生了NFMS的第一个版本，它是第一次在NCC和安卡拉RMC中投入使用。在随后的一年中，来自权威机构管理团队以及NFMS用户的反馈意见提高了系统性能，得到了一个完全定制化的系统。同时，权威机构现有的电子格式的数据已经转入新系统的数据库中。

### 系统概述

#### 系统体系结构

NFMS及其组成部分拥有模块化的结构，分为三层：



- 物理层，包括计算机硬件和通信网络设备，支持基础设施活动和应用系统；
- 支持基础设施层，包括操作系统、数据库和数据库管理系统、以及用于支持应用系统的软件工具；
- 应用系统层，包括特定的应用软件以及用于支持特定活动和相关计算的局部数据库。

NFMS的设计依据了国际电联的频谱管理计算机辅助技术手册，功能上有所增强，以便在多区域操作中心中实现操作。它采用客户机/服务器体系结构，工作在通过局域网（LAN）连接的操作中心的用户工作站上。所有的管理和操作数据都保存在局部数据库管理服务器中，该服务器也连接至局域网。每个操作中心也可以通过广域网（WAN）与其他操作中心相连，组成一个分布式的但集成的操作环境。NFMS系统可以使用其基础设施提供的任何计算机资源。位于不同操作中心的各个数据库服务器上的数据是复制的，以保证数据的完整性和一致性。图7.9显示了用于多操作中心方案的系统体系结构。

图7.9

## 多操作中心体系结构



Nat.Spec.Man-7.09

为了防止未经授权用户访问和处理NFMS数据，系统提供了4个等级的安全：操作系统级、客户工作站级、数据库级和应用级。除了这些安全等级外，系统允许三种形式的、与安

全有关的后续行动：RDBMS提供的审计试验、记录时间戳、应用层提供的登录尝试审计和记录删除日志。

取决于权威机构的管理政策，这种体系结构可以转换成一种集中式的系统，其中有一个单一的中心数据库以及位于远程操作中心的客户机，它可以访问和处理该中心数据库上的数据。

### 设计与实施方法：成功的关键

在开发NFMS软件过程中，遵循的是IEEE J-STD软件开发标准定义的过程，项目依据ISO 9001：1994认证范围进行管理和归档。

项目开发和文件归档的标准化以及项目配置管理，将软件工程原理成功地运用到了软件的生命周期过程中，因此避免了在设计和实施阶段忽略任何细节，获得了期望的软件鲁棒性和质量。

系统分析和设计过程中使用了CASE（计算机辅助软件工程）工具，使得可以方便地对系统组成部件进行修改和再工程。NFMS的设计与实施独立于所选的数据库管理系统。其开放的系统体系结构使得可以增加新的模块，实现与其他频谱管理系统的集成。通过使用专门为数据库操作而裁剪的编程工具，获得了高级的处理性能。

所有的这些以及优秀的项目管理、与电信权威机构之间协调，获得了高性能的系统，超出了技术说明范围，按时完成了项目开发。

### 应用软件

NFMS的两个重要组成部分是：频谱工程与监控支持系统（*BilSpect*）和管理信息系统（*MIS*），这两个部分之间通过共享数据有机地进行工作。这些系统提供了具有增强性能的图形化接口，如数据确认、在线帮助和数据查找，这些都是希望一个高技术应用软件所具备的。

### BilSpect

设计的频谱工程与监控支持系统（*BilSpect*）作为两个主要组成部分的结合，即监控支持系统（*MSS*）和频谱工程系统（*SES*）。

### 监控支持系统（MSS）

监控支持系统使得国家监控系统和国家频率管理系统能够实现自动化和集成，如在ITU-R SM.1537建议书中描述的那样。*MSS*控制在不同的监控站执行的自动测量功能，并且显示这些监控活动收集的测量数据，以表格形式或以图形形式。

使用*MSS*，位于地方监控中心的操作员可以产生自动测量任务，如频谱占用、检测非法电台、或检查无线电台参数是否与许可证上的参数符合，这些任务对每个远程监控站每周执行一次。监控站通过数据库得到这些任务，在完成确定的测量后，将结果传送给监控中心，以便用于统计分析或图形化显示。*MSS*包括自动违反检测功能，当找到非许可信号以及找到偏离其许可参数的信号时，发出警报。

例如，对频谱占用测量结果可以用三种不同的方式进行评估，如频带占用、单个频率占用或繁忙时段表。在频带占用图中，沿X轴的为频率，沿Y轴的为频率占用值（以百分比%表示）。在单个频率占用图中，沿Y轴的是频率占用值（以百分比%表示），沿X轴的是时

间。繁忙时段表计算频率占用值的一小时滑动平均，频率在每个小时的每一刻钟上开始，并显示出24小时间隔内频率占用值为最大的那个小时。如果频率占用值对于一个大于24小时的周期可以获得，那么表格分别显示每天的繁忙时段。

当怀疑一个非法频率在使用时，指配3个定向（DF）站使用适当的天线来测量该频率的方向。如果所有3个站都可以确定出所怀疑信号源的方向，一种简单的三角测量技术就可以找到可能的目标位置，它还可以与定向站及其方向一起显示在地图上。

### 频谱工程系统（SES）

频谱工程系统包括各种软件模块，其设计目的是帮助操作员执行ITU-R SM.1370建议书中所述的各频谱工程功能，实现自动频率管理。这些模块用于执行传播分析、干扰分析、链路分析、频率指配与规划、国际协调计算、数据库操作和产生有用的报告。频谱工程系统集成在一个地理信息系统（GIS）软件中，可以在屏幕上显示出分析结果，以用户选择的地图作为背景，可以使用各种类型的光栅或矢量地理数据。系统提供了以下功能：

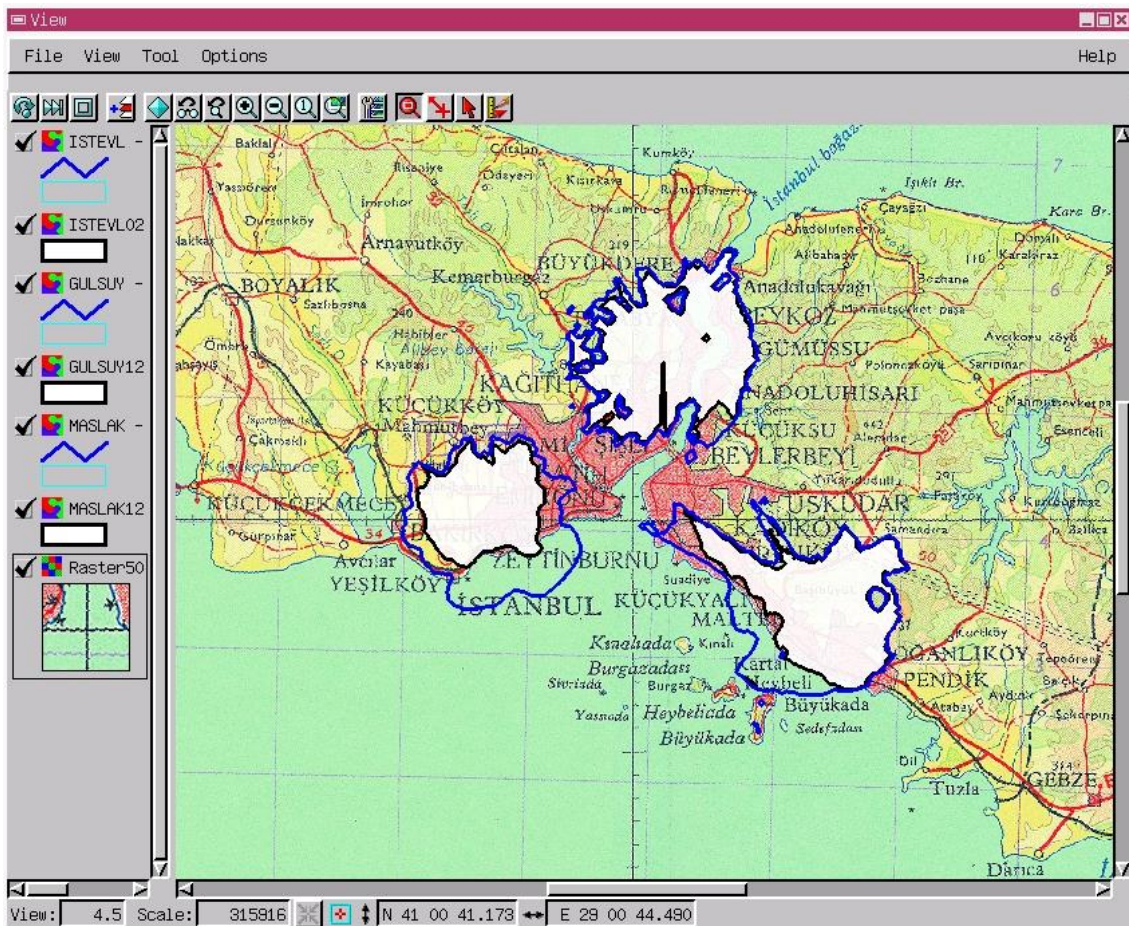
- 使用数字地形海拔数据和国际电联建议的传播模型进行传播预测。
- 计算电台覆盖范围，并在数字地图上显示。
- 使用ITU-R P.530建议书中描述的方法进行微波链路分析和链路可用性计算。
- 在陆地数字音频与视频广播业务（T-DAB和DVB-T）中，计算有用和干扰信号的级别、网络增益以及单个频率网络的覆盖概率。
- 对模拟无线电/电视和陆地移动业务进行业务内干扰分析。
- 对模拟电视业务与T-DAB或DVB-T业务进行业务间干扰分析。
- 根据ITU-R SM.1009建议书对波段为87-108 MHz的语音广播业务与波段为108-137 MHz的航空业务之间的兼容性进行计算。
- 对互调干扰与减敏进行分析。
- 为模拟无线电和电视广播业务进行频率规划。
- 使用美国国家电信信息主管部门（NTIA）开发的ICEPAC程序，为工作在HF波段（2-30 MHz）的陆地移动电路自动计算候选频率指配。
- 在边境地区，寻找潜在需要国际协调的电台并在地图上予以显示。
- 将与邻国进行协调活动的记录保存到数据库中。
- 为需要国际协调的频率指配产生国际电联通告表格，可以以纸质形式或电子形式，填上所有将要呈送国际电联的数据。
- 使用1975年在日内瓦达成的地区协议最终法案中描述的方法，协调计算工作在LF/MF波段的无线电台。
- 根据国际电联《无线电规则》计算对地静止卫星地球站的协调等高线，确定位于此等高线范围内并共享同一频带的各陆地无线电台。
- 列出、更新和查询国家和国际（即区域和全球）频率分配表。
- 数据库操作，如查看、更新、查询和报告频率指配记录。

频谱工程系统包括在频率指配过程中用于协助操作员的有用的分析工具。系统具有以下特点：

- 一旦对一个发射机进行了传播分析，用户定义的任何数目的场强等高线都可以绘制在地图上。
- 使用人口普查数据库，可以产生一个有关所有行政管理部门（省、区和乡村）及其人口以及居住在一个给定场强等高线内的总人口的列表。
- 可以绘制信号剖面 and 地形剖面，显示相对某个方向上自发射机位置距离的信号水平。
- 假定涉及干扰分析的每个电台都可以看作是干扰源和干扰受害者，那么对现有之电台与提议之站点之间的潜在干扰进行分析。
- 使用共用频道和相邻频道保护率进行干扰分析的结果是，可以计算出每个电台的无干扰覆盖区域，并显示在地图上，如图7.10所示。
- 如果频率可用，可以自动确定一个提议之电台的无干扰候选频率。
- 可以为VHF/UHF陆地移动业务计算出基站的覆盖范围和移动对讲距离，两种通信方式可能的覆盖范围可以在地图上进行显示。

图7.10

## 陆地移动业务中3个基站的无干扰覆盖区域



## 管理信息系统 (MIS)

管理信息系统 (MIS) 由各子系统集成而成, 这些定制的子系统用于自动执行电信权威机构中的所有管理任务。管理信息系统满足权威机构的行政管理数据管理要求, 从数据输入到数据查询和报告生成。系统支持以下高级的管理功能, 提供了一个用于频谱管理活动的完整的、一致的、易于使用的“交钥匙般的”解决方案:

- 申请表处理;
- 许可证处理;
- 费用处理;
- 报告处理;
- 干扰投诉处理;
- 安全处理;
- 频率指配。

建立一个满足权威机构未来要求以及现有要求的系统, 必然是一项不可避免的设计策略。必须牢记, 上述功能已经按照应用领域进行了分类, 以满足应用的特定要求, 并因此获得一个模块化的、易于维护的子系统。

无线电许可证的应用取决于无线电台的类型。出于该目的, 设计和开发了两个子系统, 即“无线电台许可证管理”和“业余无线电台许可证管理”。此外, 为了注册和加强市民波段无线电台认证, 开发了一个独立的称为“市民波段无线电认证管理”的子系统。

一些权威机构还为个人提供授权认证, 以使用户操作固定和移动的无线电台以及业余无线电台, 候选者需要通过考试。无线电操作员认证管理系统和业务无线电认证管理系统的设计目的是为了执行上述目的所需的各项任务。为处理临时发放的、在本国使用时间有限的国外业余无线电许可证, 开发了国外业余无线电认证管理系统。

每一个上述子系统都具有自己相关的申请处理、许可证处理、费用处理、报告处理和安全处理功能。

干扰投诉管理子系统设计成了一个独立的子系统, 但集成到了其他系统中, 用于处理干扰投诉申请、干扰源及其解决方案。

设备标准和授权许可证管理子系统用于处理另一项主要的频谱管理活动, 其设计目的是用于记录和后续进行设备测试申请、设备测试结果, 以及记录和处理权威机构批准的设备, 以表格形式, 它符合国际电联的规范与建议。此外, 该子系统还用来记录、后续进行和准备用于输入/出售/生产无线电设备的授权许可证、发放用于输入/生产无线电设备的准许证及其后续行动、记录销售商和设备出售情况、记录和准备设备一致性认证。

对高层的费用、欠费和处罚管理, 设计了费用管理子系统, 包括了更多的高级特性。实际上, 费用管理的目的是处理无线电台许可证费用及其他相关的费用支付情况, 以及具备为管理信息系统生成财政声明的功能。

至于频率指配处理, 无线电台许可证管理结合频谱工程系统 (SES) 来完成许可证发放所需的各步骤, 从许可证申请开始, 接着是站点检查, 然后是频率指配, 最后是发放许可证。

权威机构的负责人会定期地或在预先确定的日期里对无线电台进行访问，以控制系统与设备的参数，使之满足允许的限制和功能。这些访问、控制的结果甚至控制费用，如果有的话，都可以使用系统控制管理子系统进行记录和跟踪。通过该子系统，用户可以访问所有关于许可证、指配频率、站点属性和应付款的详细信息。

大多数情况下，权威机构发现，宪法规定的负责部门之后所作的有关未支付许可证费用、过期未付和罚款的声明是有用的。司法后续行动管理是一个专门剪裁的、用于此目的的子系统，它与其他管理信息系统子系统运行在一个集成的环境中。

管理信息系统管理支持是另一个独特的子系统，它使管理信息系统管理员可以完成以下操作：在定义的组织结构内创建用户信息、分配用户名和口令、定义用户访问和操作权限（从限制用户使用某个特定的子系统，到限制用户使用某些功能，如记录查看、记录删除和报告打印）。管理员可以以这种方式控制系统的安全，以及使用监控接口跟踪关键用户行动，如擦除记录和未授权访问尝试。

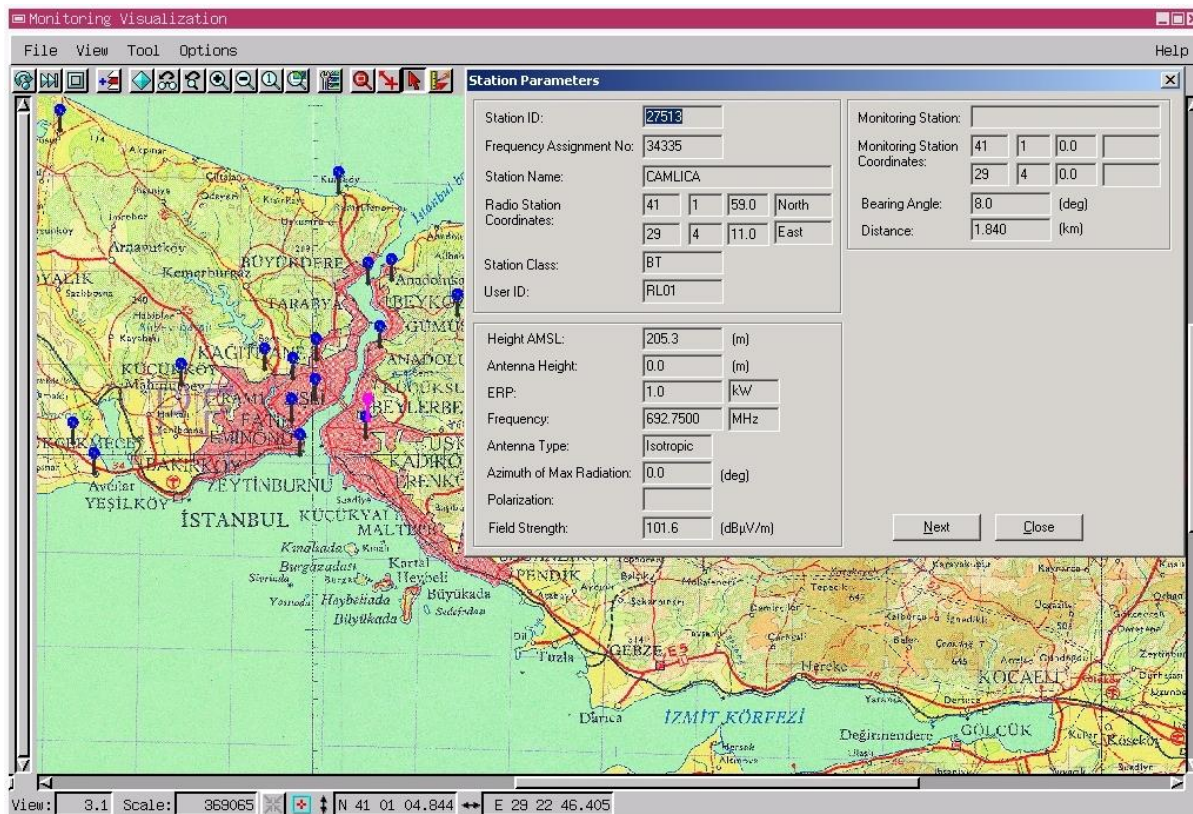
总之，NFMS-MIS拥有以下子系统：

- 无线电台许可证管理；
- 业余无线电台许可证管理；
- 业余无线电认证管理；
- 无线电操作员认证管理；
- 境外业余无线电认证管理；
- 市民波段无线电认证管理；
- 费用管理；
- 干扰投诉管理；
- 法律后续行动管理；
- 设备标准与授权许可证管理；
- 系统控制管理；
- 管理信息系统管理支持。

管理信息系统还与频谱工程和监控支持系统实现了集成。通过使用数据库查询功能和一个地理信息系统（GIS）映射软件，用户可以按频率、电台类别或电台位置搜索数据库记录，搜索结果可以显示在地图上。例如，如果一个用户想要查看工作在土耳其某个地理区域内给定频率范围上的无线电台，软件将访问许可证发放数据库，寻找那些满足给定准则的电台，并使用用户定义的符号将其位置显示在地图上。通过指向和点击地图上的无线电台符号，将访问该电台的文件，其内容将在屏幕上的一个文本框中显示出来，如图7.11所示：

图7.11

显示在地图上的数据库查询结果



Nat.Spec.Man-7.11

## 数字表示的NFMS

目前，土耳其的系统使用上百万个包含所有无线电台和设备详细信息的数据文件，这些文件通过无线电波进行传送。无线电台工作于广泛的业务范围（如广播业务、陆地移动业务、航空业务，等等），微波链路、蜂窝站点天线、机场安全系统都获得了许可证，并都包括在数据库中。显然，主要目标是建立一个数据库，要求数据只需输入一次即可。它应该为权威机构的工作人员建立标准的表格，以便许可证发放中使用。一旦正确的信息输入，数据库应该自动进行更新，并将数据转至其所属的多个文件中。

最初，权威机构把数据保存在不同的来源中，从纸质文档和微软的EXCEL电子表格，到小规模数据库，但许多电子数据是过期的，需要进行更新。在NFMS项目的数据库开发阶段，现有的电子数据已经自动转换到新的数据库中，转换通过使用ISYAM开发的转换程序完成。在转换过程中，对现有数据运用了语法与语义检查以及数据区分技术，以便得到一个一致、正确的数据库。

NFMS拥有一个具有分布式结构的、彻底完整和一致的关系性数据库，运行在互联的7个工作中心，即地方监控中心和国家控制中心。数据在这些中心之间每天复制一次。

目前，NFMS数据库中有365个表。需要注意的是，该表中任何操作域的记录数目表明了与该操作域有关的所有记录的总的数目。例如，尽管在所有表中用于“频率指配和管理”目的的记录总共有553 624条，但整个土耳其指配给许可站点的频率数为119 228。在监控站

管理操作数据库中，记录大小会提高到几百万甚至更多，这取决于指配给监控站的测量任务类型和数目。

### 为未来做好准备

技术发展如此之迅速，以至在系统建成后一些性能需要重新进行设计。用于频谱管理系统的一个正在考虑的改进是使用高分辨率的建筑高度数据和射线跟踪技术，以便在城区实现更加精确的信号传播分析。项目的参与者相信，几年后，NFMS将带来广泛的益处。



## 第7章

## 附件6

## 更新原有的频谱管理系统

## 1 概述

### 1.1 引言

本附件关注频谱管理领域新软件系统的升级与开发问题。特别地，我们在此描述Telcordia公司遵循的开发过程，它向它的一个客户交付了一个定制的高级频谱管理系统<sup>41</sup>（FMS）。研究原有频谱管理系统的现代化和升级问题是非常有意思的，原因是，它涉及以下方面问题的独特结合：技术的、管理的、财政的、空间数据处理、数值算法、科学可视化、报告生成以及广泛的用户界面。开发FMS要求将各种不同的原有系统和数据库集成、升级为一个综合、统一、集成的频谱管理系统。

## 2 挑战

客户要求对其频率管理部门的工作进行评审，并开发一个先进、集成、高级的频率管理系统（FMS），要求系统满足其特定要求，并符合ITU-R SM.1370建议书《高级自动频谱管理系统开发设计指南》。

一般地，一个频谱管理系统包括以下种类的功能：

- 管理功能，例如记录保持、申请处理、报告生成等等；
- 工程分析，例如传播模型、干扰分析、链路分析、覆盖分析等等；
- 地图功能，以帮助频谱规划和干扰解决方案；以及
- 财政功能，例如费用处理、结算、费用收取和记账。

以上每一类功能包括多个子功能，子功能由多个任务组成。

客户使用一系列独立的数据库和一小组工程工具来完成频率管理功能。许多功能是手动执行的。设计的FMS可以在一个单一的客户机/服务器应用中集成进数据库、工程功能、财政功能、地理信息系统（GIS）和报告生成等功能。系统必须灵活、模块化，而且基于已经经过了证明的数据库技术。

下列任务的执行有助于客户管理向一个新的、集成的、统一的系统的转变：

- 客户操作分析；
- 确定由于FMS与客户联合的需求；
- 开发FMS；
- 在现场部署FMS；
- 运行FMS，并在将FMS交付用户之前对用户进行培训。

---

<sup>41</sup> 在第7章中，“频谱管理系统”一词是指一个自动执行频谱管理任务的通用系统。“高级频谱管理系统”一词是指开发的和在本附件中描述的特殊系统。

### 3 目前状况

在引入FMS之前，原有的软件和数据环境是异构的，以下各段是对该环境的一个简单描述。

#### 3.1 异构软件环境

原有的软件系统包括来自客户的以及来自其他渠道的系统，它原来包括以下系统：

— **MRSELS-II**

微波无线电与卫星工程和许可证发放系统II（MRSELS-II），它为固定陆地和卫星微波无线电系统提供2-40 GHz的频谱分析和许可证发放功能。本质上，这是一个用Focus语言编写的大型数据库系统。

— **WARE**

用于高级无线电工程的工作站（WARE），提供了无线电工程和用于150 MHz-2 GHz频谱分析和频谱解析的工具。WARE的根本工程功能是连接任何普通的单点对多点无线电系统应用，包括PCS、BETRS，移动电话和蜂窝电话等等。WARE用C语言编写。

— **ARC工作站**

高级无线电协调系统（ARC）提供了用于2-40 GHz微波无线电工程和频谱解析的工具。ARC用C语言编写。

— **RANEBO**

用于广播和有线业务间频率协调的Telcordia频谱管理系统。Ranebo包括若干传播模型和干扰模型，它用FORTRAN语言编写。

— 来自美国政府的各种Fortran程序，包括用于HF传播的MSAM和REC533。

— 一组来自ITU-R的FORTRAN和C程序。

— 客户提供的FORTRAN程序，包括卫星协调。

#### 3.2 异构数据环境

频谱管理系统使用的数据来自以下几个渠道：

— **客户数据库：**数据的主要来源，客户规范化数据库之集，不同的数据库用于不同的业务。

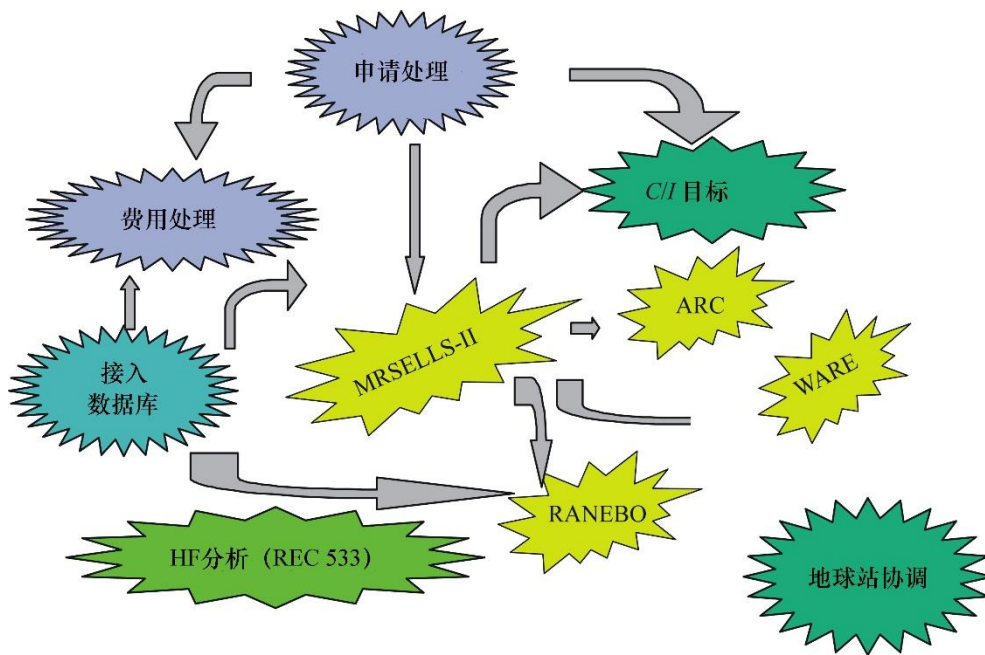
— **ITU-R：**关于频谱分配、业务定义等数据，来自ITU-R《无线电规则》、ITU-R《国际频率表》（IFL）和其他的ITU-R渠道。

— **GIS数据：**GIS数据包括几个层面的数据，如道路、政治边界以及以ESRI®格式获得的人口中心。

所有的系统和数据都是相互独立的，因此，如果所有的系统都要使用的话，需要进行大量的手动转换工作。另外，由于这些系统是基于不同的平台的，因此系统维护需要诸多专业技能。

图7.12

频谱管理异构环境图解



Nat.Spec.Man-7.12

#### 4 向现代化统一集成系统的发展趋势

客户正在寻找一个能集成尽可能多的部分，并可以使不同数据库成为一体的高级系统。

图7.13表示了一个理想的统一和集成的频谱管理系统。由于用于所有业务和功能的数据都存留在一个单一的数据库中，因此系统是统一的。由于数据流自动地从数据库流向各种不同的程序和不同的过程，因此系统是集成的。系统为所有的业务提供了一个一致的用户界面。

图7.13

统一且集成的高级频谱管理系统示意图



Nat.Spec.Man-7.13

统一且集成的系统具有以下优势：

- 减少维护：维护单个数据库的成本比维护多个数据库的成本要低；
- 提高效率：一个集成的系统提供了一种有效地执行所有频谱管理任务的方法。不再是在许多个输入屏上重新输入数据来执行各种不同的任务，数据只需输入一次，而在执行每个任务时数据将自动装入所有要求的字段中；
- 减少用户错误：自动集成系统可以对提交的数据自动进行验证与分析；
- 统一的接口和代码编写：现代化的面向对象的软件工程技术推动了统一且一致的用户界面的发展。公共任务对所有功能的行为都是相同的；
- 升级：集成系统的另一个优势是它提供了升级和提高现有功能的机会。

高度集成的主要劣势是前期开发成本、软件集成复杂度和数据转换。因此，必须对集成和替换的益处与实现集成和替换的难度和费用进行权衡。另外，希望获得高的软件重用度，尤其对计算功能，大量的使用历史已经证明，高重用度将带来高可靠性。

统一的系统的不足是，不同的数据必须合并到一个单一的数据库中。这要求进行彻底的数据建模，以便确定一个能容纳现有数据结构的数据数据库设计。

为了集成和统一而做的决定是相互联系又相互独立的。集成大部分是编程问题，而统一还包括数据建模和商业惯例。在频谱管理系统中，对于不同的业务和功能，其数据成分之间通常存在许多共性，同时，用于不同业务的频谱管理程序之间也存在相似性。因此，统一是可行的，并将大大改善部门的工作。

#### 4.1 平台选择

实现可靠的集成化频谱管理系统的一个关键问题是体系结构和平台的选择。该公司选择以下平台要素：

- 选用Oracle8i™作为关系型数据库管理系统（RDBMS）平台。出于各种技术原因，选用了Oracle® RDBMS，包括平台独立性以及集成其他Oracle应用程序的能力，客户应决定未来扩展其频率管理系统。
- 选用MapInfo Professional®用于处理GIS数据，选用MapInfo MapX®部件用于在申请中显示数据。选用Oracle® Spatial作为GIS引擎。该选择的优势是利用Oracle Spatial、Oracle和MapInfo提供的产品之间的美好集成性。
- 工程和财政功能是用PL/SQL™、C++和Fortran语言实现的，该选择基于以下考虑：关系型数据库管理系统（RDBMS）的选择、原有软件成分以及实现面向对象设计目标。
- 服务器操作系统是Microsoft® Windows NT® 4。客户要求Windows NT系统，原因是，客户将在项目结束后管理系统，而FMS中预计的工作量是中等的。虽然FMS基于Windows NT系统，但平台独立性是FMS开发的一个重要目标。FMS移植到Unix应该是一个简单的过程。

## 4.2 客户操作分析

开发集成化系统的第一步是分析客户的操作。就频谱管理功能的性能，对客户的方法和步骤（M&P）进行检查。检查过程中关键的一步是调查数据流以及与现有自动系统实施有关的、不同部门任务所涉及的步骤。

第二步是基于现有系统确定系统要求、分析M&P、当前技术与管制要求以及部门预计要求。确定这些需求包括以下工作：如构建和修改数据字典、建立数据模型。确定需求部分地依赖于原有系统的配置。

在建立应用之前，公司和客户将对现有软件系统进行评估，以决定现有系统中的哪些部分保留、哪些部分重用以及哪些部分需要开发。

## 4.3 应用建造中的教训

应用开发已经完成，关于功能和软件重用方面的一些决定和基本原理如下所示：

- 大部分的用户界面是重新开发的。原因是，用户界面技术在短期内取得了重大发展，因此，老的用户界面看起来显得太原始，难以维护。
- 在一些地区，如GIS部件，这些可用的部件使得可以开发出几年前可能难以开发的接口。公司与Oracle GIS小组合作开发了与应用集成的地图显示。
- 技术上合适的话，现有的C代码可以重用。然而，大部分的C代码已经升级为C++，以便实现面向对象设计。在某些情况下，需要对现有的C代码进行升级，以便包括频谱管理算法（如传播模型的改变、经过修改的地球站协调程序等等）方面的最新发展。
- 如果程序包含大量的用户界面代码，那么重用Fortran代码是困难的。在这种情况下，更有效率的办法是从草稿开始重新编写这些代码，或者使用应用程序而不集成它。如果没有用户界面代码，或者如果最初的作者可以提取出代码的数值部分，那么有以下三种选择：  
选择1：编译Fortran程序作为一个库；  
选择2：使用自动工具，如f2c，转换成C语言；或者

选择3: 手动转换成C++语言。

公司采用所有的三种策略来集成取决于应用的FORTRAN代码。不过,有几个FORTRAN程序没有集成进去,原因是其使用频度太低,不值得为它的集成花费投资。

- 将现有的代码转换为C++(或另一种现代语言,如Java)代码,或改写应用程序,以便提供一个改进原有应用程序的机会。例如,客户正使用若干FORTRAN程序来实现产生功率频谱密度(PSD)和计算载波干扰比(C/I)的目标。由于FORTRAN语言对数组分配的局限性,这些程序使用频率增量固定的、大小固定的数组。Telcordia重新编写这些程序,利用SQL表来存储PSD和C/I,利用C++程序来计算和处理这些数量,使用了长度可变的数组,频率增量可以任意改变。这提高了计算精度,以及此应用要求的性能和存储容量。
- 重用为不同数据库技术开发的旧的数据库代码是不可能的。一个规范的数据库方案已经开发出来,它基于客户要求,包括来自客户数据库、数据库和ITU-R字段的元素。
- 重用现有的报告通常是简单的。原因是,报告通过升级过程可以保持一致。报告的格式与内容,如申请表、发票或通告表,可能是依据法律要求或部门规定制定的。如果基本的数据方案已经通过升级保留了,那么报告可以不加改变地就能使用。如果基本的数据方案已经改变了,那么只有数据绑定需要改变。甚至以前手动填写的表格也可以通过链接恰当的数据字段来自动实现。使用这种技术,某些表格的生成可自动完成,而以前是需要手工生成的。

#### 4.4 数据转换

另一个挑战是在一个单一的数据库中转换和合并现有数据,这通过以下步骤实现。

- GIS数据从ESRI Shapefiles文件转换成MapInfo格式,然后上载到Oracle Spatial;
- 使用Perl和SQL脚本转换各种ITU-R数据;
- 通过COM自动化将应用程序与Microsoft® Excel和Access集成,实现Access数据向Oracle的迁移。此外,开发PL/SQL脚本,用于Oracle内数据的转换;
- 这个过程的一个特殊挑战是数据的规范化。最终的数据库方案比最初的客户数据具有更高的规范化,而且使用了更多的数据约束。为了保证数据的完整性,客户对规范化和数据约束提出了更高、更多的要求。

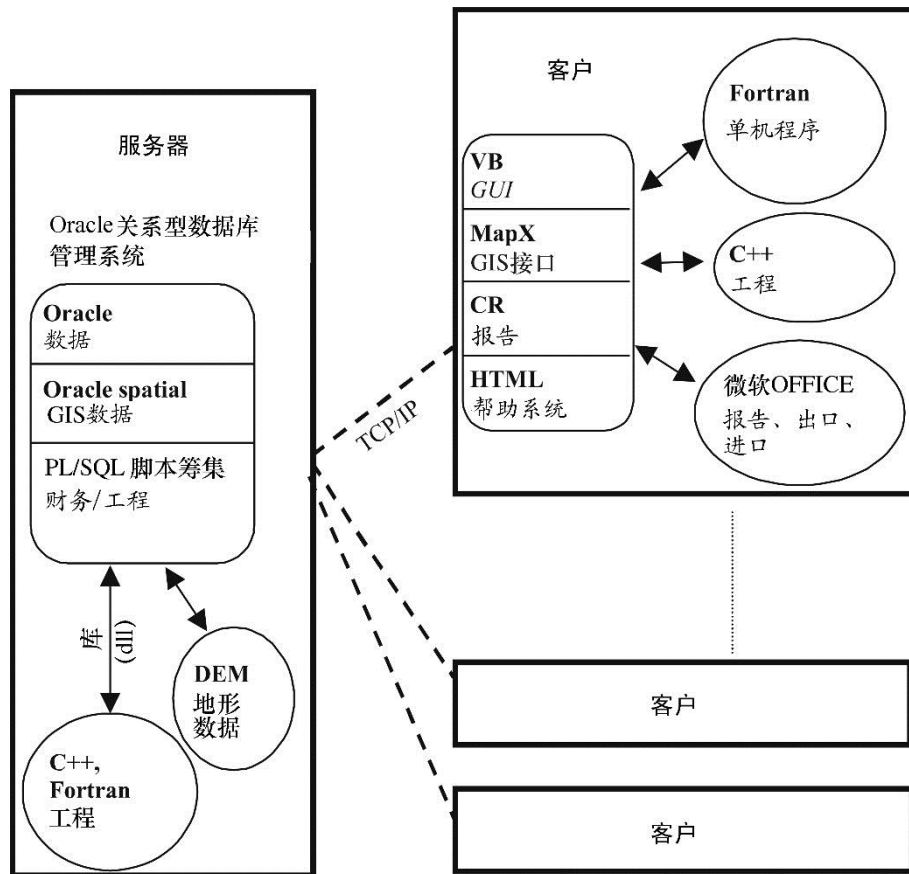
执行参考数据约束,例如外关键字约束和主关键字约束,要求开发自动程序来定位重叠的或复制的信息,并重新命名、合并或删除记录,以保持最终数据库的完整性。执行其他约束可通过数据字段转换来实现,以获得一致性。

## 5 高级的频率管理系统

这些努力的结果是生成了高级频率管理系统(FMS),系统结构基于Oracle8i, GIS基于Oracle Spatial,工程工具基于PL/SQL和C++, GIS客户接口基于MapX,系统的帮助功能使用HTML。

图7.14

FMS体系结构



Nat.Spec.Man-7.14

图7.14显示了FMS的体系结构，系统使用了模块化的体系结构，这有利于用户定制和升级。例如，所有的数值计算程序都是以带有确定之应用程序接口（API）的库来实现的。因此，Telcordia可以仅仅通过更换一个库便可实现任何工程工具的升级。这在频谱管理中是重要的，因为某些工具变化很快，如地球站协调工具。与此类似，修改用户界面或者报告而不影响系统的其他成分也是可能的。系统灵活性的另一个例子是通过交换文件实现改变地形数据库的能力。

FMS是一个自动实现多种频谱管理任务的软件系统，这些频谱管理任务包括以下过程：

- 指配新频率；
- 解决干扰问题；
- 计算和收取频率费用；
- 完成工程分析；
- 确保符合国际和国家规定；
- 评估通信链路性能；
- 完成地球站协调；
- 完成边界协调与通告；

- 生成报告、申请表格、费用计算结果、许可证和发票；
- 执行查询和搜索；
- 提供安全处理。

FMS软件执行三项基本功能：

- 管理功能包括如下特色，例如记录和查找指配的频率、频率用户数据、设备数据、天线数据、自动产生各种监管表格、数据报告和发票，以及频谱费用计算。FMS通过许多技术的或管理的参数来为广泛的搜索提供便利。FMS自动检查是否满足频率分配表和频道计划要求。另外，它还提供了用户查询特点。最后，FMS实现了与微软的Access软件和微软的Excel软件的集成，用于数据分析和报告。
- 工程分析功能具有计算发射系统之间干扰、评估基站覆盖区域以及为新的频率指配确定最适用频率的功能。所有的功能通过一个用户友好的图形化用户界面进行访问，包括如图形绘制等功能。工程分析功能包括各种传播模型、天线鉴别模型、C/I分析（载波干扰比）、衰减分析、链路分析、RF（无线电频率）人体暴露评估、卫星角度确定、EMC（电磁兼容性）分析（包括微波、陆地移动、广播等等）和许多其他工具。
- 地图显示功能提供了详细的交互式地图显示功能，用于理解各种各样的频谱管理问题。FMS使用一个综合的数字地形数据库来执行复杂的工程功能。

## 6 转换至FMS

最后一步是移交新系统的系统管理给客户。虽然客户希望管理新系统，但在公司现场管理FMS之前有一个转换周期。转换周期过后，与客户方人员一起管理系统，以便他们能够熟悉系统管理。

需要对部门人员进行培训，教会它们如何使用和操作FMS。FMS带有一个广泛的基于HTML的帮助系统。这个项目得到的一个主要教训是，必须认识到，在设计和实施系统过程中，与客户密切工作是至关重要的。

## 7 未来

频谱管理软件继续在演化和升级。频谱管理的一个新方向是通过互联网为某些频谱管理功能提供自助服务。例如，利用服务器端计算已经在互联网上引入了频谱兼容性软件，用的是Java™编程语言。另一个令人兴奋的消息可能是使用电子数据交换实现频谱管理。FMS可以处理以Excel表提供的许可证申请。用户可以通过电子邮件提交批量的申请。天线数据的电子数据相互交换已经通过国家频谱管理者协会（NSMA）标准得以很好的建立。

同时还有一个趋势，Java语言用于未来频谱管理应用的重要性日益增长。Java编程语言可能成为Oracle数据库应用的选择语言。Java平台允许服务器和客户端处理使用同一种语言，而且，Java应用程序和小程序允许将软件的任何部门放置到互联网上。移植现有的C++代码到Java是非常容易的，因为Telcordia已经为频谱兼容性软件完成了这一工作。Java平台的不足在于性能低下、在实现某些数值程序时不方便。尽管如此，随着频谱管理系统的实施开始类似于电子商务系统，为电子商务开发的技术，如Java平台和XML，必将变得更加卓越。



## 8 总结

本附件描述了高级频率管理系统（FMS）的开发，出于许多原因，开发这个系统是一项具有挑战性的任务，包括：

- 定义包括用户界面、工程工具、数据库结构和报告等系统要求时，需要客户和开发公司之间的密切合作。
- 许多FMS特性的定义基于现有软件的特性或现有数据的结构。
- 客户的专业技能和经验对于定义软件接口、工程和财政算法、数据元素和报告格式至关重要。
- FMS集成了一大组来自各种渠道的原有代码，这些代码包括了若干种计算机语言，它们直接出现或以经过修改的表格形式出现。
- 必须进行数据处理，以便将数据转入统一的数据库中。

尽管面临着这些挑战，一个完美的、统一的、集成的频谱管理系统已经开发出来了。在客户所在地运行系统后，系统移交给了客户，客户正用它产生效益。通过使用FMS，客户提高了工作效率，并且能够快速而准确地完成以往艰巨的任务。

## 第7章

### 附件7

## 秘鲁的国家频谱管理和监控系统

### 1 引言

本附件将介绍秘鲁实施频谱管理和监控系统的经验，通过系统实施，秘鲁交通与通信部（MTC）（[www.mtc.gob.pe](http://www.mtc.gob.pe)）获得了益处。项目由国际电联（[www.itu.int](http://www.itu.int)）进行管理，目的是使MTC受益。项目的主承包商是法国的THALES通信公司（TCC）（[www.thalesgroup.com](http://www.thalesgroup.com)），其中的频谱监控系统由TCC公司提供，而频谱管理系统，也就是ELLIPSE频谱，由Cri1电信软件公司（CTS）提供，它是法国一个专门提供自动频谱管理系统和电信运营商软件解决方案的软件公司（[www.criltelecom.com](http://www.criltelecom.com)）。

#### 1.1 系统描述

项目包括实现一个完整的“交钥匙般的”系统，系统交付给秘鲁，用于1个位于首都利马城的国家中心和6个地区中心，2002年完成第一期工程，系统可能扩展至其他地区。下面的图7.15给出了现有网络的体系结构。

国家中心包括：

频谱管理和监控软件：

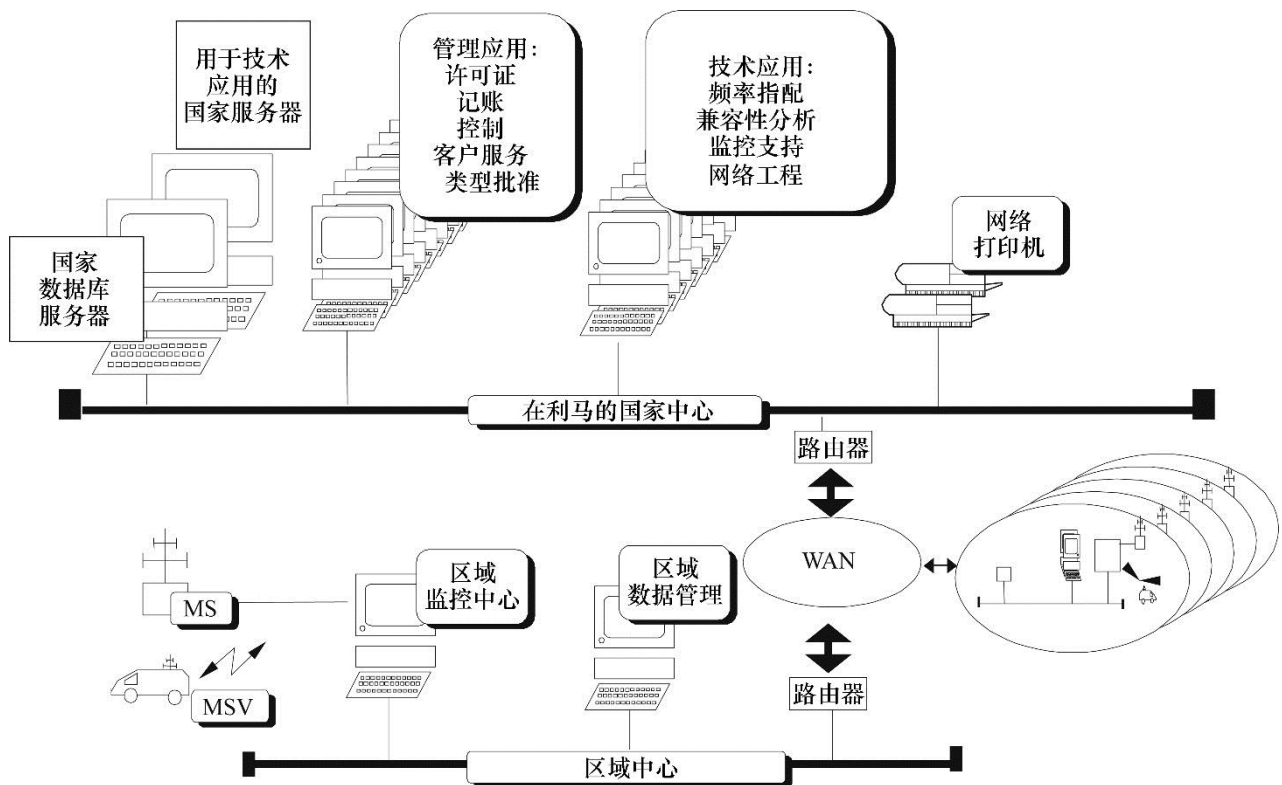
- 国家数据库；
- 技术分析工具；
- 管理工具；
- 与监控系统的接口；
- 国家监控软件。

区域性中心包括：

- 频谱管理和监控软件：管理工具与监控频谱软件的接口；
- 设备。

图7.15

秘鲁的频谱管理系统和监控系统总体架构



Nat.Spec.Man-7.15

## 1.2 交通和通信部期望的益处

有了这个充分集成的系统，MTC计划依据ITU-R建议书，尤其依据ITU-R SM. 1537建议书，对其国家无线电频谱进行高效的管理和监控。

实际上，电信网络已经重组一段很长时间了，作为基础设施的一部分，它是国家发展和实现现代化不可缺少的一部分。无线电频谱是一个有价值的、稀有的和有限的资源。这一事实带来的结果是，任何国家的社会、文化、工业和经济发展都与日益增长的新电信业务需求有关，而这又转化为对频谱空间的需求日益增长。只有通过频谱的明智使用和谨慎管理，这些合法的业务需求才能满足。无线电频谱也是国家安全、国防和安全的核心。

频谱管理是重要的，原因是无线电频谱已成为一项重要的国家资源，同有形的物理资源一样重要，如人力、自然资源、交通、网络等等。随着无线电波的应用变得越来越广泛，无线电频谱的管理变得日益复杂和困难。MTC期望提供的频谱管理和监控系统有助于满足频谱用户和主管部门的需要。

该系统应在以下主要活动中为MTC提供帮助：

- 政策与规定；
- 国际大会和会议的协调；
- 频率的规划、分配和指配；
- 许可证发放、记账和通告自动更新；

- 频率协调和通告；
- 工程支持（电磁兼容性分析、载波干扰比（C/I）计算、传播预测）；
- 检查、频谱控制、监督和监控；
- 统计和高级报告；
- 度量和定位符合ITU-R《频谱监测手册》要求的发射机。

这些活动在秘鲁的首都利马进行，其中一些活动在六个地区中心进行。

## 2 频谱管理系统陈述

### 2.1 项目实施

实施这样一个项目需要制定不同阶段的计划。第一阶段涉及位于首都利马的国家中心，第二阶段和第三阶段包括6个地区中心，其他的阶段还在计划中。

### 2.2 系统描述

自动频谱管理系统，ELLIPSE频谱，其设计目的是，依据国家法规、无线电通信规则以及国际电联报告和建议书，为MTC的频谱管理任务提供帮助。

大多数的管理和技术问题以及频谱管理活动主要基于ITU-R SM.1370建议书和相关国际电联出版物的指导原则。

包括以下活动：

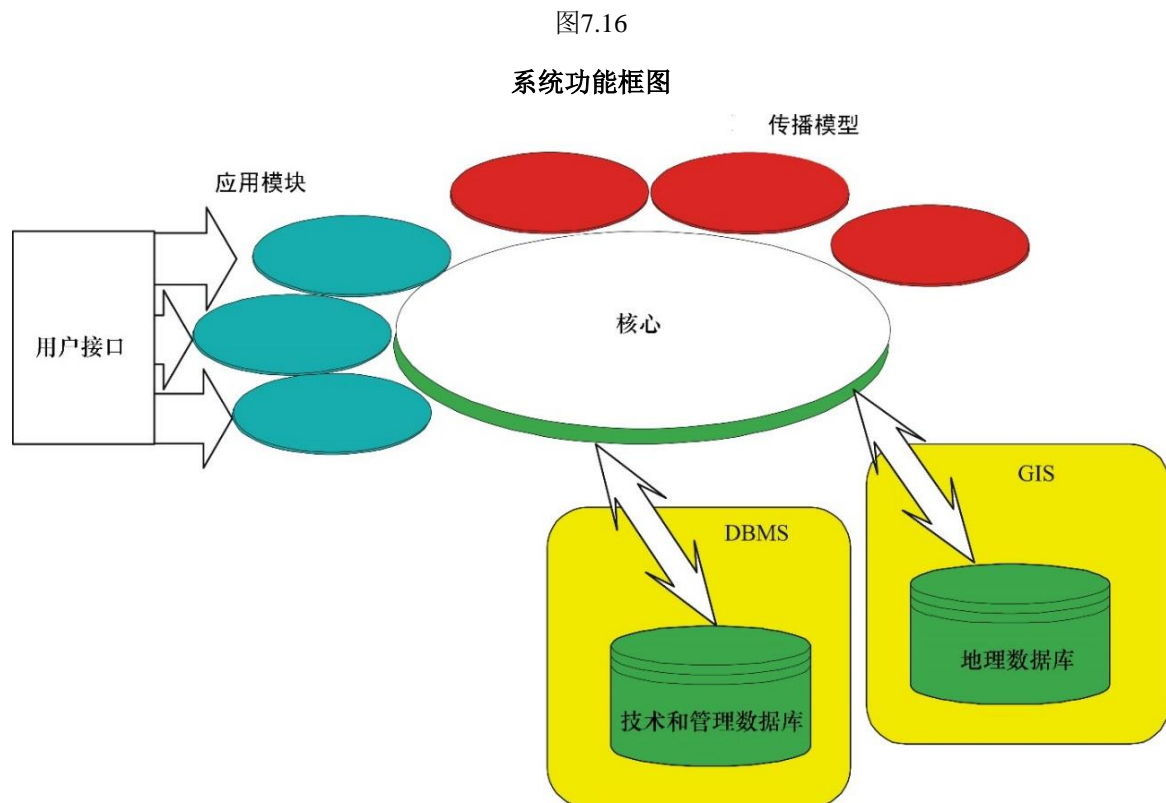
- 工作流程管理和处理；
- 管理任务自动化；
- 频率计划定义；
- 频率分配；
- 频率指配；
- 许可证发放和同意意见签署；
- 设备类型批准和认证；
- 记账、费用处理和自动化的更新通告；
- 国际协调和通告；
- 频谱工程、覆盖预测、电磁兼容性分析、载波干扰比（C/I）计算；
- 投诉管理、检查计划和频谱控制；
- 频谱管理和频谱监控系统之间的接口；
- 统计和高级报告。

系统的主要技术特性如下：

- 集成的频谱管理系统，用于管理任务和技术任务的软件包和数据库；
- 与国际电联建议书和报告的兼容性；
- 国际协调协议；
- 几个功能强大的传播模型；
- 工程分析、电磁兼容性分析（EMC）和载波干扰比（C/I）分析；

- 功能强大的关系型数据库系统（ORACLE）；
- 功能强大的图形化用户界面（GUI）系统；
- 功能强大的地理信息系统（GIS）；
- 灵活、易用、可靠的系统；
- 多用户和多任务的系统；
- 具有多语言、多窗口、客户机/服务器环境等特点；
- 多平台、体系结构开放的系统。

系统由不同的功能实体组成，如下图所示：



用户界面允许人/机接口。

**内核**是用于管理所有系统共享资源和外部资源（硬件、操作系统和中间件）的功能模块，并使之能够用于应用程序。

**技术和管理数据库**使用ORACLE作为关系型数据库管理系统（RDBMS），由管理和技术应用程序来使用。

**GIS**（地理信息系统）使用**地理数据库**来管理可用的地理信息。

**传播模型**用来计算传播预测和场强。这些模型可以使用来自可用的地理数据和地理信息系统的数据参数。

**应用模块**是分配给特定任务的功能实体，它们使用内核功能。

系统是多用户和多任务的，而且它是一个多语言和多窗口的客户机/服务器环境。菜单的组织使用一个基于任务的方法，这简化和优化了对应用的理解和使用。

### 2.3 系统用户管理和安全管理

出于众多不同的理由，安全管理对MTC来说是至关重要的一点，理由包括：

- 来自MTC中不同部门的几个人可能都使用该系统；
- 并非每个用户都具有执行所有可用之操作的权限；
- 财政记录保留在数据库中；
- 等等。

系统实施时考虑了以下问题：

- 每个用户必须由系统管理员在系统内定义；
- 用户鉴别的最初层面由工作站的操作系统提供，以决定哪个用户可以访问系统；
- 用户鉴别的第二个层面由应用程序通过关系型数据库管理系统（ORACLE）的访问控制来提供；
- 用户鉴别的第二个层面由赋予数据处理的权限来管理。

### 2.4 管理功能

系统按照MTC的要求提供管理功能，如下所示：

- 数据输入接口和数据定义；
- 频谱用户管理；
- 工作流程管理和处理；
- 国际协调管理；
- 设备类型的批准和认证；
- 许可证发放；
- 记账、费用处理和自动通告更新。

#### 2.4.1 数据输入接口和数据定义

接口使用户能够输入管理数据、技术应用要用的技术数据以及参考数据，包括国际电联业务、频率计划和频带、库值等等。该接口用于帮助系统操作员完成日常工作。

#### 2.4.2 频谱用户管理

频谱用户指的是物理的人或合法实体，他们持有频谱用户许可证或认证证书。系统管理所有与频谱用户相关的数据。

#### 2.4.3 工作流程管理和处理

系统允许定义不同的MTC部门和实体之间的过程，它们与申请处理、许可证发放、认证证书和许可证明发放、费用处理和记账、国际协调、通告和工程等相关。

#### 2.4.4 国际协调管理

无线电频率不局限于地理政治边界，因此，在区域和国际层面上对频率指配进行协调是重要的。为了实现这一任务，MTC应该：

- 维护一个准确的频率管理数据库；
- 能够执行要求的技术分析；
- 与周边国家协调频率分配，协调的方式可以是直接协调（双边协议）、或在区域基础上协调（区域协议，如通过CITEL）、或在国际层面上协调（通过ITU和其他国际组织）；
- 就频率共享与周边国家进行谈判，以便达成双边协议。

ELLIPSE频谱允许MTC操作员采用相关的国际协调协议来产生相关的、相应业务所需的国际电联电子形式或纸质形式的通告表。

#### 2.4.5 设备类型批准和认证

该模块用于管理类型经过批准的无线电设备及其基于国家和国际标准的认证证书。设备认证证书以要求的格式进行打印。

#### 2.4.6 许可证发放

许可证发放和通告程序应基于国家政策与法规。MTC应该能够：

- 建立国家许可证发放和通告准则；
- 建立国家许可证发放和通告程序与过程：
  - 建立每种业务类型（业余、水上、航空、陆地移动、广播等）特定的许可证发放程序和过程、电台（固定的、移动的、便携式的等）和用户（政府、安全、私营等）。程序和过程包括从提交申请表给MTC直至获得恰当的许可证的各个不同步骤和行动。
  - 建立发放许可证步骤和过程指每种类型的业务、站点和用户。步骤和过程包括通告新的分配、发布新的许可证、更新期满的许可证、修改现有的分配、取消许可证等所需的不同的阶段和行动。
- 维护一个准确、最新的许可证发放数据库和通告跟踪记录。正如前面提到的那样，这些数据库及其后续行动需要进行计算。许可证发放基于成功的指配；
- 生成恰当的、所需的报告和统计结果；
- 开发新的许可证申请表格和许可证格式；
- 根据国家无线电通信法案定义一系列许可证类别、一个详细的用于许可证发放过程和程序的框架、一个详细的基于业务类型、电台、用户、覆盖范围、带宽等的许可证费用计划和结构。

该模块实现对许可证分配过程的完整管理。MTC中的许可证类型决定了若干参数，如有效期、可打印的模板和费用。许可证按要求的格式进行打印。

#### 2.4.7 计费、费用处理和自动化的更新通知

该模块的特点是存有所有发票开具信息：开出的发票、支付的发票、未付的费用等等。当许可证已经分配了或修改了，发票开具的详细信息将保存起来，并使用存在数据库中的参数对费用进行计算。取决于业务，可以开具几种类型的发票。费用可能取决于若干参数，如电台数量、电台功率、移动电台数量等等。而后打印发票并交给用户。

系统使用罚款和利息数据库管理付款、欠款和收费，可以计算客户的债务。发票按要求的格式进行打印。

## 2.5 技术分析工具

MTC秘鲁采用以下技术模块：

- 技术接口数据输入；
- 工程分析、电磁兼容性（EMC）分析和载波干扰比（C/I）分析；
- 频率指配。

### 2.5.1 技术接口数据输入

提供了一个基于图形用户接口（GUI）概念的用户友好的界面，允许可视化地理解包含在屏幕中的所有元素。目的是允许系统操作员在一个高效且安全的环境中工作。应用程序菜单通常以一种基于任务的方式进行组织，例如，接口数据管理用来创建和编辑站点和电台，以及在进行仿真计算之前选择它们等等。

### 2.5.2 工程、电磁兼容性（EMC）和载波/干扰比（C/I）分析

作为秘鲁负责频率管理的主管部门，MTC应该：

- 基于工程支持提供的技术分析和规划，制定相应的政策与规定；
- 基于来自工程支持的数据和研究结果，准备和协调国际大会与会议；
- 建立工程实验室，拥有测试、维护、校准设备；可以开展研究、开发和学习等；
- 维持一个最新的类型经过批准的、技术上可接受的设备列表；
- 基于技术参数、研究和分析来协调、指配和将许可证发放给频率/无线电台，参数、研究和分析包括：EMC和干扰分析，以及系统工程验证；
- EMC和干扰分析的目的是对提议之频率指配对现有频率指配环境的影响（在国家层面上和在国际层面上）进行研究。EMC和干扰分析包括4个主要步骤：
  - 根据提议之站点周围的地理区域和候选频率频道周围的频率范围选择现有的频率；
  - 确定可接受的干扰级别；
  - 确定从现有各频率指配到所研究站点的干扰级别；
  - 报告潜在的干扰情况；
- 在执行EMC分析之前，应该执行系统工程，以便对给定网络设计的最低合理性要求进行评估。尽管执行完整的系统设计不是MTC应做的工作。系统工程的目的是确保设备的技术参数与提议之站点的操作类型一致、充分和最优；
- 基于工程支持小组的建议和指南，执行检查和监控活动。

为了帮助MTC实现上述任务，ELLIPSE频谱具备了不同的模块，例如：电台和网络覆盖范围计算、点覆盖范围、路由覆盖范围、EMC分析、互调积计算、载波干扰比（C/I）计算等。

申请操作员可为给定的分析、波段、地区、业务等选择使用不同的传播模型。在这些模型中，包括CTS开发的一个专利模型，可以使用当地参数进行校准。



### 2.5.3 频率指配

MTC应该能够：

- 维护一个准确且最新的频率指配数据库。随着频率用户和无线电业务数目的不断增加，拥有一个电子数据库、使用最新的关系型数据库管理工具是至关重要的。频率指配基于国家政策和法规以及国家频率规划规则。国家数据库应该包括关于所有国家频率指配的管理、地理和技术信息。
- 合适的话，使用EMC分析来确定一个新的频率指配是否会对现有的频率指配造成有害干扰，或确定现有的频率指配是否会对新的频率指配造成有害干扰。
- 基于频率协调和EMC分析结果指配频率。
- 在共享基础上指配频率。实际上，无线电频谱是一种有限的资源，MTC应该鼓励和合适的地方应用频谱共享原则。如果提供了足够的分隔空间，可以实现频率共享；如果电台位置之间有足够的分隔空间，可以通过重用同一频率来实现频率共享。空间分隔可以通过控制几个参数来控制，如使用有限的输出有效辐射功率（ERP）、定向的天线、有限的带宽、恰当的滤波等等。频率共享也可以通过共享时间来获得，在这种方案中，同一频率在24小时周期内的不同时段分配给不同的用户。

系统用来获得给定站点/频率的准确且全面的干扰分析。它基于对使用不同类型的电台的网络进行建模，以及对干扰源进行分析。提供频率列表用于优化频谱占用，并尽可能减少干扰。

### 2.6 与频谱监控系统的接口

负责技术性频谱监控任务的操作员能够使用其日常工作需要的频谱管理系统技术数据。操作员也可以使用监控数据来更新频谱管理数据库。

管理系统和监控系统之间的信息交换通过电子文件的传送来完成。管理系统给频谱监控系统发送需要测量的参数表（检查表）。频谱监控系统回送一个与这些参数相关的差异表作为一个输出文件（结果表），以及合适的话，所做测量的结果。

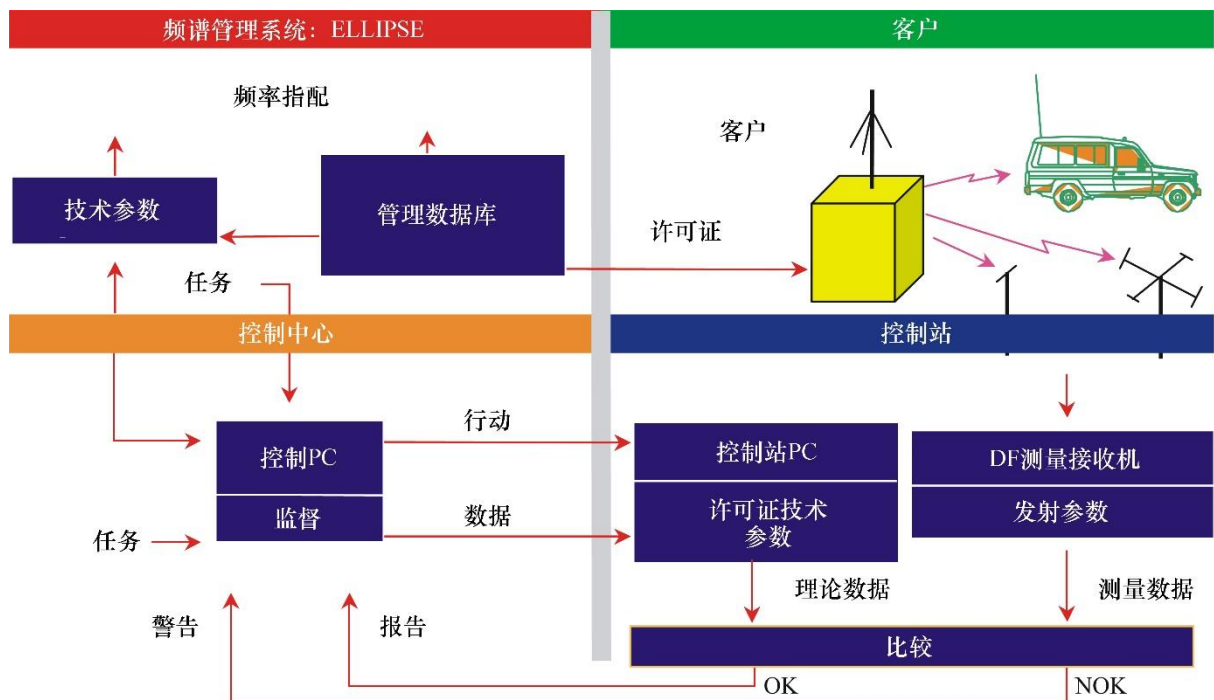
可考虑两种操作情形：

- 由频谱管理系统操作员发起的技术监控任务；或
- 由频谱监控系统操作员发起的技术监控任务。

这些任务可以从国家中心或每个地区中心发起并发送。

图7.17

管理系统与监控系统之间的流程和 Information 交换



Nat.Spec.Man-7.17

## 2.7 地理信息系统 (GIS)

### 2.7.1 GIS工具

依据ITU-R的国家频谱管理手册建议书，秘鲁MTC中使用了GIS工具。GIS工具提供了一个协调映射工具，可以用来管理所有的基于地理位置的地理数据。

传播模型使用地图数据来预测覆盖范围并进行EMC计算。它也可以用来显示网络拓扑配置以及以用户友好方式显示的技术分析结果。

地理信息系统 (GIS) 使用的不同类型的如下所示：

- 数字地形模型或DTM（每个位置高出海平面的地面等级）；
- 数字海拔模型或DEM（高出地平面的建筑物高度）；
- 地杂波（湖泊、森林、建筑物、空旷地区等等）；
- 测面法数据库（行政边界、城镇、河流、道路等等）；
- 数字化图像数据库（扫描的地图和正色地图）；
- 国际电联的IDWM程序信息（如传导率）。

### 2.7.2 MTC地图数据库配置

在此项目框架中提供给秘鲁MTC的地图数据如下所示：

- 第一组数据用于整个国家，精度不高；

— 第二组数据覆盖首都利马城，精度非常高。

该配置给人的感觉是方便地实现了精度与成本比率的结合。实际上，它使MTC能够对整个国家的情况做出预测，并同时能对首都利马城的情况进行精确计算和分析。该地图数据库可以方便地实现升级，以便用于即将到来之新阶段中的其他秘鲁主要城市。

## 2.8 结束语

在一个组织内引入一个新的过程通常需要有一个适应期和紧密的后续行动，以便为管理人员提供帮助。

当在实施一个计算机化的系统时，这就显得更加重要和敏感。实际上，除了实施或适应新的过程和工作方法外，还需要为通常习惯于纸质工作、手工程序与/或各种非集成化的计算机化应用的系统操作员提供适当的培训。

另外，一个复杂高级的计算机化系统要求有一个完整和精确的数据库，数据库应带有有效的管理、技术和地理信息。因此，数据收集和数据转换过程是其中的一个焦点问题，在实施和启动系统过程中，对MTC和TCC/CTS都是一个真正的挑战。

这样一个重要而复杂的工程若想取得成功，需要遵循以下重要原则：所有参与方的认真和决心，MTC和国际电联是一方，THALES和CTS是另一方，需要双方投入精力，投入人力、技术和财政资源，需要所有各方在工程实施和系统运行的各个层面和各个阶段紧密合作。

由于这些先进的频谱管理和频谱监控系统具有很高的效率，MTC现在已经拥有所需的工具，来增强其日常频谱管理和监控任务，并恰当地满足国际和国家规则与建议的要求。未来计划的阶段应有助于分散这一过程。

## 第7章

### 附件8

# 博茨瓦纳（共和国）的国家频率管理和监测系统

## 1 引言

本附件旨在说明博茨瓦纳通信管理局（BOCRA）目前正在使用的频谱管理系统。

BOCRA是通过博茨瓦纳通信监管法案成立的法定机构，其职责包括通过采用适当频谱管理程序，确保在博茨瓦纳合理使用无线电频谱。2006年，BOCRA获得了一种自动频谱管理系统，该系统按照现行频谱管理政策开发。迄今为止，已对该系统进行过若干升级，以便随着新技术得到许可来满足各方对频谱管理的需求。

由图7.18所示的该频谱管理系统的构成如下：

- 位于BOCRA总部的一个（1）网络促成的、自动频谱管理系统（ASMS）；
- 一个（1）频谱监测系统（SMS），包含置于全国各地的16台固定和2台移动监测站以及在首都与固定监测站一道工作的两个TDOA传感器，目的是提供混合TDOA/AOA功能。

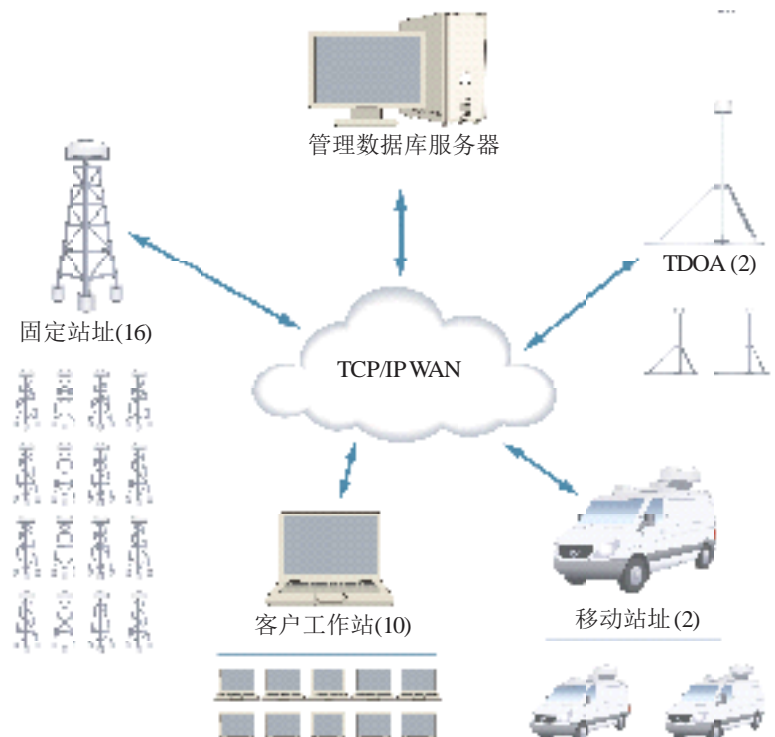
所有硬件和软件均由美国TCI公司提供，设计时按照ITU-R SM.1537建议书共同工作。

该系统有助于BOCRA有效管理博茨瓦纳的无线电频谱，具体表现为：

- 对各种按照国家频率计划的得到许可的无线电频段的使用不断予以记录。
- 按照序列号和呼号保持每一牌照持有方的所有无线电设备的记录。
- 按照国家频率计划授权并保留每一频率指派的记录。
- 对每一频率指派做出分析，以确定是否干扰得到授权的频谱用户。
- 进行国际电联建议的各项无线电测量。
- 发现不合规的、未经授权的或产生干扰的信号及其特性。
- 对不合规的、未经授权的或产生干扰的信号源予以定位，从而快速解决问题并保护频谱合法用户的权益。

图7.18

BOCRA所用系统的构成成份



Nat.SpecMan-7.18

## 2 频谱管理系统描述

### 2.1 概述

BOCRA的自动频谱管理系统（ASMS）由以下部分构成：

- 一(1)台与BOCRA的局域网和互联网相连的ASMS网络服务器，该服务器托管BOCRA的在线应用网站，同时还托管管理系统数据库。
- 分布在管理局中央办公室和监测控制中心大楼的十(10)台客户工作站。ASMS软件安装在每一台工作站上，操作分析工具包安装在若干工作站上。

管理系统的目的是帮助规划和管理无线电频谱资源的使用。在最初安装该系统时，BOCRA仅负责电信监管，现在，BOCRA负责监管电信、信息通信技术（ICT）、广播和邮政业务。为此，对该系统进行了升级，以包含对其它业务的许可。集中化已使BOCRA能够更加轻松方便地履行职责，因为业务许可、无线电频谱许可和系统许可均已相互关联，因此，管理局可以通过一个界面了解到持有单独几个不同许可证的客户情况。该系统目前包含下列功能：

- 对国家频率分配规划予以维护。可以表格或图形形式显示频率划分规划。
- 保留所有申请人的行政记录，包括姓名、邮寄地址和联系方式。

- 处理无线电频谱许可证、系统和业务许可证以及电信设备经销许可证申请。按照用户、地点、频率、功率和国际电联要求的其它技术参数记录各项频率指配。
- 计算发射台站的传播特性并分析它们之间的潜在干扰。
- 自动计算所有许可证的收费并产生估价发票；处理付费收据并将计费与付款信息与BOCRA的结算系统同步。
- 对合规性记录进行管理，如检查和违规情况。
- 产生行政管理和技术报告。
- 管理得到型号核准的设备清单并利用该清单在申请表中填写制造商/型号信息。
- 与频谱监测系统相连接，以帮助确定不合规和未得到授权的信号。
- 有助于在线处理下列系统和服务许可证：PTO（公众电信运营商）、VANS（增值网络服务）、PTN（专用电信网）。它还能够保存在申请过程中提交的所有软拷贝资料以及在评估过程中所要求的任何信息。
- 方便在线进行投诉：
  - 向由BOCRA许可的任何运营商进行投诉。
  - 对有关非许可问题投诉。
  - 报告有关违反许可条件的情况。

该系统的设计符合ITU-R SM.1370建议书所含的指南。

## 2.2 体系结构

管理系统围绕客户机 – 服务器计算模型设计。ASMS网络服务器的数据库采用Microsoft® SQL Server®, 网站软件采用微软IIS。ASMS的客户机软件是由客户以多种不同微软语言编拟的，并采用ESRI™进行技术分析结果的地理空间显示和Sage™与BOCRA的结算系统连接。

ASMS的网络服务器和文件打印机置于BOCRA总部大楼。ASMS客户工作站经办公室局域网与服务器相连。十台工作站分布在总部与监测中心，后者位于首都的另一幢楼中，通过微波链路连接。每个工作站上都安装有ASMS客户机和SMS客户机软件。

ASMS网络服务器与互联网相连，以接受在线用户提交的申请。该服务器还与BOCRA的简单邮件传送协议服务器相连接。服务器利用这一SMTP连接来发送批准通知、延期通知以及通过邮件酌情向申请人和管理人员发送总体状况通知。

整个系统都采取了多层安全措施，包括通过密码的受限访问、安全组成员、加密以及有助于实现网上安全传送和阻止对系统进行未经授权的访问的技术。

## 2.3 ASMS客户机软件

ASMS客户机软件为管理系统数据库提供用户友好界面。该软件接收许可申请所含信息、干扰投诉以及来自其它渠道的信息，并将这一信息与数据库中已有的数据相关联。最终的结果是能够产生多种有益的输出文件，如发票、通知、许可证书和管理报告。图7.19对此加以具体显示。

ASMS客户机应用是受菜单驱动的应用。每一顶层菜单都提供对一套相关特性和功能的访问。以下各节具体说明顶层菜单及其提供的功能。

### 2.3.1 结算

结算菜单提供对客户详细管理信息的访问并控制系统的计费特性。该菜单有助于在必要时手动生成发票并将付款收据予以记录。用户可更新所支付的不同服务的固定数额以及收费计算中使用的常数。ASMS采用的双条目总分类账可通过该菜单充实完善。最后，它可以打开通向多个计费系统的界面，从而将ASMS的分类帐与BOCRA的分类帐相统一。

### 2.3.2 申请处理

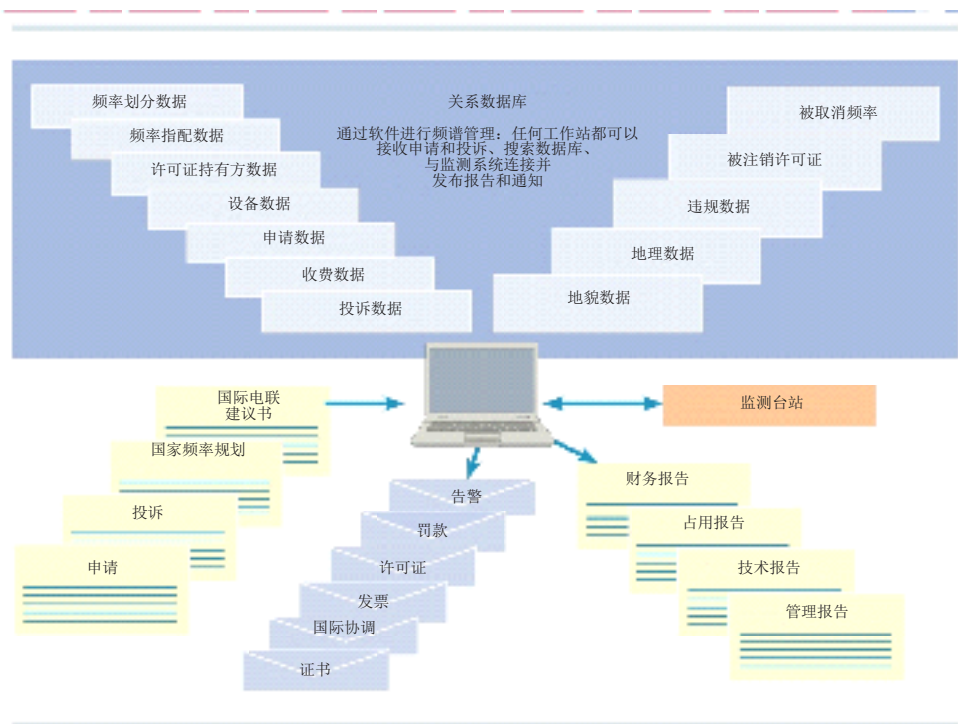
申请处理菜单有助于将若干类有待审查和批准的申请输入系统之中：

- 无线电许可证（有关使用无线电频谱的许可）。
- 电信设备经销许可证（为设备进口商和分销商发放的许可证）。
- 电信设备型号核准（认证在博茨瓦纳使用的设备的厂家/型号）。
- 来向边界协调（预测拟议国外台站将产生的干扰）。
- 系统和服（为系统提供商发放业务中立许可证）。

系统为每一新的申请分配独一无二的参考号、在申请表中提供默认值并在可行时自动填写表中相关内容。使用网络浏览器的在线用户以及ASMS客户机软件用户都可使用这些特性。

图7.19

ASMS的典型输入和输出



### 2.3.3 许可处理

许可处理菜单有助于针对得到许可的应用采取多种不同行动。可在收到付款后发放全新许可证；可通过发送电子邮件提醒对许可证进行延期事宜；可将许可证予以修改、转让、暂停或终止。此外还提供广泛的搜索能力。

### 2.3.4 技术分析

技术分析菜单提供一套对全国范围内无线电信号传播做出预测的工具。每一次分析的最初条件源于用户选择的无线电许可分析中所含的信息，包括台站坐标和台站的设备规范。用户可在不影响数据库中存储信息的情况下更改最初数值并重新计算结果。系统还提供特定大气及地面要素数值；用户可利用这些数值进行实验工作。一些工具还提供表格式报告；其它工具可以图形方式在数字地貌图上显示其结果。图7.20所示为微波分析的输入参数屏幕。

图7.20

微波分析输入参数

Nat.Spec.Man-7.20

### 2.3.5 频率

频率菜单提供的选项有助于查询国家频率划分规划（或国际电联关于任何区域的规划），并以文本或图形显示结果。该菜单提供对若干报告的获取和对频率指配的查询。菜单有助于查询现有频率指配和有待进行指配的新频率（取决于申请状况）。该菜单还能确定这样的申请，即，所含台站在与邻国之间的协调距离之内，并跟踪所发出的进行边界协调的要求状况。



### 2.3.6 合规性

合规性菜单有助于创建、修改和处理投诉报告、违规报告和台站检查报告。该菜单可将得到许可的台站细节移植到频谱监测系统（SMS）（目的是自动发现违规行为（AVD）），并显示源自SMS的监测测量结果。

### 2.3.7 报告

报告菜单提供对十一份文本报告和五十九份客户报告的访问，后者涵盖无线台站、许可、投诉和财务查询。

### 2.3.8 管理

管理菜单有助于管理人员更新ASMS系统表格、看到错误日志、管理单个用户并确定用户群。还有一些选项有助于将最新BR-IFIC地面指配光盘予以植入、批准无线电许可申请并打印国际电联通知单。

## 2.4 ASMS网络服务器软件

管理系统数据库存在于ASMS网络服务器上。ASMS工作站通过与该服务器连接处理无线电许可申请、生成报告并完成多数其它任务。服务器还托管ASMS网络客户门户网站，该网站方便申请人在线提交申请并通过互联网以电子方式提交其它表格。网络客户门户网站便于填写和提交下列表格：

- 无线电许可（各类）
- 设备型号核准申请
- 无线电设备经销许可申请
- 系统和服务许可申请
- 投诉。

这些表格包含ASMS客户机版工作站上出现的所有字段和功能，包括得到动态更新的选择清单、自动填写字段和电子方式附上有关证明文件的附件，但在线申请人看不到专由官方使用的字段。

得到授权的BOCRA官员可通过网站管理员门户登录该网站。他们可在此将申请和投诉直接收入ASMS数据库。图7.21所示为在线登记和申请内容，图7.22为客户申请门户网站。

图7.21  
在线登记和申请输入

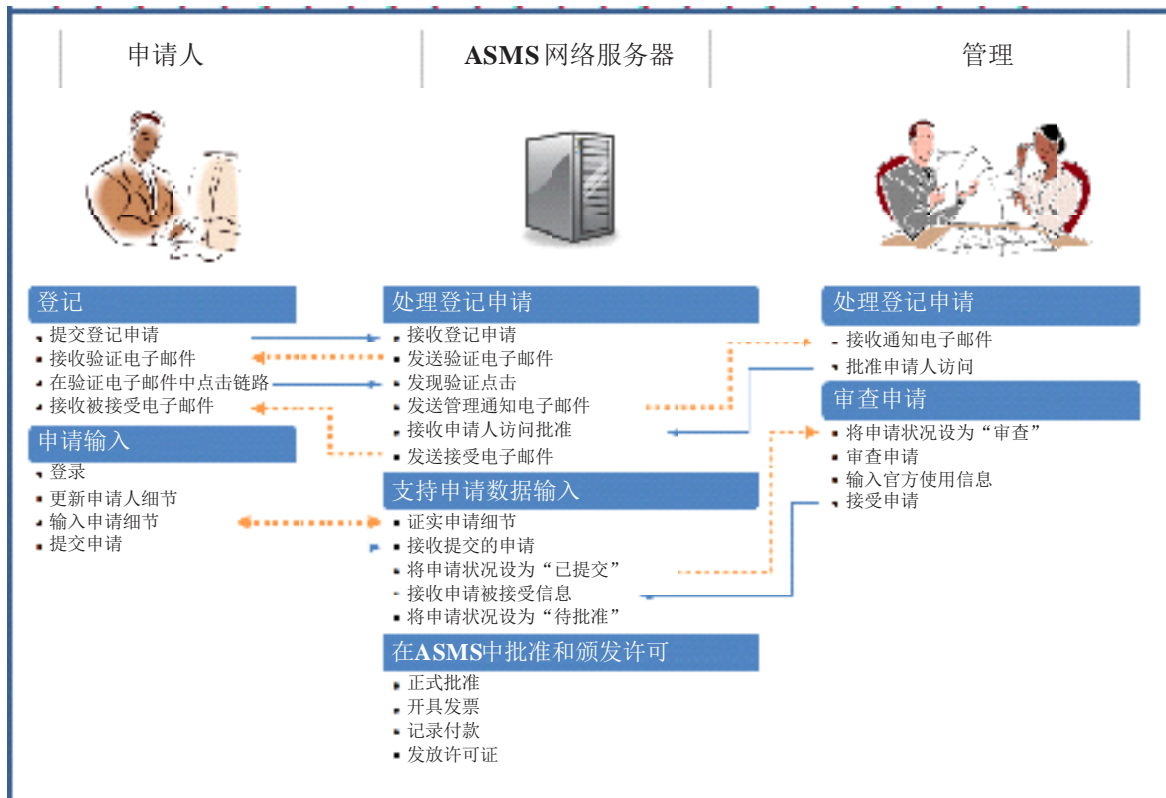
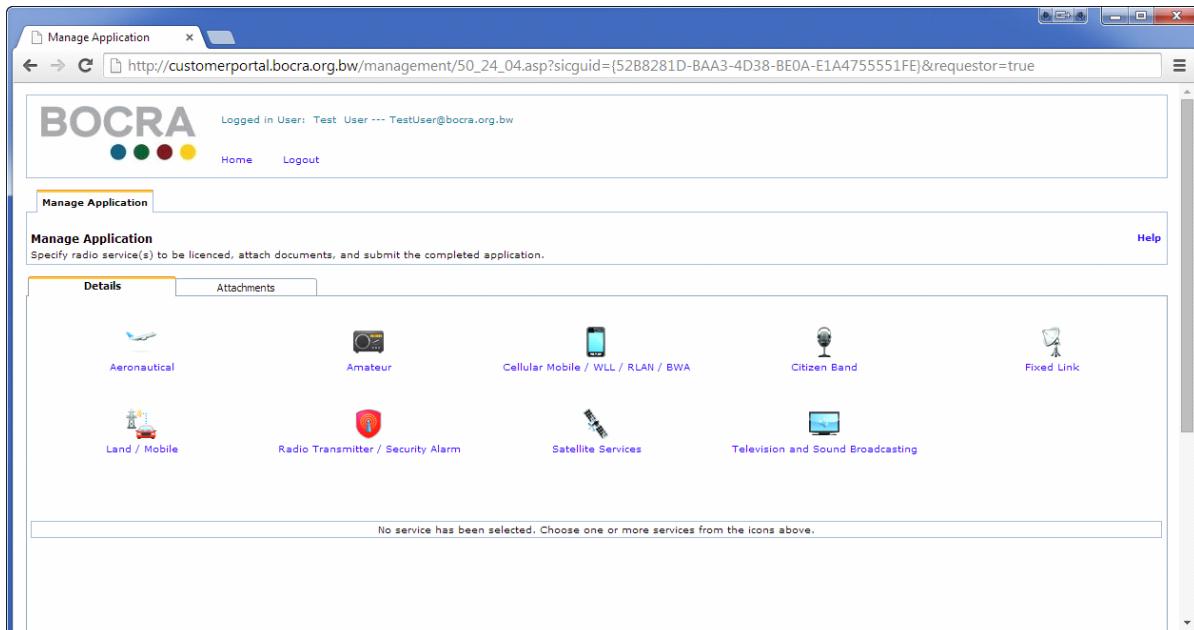


图7.22  
在线进行无线电许可申请



Nat.Spec Mar-7.22

## 2.5 ASMS中的许可工作流程

在处理许可申请方面，ASMS实行中央--分布式工作流程模式。ASMS数据库为每一个在系统中移动的申请增加一个状况附件。新的许可申请或许可证修改在输入信息时被认为处于“数据输入”状态。一旦数据输入完成且系统确认已存在所有所需信息，则申请状况被提升为“待批准”。在不同部门进行官方审查和批准后，系统自动计算相关收费，生成发票并将申请状况提升为“已开具发票”。一旦全部付款得到处理，则申请状况被提升为“已许可”。工作流程控制确保当前处理程序完成之前一个申请的状况不会得到提前升级。

## 2.6 安全

ASMS客户机的每一用户都被分配到一个或多个安全组中（作为其登录资料的一部分）。每个安全组都被允许访问有限的ASMS部分。例如，数据输入组的用户被允许查看和编辑许可申请，但不允许查看和编辑结算记录。每组的许可都可量身定制。在用户界面可设定若干不同层访问，包括不可见（最低）到充分访问（最高）。当一个用户属于一个以上安全组、且有关对象的许可或控制相互矛盾，那么以最高级许可为准。可在现有组基础上确定新的安全组。

## 3 频谱监测系统描述

频谱管理系统按照ITU-R SM.1537建议书与频谱监测系统（SMS）相结合。

### 3.1 概述

SMS的主要目的是：

- 监测符合许可证规定且存储于管理系统数据库中的、得到指配的发射。
- 进行干扰调查；对未得到许可的发射机或超出其预定特性的发射机予以定位。
- 监测实际使用情况并自动发现违反得到许可的技术参数的行为。

BOCRA的SMS包含（16）台分布在全国各地的V/UHF固定监测站。两个主要城镇中的每一个都由三个监测站覆盖。另有五个监测站具有高频测向（HF DF）功能，这些监测站以战略方式选定，进行全国范围内的高频测向。所有监测站都收集达到角（AOA）测量情况，这些测量合并一起可以获得相关地理定位结果。

该系统还包含两个安装在首都的到达时差（TDOA）传感器。可将这些传感器进行的测量与另一个AOA监测站进行的测量合并，从而在首都提供“混合”地理定位能力。

此外，系统包含两两个（2）个拥有HF/VHF/UHF能力的移动单元，它们可进行8 GHz以下的测向。

监测站主要通过位于首都哈博罗内Phakalane的监测控制中心得到控制。十（10）台工作站分布于控制中心和BOCRA总部，这些工作站既运行Scorpio客户机（SMS客户应用），也运行ASMS客户机软件。

SMS进行国际电联建议的各项测量，包括信号参数测量（频率、场强和功率通量密度、调制和占用带宽）、测向和频谱占用。自动测量执行系统实现整个程序的自动化，因此，操作人员无需学习了解、牢记或花费时间遵守各不同测量规则。

### 3.2 体系结构

系统软件在微软®视窗®客户机 – 服务器环境中运行。SMS服务器在内置视窗7上运行。SMS客户机工作站在视窗7上运行。所有固定台站的测量服务器都通过微波链路 with 办公网络连接。移动测量车上的服务器通过GSM蜂窝网络连接。客户工作站分布在BOCRA总部大楼和监测中心，后者位于首都的另一幢大楼中（通过微波链路连接）。每一工作站上都安装有ASMS客户机和SMS客户机。

### 3.3 SMS客户机软件

SMS客户机软件（Scorpio客户机）包括下列能力：

#### 3.3.1 指标

这些指标提供了按照国际电联建议书准确测量信号参数的手段。利用这些指标可验证是否符合许可证要求并可在做出时间安排的基础上进行。

#### 3.3.2 装置控制

这些设施旨在用来找到、明确和记录具体发射机的参数（通常是未经许可的盗版系统或产生干扰的根源）。这些包括广泛的测向工具，以便对目标发射机进行定位。

### 3.3.3 工具

这些工具用来调查、发现和将信号存在的频谱进行制图。这是检查实际电磁环境是否符合管理数据库所含信息的基本手段。自动违规行为发现（AVD）工具对合规行为做出报告，同时表明管理数据库与“真实”电磁环境之间的差异。频谱占用工具通过进行统计检查，验证得到分配的信道是否在按照许可证得到使用。

### 3.3.4 诊断和维护（BIST）

内置的自我测试设施旨在用来获得服务器的操作状态信息（固定、移动或便携式监测站）。

## 3.4 进行指标测量

指标工具含有设定测量任务的“任务日历”区。可选定以下一个或多个信号参数进行测量：频率、场强和功率通量密度、调制、占用带宽、方向和频谱占用。可自动重复测量并按照用户选定的数值进行平均化。可用的平均化方法包括：线性、RMS和最大持有方法。所有测量都完全符合国际电联的建议书和《频谱监测手册》。可设定以三种模式中的任何一种进行测量：交互式、按照时间安排进行和背景模式。

- 交互式模式：有助于直接与提供瞬间反馈的各种功能进行互动，如监测接收机调谐、解调选择、实时测向显示、自动报警通知和全景显示选择。测向归位旨在找出干扰源；一个地理区域的场强图是交互式操作的重要示例。在移动单元处于静止或移动状态时，可通过该移动单元发出进行测向和场强测量的指令，无需通过组装天线开展测量并在测量后拆除天线。
- 自动或时间安排模式：可在时间上对任务做出安排，以使其立即得到执行或在特定的未来时间执行。时间安排模式完成的功能包括技术测量和分析以及测向。
- 背景模式：用以从事频谱占用、测向扫描和自动违规行为发现等任务 – 完成这些任务是需要长期收集数据的。操作人员发出指令，对单个频率清单或一个或若干频率范围进行自动扫描（可立即进行或在未来的某个日期/时间进行）。所要求的测量结果存储在本地频谱处理器中，可由最初启动任务的操作人员调用（在任务运行过程中或任务完成之后）。之后，可用这些数据来生成报告，并可与管理系统数据库中的许可数据相结合，以进行旨在发现可能的违反许可证规定行为的AVD。

指标工具还包含“任务结果”区，操作人员能够通过该区查看、打印和保存对所收集数据做出总结的报告。测量结果报告包含有关测量设置的所有信息，且其结果摘要包括下列信息：任务数据、日期、时间、频率、带宽、身份、所要求的测量、类型、结果和图形数据。

## 3.5 地图显示和控制

地图窗口显示网络监测站、测向方位线（LOB）和在LOB交叉点上使用错误椭圆的发射机定位。该系统配置有多个地图，包括Bing®和OpenStreetMap等互联网地图。操作人员能够通过选择“层次”按钮显示多层（城市、区域、河流等）。操作人员可将图放大或缩小、查看全景、中心情况或使用测量功能。可在任何地图上增加内置的和客户注解。作为选项，操作人员还可要求获得显示的打印硬拷贝。

### 3.6 监测接收机

操作人员可通过虚拟控制面板（VCP）（见图7.23）控制内置监测接收机。VCP熟悉掌控相关的典型独立接收机，提供接收机功能的交互式控制（以便实时查看和倾听正在得到监测的信号）。同一屏幕上还显示接收机状况信息以及相关的频率控制、发现模式和自动增益控制。音频记录以数字方式被制作为音频文件（.wav）并可在所有工作站之间传送。工作站配有声卡，以播放现场或得到记录的信号音频。

图7.23

监测接收机屏幕



Nat.Spec.Man-7.23

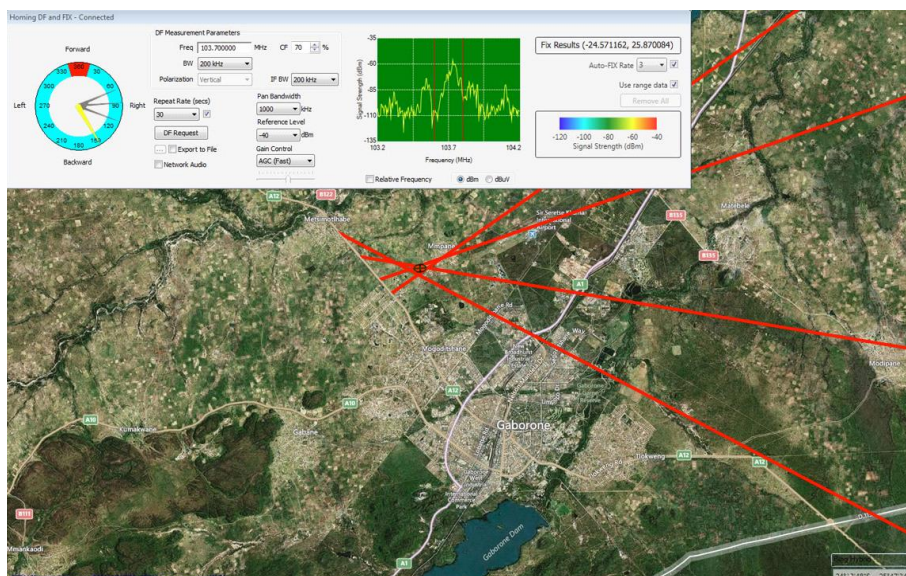
操作人员可访问若干显示屏幕，从而有助于其查看所关心的频率。频谱全景（或泛频谱）是其中的显示屏幕之一。这是一种信号幅度与频率的X-Y图，可显示10 MHz以下宽度的IF数字数据。操作人员可利用该显示屏幕查看并确定宽带信号、无线电频谱中的信号关系，并调查干扰源。

### 3.7 测向（DF）

测向系统通过使用监测站能够很快和有效地发现发射机的位置。该系统可以计算两个或更多监测站的结果并利用一个单一移动站进行“归位”（homing）测向。

“归位”测向让单一移动监测站在移动情况下连续进行DF和信号强度测量。通过这些测量，移动监测站能够将发射机的地点予以归位（图7.24）。

图7.24  
DF/地图显示窗口示例



Nat.Spec .Man- 7.24

### 3.8 占用情况和自动违规行为发现

有关频谱占用情况有助于操作人员确定将得到监测的范围 – 具体确定将搜索频段的起始频率并具体明确搜索参数，包括可能进行搜索的时间段。

监测系统的核心特性是自动违规行为发现（AVD）。AVD是一种强大的工具，方便核实得到许可的发射机是否在按规定运行且有助于发现未经许可的操作。AVD与源自管理数据库的许可数据（频率指配）一道工作。当发射违反了博茨瓦纳国家频率规划为已划分频段和业务规定的被指配中心频率和带宽的容限时，AVD即发出告警。该工具还就在管理数据库中无相应许可的、正在运行的发射机做出报告。

### 3.9 报告

系统提供有关信号参数、频谱占用情况和其它测量报告。

### 3.10 混合AOA/TDOA

目前BOCRA采用“混合”地理定位系统对首都的发射机进行定位。该系统包含两个到达时间差（TDOA）传感器，其测量结果与一个或多个到达角（AOA）台站合并。

BOCRA将系统升级到该混合系统是为了以成本效益最高的方式加强地理定位的准确性。仅使用AOA的安排需要更少的站址（最少两个）且其覆盖范围更大，但准确性随着发射机距离的加大而降低。虽然仅采用TDOA的安排的准确性不会随着发射机距离的加大而降低，但却要求使用更多的传感器（至少3个，实际工作中使用5个），且仅在监测站址覆盖的区域内有用。诸如BOCRA目前正在使用的混合安排则结合了AOA和TDOA系统的优点，同时突破了这两个系统各自的局限性。系统制造商进行的研究表明，总体而言，与仅使用TDOA的配置相比，混合解决方案仅需要一半的站址数量即可进行同等水平的地理定位工作。要求数量更少但更昂贵站址的混合系统的初始成本与仅使用TDOA系统的成本相当，但混合系统的经常性成本更低，因为它所要求的站址数量更少。

## 第7章

## 附件9

## 欧洲邮电主管部门大会（CEPT）采用的计算机化工具和开展的自动统一活动

## 1 引言

CEPT在其频率管理审议中使用一些计算机化工具：

- SEAMCAT – 频谱工程先进蒙特卡罗分析工具
- EFIS – ECO频率信息系统。

## 2 SEAMCAT

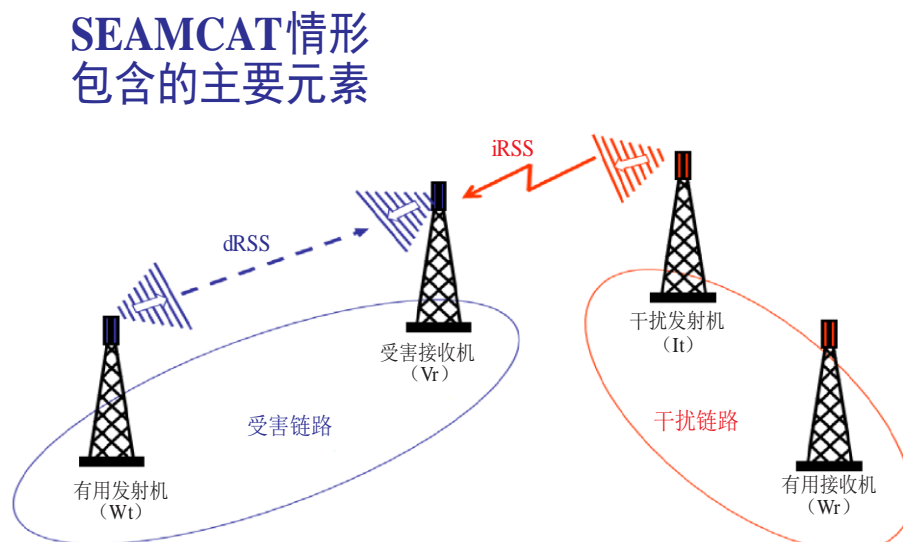
SEAMCAT是一种基于蒙特卡罗模拟方法的模拟软件工具，在欧洲邮电主管部门大会（CEPT）框架内开发。该工具有助于对不同无线电干扰情形进行统计建模，以便开展相同或相邻频段内无线电通信系统（短程设备、GSM、通用移动通信系统（UMTS）、长期演进系统（LTE）等）之间的共用和兼容性研究。

该软件由ECO（欧洲通信局）维护完善并免费分发。公共域提供《SEAMCAT手册》和一份在线手册，有助于SEAMCAT的潜在用户准确了解SEAMCAT软件如何工作。应用用户界面是面向微软视窗的，数据交换采用XML文档。

SEAMCAT工具可建立地面干扰情形下任何类型无线电系统的模型，结果特别包括不同无线电系统之间得到量化的干扰概率，并对收到信号所需的时间和空间分布或由于干扰造成的容量损耗做出考虑。

图7.25

SEAMCAT情形包含的主要元素





CEPT通过SEAMCAT制定共用规则，这对于优化频谱使用程序十分重要。除非在无线电系统中实施某些智能化的避免干扰手段，否则谨慎选择共用条件是唯一的无线系统间共存和频谱最佳使用的手段。

当前CEPT开展的多数研究 – 确定在频谱中以与现有业务和应用相兼容的方法引入新的无线电业务和应用的最低技术要求 – 都在采用SEAMCAT软件。来自CEPT主管部门的专家依赖SEAMCAT工具做出频谱工程审查。

SEAMCAT的功能有助于实现重复性兼容性研究和自动化 – 在程序的一次运行中安排若干SEAMCAT模拟。此方面的典型情况是研究任何一个（或若干）情形参数的改变对干扰概率产生的影响。

CEPT的SEAMCAT工作空间是公开提供的。下列网站提供包括下载SEAMCAT在内的更多信息：<http://www.cept.org/eco/eco-tools-and-services/seamcat-spectrum-engineering-advanced-monte-carlo-analysis-tool>。

SEAMCAT还提供即插（API），用来建立有关特殊系统设计特性（如智能天线）的模型，或考虑到任何更多的环境特性，如，地貌/杂乱回波的影响。相关结果还可移植到外部文档中，以便在其它工具（Matlab等）中进行信号处理。

SEAMCAT的使用还得到了下列文献的认可：

- ITU-R SM.2028-1号报告 – 用于不同无线电业务或系统间共用和兼容性研究的蒙特卡罗模拟方法；
- ITU-R M.1634建议书 – 使用蒙特卡罗模拟的地面移动业务系统进行频率共用的干扰保护。

### 3 EFIS

2002年1月31日，ECO发布了称作EFIS的频率信息系统。通过互联网向公众提供EFIS所含的所有信息。下列网站提供包括快速搜索在内的更多信息：<http://www.efis.dk/>。

EFIS是欧洲的频谱使用信息数据库，确保统一提供有关在欧洲频谱使用的信息，CEPT的近乎所有48个成员国（包括所有欧盟成员国）都在EFIS中得到代表；此外，国际电联的一个频率划分表（1区）和ECA（欧洲统一划分）表也已完全并入EFIS之中。

EFIS的无线电应用术语不断得到修正，以考虑频率管理的变化（如增加新的应用）。ECC 180号报告<sup>42</sup>包含有关要求解释指南，供主管部门编辑EFIS中的信息时使用。

CEPT希望利用这一工具为对频谱使用感兴趣的所有各方提供极具价值的服务。EFIS将为CEPT有关统一的频谱政策目标和工作透明度以及欧盟的政策目标（通过欧洲理事会决定和欧洲议会无线电频谱政策确立）的实现添砖加瓦。

2005年，欧洲委员会赋予CEPT相关职责，要求其研究将EFIS开发为欧洲频谱信息门户网站的可行性。

---

<sup>42</sup> 见：<http://www.cept.org/ecc/deliverables>。

2007年5月16日欧洲委员会就此问题公布决定，EFIS是满足欧洲委员会这一决定（2007/344/EC）–在欧洲统一提供有关频谱使用的信息–的工具。

EFIS在欧盟频谱库存<sup>43</sup>清点方面也发挥着作用，后者是欧盟无线电频谱政策计划（RSPP）所含的举措之一。

EFIS用户可搜索和比较全欧洲的频谱使用情况以及相关信息，如CEPT开展的活动、符合R&TTE指令<sup>44</sup>的无线电接口规范以及其它国家或国际规则。

EFIS包括下列类别数据（规则信息）：

- 划分（国际电联《无线电规则》术语）
- 应用（欧洲一致认可的无线电应用术语）
- 国家无线电接口信息
- 文件（带标签的适用应用条款和频率范围）
- 频谱使用许可/权利。

自2012年初在EFIS中引入“非规则”一章后，有关频谱管理的信息更具有了鲜明特性。

EFIS提供广泛信息，多数为与欧洲频率划分表和应用（“ECA表”或简单的“ECA”）相连接的文件，其中包括专门针对频谱库存的CEPT问卷调查表摘要、ECC报告（如兼容性研究）和其它有关频谱的当前实际和未来计划使用情况的有用信息，如，有关公众移动频段许可信息的ECO 03号报告或有关SRD的ERC 70-03建议书（包括每种规则在相关国家的落实情况信息）。

频谱库存信息包括：

- 有关一个或若干个频段目前使用或预期未来使用的相关信息；
- 欧洲电信标准学会（ETSI）系统参考文件，包括有关市场的信息，如，频谱现有使用情况、当前规则、预期的频谱使用及有关未来频谱使用的建议和规则；
- 欧盟：CEPT为欧洲委员会制定的相关信息/EC决定/报告；
- 国家：国家主管部门在该标题下可上传的、有关补充信息的文件，具体涉及相关国家目前正在研究的、未得到监管的频谱使用可能会如何演进发展；
- 第三方：带有CEPT/ECC MoU/LoU伙伴相关信息的文件。

CEPT各主管部门直接向EFIS上传其数据。他们可以利用XML文档使用其国家频谱管理工具与EFIS之间的自动化界面。

基本而言，EFIS由一个数据库和网络服务器构成，软件应用促成数据库（SQL数据库）与网络服务器之间的互动。该系统在各方面都处于领先水平。

完整的EFIS环境包括一个生产系统和测试系统以及两个虚拟服务器：一个由ECO进行测试工作，另一个则由主管部门使用（例如，测试新的国家软件应用/系统，之后再实际用于EFIS中）。

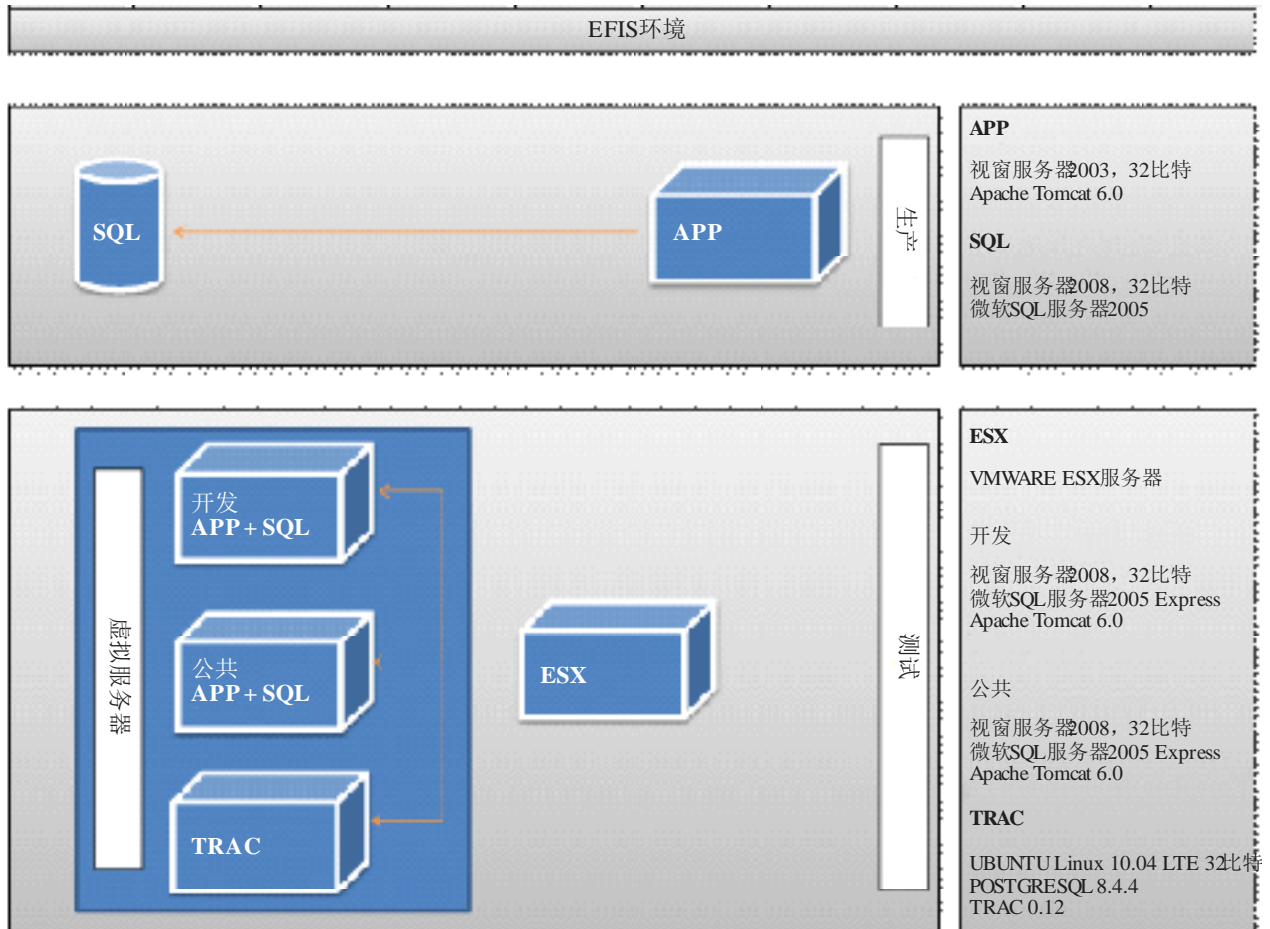
在项目管理方面，使用“Trac”管理和程序故障/问题跟踪系统。

<sup>43</sup> 欧盟频谱库存清点的目的是确定可提高现有频谱使用效率的相关频段。

<sup>44</sup> 该指令（1999/5/EC）将于2014年由无线电指令取代。

以下图7.26显示EFIS的详细构成：

图7.26  
EFIS环境

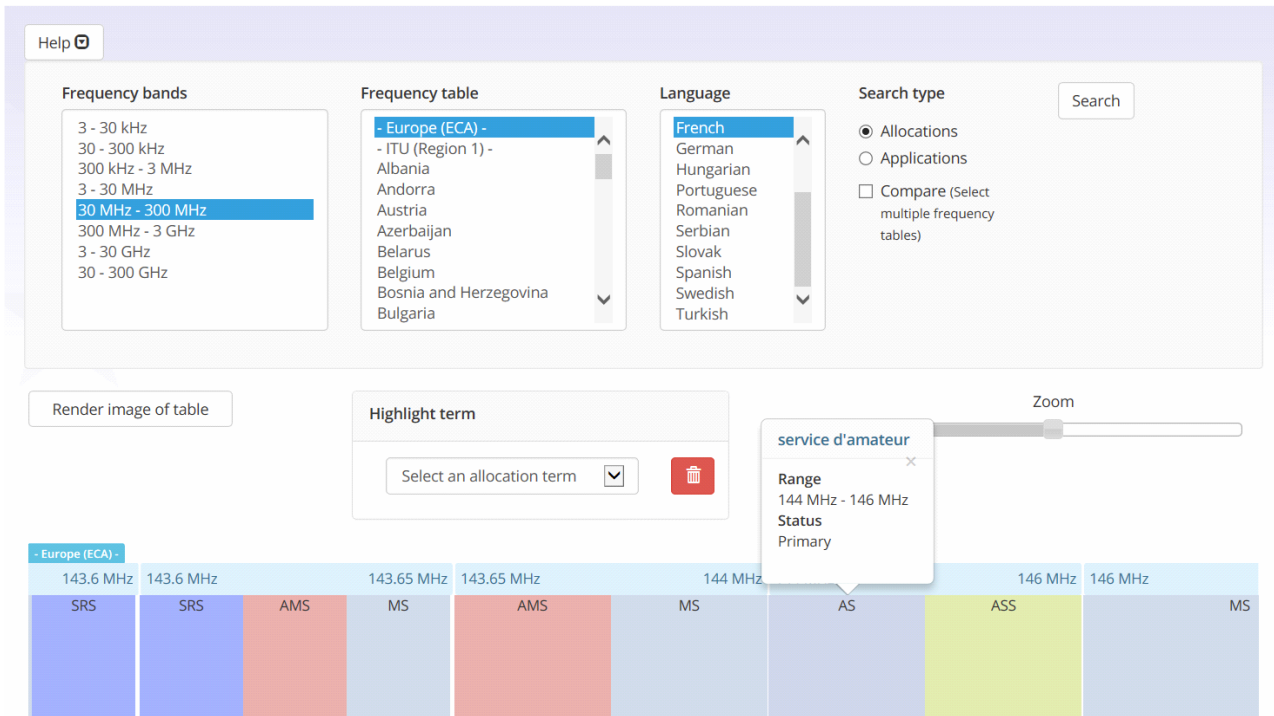


Nat.Spec.Man-7.26

EFIS的数据库还可以方便所有感兴趣的主管机构（包括CEPT以外的主管部门）使用图形视像化工具。国家频率表信息以及有关使用计划的信息都可以图形方式予以视像化和移植 – 作为静态图像或利用嵌于外部主管部门网络侧的链路。这就方便了用户以本国语言或其它语言检索信息并比较信息。

图7.27

频率表信息最新图像视觉化示例



## 参考资料

### ITU-R 案文

ITU-R SM.1370建议书 开发先进的自动化频谱管理系统的设计导则

ITU-R SM.1537建议书 带有自动频谱管理的频谱监测系统的自动化和集成



## 第 8 章

## 频谱利用和频谱利用效率的度量

## 目录

	页码
8.1 引言 .....	272
8.2 计算频谱利用率的第一种方法 .....	272
8.2.1 讨论 .....	272
8.3 计算频谱利用率的第二种方法 .....	275
8.4 评估频谱的经济使用率 .....	275
8.5 应用 .....	275
8.6 卫星系统的频谱利用 .....	276
8.7 频谱利用效率的度量 .....	276
8.7.1 频谱利用效率计算实例 .....	276
8.7.2 频谱质量指数 (SQI) (与需求相关的频谱利用) .....	281
8.8 共用频段中 (如短程设备) 的频谱效率 .....	282
8.8.1 在ITU-R SM.1046-2建议书所述一般性方式基础上做出的观察 和定义 .....	284
8.8.2 经修改的ITU-R SM.1046-2建议书所述方法 .....	284
8.9 频谱利用效率的比值或相对频谱效率 .....	289
8.9.1 讨论 .....	290
8.9.2 陆地移动业务的RSE实例 .....	290
8.10 结论 .....	292
参考文献 .....	293
参考资料 .....	294

## 8.1 引言

频谱利用效率（SUE）是一个重要的课题，由于频谱是一个具有经济和社会价值的有限的资源，而且因为在很多频带内对频谱的需求在迅速增加。近些年来，许多改进了的和新出现的无线电技术，都能使频谱的有效利用得到相当大的改进。这些新技术有助于满足频谱分配和使用方面不断增长的需求。对不同系统或业务，频谱利用效率的度量方法是不同的。例如，点对点的通信系统频谱效率的计算不同于卫星或陆地移动通信系统。因此，频谱效率的比较只能在类似系统和特定的频带或频道中进行。在规定的时间内对相同系统频谱效率或利用进行比较是有益的，能使我们看到在所研究的特定地区是否有任何改进。

应该注意的是，尽管频谱利用效率是一个重要因素，但是它并不是我们应该考虑的惟一因素。在选择技术或系统时还应当考虑其他因素，这包括经济因素、设备的提供、与现有设备和技术的兼容性、系统的可靠性以及其他操作因素。

这些概念的建立前提是，首先建立频谱利用的定义，也就是说，在特定情况下所使用的无线电频谱的数量。接着描述频谱利用效率，也就是使用每一频谱所能获得的通信数量的比率。由于频谱利用效率信息的一个主要用途是用来比较两个建议中的系统的效率，所以定义相对频谱效率（RSE）是必要的。直接确定相对频谱效率的主要好处是计算起来比较容易，给出实际系统的计算例子如下。

## 8.2 计算频谱利用率的第一种方法

一个无线电系统在一个给定的地点和特定的时间里，使用一个特定带宽内的特定频率工作。为不产生有害干扰或受到干扰，在与工作频率非常接近的频率范围内不能有其他无线电系统工作。但是，无线电系统的覆盖范围并不是无限大的，超过一定的距离，另一个无线电系统可以使用同一频率而对该系统不会产生有害干扰或受到干扰，而且一些无线电系统并不是总处于开机状态。由于它们在不被使用的时候是不会产生或接收干扰的，所以频谱可以被另一个系统所使用。因此应该有一个与发射机有关的时间因子。除了地理和时间隔离外，还有其他几个正如以下讨论的预防干扰的方法。

频谱利用可以被定义为频率带宽、几何（地理）空间以及其他潜在用户不能使用的时间。按照ITU-R SM.1046建议书，频谱利用的度量公式为：

$$U = B \times S \times T \quad (8-1)$$

其中：

$U$ ： 使用的频谱空间数量（Hz × m<sup>3</sup> × s）

$B$ ： 所使用的频率带宽（详见第4章）

$S$ ： 几何空间（所需要的和不能使用的）

$T$ ： 时间。

### 8.2.1 讨论

计算频谱利用量的一般方法是假设要在现有的频带内增设发射机和接收机。在给定新增发射机和接收机的技术和操作特性的前提下，新的系统将拒绝什么频率，位置和时间段呢？



考虑到现有设备不允许新系统使用的频谱空间，可以计算频谱利用量。没有对新系统特性的说明，就没有惟一确定的频谱利用量。计算频谱利用量的公式（8-1）只是一个一般性的概念公式，在用于特定情况时，还需要进一步细化。显然还缺少可以使用的缺省值或“理想”值。将这一概念应用到给定的系统中是困难的，部分原因是数学公式变得更加具体而且也因为必需给出大量的假设。

发射机和接收机都要使用频率空间。发射机使用的频率不是某些接收机使用（除了它对应的接收机）的，因为这些接收机将会接收到来自这个发射机的干扰。这个区域称为“发射机占用空间”，或简单地称作“发射机空间”。接收机使用的频率空间不是新增发射机使用的邻近空间（假设此接收机是需要干扰保护的），因为在这个空间工作的发射机将引起对接收机正常工作的干扰。这个区域称为“接收机占用空间”，或简称“接收机空间”。注意发射机不会影响其他发射机占用空间。一个发射机的存在不会阻碍其他附近发射机的发射。相类似，接收机不会影响其他接收机占用频率空间。有些计算模型分别计算发射机和接收机的频谱使用量，其他则将它们合在一起来计算。

每个发射机受影响的范围可由频率、空间和时间（如合适，调制）来形容，该发射机拒绝使用接收机使用的相邻频率（带宽）、地理位置（空间）和时间。发射机影响的范围可能是一个相对圆的或是方向性极强的（由于窄波束高增益接收或发射天线）的区域。同样，每个接收机也被一个影响的区域包围着，在该区域内其他发射机不能在干扰情况下使用。这些幻想计划的总和就是系统使用频谱空间的数量。剩余的位置—频率—时间量没有使用，可以被参考系统中指定类型的发射机和接收机使用。

“接收机”空间视为，在这空间内，假设的参考发射机的存在会引起对接收机的干扰。假设接收机的位置与接收机的其他特性是已知的，但是在占用空间以内不许使用的参考发射机应有什么样的特性呢？假如只有一种类型的系统使用那个频带，那么一个比较合理的选择是使用与该系统相关的发射机的特性。（当在这一段中讨论“发射机特性”时，应包括一般发射机系统所有的总特性，包括频率、带宽、功率、天线特性图、天线指向角（如果有）、调制特性、工作周期和编码等等。这些特性中的一些特性将在“*B*”带宽中体现，另一些体现在“*S*”空间中，另一些将体现在“*T*”时间中。）

也许可以做一种分析来确定在给定的频带中未使用的频谱。可以使用不同的工程模型，即：使用一个较保守的模型—参考发射机的天线不对着接收机天线。在分析知道不经过任何工程设计有多少频谱可被使用时，选择可能的最保守的模型（天线对准接收机）。例如，在分析发现预留多少频谱与规划中的个人通信系统（PCS）共享时，我们使用PCS系统的特性作为参考发射机和接收机的特性。

对有多少频谱被使用没有一个简单的答案，它取决于在现有的使用中还需要什么以及寻求工程分析新系统使用时是多么困难。

## 具体计算

公式（8-1）将计算分为频率、几何空间和时间三维因子。建议什么类型的因子应该被考虑，而不限考虑其他因子，或者建议这些因子彼此之间有明显的界线。

## 频率空间

这个因子包含RF和IF带通滤波器的效应、发射机调制特性包括正交调制、发射机占用带宽、偏频抑制特性、信号处理以及可允许信号干扰（*S/I*）比和编码。这里还包括谐波和其他杂散响应。总之，所有影响无线电系统中由频率决定的部分都应包括在本节中。

## 几何空间

这个因子意指包含所有与几何空间有关的因素，其中包括系统各组成部分的物理位置、指向角和与发射和接收天线有关的天线方向图。尽管几何空间总是一个空间体通常所关注的事例空间少于三维。例如，卫星系统的几何空间可以是一个锥形体，无论是以全球波束还是点波束加以说明，或者是一个三维室内系统的情况，垂直复用距离决定了系统的频谱需求。另外一个例子是，诸如陆地移动系统和点对点通信系统的地面应用区域的空间。感兴趣的区域也可能是一个围绕某一点的扇区（就像可能围绕方向性强的天线）。天线极化隔离应该被作为天线特性的一部分来处理。

在计算无线电波穿越某一地理空间信号损耗时，使用的传播模型将会影响几何空间因子。更复杂的模式可能需要作为传播模型一部分的地面数据库。

## 时间

最后一个因子是时间。这里包括所有与占空因子有关的因素，在如雷达或类似知道的占空因子的系统中尤为重要。也许是最容易考虑一个旋转雷达天线作为一个间歇时间响应天线，尽管天线的旋转和窄波束天线明显是几何因子的一部分。雷达脉冲调制的占空因子或是时分多址（TDMA）信号可以作为时间因子或作为可允许 $S/I$ 保护比的一部分考虑到频率因子中。

在所有时间都需要工作的广播系统中，时间因子是“惟一”的。如果考虑了时间，那么增加效率的可能性就很大。

## 频谱占用度

与时间因子密切相关的是无线电信道的频谱占用度。频谱占用度的数据提供了各频道实际使用水平的信息。一个消息是由一系列时间间歇分开的基站发射和移动台发射组成。

由于一个信道在这样一个消息整个时长中，不能提供给其他的用户使用，因此，表明信道使用水平为特征的占用率就是该消息的占用度。频谱占用度的定义是在给定的时间里信道被这一消息占用的时间百分比。

一个特定信道的消息占用率 $O_p$ 是基站发射占用率 $O_b$ ，移动台发射占用率 $O_{mt}$ ，和发射间隙 $O_g$ 的总和。使用断点来区分发射间隙和消息时间。频谱占用度数据为评估无线电系统的频谱使用和效率提供了有用的信息。

## 所需要的数据库和模型

计算频谱使用和效率需要大量的数据，要从所要计算的频率范围和地理区域内的所有现存发射机和接收机的技术特性和位置开始计算。这意味着我们需要详细的最新的频率管理数据库。另外，还需要其他信息和模型，诸如在该频带中的参考系统和现有系统所需信号和信号干扰比模型。最后，需要现实的传播模型来计算有用信号和无用信号的路径损耗。按照传播模型所需的精确度，可能还要地形数据库。无论选择在什么样的地理区域内计算，都将需要这些数据。

## 总体计算

频谱利用率的计算可能是针对一对发射机和接收机的，也可能是针对与许多发射机和接收机有关的整个系统的计算，还可能是针对分布一个较大区域（例如一个大都市区域）内的

整个频带进行计算。如果所选择分析的区域过小，那么计算结果可能会受到过多的“边界效应”和在统计上很大可能对更大区域没有代表性。如果所选择的区域过大，可能会因为计算机计算时间过长和所需数据库过大以至于所做的分析不具可行性。无论选择哪种区域，重要的是按照所选择的参考模型来进行符合实际的假设，对接收区和发射区都给予同样的重视。

频谱利用的定义，就像这里所定义的，是代表所考虑的整个区域内使用的频谱空间数量的一个单一数字。因为它的总值是每个点值的总和，画出显示中间值的等值线图和积分曲线图是有用的。在计算结果的例子中可能包括在每一个点值所使用的（不允许其他系统使用的）和没有使用的（可用于参考系统的）频率的百分比。表明中间值的图形会是有用的，它便于了解哪一地区和哪一部分频带是拥挤的，以便对解决这些区域中的问题给予特别的重视。其他类型的业务可能提出特别的中间值，这对某些频带的使用有助于给出特殊的提示。

### 8.3 计算频谱利用率的第二种方法

频谱利用率可以使用其他方法来估算，这实质上是ITU-R SM.1599建议书所述方法的逻辑延伸。它是建立在重新指派工作中的无线电台频率特别程序基础之上[Kovtunova 及他人, 1999年]并且包含由公式 $Z = \Delta F / \Delta F_0$ 给出的频谱利用率指示值，其中 $\Delta F$ 是允许上述操作设备工作所需的最小必要频带， $\Delta F_0$ 是进行分析的频带而且工作中的无线电台实际工作频率置于其中。该计算是根据 $\Delta F$ 通过使用“最近邻居”来解决“旅行推销员”问题的方法来确定。使用最佳（或者近似最佳）频率重新指派运算法则将给出频谱利用率更低限值。为了获得实际数值， $\Delta F$ 由另一程序来确定，该程序为国家频率登记表中频率指配数据选择了频率重新指派的运算法则[Zolotov 及他人, 2001年]。这种方法的好处是允许不同频带进行比较，即使它们正被不同业务的无线电台使用并且不需要任何特别的标准资源。

### 8.4 评估频谱的经济使用率

经济因素是频谱有效利用的重要组成部分。除了无线电台的技术特性外，频谱利用的经济因素某种程度上主要是规划（或协调）机构使用最佳（或近似最佳）的方法为操作系统指配频率而确定的。这样，有可能从比率 $\eta = Z_{opt} / Z_{real}$ 确定频谱利用（或者进行频率指配的效率）的经济因素，其中 $Z_{opt}$ 是操作系统的频谱利用因子，当它们的频率根据最佳（或近似最佳）运算法则指配而得到，并且 $Z_{real}$ 是那些基于实际频率指配的系统频谱利用因子。 $Z_{opt}$ 和 $Z_{real}$ 数值可使用第一种方法（第8.2节和ITU-R SM.1599建议书）或第二种方法（第8.3节）来计算。

### 8.5 应用

有七种度量频谱利用率的方法能够被主管部门[Haines, 1989年]使用，它们包括：

- 频谱利用图能够显示频谱拥挤的地区，在这些地区里，为确保频谱的有效使用，必须有严格的标准和广泛的协调；
- 对在每个区域内的不同频带的使用密度进行数量比较，增加特别业务频谱划分规划；
- 定期计算每个频带内频谱使用情况，以发现用于制定频谱战略规划的趋势。

## 8.6 卫星系统的频谱利用

关于轨道/频谱资源使用的讨论于2002年在日内瓦通过的ITU-R卫星通信手册（卫星固定业务）第2.3节中可以找到。

## 8.7 频谱利用效率的度量

频谱利用效率定义为所传送的信息与频谱利用率的比：

$$SUE = M/U = M/(B \times S \times T) \quad (8-2)$$

其中：

$M$ ： 是所传送的信息量

$U$ ： 是频谱利用量（见公式（8-1））。

频谱利用效率是对一个系统如何有效利用频谱进行的技术度量。频谱利用效率的公式是一个一般性的概念公式，在应用到具体问题之前，必须要加入具体的数据。

系统传送的信息量， $M$ ，对一些系统可以被定量为波特率，或者MB/s单位等等。这也许不是简单的事，因为描述雷达中模拟信道的信息速率是困难的，例如，可能使用的备用系统，像洪水告警系统。雷达屏幕上没有飞机或有飞机是否传送相同的信息量？在没有洪水时，有多少信息在洪水告警系统上传送？这些问题表明在给传送的信息量上分配一个数值存在一些困难。

根据信息论原理[Gallager, 1968年]，用户或接收者在一个通信信道接收到一个有用信息的通信容量（ $C_0$ ）（或被传输的信息量）由下列关系式确定：

$$C_0 = F_0 \ln(1 + p_0) \quad (8-3a)$$

其中：

$F_0$ ： 是有用信号的带宽

$p_0$ ： 是接收机输出处的信/噪比。

如果接收机输入处的信噪比等于保护比 $p_s$ ，信号被传送的通信信道带宽等于 $F_m$ ，那么按照ITU-R SM.1046建议书，信道的通信容量是：

$$C_p = F_m \ln(1 + p_s) \quad (8-3b)$$

还有一种方法简单一些，即将结论表示为每单位频谱提供的业务量单位数量如爱尔兰、模拟信道数或雷达信道数。

频谱利用效率的度量随着系统和业务的不同而不同。例如，频谱空间 $S$ 在公式（8-1）中，对于点对点、卫星系统或陆地移动系统是不同的。不同系统的SUE的比较由于参考框架的不同而变得没有意义。但是公式（8-1）可能适应特定的系统类型，也可在相同的系统类型中进行比较。

### 8.7.1 频谱利用效率计算实例

#### 8.7.1.1 蜂窝和微微蜂窝无线电系统

有较小的蜂窝区的蜂窝无线电系统可以支持更多的全面业务。蜂窝区直径小于1公里数量级或更小的微微蜂窝系统的概念早在十九世纪八十年代就提出了。这些系统有相当大的业务承载能力而且已经被用来支持城市的个人通信。

室内环境的个人通信的需求也已经出现。因为需要较小的覆盖区和较低的功率，所以室内系统甚至可能比微蜂窝系统更小。这些系统每个蜂窝小区直径以几十米为单位，而且能提供比蜂窝无线电系统更大的系统容量。

根据公式(8-1)，蜂窝或微微蜂窝无线电系统的频谱利用效率能够用爱尔兰带宽和地区[Hatfield, 1977年]来表示：

$$\text{效率} = \frac{\text{传送的信息量 (E)}}{\text{带宽 (Hz)} \times \text{面积 (m}^2\text{)}} \quad (8-4)$$

其中传送的信息量是系统所承载的全部业务量，带宽是系统所使用的全部频谱数量，地区是系统所覆盖的全部服务区的面积。

上述公式中，用于电路交换(CS)系统的M业务量的单位为“厄兰”。然而，无线通信系统目前正演变为纯分组交换(PS)系统。2代系统主要依赖CS，而由3代系统提供的数据业务则广泛采用PS。目前正在蓬勃发展的4代系统将为纯粹PS系统，此后的5代系统可能将延续4代系统的这一特性。“厄兰”这一单位适用于CS系统，但在度量PS话务量时会造成重大误差。“厄兰”所依赖的假设是，所有数据均以恒定不变的速率在每一信道中传送，因此，可以通过计算所用信道的数量计算出总话务量。但对于PS领域的传输而言，数据是以不同速率得到组织传送的，且用于每类数据业务的无线资源大相径庭，因此，“厄兰”不适用于记录现今的话务量。

“比特”(bit，始终为小写)是计算机网络的基本单位，且该单位被广泛用于记录无线通信系统的数据量。有鉴于此，在前述公式中，倾向于使用“比特”而非“厄兰”。因此，该公式应表达如下：

$$\text{效率} = \frac{\text{信息传送速率 (bit/s)}}{\text{带宽 (Hz)} \times \text{面积 (m}^2\text{)}} \quad (8-5)$$

在考虑到频率需求、频率复用和衰落以及其他重要条件的情况下，可将上述有关蜂窝系统的考虑进行调换。以下公式具体说明在确定频谱需求时应考虑到的方法和参数。

假设平面蜂窝网络需要进行无间断覆盖，可从等式(8-6)和(8-7)中看出：

$$\text{群集规模} = \text{频率复用因数} \quad (8-6)$$

因此，对于平面网络而言：

$$\text{每基站所需信道数量} = \frac{\text{无线电网络信道总数}}{\text{群集规模}} \quad (8-7)$$

假设频率复用因数为X，则群集规模变为Y。

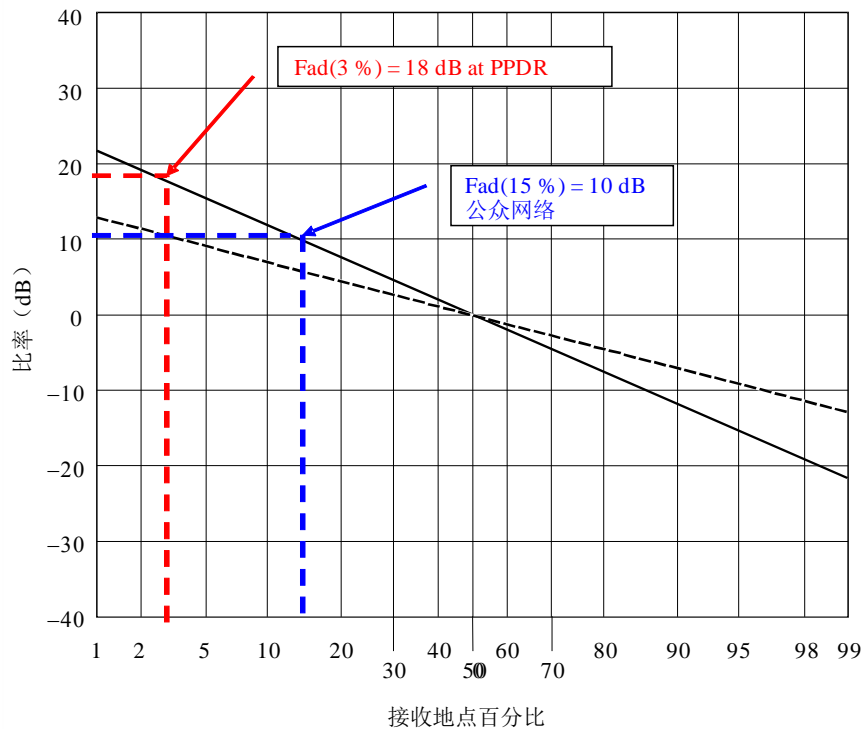
如果使用非常密集、且高度移动(更多切换)并需要跨境协调的话，则需要留出余量。

频率复用因数主要取决于接收地点百分比，这就要求其本身是一得到具体明确的覆盖概率。也就是说，在带有特定直径的每一位置间隔中，测得的覆盖程度必须至少用一个测定的百分比概率数值加以验证。举例而言，在规划蜂窝无线网络时，可采用97%的数值。

如图8.1所示，在评估数值时，采用前ITU-R P.370-7建议书（由于ITU-R P.370-7建议书已被废止，因此，进行新的评估时可以采用ITU-R P.1546建议书）。

图8.1

特定接收地点百分比场强与50%接收地点场强之比 (dB)



频率：450 MHz – 1 000 MHz (IV 和 V 频段)

—— 窄带系统  
 - - - - - 宽带系统 (> 1,5 Mhz 带宽)

Nat.Spec.Man-8.01

97%的概率值等于3%的衰落值，其结果是有必要平均增加18 dB的余量。上图8.1包含典型公众蜂窝移动网络和更加强健的蜂窝网络（如公众保护和灾害救援（PPDR）网络）的两个例子。考虑到这一余量，可假设得出下列等式：

衰落、频率复用因数和数据损耗间的关系：

$$F = c - \gamma \cdot \log(d) \tag{8-8}$$

所收信号强度的计算取决于距离以及按照国际电联衰落图出现的衰减：

$$F_{\text{car}} - F_{\text{int}} = c/i_{\text{PPDR-System}} + \sum \text{Fad}_{(x\%)} = \gamma \cdot \log\left(\frac{d_{\text{int}}}{d_{\text{car}}}\right) = \gamma \cdot \log(\text{频率复用因数}) \quad (8-9)$$

可由下列等式得出频率复用因数:

$$\text{频率复用因数} = 10^{\frac{c/i_{\text{PPDR-System}} + \sum \text{Fad}_{(x\%)}}{\gamma}} \quad (8-10)$$

$$\sum \text{Fad}_{(x\%)} = \text{Fad}_{(x\%)\text{car}} \text{ und } \text{Fad}_{(x\%)\text{int}} = \text{Fad}_{(x\%)\text{user/int erferer}} \cdot \sqrt{2} \quad (8-11)$$

等式中所用符号注解:

F = 场强

F<sub>car</sub> = 有用载频场强

F<sub>int</sub> = 干扰信号场强

c = 常数, 包括基站数据, 如发射功率和天线特性

γ = 传播系数 (参见国际电联有关UHF的曲线, 约50 dB/距离衰落; 最大不超过35 dB/距离衰落数值, 以下计算采用50 dB/衰落)

d = 距离

Fad(x%) = 衰落 (以dB表示); 与地点概率有关, 因此, 数据损耗以百分比表示

ΣFad = 衰落; 有用和无用信号的单一衰落事件

c/I 蜂窝系统 = NB/WB/BB的保护标准 = 9 dB (举例而言)。

对于强健的蜂窝应用而言, 具体规定的覆盖概率为98%, 等同于5%的衰落。

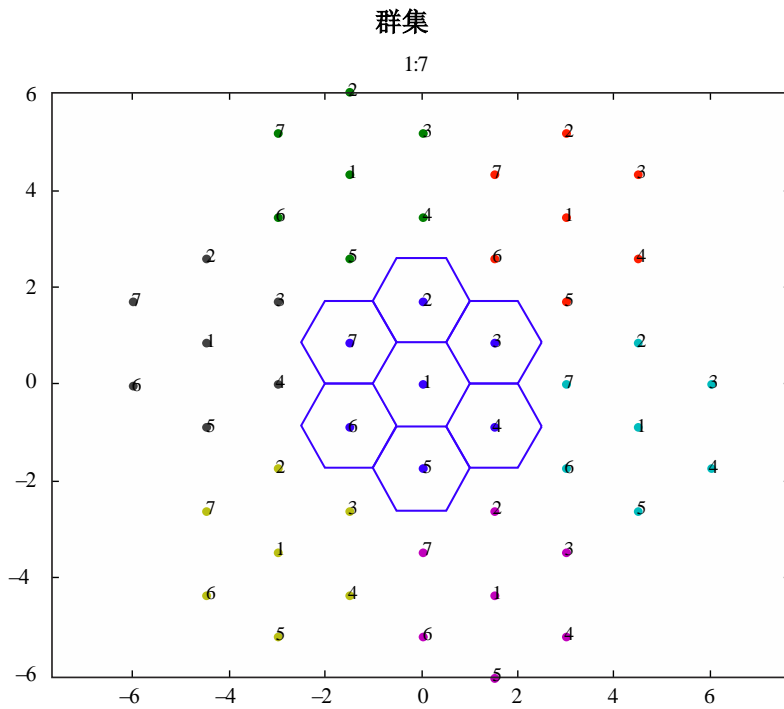
根据以上公式, 可计算出频率复用因数:

第1种情况举例: C/I = 9 dB; 衰落2%, 等同于19 dB, γ = 50 dB, 因此, 计算得出的频率复用因数为5.24。

SEAMCAT (蒙特卡洛分析工具, 见ITU-R SM.2028-1号报告 – 用于不同无线电业务或系统之间共用和兼容性分析的蒙特卡洛模拟方法) 以及ITU-R M.1634建议书 – 使用蒙特卡洛模拟方法进行地面移动业务系统频率共用的干扰保护和/或使用MCL方法计算作为频率复用函数的同信道干扰概率。

图8.2利用七个频率对具体说明基本复用规律。中心部分的每个蜂窝小区 (六边形) 都采用不同频率, 之后相同频率在相邻“群集”中得到重复使用, 以便使标号相同的所有蜂窝小区都使用相同频率。

图8.2



以上所示群集是典型GSM系统的群集。诸如CDMA、UMTS和LTE等宽带系统通常使用1（次）频率复用。

可根据下列有关任何复用技术的公式，利用备选“MCL”方式计算复用：

$$N_R = 1/3 [M K A (C/I)_T]^{2/\alpha} \tag{8-12}$$

其中：

- M*: 慢衰落余量
- K*: “几何”因素
- A*: 系统负荷或活动
- $\alpha$ : 源自Hata的指数
- $(C/I)_T$ : 所需动态同信道干扰比。

MCL方法十分快速，但似乎非常依赖于输入参数，且特别难以设定M余量。

基于这一方法的频谱效率考虑是在比较相对于每Hz比特的NR结果和所用频率数量基础上做出的。

可将该方法用于快速评估，但应按照“现实世界”的具体情况证实所选择的参数。

### 8.7.1.2 广播和陆地移动通信系统

这些系统频谱使用效率的可用指标是一个扇形变量：

$$\bar{E} = f(UEF, Z)$$

其中：



**UEF:** 通过所述系统使用频谱, 度量出“可用效应”的因子

**Z:** 给出在得到可用效应时的频谱利用率。

所述系统这两个因子的组成在[Pastukh 及他人, 2002年]中有描述。

### 声音和电视广播系统

可将“可用效应”因子作为单个用户能接收到的广播或电视频道的平均数,  $k_{mean}$ 。对于由  $I$  基本面积组成的地区, 用下列公式表示:

$$UEF = k_{mean} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^I n_i k_i$$

其中:

$n_i$ : 在第  $i$  个面积单元的单个用户数

$k_i$ : 在第  $i$  个面积单元内可接收到的广播或电视频道数

$N$ : 在所述地区单个用户的总数。

### 陆地移动通信系统

当用户通过无线电同位于该地区任何部位的其他用户进行通信时, 陆地移动通信系统才可以找到其使用的可能性。可使用下列公式计算可用效应:

$$UEF = \left( \frac{N_{sub}}{N} \right) \left( \frac{S_{serv}}{S} \right)$$

其中:

$N$  和  $S$ : 分别是居住在所述地理地区单个用户数和地理地区面积

$N_{sub}$ : 移动通信系统用户数

$S_{serv}$ : 这些系统覆盖的业务区。

该方法应用于广播和陆地移动系统的附加信息呈现在[Pastukh 及他人, 2002年]。

## 8.7.2 频谱质量指数 (SQI) (与需求相关的频谱利用)

频谱利用效率也可以根据实际的信道占用情况或系统承载的实际业务量来进行计算。这给出一种直接度量传送信息量的方法。频谱质量指数 (SQI) 概念是通过考虑占用频谱、频谱价值以及无法使用的频谱, 提供了一个在给定区域某个频带内的无线电系统或业务频谱利用效率的度量方法。

### 8.7.2.1 频谱质量的度量

#### 频谱价值系数 $\Gamma$

在特定业务中, 对无线电频谱的需求在整个地理地区的分布是不相同的。例如, 在陆地移动业务中, 需求集中在城市地区且需求峰值点在都市中心, 据此, 频谱在高需求地区的价值比在低需求地区要高。频谱在没有需求的地区是没有价值的。被禁用的频谱在频谱高需求的地区比荒凉的地区要更为关键。

在市区人们不可能知道某些频谱的实际需求。因为潜在用户知道这个频带是饱和的或者因为管理规定的限制，即使有在某一频带开展业务的需要，也可能不提出许可申请。但是，在某一地区被占用的频谱单位的数量可以作为相对需求的首个近似值。

为了理解频谱价值系数 $\Gamma$ ，考虑一个被空间 $V$ 所覆盖的地理区域。让 $V$ 分成相等的立方体，每一立方体的需求是不同的，且由每一立方体（时间、频率和空间的乘积）所占用的频谱单位数所代表。一个立方体的需求越大，频谱价值系数越高。这个值在数学上被表示为 $\Gamma$ ，取值范围从0.0到1.0，值越大代表频谱价值越高。从数学上讲，立方体 $\Gamma(n)$ 内的频谱价值系数与在这立方体内所需的频谱单位的数目 $\beta_t(n)$ 成正比。据此：

$$\Gamma(n) = \beta_t(n) / \beta_{total}$$

其中：

$\beta_{total}$ ：是空间 $V$ 内的全部需求。

### 频谱质量指数 (SQI)

频谱质量指数作为一个相对度量值，用来对相同无线电业务的频谱利用效率进行比较。据此由下列关系式给出：

$$\text{SQI} = \frac{\text{全部加权的占用频谱}}{\text{全部加权的占用+禁用)频谱}} \quad \text{或}$$

$$\text{SQI} = \frac{\Sigma\Gamma(n)\beta_t(n)}{\Sigma\Gamma(n)\{\beta_t(n) + D_t(n)\}} \quad (8-13)$$

其中 $D_t(n)$ 是在立方体 $n$ 中除通信所占频谱以外被禁用的频谱单位的数量， $D_t(n)$ 被称为“禁用频谱”。

据此，将“频谱价值”因子 $\Gamma$ 包含在SQI的计算中，有效地反映了相关频谱在所关心区域内的需求分配。因此，这个模型提供了频谱是如何被有效管理以满足需求的指示，而且可以用来评估频谱利用率。

### SQI 的应用

SQI可以被用做在特定业务和特定区域中进行绝对度量以及比较度量。在所有系统参数已知时，可使用绝对度量。

在比较度量中，对于特定业务的不同的设计或技术，比如扩谱与FDMA/FM或数字与模拟调制等可以进行比较。在不同种业务中使用的同一种技术不能用SQI去比较，因为两种不同业务的模型可能是不同的。

有多种因素影响频谱质量，例如：

- 传播特性；
- 需求分配；
- 可用的技术；
- 性能要求（业务等级）。

## 8.8 共用频段中（如短程设备）的频谱效率

对于与无线电业务应用共用频率的短程设备而言，下列考虑尤为重要，因为短程设备应用始终是不受保护的。首先，应将频谱占用和频谱效率加以区分，这一点十分重要。使用特

定频谱部分的价值源自它为用户提供的功效，后者不一定与数据流量等同。应在单一系统绝对频谱效率（SAE）（以所传送原始数据为基础）和群频谱效率（GSE）（更接近于所提供的更为广泛的功效或业务）的概念之间做出区分。在存在不同和类似性质设备的环境中，可从GSE角度确定频谱效率。

采用ITU-R SM.1046-2建议书所述方法，可将频谱利用定义为频率带宽、几何（地理）空间和拒绝其他潜在用户使用的时间的乘积：

$$U = B \cdot S \cdot T$$

其中：

**B:** 频率带宽

**S:** 几何空间（通常为面积）

**T:** 时间。

应当指出，T不等同于设备传送时间，但等同于设备对所有其他用户强加限制的时间。对于频率带宽和几何空间因素而言，上述论点依然成立。既然各种缓解技术都将B、S或T三个参数中的一个或多个加以限制，以允许其他用户使用频谱，那么缓解技术可被视为是一种频谱使用限制技术。

此类缓解技术可能十分原始粗糙，仅以固定频谱量或一成不变的方式限制频谱使用。加上某种形式的传感可能会使这一技术变得更为先进，因为可推理得出某种形式的、不断变化的“社会行为”——常常被称作礼貌礼仪。

如果为一组设备预先确定一种更为复杂的传感系统和社会行为，则可将此类缓解技术称作“频谱获取机制”，但不得将该机制与“频谱获取方法”相混淆，后者仅旨在说明一种单一设备的行为。社会行为可包括所使用的标称频率、功率或时间、或频率空间、几何空间或时间空间数量的动态变化。

例如，LBT（发前倾听）是在时间方面重新调整传送的位置而非停止传送；AFA是在频率方面调整传送而非停止传送。

可将此映射至频谱使用效率（SUE）的定义上，由下列复杂标准表示：

$$SUE = \{M, U\} = \{M, B \cdot S \cdot T\}$$

其中：

**M:** 借助所述通信系统获得的有用效应（这一有用效应的定义由用户、监管机构或制造商确定）

**U:** 该系统的频谱使用因素。

可得出这样的结论（经验也是结论的依据），即，一些频谱接入或缓解技术带有固有的“低效性”，因为在未得到使用的频谱依然可以提供提供的情况下，这些技术限制了频谱的使用，其他一些技术则不会如此，因为后者方便未得到使用的、所有可提供频谱的使用。需要指出的是，采用低效技术也许合理合法，但对计算本身却不能带来任何不同。此外，在此也没有将特定方法归类为比其他方法更佳的意图。

在考虑到这些基本公式的基础上，人们的印象可能是，对于某一特定系统而言，使用公式中的所有参数均是可互换的，但事实并非总是如此，B、S和T之间的关系并非是一成不变的线性关系，即便参数可以互换，但也存在一些由物理接收机参数等带来的其它界限。

然而，这种方式比现有方式 – 为每一应用分配自身的专用频率空间 – 更能为SRD的部署带来灵活的环境。

ITU-R SM.1046-2建议书表明，U和SUE的这些计算应仅用于具有比较性的类似系统之间。这就使人们难以将该理念直接用于SRD频段，因为这些频段中有多种不同应用在共用相同频谱。在频谱监管中转为采用应用中立方式（如，为了促进创新）将使ITU-R SM.1046-2建议书中所述的程序更加难以实施。欧洲邮电主管部门大会（CEPT）已在2012年出版的181号ECC报告中研究了这些挑战。

### 8.8.1 在ITU-R SM.1046-2建议书所述一般性方式基础上做出的观察和定义

可以不同方法描述频谱效率，但人们的普遍共识是，系统要实现高效，就有必要传送一些有用信息，尽管该信息的性质可以大不相同。标准的时间和频率发射机仅定期传送自身身份，声音广播发射机则在100%的时间传送信息，但二者均被视为频谱高效。通常以群操作的SRD的情况要复杂一些。以下频谱效率情况定义以常见不同的可确定情形为基础。

#### 单一系统的绝对效率（SAE）

这是在理想情况下自由空间中的单一系统效率：

$$SAE = SUE$$

这非常难以测量，因为其效率取决于对人、用户或制造商的感知/定义。应用要求决定了相对于需传送有用信息量的频谱使用。例如，对于要求具有冗余或低时延的安全关键应用而言，其使用的频谱要多于所需，或需要对其他用户强加限制。对该特定应用而言并在该特定用户/应用看来，两种情形都可被解释为频谱高效，但在其他设备/应用情况下却不一定如此。

#### 单一系统相对效率（SRE）

这种形式的效率易于认识甚或测量：

$$SRE = SUE_i / SUE_{ref}$$

举例而言，如果两台发射机为同样数量接收机发射完全相同的信息，且具有完全相同的服务质量，仅是采用不同的调制方案、带宽或不同功率电平，则可利用频谱使用公式计算相对效率。

这种形式的效率计算和测量简单易行，但却意义不大，因为它假设的环境是理想的干净和无干扰环境，而在频谱共用情况下（“SRD频段”）这是不存在的。

#### 一组系统中单一系统的相对效率（SGRE）

这种形式的效率是此前两种形式的合符逻辑的结果，且可在考虑到特定环境参数变化的情况下得到测量：

$$SGRE = SUE_i (\text{条件}x) / SUE_{ref} (\text{条件}x) \quad \text{不同环境条件下}$$

有些调制方案非常强健，且在干扰严重或传播条件很差时，其他调制都停止工作时依然保持工作。频谱效率相对高的系统能够在维持相同操作参数的情况下，应对干扰，而频谱效率相对低的系统则在这种干扰条件下失去工作能力。有关数字与模拟技术之间的整个讨论事实上都是有关这类效率的讨论。

### 8.8.2 经修改的ITU-R SM.1046-2建议书所述方法

## 群频谱效率或群中多系统频谱效率（GSE）

这类效率是通过混合采用上述方法计算得出的。需要确定性质不同的整组系统中单一系统所做的贡献。当在一组中增加一个新系统时，要了解其它系统是如何做出反应的以及整个频谱是如何得到使用的。无法以有意义的方法计算或测量单一系统的绝对效率，但可以分析该装置所运行的整个环境是否得到有效使用，以便得出有关设备效率的一些结论。令人感兴趣的是，一组设备中容易受到干扰的设备和干扰在该组中的贡献都得到了考虑。

对于每一单个SRD而言，信息质量或服务质量和监管无关，但典型SRD的服务质量（将特定环境中的所有SRD均考虑在内）则是一个问题。

$$GSE = SUE_{total} / SUE_{\text{加入新设备后的总数}}$$

GSE似乎是一种确定和测量频谱效率的令人感兴趣的方法，因为有关SRD的政策是，单个设备的运行不能得到保障，但对于一组中的普通或典型设备而言，却可以加以保障<sup>45</sup>。这还可以得出该组设备的平均效率，因为对于每一设备而言，都可计算SRE，但在组中增加一个新设备后，可为现有每一个设备重新计算GSE。由此，SRD变为动态环境，可重新评估频谱高效技术，且随着技术的进步，此前频谱高效的技术甚或变得低效。将特定技术组合或综合一起或部署相关机制，也可总体改善GSE。

然而，GSE方式可能需要输入新系统的测量基准。

原则上讲，在中度使用情况下，可将频率空间进行等分。此外，还可将组中可能/可用数据吞吐量的等分做为测量该组频谱效率的方法。在实际工作中，可通过在一系列可能的功率、带宽、地理分布、缓解技术和频谱接入方法的一系列组合中选择技术参数而实现这一点。

如果想要实现最高频谱效率，则需要在组中所有设备应用最低要求（应用组）基础上确定每一参数 – 为每一参数确定边界条件，但因此也牺牲了某些技术中立性。

总而言之，这一最低应用要求的实现比特定干扰概率数字的实现更具有意义。可能无法得到零干扰数字，因此，理想的频谱效率情形总是伴随着一个最大参考干扰数。

以下部分阐述做为上述要求之一的时延。应以类似方法分析每一相关参数。

## 时延的概率分布

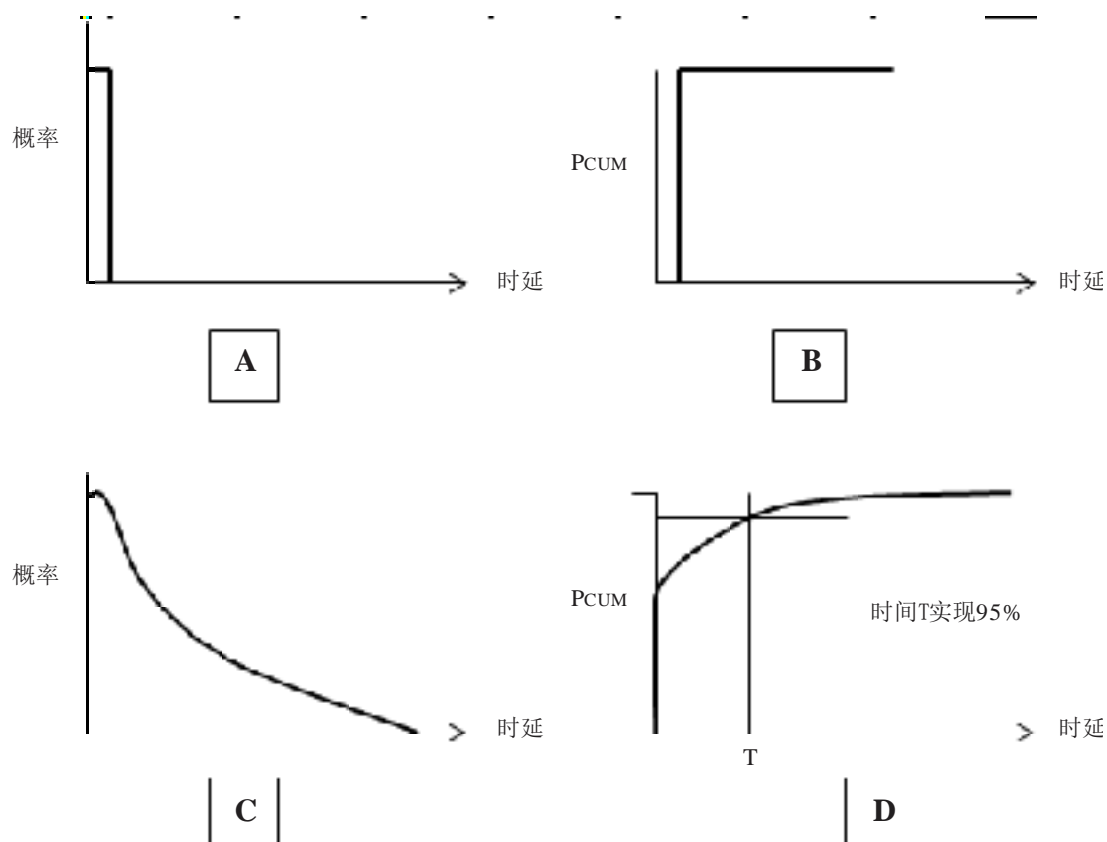
时延是在信息可被发送前在共用信道上花费的等待时间。虽然通常不可能以单一数字表示这一时延，但可对其进行概率分析。图8.3中的图表A和B表现的是预期无时延的无干扰信道情况。图表A是概率分布函数（pdf），表明信息在特定时间得到交付的可能性。图表B是同一信息，但所表示的是累积概率，即表明某特定时间前（即，在该时间或更早时）得到交付的概率。将概率分布函数进行积分则可得累积概率。图表A中左手边处实际为三角函数，但为清楚起见，被加以扩展。

图表C和D所示为在存在其他用户情况下的预期效应。框图D – 时延的累积概率 – 尤为有益。

<sup>45</sup> CEPT/ECC和欧洲电信标准协会（ETSI）的惯例还包括研究新频谱用户对现有用户的影响。GSE的定义实现了这一惯例的正式性。

图8.3

不带 (A&amp;B) 共用信道使用和带有 (C&amp;D) 共用信道使用的时延概率



Nat.Spec.Man-8.0

在测量时延和可靠性时，常常将用户的预期表达为“在 $d$ 时间内必须交付的 $X\%$ 信息”，且这一点可从上述框图中轻而易举地看出，（按照应用要求） $X$ 可能是90%、95%或99%。

### 计算时延概率

有些情况下，制定诸如时延累积概率的框图可能需要做出复杂分析。在时分多址（TDMA）（GSM）或以太网线路等集中管理电信系统中，可以做出这样的模型。应当指出，可以汲取已在电信和网络方面开展的诸多工作的经验，但将这些经验用于无线系统时必须慎之又慎。无论如何，不可能将这一概率制成这样的模型，即，满足在共用频段内部署分散的、异质系统（如SRD）的一般性目标。

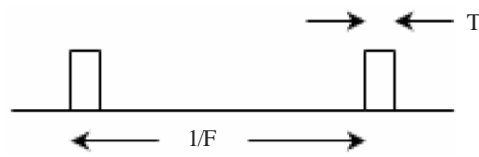
然而，在有些情况下，生成时延累积概率框图却相对简单。

以在已经存在另一个用户时某一用户希望发送短信为例。如图8.4所示，现有用户在 $T$ 时段内的任意时间发送信息，平均频率为 $F$ 。换言之，其占空比为：

$$\tau = TF$$

图8.4

竞争信号的随机发射

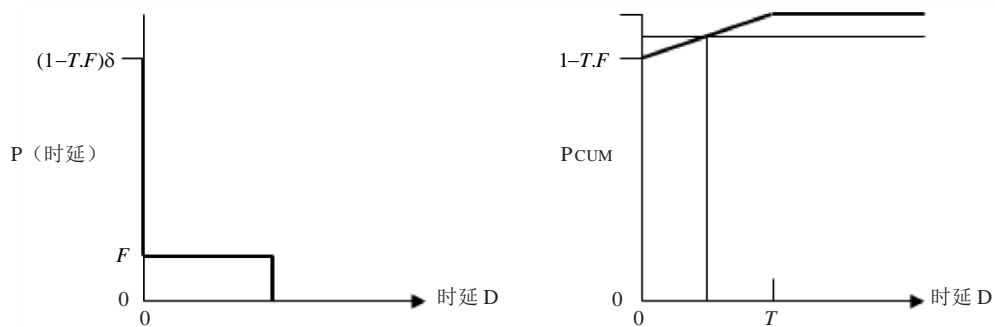


Nat.Spec.Man-8.04

重要的参数是信道空出前的等待时间或曰时延。从图8.5可以看出，通过检查可以找出pdf和相关累积概率。

图8.5

存在竞争信号/用户时的时延概率



Nat.Spec.Man-8.05

假设发射为每10秒1秒，因此

$$T = 1\text{ s}, F = 0.1\text{ Hz}, \text{ 及占空比 } \tau = TF = 0.1$$

随后可轻而易举找出不同时间的成功概率：

- d = 0秒时为90%
- d = 0.5秒时为95%
- d = 0.9秒时为99%
- d = 1秒时为100%

随后可考虑竞争用户依然处于10%的占空比，但每100秒内发射10秒。

$$T = 10\text{ s}, F = 0.01\text{ Hz}, \text{ 及占空比 } \tau = TF = 0.1$$

成功概率则为：

- d = 0秒时为90%
- d = 5秒时为95%
- d = 9秒时为99%
- d = 10秒时为100%

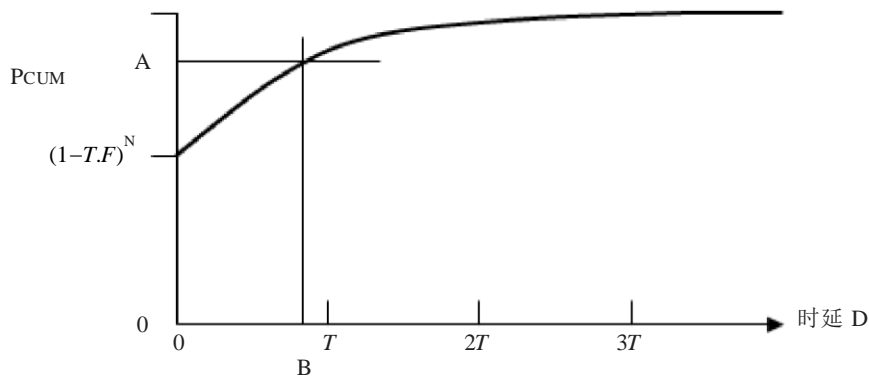
由此可看出，特定成功概率的时延时间以10倍增加。

这是一个重要的结果。在上述两种情况下，竞争发射拥有相同占空比。通过对干扰概率进行简单分析即可得出相同结果。然而，时延累积概率表明，从受害者角度来看，一种情况造成的危害比另一种情况大出10倍。

如果存在N个此类相同干扰源，则累积概率将呈图8.6中的曲线形式。

图8.6

一信道中存在N个竞争用户时的时延累积概率



NatSpec.Man-8.06

横向轴完全以T表示，也就是发射持续时间而非TF占空比。由此可以看出，在任何特定情况下，可实现给定A成功率时延B与形成干扰的发射持续时间直接成正比，因为其占空比是恒定不变的。

### 预期时延

上述分析表明了时延概率的一般性规律，但除零时延概率外，并未使我们获得任何量化结果。

然而，可采用排队理论来生成简单模型。现在假设若干用户在一信道上发送分组数据，其中T是数据包的持续时间，F是总体频率（所有用户的总发送率）。

我们可以将F等同于队列中物体的到达率， $1/T$ 等同于清除率，那么出现无发射时间前的预期时延D则等于队列中的预期排队时间。

$$D = \frac{T.F}{\frac{1}{T} - F}$$

对于Aloha或LBT这可能不是一个尽善尽美的排队模型，但在共用信道中使用接入机制时，这却给出了有关预期等待的有益的指示性结果。

可重新安排上述等式，以使其表明保持不变的TF和汇集占空比的效应：

$$D = \frac{T.(T.F)}{1 - T.F}$$

因此，在该模型中，预期时延与发射持续时间直接成正比。

### 时延和可靠性的衡量基准



传统上在兼容性研究中采用的衡量基准是干扰概率。如以上所述，在许多情况下，这是不尽如人意的，因为它不能充分反映不同类型干扰对不同类型受害者造成的损害。特别应当指出，它未直接考虑到诸多频谱用户需要的其他衡量基准，如低时延或高电路可靠性（成功发射概率，即，包括重新发射）。

时延和可靠性应被视为是相互关联的。用户的要求可由在最大时延D范围内的X%成功概率表示。例如，强调低时延的用户可能需要在200毫秒内实现90%的成功率；注重高可靠性的用户可能要求在3秒钟内实现99.9%的成功率。在这些情况下，时延累积概率和预期时延是有益概念，尽管在实际中难以精确对其进行量化。

以上只是对一种复杂机制的简单分析。分析中假设，“受害者”等待进行的发射与“干扰者”的发射相比是短暂的。此外，分析中还假设受害者有办法知道何时可以进行发射，如果受害者采用LBT则是此类情形，但如果受害者进行尝试发射然后倾听确认，也可获得类似结果，唯一的区别在于现有用户可能再次受到干扰。

还应当注意与电信资费理念和厄兰分布（以厄兰等式表示）之间的相似性，但也需谨慎行事，因为并不能将此直接加以应用。厄兰等式不仅仅有一种变异，有若干差异需要得到考虑。无线与有线系统之间最为重要的差异是：各节点之间不一定都能相互听到。

因此，可以得出这样的结论，时延和可靠性是可以为传统干扰分析带来更大价值的新的有益衡量基准（当所考虑的无线系统和干扰情形有助于人们对相关现象做出有益的确定性分析时）。

人们必须认识到，并非仅仅是无线电信号的技术参数和由此带来的链路预算是重要的。现代的、可调整的分组交换系统具有复杂的运行模式（这不仅是因为物理层的演进发展，而且在整体通信流维护方面有了更高的OSI程度），因此，理想情况下，系统设计人员以及频谱管理人员应努力考虑到这些更复杂的方面，以便确定并建立所考虑系统操作灵活性方面的平衡。

这一类别中最重要的一个操作参数是时延要求，这是传送分组数据/信息时可接受的最大时延，通常不能仅仅依靠有关有益链路预算与干扰实例的技术考虑做出推断。有鉴于此，在制定共用频段的频谱规划过程中，可能需要考虑到时延以及其他类似参数/衡量基准。

另一个结论是，当不同应用混合一起时，基于简单的干扰概率的分析并不能令人了解全貌，因此，在应用中立环境中的兼容性分析要求在OSI模型中的最低两层——主要是时域方面——做出比现今（确定应用情况下）更加广泛的分析。

## 8.9 频谱利用效率的比值或相对频谱效率

像在前面几节所描述的，可以对不同系统计算其SUE值，实际上也可以将它们进行比较来获得系统的相对频谱效率（RSE），即可用于分析频谱使用的度量标准。然而，这样的比较必须慎重进行。相对频谱效率（RSE）的量值定义为两个频谱利用效率（SUEs）的比，其中之一可能是作为比较标准的系统的效率。

在这个例子中：

$$RSE = \frac{SUE}{SUE\ std} \quad (8-14)$$

其中：

*SUE std*: “标准”系统的频谱利用效率

*SUE*: 实际系统的频谱利用效率。

可能作为标准系统的候选是:

- 实际可能建立起来的最有效的系统;
- 可以容易定义和理解的系统; 或
- 被广泛使用的系统, 即事实上的行业标准。

*RSE*是一个从0到无穷大的正数。如果标准系统被选择作为一个理想或最有效的系统, 那么*RSE*将是在0到1之间。

### 8.9.1 讨论

*RSE*的概念可以有效地用来比较可提供相同业务的两个系统, 因为可以选择两者可比的参数。在这种情况下, 两个*SUE*计算值之比可能比两个效率值本身更有用。例如, 两个*SUE*值的比可以表明, 系统A效率是系统B的两倍(仅使用频谱空间的一半或发射两倍的信息)。

直接计算*RSE*的主要优点是, 它计算起来经常比计算*SUE*容易得多。由于该系统提供相同的业务, 它们将通常有许多系数(有时甚至是结构组成上)相同。这意味着需要实际计算前许多系数将在计算中省掉。通常这将大大地降低计算的复杂程度。

例如, [Bykhovsky, 1979年]和[Bykhovsky和Pavliouk, 1986和1987年]提出了一个标准, 该标准是基于将一个实际无线网络传输给定的信息(即提供给定数量的通信量或广播信道)所需的频率带宽( $F_c$ )与有相同的通信容量的理想无线电系统所需的最佳频率带宽( $F_{opt}$ )进行比较。这个频谱利用效率的标准由表达式( $M_u$ ) =  $F_{opt} / F_c$ 来定义。这样的一个理想系统将给频谱一个最佳的使用和获得理想的特性(从发射机无用辐射、接收机无效接收特性和天线参数等角度看)。在表达式(8-3a)和(8-3b)的基础上, 这样的一个理想无线电系统的特性可以被表达为:

$$P_s = (1 + p_0)^{F_0/F_m} - 1 \quad (8-15)$$

如果*RSE*因子减少到只有一个参数, 还不能完全理解该概念。例如, 在固定微波链路上使用高电平数字调制(256-QAM)与低电平调制(16-QAM)相比, 可以大大减少频率带宽[Hinkle and Farrar, 1989年]。对所需带宽进行简单的比较, 可以看出256-QAM系统的频谱效率是16-QAM系统的4倍。但是一个更深入的测试表明256-QAM系统需要较大的*S/N*比, 且容忍干扰的能力差。更大的抗干扰能力需要失去从更小的带宽中获得好处, 256-QAM系统的效率实际上要比16-QAM系统的更低。

前面一段指出, 需要估价所有计算*RSU*系数所用到的因子, 而不是仅仅使*RSE*建立在一个显见的因子上。另一个重要的方面是计算整个频带内的*RSE*, 而不是仅仅对一个链路或一个系统进行计算。

### 8.9.2 陆地移动业务的*RSE*实例

参考公式(8-14)中的*RSE*的定义, 可以采纳使用近似最佳指配策略的参考系统。这个策略的详细内容在[Deffour和DeCouvreur, 1989年], [Delfour和Towmj, 1991年]中进行了描述。为陆地移动调度业务开发了一个近似最佳的指配策略(NOAS), 在这个业务中, 典型的调度用户是出租车、警察和投递业务等。它们的系统由基站和工作在特定覆盖区的与其相关的移动台组成。根据移动台的数量, 调度业务也许要与其他用户共享其频率。

在已建立起的干扰标准的基础上，近似最佳的指配策略在给定的地理区域内预定的位置上指配最大数量的频率。这个指配策略不仅考虑通信量需求的分配，而且也提出了合理指配位置的灵活性。

在这个模型中，提出下列假设条件：

- 将来的需求很可能按照现在的通信量的统计分布来定。
- 为了分析的目的，把我们关心的地理区域分成相等的方格，方格的尺寸由所研究的频带内所使用的干扰标准来决定。
- 使用的时间单位直接与承载的通信量的平均峰值时间相关。
- 使用的频率单位是计算频带内单个信道的带宽值。
- 频谱单位需求 $\beta_i(n)$ ，在一个方形区内，直接与那个方形区内全部的频率占用 $O_i(n)(E)$ 相关，或者：

$$\beta_i(n) = C O_i(n) \quad (8-16)$$

- 第 $(n)$ 个方形区内的第 $(i)$ 个信道所需要的频谱单位近似为：

$$\beta(n,i) = C O(n,i) \quad (8-17)$$

其中：

$C$ ：是常量，由方格的尺寸和所考虑频带内所使用的信道带宽决定。

- 为公共安全和业务使用不同的承载系数。也允许多系统共用系统容量。

在这个模型里，公式变为：

$$RSE = \frac{\text{加权实际占用}}{\text{加权NOAS占用}}$$

### 8.9.2.1 讨论

这个模型采用了特定地理区域与这个区域内的全部业务量需求有关的频谱价值的概念。这个概念也指出，按照频谱的三维属性（带宽、空间和时间），有被禁用的频谱用户。被禁用的频谱数量由其他系统将在该无线系统附近接收的干扰电平决定。这个模型采用实际的需求分布作为平均峰值时间信道负载。

根据以上所描述的模型，可以得出以下结论：

1. 频谱质量取决于城市中心的通信业务量负荷。频谱管理的有效性可以通过主要城市最大业务量中心地区可用的且没有干扰的频率最大数量来度量。
2. 在业务量繁忙的市中心以外进行频率指配时，需要注意避免抢先占用市中心频率指配。
3. 对新的和重新规划的频带，可以使用近似最佳的指配策略来提供最大数量的无干扰频率指配，以满足需求。
4. 近似最佳的频率指配策略能获得较高的频谱质量，而且由于事先选择所关心区域内无干扰的频率，同时简化了频率指配程序。

## 8.10 结论

上面有关频谱利用量、频谱利用效率（SUE）以及相对频谱效率（RSE）的描述只是计算的开始，最终是要在相同业务中，将一个系统与另一个系统进行比较。可以有很多方法将这一理论加以应用，来解决具体问题。通常，这些特定的应用给出的中间结果，例如，可能以等值线或地理区域对应的参考系统可用频率百分比的累计分布图，来帮助我们认识到哪些位置已经比较拥挤。

已提出了一套基本的度量方法，如果这些方法在技术和财政资源的限制内实施的话，那么将能够把提高频谱利用效率的可能性变为现实：

1. 从减少频率空间大小的观点出发，对决定频率空间大小的电磁系统参数（在开发新的设备和更新无线系统时）进行优化，就可能促进不同业务的频率共用并在给定的区域内容纳更多的网络。
2. 按照无线电系统的标称特性来规划网络，特别要降低发射机功率不必要的“余量”、天线高度、接收信号场强等。
3. 从频谱利用效率的观点出发，使用无线电通信和广播业务的网络结构尽可能地接近理论上的最佳网络。
4. 采用使频带能够得到有效使用的调制技术和设备参数，尽可能地接近相应的“理想无线电系统”所能取得的极限值。
5. 采用与适当系统相关联的时间因子以获得更大的频谱效率。

## 参考文献

- BYKHOVSKY, M. [1979] Optimalnoe chastotnoe planirovanie odnoproletnykh RRL na selskoi seti (Optimum frequency planning of single section radio-relay links in a rural network). *Electrosvyaz*, 5, p. 47-52.
- BYKHOVSKY, M. and PAVLIOUK, A. [1986] Effectivnost ispolzovania radioresursa v sistemah sukhopotnoi svyazi (Spectrum utilization efficiency in land mobile communication systems). Eighth International Wroclaw Symposium on Electromagnetic Compatibility, p. 1103-1111.
- BYKHOVSKY, M. and PAVLIOUK, A. [1987] Kritery effektivnosti ispolzovania radioresursa v setyah radiosvyazi i veshchaniya (Criterion for efficient spectrum use in communication and broadcasting networks). *Radiotekhnika*, 4, p. 34-38.
- DELFOUR, M. C. and DECOUVREUR, G. A. [August 1989] Interference-free grids – Part I and Part II. *IEEE Trans. on Electromagn. Compati.*, Vol. 31, 3.
- DELFOUR, M. C. and TOWAIJ, S. J. [May 1991] Spectrum quality indicators for the land mobile systems. IEEE Vehic. Techn. Conference, St. Louis, Missouri, United States of America.
- GALLAGER, R. G. [1968] *Information Theory and Reliable Communication*. John Wiley and Sons, New York, London, Sydney, Toronto.
- HAINES, R. H. [1989] An innovative technique for quantifying and mapping spectrum use. 1989 IC&C Executive Forum, Washington, D.C., United States of America.
- HATFIELD, D. N. [August 1977] Measures of spectral efficiency in land mobile radio. *IEEE Trans. on Electromagn. Compati.*, VOL. EMC-19, 3, p. 266-268.
- HINKLE, R. L. and FARRAR, A. A. [May 1989] Spectrum-Conservation Techniques for Fixed Microwave Systems. NTIA Report TR-89-243.
- KOVTUNOVA, I. G., TSVETKOV, S. A. and YAKIMENKO, V. S. [1999] Metodika otsenki zagruzki radiochastotnogo spektra v territorialnom raione (Method of determining utilization of the radio spectrum in a geographical area). *Radiotekhnika*, 6.
- PASTUKH, S. Y., KHARITONOV, N. I., TSVETKOV, S. A. and YAKIMENKO, V. S. [2002] Upravleniye radiochastotnym spektrom i otsenka effektivnosti ego ispolzovania (Radio spectrum management and assessment of utilization efficiency). *Elektrosvyaz*, 12.
- ZOLOTOV, S. I., KOVTUNOVA, I. G., TSVETKOV, S. A. and YAKIMENKO, V. S. [2001] Metod otsenki effektivnosti sposobov naznacheniya chastot RES v territorialnom raione (Method of assessing the effectiveness of distributing radio frequencies in a geographical area). *Elektrosvyaz*, 9.

## 参考资料

DROZD, A. [2005] *A New Challenge for EMC: Policy Defined Radio*. IEEE EMC, Society Newsletter, Winter 2005.

MAYHER, R. J., HAINES, R. H., LITTS, S. E., BERRY, L. A., HURT, G. F. and WINKLER, C. A. [1988] *The SUM data base: A new measure of spectrum use*. NTIA Report 88-236, US Dept. of Commerce, Washington, D. C., United States of America.

**ITU-R案文**

ITU-R 手册	卫星通信(2002)
ITU-R 手册	频谱监测(2011)
ITU-R 手册	计算机辅助技术(2015)
ITU-R 手册	数字地面电视(2002)
ITU-R F.699建议书	在100 MHz到70 GHz左右频率范围内进行协调研究和干扰估算用的固定无线系统天线的参考辐射图
ITU-R S.465建议书	2至30 GHz附近的频率范围内用于协调和干扰评估的基准地球站辐射方向图
ITU-R S.580建议书	用作对地静止卫星地球站天线设计指标的辐射图
ITU-R S.731建议书	在2到约30 GHz频率范围进行频率协调和干扰估算使用的参考地球站交叉极化辐射方向图
ITU-R SM.326建议书	调幅无线电发射机功率的确定和测量
ITU-R SM.328建议书	发射的频谱和带宽
ITU-R SM.329建议书	杂散域的无用发射
ITU-R SM.331建议书	接收机的噪声和灵敏度
ITU-R SM.332建议书	接收机的选择性
ITU-R SM.337建议书	频率和距离间隔
ITU-R SM.377建议书	国际监测站测量频率的精确度
ITU-R SM.378建议书	监测站的场强测量
ITU-R SM.443建议书	监测站对带宽的测量
ITU-R SM.575建议书	保护固定监测站免受射频干扰
ITU-R SM.668建议书	用于频谱管理目的的电子信息交换
ITU-R SM.851建议书	VHF和UHF频带中广播业务与固定和/或移动业务之间的共用

ITU-R SM.852建议书	F3E发射类别的无线电接收机的灵敏度
ITU-R SM.853建议书	必要带宽
ITU-R SM.854建议书	监测站的定向和位置测定
ITU-R SM.855建议书	多业务电信系统
ITU-R SM.856建议书	新的高效利用频谱的技术和系统
ITU-R SM.1009建议书	在87-108 MHz频带附近的语音广播业务与108-137 MHz频带的航空业务之间的兼容性
ITU-R SM.1045建议书	发射机的频率容限
ITU-R SM.1046建议书	频谱使用的定义和无线电系统的效率
ITU-R SM.1047建议书	国家频谱管理
ITU-R SM.1049建议书	用于帮助边境地区地面业务频率指配的频谱管理方法
ITU-R SM.1050建议书	监控业务的任务
ITU-R SM.1051建议书	优先确定并消除406-406.1 MHz频段的有害干扰
ITU-R SM.1053建议书	改善固定台站 HF 测向精度的方法
ITU-R SM.1054建议书	监测站对宇航器无线电发射的监测
ITU-R SM.1055建议书	扩频技术的使用
ITU-R SM.1056建议书	对工业、科学和医疗 (ISM) 设备辐射的限制
ITU-R SM.1131建议书	在全球范围划分频谱时应考虑的因素
ITU-R SM.1132建议书	无线电通信业务间或无线电台间共用的一般原则
ITU-R SM.1133建议书	广义业务的频谱利用
ITU-R SM.1134建议书	陆地移动业务中的互调干扰计算
ITU-R SM.1135建议书	SINO和SINPFEMO代码
ITU-R SM.1138建议书	必要带宽的确定及其计算举例与相应的发射标志的举例
ITU-R SM.1139建议书	国际监测系统
ITU-R SM.1140建议书	为了确定在87-108 MHz频带附近的语音广播业务与108-137 MHz频带的航空业务之间的兼容性测量航空接收机特性的测试程序
ITU-R SM.1235建议书	干扰环境下数字调制系统的性能函数
ITU-R SM.1265建议书	国家备选分配方法
ITU-R SM.1266建议书	自适应MF/HF系统
ITU-R SM.1268建议书	监测站测量调频 (FM) 广播发射最大频偏的方法
ITU-R SM.1270建议书	用于监测目的与发射类别和标识有关的附加信息

- ITU-R SM.1271建议书 使用概率方法实现频谱有效利用
- ITU-R SM.1370建议书 用于开发高级自动频谱管理系统的设计导则
- ITU-R SM.1392建议书 用于发展中国家的频谱监测电台的基本要求
- ITU-R SM.1393建议书 监测站之间交换信息的通用格式
- ITU-R SM.1394建议书 签署国之间关于频谱监测领域合作的谅解备忘录的通用格式
- ITU-R SM.1413建议书 用于通知和协调目的 无线电通信数据词典
- ITU-R SM.1446建议书 使用频率、相位或复调制技术的发射机互调产物的定义
- ITU-R SM.1447建议书 监测陆地移动网络的无线电覆盖验证是否符合执照规定
- ITU-R SM.1448建议书 在100 MHz和105 GHz频段之间地球站附近协调区的确定
- ITU-R SM.1535建议书 保护安全业务免受无用发射干扰
- ITU-R SM.1537建议书 带有自动频谱管理的频谱监测系统的自动化和集成
- ITU-R SM.1539建议书 应用ITU-R SM.1541和ITU-R SM.329建议书所要求的带外和杂散域之间界线的变化
- ITU-R SM.1540建议书 进入相邻划分频段中的带外无用发射
- ITU-R SM.1541建议书 带外域的无用发射
- ITU-R SM.1542建议书 保护无源业务免受无用发射干扰
- ITU-R SM.1598建议书 时分多址和码分多址信号上的无线电定向和定位方法
- ITU-R SM.1599建议书 为规划目的确定频谱利用因素在地区和频率上的分布
- ITU-R SM.1600建议书 数字信号的技术识别
- ITU-R SM.1603建议书 作为一种国家频谱管理方法的频谱再分配
- ITU-R SM.1604建议书 发展中国家升级频谱管理系统指南
- ITU-R SM.1633建议书 划分在相邻或附近频段的无源和有源业务之间的兼容性分析
- ITU-R M.1634建议书 使用蒙特卡洛仿真的地面移动业务系统进行频率共用的干扰保护
- ITU-R P.1546建议书 30 MHz-3 000 MHz频率范围内地面业务点到区的预测方法



## 附件1

### 频谱管理培训

#### 1 引言

一个自动化频谱管理系统是一个大的、可能复杂的信息系统，它包括一个申请和执照、频率划分、地理信息和其他数据的大数据库。为了职工准备上岗，对这种系统的培训是任何主管部门频谱管理活动中的主要内容。随着无线电通信系统的快速发展，培训必须是持之以恒，不断进行的。频谱管理工作人员需要对无线频谱和无线电业务具有宽的知识面。设备和计算机软件通常专业性很强，而不在主管部门之外使用，因此有必要准备具体的培训计划，使用合格的教员。

培训课程需要针对受培训人员，在第2节中所列不同种类的人员需要不同的培训的课程。这些培训课程可由标准单元或标准模块组成，每一单元都包括频谱管理的具体科目。培训课程可分为三个大的种类：

- 基本培训（对新员工的培训）；
- 在职培训；
- 专业提高培训。

对这些种类的培训，在第3节有更详细的讨论，另外还需要简短介绍性的课程和/或较长时间、较深入的培训。一到两周的短期课程可对频谱管理提供一个整体概况，包括第3.3节所列某些具体题目，或者向受培训人员介绍具体的频谱管理系统。较长时间的培训，提供对具体题目的较深入的了解或对系统操作有详细了解。

对自动化频谱管理系统的培训，一般讲是根据该系统所附文献资料进行的，制造商主要随系统提供下列文件：

- 由设备提供商为基本设备和计算机软件所提供的标准设备和软件文件；
- 系统文件，作为一套参考手册，而不作为一套频谱管理程序。

对每一堂培训课都应提供一套培训教材，包括学员资料和教员要览。每一受培训人员都应收到一份培训教材副本，包括幻灯片，小册子和其他培训材料。这些教材应有频谱管理机构作为长久参考文件保存，特别是在员工大量变动的情况下。

本附件是与实现频谱管理自动化系统有关的频谱管理培训的总结。频谱管理和监测培训也在ITU-R SM.1370建议书—关于开发频谱管理自动化系统的设计导则（最新版）--中得到简短讨论，同时在2011年于日内瓦出版的国际电联《频谱监测手册》第2.8节中得到更详细阐述。

## 2 受培训人员所需要的技能

无线电频谱管理职员需要应对大量的无线电业务、系统和行政程序，因此，各种人员要具有多种技能和经验，以便向主管部门贡献渊博的知识和熟练的技能。职员一般包括下列类型的人员：

- 管理人员：负责项目管理和系统操作的人员；
- 技术人员：负责无线电工程、技术分析和频谱指配（无线电工程软件工具使用人员）的工程师、技术员和专家；
- 行政人员：负责行政任务（即，申请处理、开具账单、起草报告）的人员；
- 信息技术专家：负责安装、系统监管、数据支持和用户管理的人员。

这些不同类型的人员应具有的知识 and 技能如下：

- 管理人员
  - 管理机构的组织
  - 管理机构关于频谱管理的目标、战略、当前和未来的工作任务
    - 与频谱管理相关的行政任务
    - 无线电系统设计和计划
    - 信号处理和信息理论
    - 无线电传播
    - 干扰分析
    - 频率规划
    - 使用计算机的基础知识。
- 技术人员
  - 无线电传播
  - 干扰分析
  - 频率规划
  - 使用计算机的基础知识和对相关应用软件的掌握，比如，案文处理、棋盘式对照表分析和频率管理软件。
- 行政人员
  - 管理机构的组织
  - 与频谱管理有关的行政任务
  - 使用计算机，包括微软视窗的基础知识。
- 信息技术专家
  - 操作系统
  - 系统应用软件的基础知识

- 相关数据库管理
- TCI/IP、LAN和WAN网络。

一些技能的获得是在需要的基础上，通过签订合同、咨询或者与其他政府机构达成相互支持的协议。某些情况下，频谱管理机构不需要这些方面高度的专门技能，但是，需要清楚地了解所涉及的原理。为了能对其工作称职，他们中的一些人，特别是管理人员，应具有频谱管理方面的多年经验。

### 3 课程科目

主管部门应制定一份满足和适应需要的培训计划。对新系统的培训是明显需要的，这种培训通常由系统提供商提供。对于新雇员进行介绍性科目的定期基本培训是需要的，这些新雇员是雇用来替代工作变动的人员。需要制定长远计划，为有经验的职员在准备晋升时提供新科目方面的专业提高培训。

在本节列出了培训课程的建议科目。不同国家在其法律体系、行政体制、教育制度和频率管理系统方面存在着差异。另外，频谱监测人员需要的技能取决于他们的具体的任务，因此，这里建议的课程应作为指南来对待，并可根据各个主管部门的需要进行调整。

例如，培训计划，在频谱管理方面花费大约四分之三的时间，在频谱监测方面花费大约四分之一的的时间。

在第2节所述的职员应具有一般知识和对该节所列原理的理解。但是，当主管部门需要一个新系统时，这些人员将要对该系统进行专门培训。

#### 3.1 建议对ITU-R SM.1370建议书所述系统的培训；一个可用的基本培训实例

ITU-R SM.1370建议书描述了频谱管理自动化系统（ASMS）的组成部分，帮助主管部门担负起频谱管理的责任。以下所列为上述建议书所述类别系统的建议培训科目：

**频谱管理应用**，包括对频谱管理的介绍以及了解频谱管理的作用；

**了解频谱管理系统结构**，包括系统结构和子系统集成的讨论；

**了解和使用频谱管理子系统**，包括了解和应用无线电执照发放、技术分析、国际协调/通知、开具交费票据和付费、无线电操作人员证书、无线电设备经销商（商人）、型号受理测试、检验、管理计划、系统管理和监测界面等子系统，还包括了解系统参考表。

**了解项目及其实施计划**，包括了解项目大小范围及其交付、各种子系统怎样集成、实施计划及其影响以及承包商和主管部门的责任。

**无线电执照发放子系统**，包括执照申请数据输入、电台批准使用、开具交费票据、发放/修改/撤消/更新执照、数据库查询以及产生和领会报告。

**了解/执行技术分析程序**，包括对技术分析和执行技术分析的详细指南的介绍。

**了解/进行国际和区域性协调**，包括频率通知和登记、进行国际协调、查询和报告。

了解用户管理程序，包括经销商的确定、了解证书和登记程序以及了解经营执照费。

了解设备型号受理程序，包括了解型号受理职能和过程。

系统管理，包括了解和演示系统和网络结构、支持和恢复、数据库管理以及了解系统接入和安全。

检验系统，包括对检验子系统的了解和使用。

维护和使用执照发放系统参考表和编码，解释不同类型的编码以及使用每一个编码表。

了解监测和测向功能，使用监测和测向系统、说明监测和执照系统之间的界面、监测在频谱管理中的作用、固定和移动监测系统、监测报告、固定和移动监测系统的操作以及频谱测量技术。

## 3.2 在职培训

在基础培训后，给新职员在机构分配任务和担当角色并安排在部门做某些工作。为了有效完成所需要的任务，在职培训是培训新职员最有效和最经常使用的方式，也是保持对部门了解的主要方法。仅仅把新职员分配给有经验的同事并相信他们一切都好是不够的。计划在职培训，正如他或她已习惯了的，以及跟踪他们的进步是管理人员的职责。该培训主要针对特殊分配的职员。

## 3.3 具体培训：专业发展培训

专业发展培训向那些准备晋升职务、变动工作选派或者梳理他们技术知识的雇员提供详细的技术信息。在频谱管理专业发展培训课程中，应该包括各种科目，应该根据受培训人员的工作和技能，选择特殊培训的课程。频谱管理培训课程的科目通常应选择如下：

1. 频谱管理的普遍原则
2. 了解和使用自动化频谱管理系统
3. 无线电执照核发
4. 了解/进行频率指配
5. 了解/进行技术分析
6. 了解/进行国际协调
7. 了解设备型号核准程序
8. 结算系统，包括费用计算和开具账单
9. 管理系统的应用

- a) 使用和操作系统
  - b) 了解和演示网络结构
  - c) 系统接入思考
  - d) 了解和实行系统支持和恢复
  - e) 了解系统安全考虑
  - f) 了解和进行数据库操作
10. 数据输入
11. 频谱监测
12. 频谱管理系统的管理

管理人员应接受上述所有科目的培训，技术人员通常应接受除8、9b)、9d)以外的所有科目的培训，行政人员应专门接受科目2、8、9a)、9f)和10的培训，系统管理人员应接受科目2、9和12的培训，包括对软件系统和数据库管理的专门课程。

除了正式的培训课程外，专业提高培训的全套计划还应该包括其他主管部门的经验和与国际电联活动所涉及的内容，比如：

- 积极参加电联研究组和大会；
- 积极参加区域性论坛和标准化组织；
- 与其他主管部门交换意见和信息，协调会谈和对其他主管部门的访问使经验得到丰富；以及
- 参加新技术的研讨会/讨论会。

#### 4 培训设施

世界上有各种渠道提供无线电频谱管理和监测的培训，包括如下：

- 由电联提供的培训。国际电联电信发展局（BDT）和无线电通信局（BR）提供如下所述培训机会，并且BDT能向发展中国家提供有关具体课程的指南以及参加培训的基金可能来源，包括资助培训费用和旅行/生活花销。
- 德国（联邦共和国）、澳大利亚、加拿大、中华人民共和国、韩国、美国、法国、以色列国、意大利、日本、葡萄牙和大不列颠及北爱尔兰联合王国主管部门通过ITU-R 第23-2号决议（RA-12）提出接受来自其他主管部门的监测官员，在监测和测向技术方面对他们进行培训。所有这些培训都不要交纳学费。
- 培训也可由某些国家的大学和组织提供，如下述分节所述。有一些培训是免费的，有一些培训是要交费的。
- 制造商，比如美国的TCI（一家SPX公司）、以色列的Elbit系统公司、德国的LS电信公司、法国的ATDI公司、德国的Rohde&Schwarz公司、法国的泰雷兹公司和美国的Agilent技术公司亦提供培训，包括对他们所提供的系统在内的培训。这些制造商的培训计划在本附件之附录中有描述。那些已与BDT签订伙伴协议的将不

再支付他们培训的学费和/或由BDT培训中心组织的学习班和研讨会授课的费用，其他都要支付培训费用。

本节提供的培训设施信息大都是从回应可以提供培训课程的要求中得来的，也是回应ITU-R 1/LCCE /54号通函的要求以及来自于BDT。本节所述培训可提供频谱管理中的各种普通科目以及专门的设备和计算机软件，这些对个别主管部门是特别的。

## 4.1 通过国际电联提供的培训资源

电联承担人力资源开发。世界电信发展大会批准了纲要，这包括人员能力建设和其他发展中国家的特别计划。这些纲要规定了知识的转让、经验和知识的共享和信息的传播，并且包括下述诸如频谱管理培训项目、高级培训中心和虚拟培训中心等资源。此外，无线电通信研讨会可促进培训。

### 4.1.1 频谱管理培训项目（SMTP）

SMTP是一套完整的、涉及频谱管理各领域的高级培训资料，目前正在由国际电联内外的专家开发。该项目涵盖频谱管理培训的各个科目。SMTP将是坚实的、就现代频谱管理理论和实践对工作人员进行培训的手段，必将成为全球频谱管理的“黄金标准”。

**概述。**SMTP为国际电联成员国和部门成员而设计，特别是，它将有助于满足运营商、监管机构和政策制定机构的能力建设需要，同时，还将成为学术界成员和国际电联高级培训中心（CoE）网络的资源源泉。然而，除这些目标群体外，还可将SMTP提供给从事频谱管理领域工作、并愿意完善和扩大其专业知识的任何群体。因此，参与SMTP的学生可以源自从技术到管理的不同层面机构并具有不同背景（工程、法律、经济等）。

SMTP有两个层次构成：基本和高级。基本层次的SMTP更加注重技术，高级层次则也涉及到非技术主题和技能。

基本层次的SMTP包含下列模块：

1. 必备模块1 – 频谱管理的法律基础和监管框架
2. 必备模块2 – 频谱工程的基本要素
3. 必备模块3 – 无线通信技术
4. 可选模块1：
  - 可选方案1 – 频谱监测；
  - 可选方案2 – 执法和设备选型；
  - 可选方案3 – 卫星系统的频谱管理；
  - 可选方案4 – 高频系统、科学、水上和业余业务的频谱管理；
  - 可选方案5 – 航空、无线电测定业务和军事系统的频谱管理；
  - 可选方案6 – 计算机辅助频谱管理。

高级层次的SMTP包含下列模块：

1. 必备模块4 – 频谱管理的经济和市场工具；
2. 必备模块5 – 无线创新的战略规划和政策；
3. 可选模块2：
  - 可选方案1（法律专业） – 先进频谱授权机制；
  - 可选方案2（法律专业） – 频谱监管的社会经济影响；竞争与消费者保护；
  - 可选方案3（技术专业） – 地面电视广播规划和向数字的过渡；
  - 可选方案4（技术专业） – 机会性频谱获取和认知无线电。

欲了解详细信息，请浏览：<http://academy.itu.int/news/item/1077/>。

#### 4.1.2 世界无线电通信研讨会

无线电通信局隔年（一般在11月份）在日内瓦电联总部组织有关无线电频谱和卫星轨道使用，特别是有关应用电联无线电规则条款研讨会（5天）。该研讨会包含地面和空间业务的国际频率管理方面的问题，包括ITU-R研究组的相关工作，特别要关注WRC通过的无线电规则程序。还组织学习班和演示，是参加人员能得到电联通知程序的实践经验以及无线电通信局向成员国主管部门和无线电通信部门成员所提供的电子出版物和一些软件的经验。在研讨会期间，电联提供六种语言的同声传译来进行讨论和授课。研讨会的文件贴在ITU-R网站上（<http://www.itu.int/en/ITU-R/seminars/Pages/default.aspx>）并且研讨会后按需要可以提供给主管部门作培训使用。这种研讨会偶尔也会安排在不同地区。

#### 4.1.3 培训中心

为了有利于发展中国家履行下列培训职责，BDT在世界各地保留了几个电信培训中心：

- 作为培训、专业提高、有关电信在各个地区的研究和信息的要点；
- 对制定国家行业政策和规则的政策制定者和管理者进行培训；
- 对管理电信网络和业务的高层公司经理进行培训；
- 对在政策、规则和技术方面管理频谱的频率管理人员进行培训；
- 提供电信和信息化先进技术、电信资金筹措和多边贸易协定等选择性问题的培训；
- 提供制定和协调电信标准的能力，包括支持参加世界电信标准化论坛；
- 作为地区性和全球性信息社会主动工作的要点；
- 提供制定和实施试验计划，该计划示范在各个地区特别重要方面的信息和通信技术的应用；
- 向政府和私营行业提供咨询；
- 向大会、研讨会和学术报告会提供讨论和传播有关电信问题信息的条件。

有如下六个高级培训中心：

1. 非洲讲法语的国家（中心点：达卡尔）的培训中心
2. 非洲讲英语国家（中心点：内罗毕）的培训中心
3. 亚太（中心点：曼谷）的培训中心
4. 美洲（中心点：哥斯达黎加、厄瓜多尔、委内瑞拉、秘鲁、哥伦比亚、阿根廷、智利和洪都拉斯）的培训中心
5. 阿拉伯地区（最主要的国家：叙利亚、埃及、约旦、突尼斯和苏丹）的培训中心
6. 东欧和独联体国家（最主要国家：俄罗斯、乌克兰、白俄罗斯、斯洛伐克、波兰和保加利亚）的培训中心。

这些中心由董事会或指导委员会管理，由他们确立管理的体制和学术计划，以达到中心培训的目标。

国际电联网站（<http://www.itu.int/ITU-D/hrd/coe/~index.html>）提供这些中心活动的进一步的信息。

#### 4.1.4 虚拟培训中心

BDT已建立一个虚拟培训中心，该培训中心网站（<http://www.itu.int/ITU-D>）上有一个资料室，它包含培训方面的教材。

培训大纲中有一个主题是“频谱管理”。电联也加入了私营部门、区域和国际机构、政府、学术和培训组织的伙伴计划，与其建立协作关系并为能力建设工作者动员额外资源。该计划有三个主要途径为发展做贡献：建立一份培训协定（免培训费），为BDT年度行动计划出一份力，和/或参加现有区域项目，该项目是基于公共—私营部门长期自我支撑的合作。

## 4.2 由主管部门和组织提供的培训

### 4.2.1 美国的培训设施

在美国，自从1983年美国电信培训学院（USTTI，<http://www.ustti.org>）在肯尼亚内罗毕电联全权代表大会发起成立后，一直提供无线电频谱管理的培训机会。美国电信培训学院的培训由美国公司和/或政府机构主办。每年，美国电信培训学院安排许多与无线电管理直接有关的课程：

1. 无线电频谱管理和政策的管理培训（每年春季，由美国联邦通信委员会（FCC）和美国电信培训学院联合主办）；
2. 无线电频谱管理培训（每年春季，由国家电信和信息管理总局（NTIA）和通信研究院（Comsearch）联合主办）；
3. 民用部门的频谱管理培训（每年春季，由美国联邦通信委员会和通信研究院联合主办）；



4. 无线电频谱监测和检测培训（每年春季，由美国联邦通信委员会和L-3/Apcom, Inc主办）；
5. 频谱管理和频谱监测的实际应用培训（每年春季，由TCI主办）；
6. 无线电频谱监测技术和程序培训（每年两次，春季和夏季各一次，由美国联邦通信委员会主办）；
7. 支持设备核准项目的实验室技术的培训（每年秋季，由美国联邦通信委员会主办）。

除了这些培训机会外，美国公司还主办美国电信培训学院的无线通信培训，这可能包括频谱管理的内容。详细情况在每年出版的美国电信培训学院课程目录中提供。

由美国电信培训学院主办的培训是免交学费的。申请者应向他们自己的组织或政府或者向其他组织寻求他们国际旅行和美国国内旅行以及在培训期间的生活开支的专款。

#### 4.2.2 澳大利亚通信署国际培训项目

为了回应国际组织对单个培训和工作学习计划日益增长的要求，澳大利亚通信署（<http://www.aca.gov.au/>）制定了国际培训大纲，目的在于从管理的角度给出澳大利亚电信和无线电通信环境完全自由化的总体情况。该培训大纲涉及到无线电通信和电信问题的三个部分。培训课全用英语讲授。

国际培训大纲向那些正在实行竞争和可能考虑实行竞争的国家，提供向澳大利亚学习经验的机会。还有另外的好处是，向参加者提供唯一的机会，与其类似的国家和组织以及那些正沿着开放竞争道路的国家个人建立联系网络。

澳大利亚通信署免费提供所有培训，但是，参加者需要支付膳宿、旅行和生活费用。

#### 4.2.3 英国电信研究院（UKTA）的培训

英国电信研究院（<http://www.ukta.co.uk/>）向那些寻求发展通信技能的国家的申请人，免费提供一系列通信培训。

该研究院是英国一些主要通信公司和挑选的大学之间合资单位，利用他们综合的培训能力来提供高质量的培训活动教材。向通信欠发达的国家管理人员和技术人员提供这些活动的场所。成功的申请人有可能发展他们自己国家的通信基础设施和能力做出（或渴望做出）很大贡献。

该研究院受到英国政府工业贸易部的支持，它的成立是为了向那些愿意共享英国通信行业知识和技能的国家代表提供培训的机会。

培训涵盖一系列通信有关知识、技能和活动，包括管理、商务、技术和个人发展。每一课程时间一至两天。没有频谱管理的专门课程，但是有包含频谱管理方面的技术课程。申请人可从这本小册子挑选综合性课程，形成适合他们本人需要的连贯性计划表。所有培训用英语讲授。

#### 4.2.4 以色列国家频谱管理课程

以色列 ([http://www.moc.gov.il/sip\\_storage/FILES/5/1725.pdf](http://www.moc.gov.il/sip_storage/FILES/5/1725.pdf)) 开办国家频谱管理课程，培训那些服务于通信部的工程师、律师和经济师，或者向与国家频谱管理有关的其他专家讲课。该网站链接提供了五天培训的内容和时间表。该课程已经在以色列、尼泊尔开办，且其中一部分在28个以上国家开办，包括ITU-D面向亚太和拉丁美洲的远程教育课程。该课程是基于国际、地区和国家层次上的频谱管理活动，包括制定几个国家频谱管理纲要。

该课程讲述无线通信的基本要素并重点突出接收机、天线和无线电波传播。课程还详细介绍主要无线业务，重点是广播、地面移动（主要是蜂窝移动）、固定业务、卫星、远程设备和雷达。课程也讨论射频对人体的危害、射频管理、电磁兼容（EMC）和视频识别（RFI）。14个科目都属于公共领域科目（将增加卫星通信）；课程的详细内容为黑体并带有网络超级链接。

会议	科目	细节
1.	引言	端到端无线通信与无线电频谱管理
<b>射频 (RF) 工程</b>		
2.	传播1: 等式	Maxwell等式; Friis等式和自由空间传播损耗、影响传播损耗的因素; 自由空间雷达等式; 远场和近场; 多普勒效应Fresnel区
3.	传播2: 无线电地平线和高频	作为天线高度的无线电地平线; Snell定律; 地球有效半径; 大气水汽造成的衰减; 管道; 高频传播; 电离层区域、层次和跳频
4.	天线: 基本参数	天线孔径和波束宽度、实际公式; 3维天线方向图; 阻抗、返回损耗和vswr; MIMO
5.	发射机和接收机	发射和接收原理图; 发射机的无用发射和掩膜; 接收条件; 灵敏性、选择性; 噪声数字、热噪声
<b>无线电 (RF) 业务</b>		
6.	广播: 视频、音频和数据	广播网络、电视系统的技术参数; RF频段; 多路径; RF数字红利; 电视与蜂窝系统的共存
7.	陆地移动: 主要为蜂窝陆地移动	移动标准、基本蜂窝移动参考网络; 频分/码分/时分多址; OFDM/OFDMA; IMT的接口和演进; GSM/UMTS/LTE结构; LTE频段; Wi-Fi卸载; 网络
8.	固定业务	固定业务技术的演进和现状; 部署拓扑; 视距 (LoS) 和非视距 (NLoS) 固定业务链路; 应用和举例; 信道安排 (CA) 和块; 对数和数字式点到点链路预算
9.	卫星通信	定义: 国际电联《无线电规则》; 卫星轨道和业务; 卫星设备; 卫星通信监管
10.	短程设备	定义; 新的多路复用、扩频和调制技术; 典型应用; RFID技术; 全球或区域性无线电频率的统一; 3项案例研究

会议	科目	细节
11.	雷达系统	应用；雷达Friis的基本传输损耗；发现概率；多普勒效应；雷达参数；活动目标指示
<b>RF：监管、RFI和对人体的危害</b>		
12.	RF的监管和标准化	监管内容；监管和标准化的作用；国际、区域性和国家组织；RF监测；欧洲与美国的对比
13.	EMC和RFI	RFI：天线到天线耦合、干扰类型和模式；缓解、系统内和系统间RFI；接收机易受影响的特性；无用信号；线性载波干扰比；S/N保护标准
14.	RF对人体的危害	RF暴露和超级敏感性；技术数量数字；远场（自基站起）的功率密度和近场（手机）的SAR；ICNIRP有关限制暴露的导则；世界范围内的不同参考水平；多天线发射暴露；RF危害限制及其对蜂窝网络规划的影响

### 4.3 大学提供的培训

一些大学也以研究生教学大纲或独立的短期培训的模式提供规则和频谱管理的简短课程，它超出所有大学全部相关课程的范围。因此，下面给出两所大学实施两堂课程教学的例子。这些学程除了由主管部门承担的旅费、膳宿费和生活费用外其他都是免费的。

#### 4.3.1 约克大学的课程

约克大学电子系（<http://www.elec.york.ac.uk/contedu/welcome.html>）提供一周EMC和RF通信方面的非全日制研究生标准课程，这些可按短期课程对待，其中一个课程是“无线电频谱管理和无线电管制环境”（5天）。该课程将无线电频谱视为有限资源，并且概述了需要确保频谱有效利用的工具、技术和管理。

#### 4.3.2 乔治华盛顿大学专业开发中心课程

乔治华盛顿大学专业开发中心有一份“定制的教育和国际大纲”（<http://www.gwu.edu/~cpd/ceip>），促进在商业、工业、政府和非盈利实体方面的人员和业务发展。该中心还创建定制的课程，以满足组织专门学习目的，其中一个课程是“CWTC551无线电频谱管理”（5天）。该课程审视无线电频谱管理方面的技术、规则和法律等复杂情况，它们是如何影响技术的发展以及它们与战略规划有何关系。

## 参考文献

### ITU-R 案文

《ITU-R频谱监测手册》（2011年，日内瓦）。

ITU-R SM.1370建议书： 用于开发高级自动频谱管理系统的设计导则

ITU-R 第 23-2 号决议： 将国际监测系统扩大到全球范围

## 附件1的

## 附文1

## 频谱管理和监测培训\*

## 1 培训大纲

TCI是频谱管理和监测自动化系统的唯一供应商，它负责设计、制造而且不需要主要分包商安装整套、内部集成系统。这样，该公司是唯一能够供应集成的频谱管理和监测系统，并且负责这些系统的培训。深层次的培训对于保证成功实施频谱管理和监测系统是必要的。该公司已经提供一份适合于系统集成性质的培训大纲。这个培训大纲向主管部门的人员提供成功操作和维护频谱管理和监测自动化系统的知识和能力。

向下列主管部门人员提供培训：

- 负责操作管理系统的频谱管理、技术和行政职员；
- 监测系统的操作人员；
- 负责系统维护的工程师和技术员。

采用合适的培训方法进行培训，包括教员授课、实验和其他实践培训。课程教员在无线电监测、测向和频谱管理概念方面，经历广、经验丰富。

对于每一堂培训课，都要提供教学资源 and 音像教材，包括一套可复制的培训教材，供上课的老师和学生使用。这些培训教材包含印刷图、图解和系统图式，并使主管部门建立一个可比较的连续不断的培训大纲。培训教材还包括基于系统说明的练习，使得用户能够彻底了解和有效完成用户的专门任务。

## 2 课程期限

尽管可以提供短期或长期的培训课程，但是，公司提供的标准培训课程期限是四周，在这期限提供三个序列课程：频谱管理课程、监测操作课程和维护课程。四周的培训时间，有足够的时间全面培训现代化的频谱管理和监测自动化系统。四周的课程而不是较长的课程，作为公司的标准培训课程，因为：

- 具有一个基于Windows®的系统，操作是直观的，因此容易学习；
- 灵敏关联键的帮助让使用者能在按键后从当前动态窗口获取信息；
- 培训模拟器（在第7章附件3描述）作为系统设施在职培训的一部分提供；
- 复杂的监测集成系统比老系统的硬件要少得多，因此，不需要更多的操作和维护培训；

---

\* 本附文由TCI提供（[www.tcibr.com](http://www.tcibr.com)）。

### 3 课程

**频谱指配管理和执照发放课程。**为了操作管理系统，要专门为不超过十人以上的行政管理人員举办为期10天的管理系统的操作课程。该课程包含的科目是：

- 频谱管理
  - 频谱管理的总体原则
  - 自动化频谱管理系统（SMS）软件概述
  - 系统操作，包括典型工作流程
  - 用于各种商业目的的频谱划分与消费者的需求
- 数据输入
  - ASMS中使用的数据输入程序
  - 授课与系统实践使用之两者结合以及应用程序
- 执照发放和执行
  - 了解如何评估要求获得批准的执照申请、处理执照修改、续期和终止等并对申诉予以解决
  - 深入了解执照申请和发放的过程以及符合所需要的程序
- 频率指配、技术和工程分析
  - 频率指配过程以及在指配频率和处理申诉时使用的工程分析工具
  - 实际使用随管理系统携带的频率指配和工程分析工具，包括生成报告
- 费用计算
  - 费用计算过程以及其它结算功能
  - 授课和实践处理所需要的费用并使用结算软件包
- 系统管理和执行
  - 系统管理人员进行软件的标准维护
  - 熟悉下列工具和标准软件：RDBNS工具、数据恢复软件
  - 数据支持，计算机使用者的账户建立和管理，安全管理，数据库维护，网络执行，程序。

**监测操作课程。**为了操作监测站，专门为八人就固定站和移动站举办五天的操作课程，该课程在下表中描述如下：

## 操作培训

标题	目标	内容
监测操作培训	方便操作人员有效进行日常监测工作	系统概述（硬件）
		站址框图
		频谱监测软件
		术语和概念
		监测技术
		操作系统
		基于客户机/服务器的系统
		开启软件
		基本知识
		探究软件
		测量概述
		时间安排
		评估监测结果
		报告和数据编写
		诊断并报告问题
		测向
数字化地图		
测量		

**维护课程。**为了维护该系统，专门为八名技术员举办五天的培训课程。该课程在下表中描述如下：

## 维护培训

标题	目标	内容
维护培训	使技术人员/工程师能够排除故障并维修系统	框图
		缆线和互连图
		校准、诊断和故障信息概述
		诊断和故障信息
		校准
		故障排除
		现场可替代单元的维修和更换
		预防性维护

## 附件1的

## 附文2

**LS电信公司的培训项目\*****1 培训大纲**

德国LS电信公司提供涉及频谱管理和频谱工程各个方面的多种培训课程、专业学习班和研讨会。

为了强化发展中国家的培训业务并使其正规化，本公司还同国际电信联盟（ITU）在非洲、亚洲、加勒比和阿拉伯地区培训中心的合作，共同目的是帮助发展中国家更加有效的管理它们电信网络自由化和私有化相关的问题。

**2 课程**

下列课程在加拿大、或在德国、或在客户选择的第三国，准备提供讲解。

该培训不仅提供应用实例的基础理论，而且还提供一系列具有挑战性的计算机实践练习。

我们的培训日程表对每一堂课都有更详细的说明。

**频谱管理**

- 无线电频谱管理的普遍原则
- 无线电频谱管理的技术问题
- 频谱监测测量。

**广播**

- 基本广播规划（FM/TV，T-DAB/DVB-T）
- 超前广播规划（FM/TV，T-DAB/DVB-T）
- 全世界数字广播（DRM）。

**固定网络**

- 基本微波链路和固定业务规划及协调
- 无线电链路计算和协调（WLL，PtP）
- 卫星协调和通知。

---

\* 本附文由德国LS电信公司（<http://www.lstelcom.com>）提供。



## 移动通信

- 移动网络的基本无线电规划
- 专业移动无线电PMR（TETRA和TETRAPOL）
- 陆地移动业务的频率选择和协调
- GSM-技术准则和无线电网络规划
- UMTS-技术准则和无线电网络规划。

## 其他

- 数字化地形数据：需求、产品和使用
- 频谱定价
- 频谱拍卖
- 水晶报表工具（Crystal Report）。

## 附件1的

## 附文3

## 频谱管理培训\*

## 1 培训原则

THALES是一个世界性公司，它在五大洲都有许多在用的频谱管理和监测系统，并且从属于电联三个部门。

本公司提供全部集成的频谱管理和监测系统，该频谱管理系统以及频谱监测接口模块通常由CTS（Cril Telecom Software）提供，并提供专门用于频谱管理自动化系统的法语软件编辑器和解决电信运营商问题的软件。频谱管理培训通常由CTS进行。

由这两个公司承担的工程通常是交钥匙工程，包括系统和平台的供给以及需要的服务，比如，安装、试运转、数据迁移和整合以及培训。由于他们具有在全世界实施系统的长期经验，两公司在制定培训大纲的同时得到宝贵的知识。

培训是工程实施期间的主要组成部分。的确是没有适当的培训，潜在系统操作人员就不具备完全利用可供系统的所需要的技能。公司ELLIPSE系统的频谱管理的培训符合ITU-R SM.1370建议书，同时提出每个主管部门在培训内容和期限方面的具体需要和需求。培训可在客户所在地或者在法国公司所在地进行。因为它包含实践/在职培训，因此在客户所在地应开展技术帮助，在提供帮助的同时，操作人员完成他们日常的频谱管理任务。

频谱管理自动化系统是一个计算机化的信息系统，它向负责频谱管理的主管部门提出要完成的行政和技术任务，通常它还并入地理信息系统。

因此，培训提出以下科目：

- 频谱管理任务
- 应用软件
- 计算机化系统平台和软件
- 数据库和系统管理。

包含理论培训，应用理论培训和实践训练，随后在职培训和日常使用系统的技术帮助。

培训的文件包括频谱使用手册以及专门培训文件（例如，印刷品、幻灯片和实例）。

---

\* 本附文由泰雷兹公司（[www.thalesgroup.com](http://www.thalesgroup.com)）和Cril电信软件公司（CTS）（[www.criltelecom.com](http://www.criltelecom.com)）提供。

## 2 培训大纲

本节详述公司在安装频谱管理交钥匙工程时，向主管部门建议的整套培训大纲。这些大纲由标准单元组成，它是根据下列受培训人员的概况所选择的：

- 管理人员：负责工程管理和系统试运行的人员；
- 技术人员：负责频谱工程和电磁兼容（EMC）以及频率指配（无线电工程软件工具使用者）的工程师；
- 行政人员：负责行政任务（例如：申请的处理、开具账单、报告）的人员；
- 系统执行人员：负责安装、系统监管、数据支持和用户管理的人员。

详细情况在下列分节中表述。

### 2.1 主管部门管理人员培训课程

- 受培训人员的前提条件：受培训人员应具有以下方面的技能：
  - 对管理机构的组织以及管理机构在频谱管理方面的目标、战略、当前和未来业务；
  - 与频谱管理相联系的行政任务；
  - 无线电传播、干扰分析和频率规划；
  - 计算机使用，包括MS Windows O/S的基础知识。
- 所推荐的培训单元
  - 基本概念：工作数据库、参考数据库、存储方式、地址和电台网络；
  - 基本内容：起动频谱系统、多层显示、数据库选择、随同参考数据库更新工作数据库、技术部分的操纵、模型结构、覆盖、打印、结果输出和随同工作数据库更新参考数据库；
  - 业务、频率规划和设备的管理；
  - 执照制作、型号核准、交费通知和账目结算；
  - 协议书制作、协调表格以及电子文件的集成和颁布；
  - 测量活动，成果开拓，报告项目的使用与频谱相关数据库的接口，报告准备，数据保护规则。

### 2.2 技术操作人员的培训课程

- 受培训人员的前提条件：受培训人员应具有以下操作技能：
  - 对管理机构的组织和与频谱管理相联系的行政任务；
  - 无线电传播、干扰分析和频率规划；
  - 计算机使用，包括Windows、RDBMS的基本知识。

- 培训模块
  - 基本概念：工作数据库、参考数据库、存储方式、地址和电台网络；起动频谱系统、多层显示、数据库选择、随同参考数据库更新工作数据库、技术部分结构的操纵；
  - C/I互调产物、传播模式、模式调节、陆地移动业务的频率指配、网络建立、地球站建立、链路清理、链路安排和MW-MW & MV-GES干扰分析；
  - 菜单、请求表、协议书的制作、协调表的制作以及电子文件的集成和颁布；
  - 业务管理、频率规划、设备、执照制作、型号核准、交费通知和账目结算；
  - 测量活动，成果开拓，报告项目的使用与频谱相关数据库的接口，报告准备，数据保护规则。

### 2.3 行政操作人员的培训课程

- 受培训人员的前提条件：受培训人员应具有以下操作技能：
  - 对管理机构的组织；
  - 与频谱管理相联系的行政任务；
  - 计算机使用，包括Windows、RDBMS的基本知识。
- 培训模块
  - 菜单、请求表、档案制作及相继处理；
  - 业务管理、频率规划和设备；
  - 执照制作、型号核准、交费通知和账目结算；
  - 协议书的制作、协调表的制作以及电子文件的集成和颁布；
  - 测量活动，成果开拓，报告项目的使用与频谱相关数据库的接口，报告准备，数据保护规则。

### 2.4 系统管理者的培训课程

- 受培训人员的前提条件：受培训人员应具有以下操作技能：
  - 操作系统和Windows；
  - 相关数据库管理系统（RDBMS）；
  - TCP/IP、LAN WAN网络。
- 培训模块
  - 菜单、请求表；
  - 操作系统、数据库以及通过系统框架SQL接入的基础概念；
  - 系统管理：支持、恢复，接入直接管理。透彻报告的使用：与FMS系统数据库的接口、报告准备和数据保护规则。

## 附件2

## 欧洲邮电主管部门大会（CEPT） 国家有关短程设备（SRD）的监管方式

### 1 引言

短程设备（SRD）在社会经济和公民的日常生活中发挥着日益重要的作用。SRD涵盖繁复多样的应用，如，带有音频识别系统的数据收集或仓库、零售和物业系统项目管理、婴儿监督、车库门开启、无线家庭数据遥测和/或安保系统，无钥匙自动进入系统以及有赖于发射机的数千种其它类型常用电子设备。多数人几乎时刻都处于使用SRD消费产品的数米之遙内。由于这种多样性，所以短程设备市场不是一个单一实体，它包含若干种具有广泛应用的市场，能够为行业带来实实在在的经济价值，且能使世界范围内的公民享受更高效和质量更好的生活。

SRD使用多种不同频率，通常无需得到单独授权。SRD与定义明确的、受益于划分频段的无线电业务不同，不存在其专有频段，因此，SRD必须在不对其它应用或业务造成有害干扰、且不寻求得到这些应用或业务保护的条件下与其它无线电应用共用工作频率。为确保实现这一目标，应确定适当的、且有益于有效使用频谱的监管框架。

面对这一环境，重要的一点似乎是考虑到有关SRD方式的所有具体方面，以便确定有助于详细制定最恰当规则的战略，从而使SRD行业充满信心，同时也确保对无线电业务进行适当保护。

### 2 SRD环境

SRD应用未被确定为无线电业务。这意味着SRD没有具体频谱划分，因此，这些设备可以在遵守下列条件的情况下在任何频谱内运行：

- 1) SRD在共用频段中运行，但不允许对无线电业务造成有害干扰；
- 2) SRD不得寻求无线电业务对其予以保护。

这些条件以及SRD通常通过统一授权机制得到授权的事实都决定了确定适当监管框架的理由所在。

这些条件也为确定适当规则带来了一定的复杂性。本文件以下部分具体阐述与每一功能特性相关的问题和影响。

#### 频谱的共用及相关问题

在考虑频谱共用时，重要的是要区分频谱占用和频谱效率。使用特定部分频谱的价值在于它为用户带来的功效，而这一功效不一定与数据流量相同。应区分单个系统绝对频谱效率（SAE）—以源数据的传输为基础—与群组频谱效率（GSE）—更接近与所提供的更广泛的

功效或业务 – 之理念。当特定环境中存在性质相异和性质类似的设备时，应从GSE方面确定频谱效率（ECC 181号报告 [5]）。

在部署SRD时，不可能为每一应用都提供其专门的频率范围。

在考虑共用频谱时，必须认识到，重要的不仅仅是无线电信号的技术参数以及由此产生的链路预算。现代的可调整分组交换系统具有更复杂的运行规律。在通信总体维护流程中，不仅涉及物理层，而且涉及到更高的OSI层面，因此，理想情况下，系统设计人员以及频谱管理人员应努力考虑到这些更复杂的问题，以便确定并建立得到考虑系统的运行弹性程度的平衡。

这方面最为重要的一个运行参数是时延要求 – 系指在传输数据包/信息过程中可接受的最大时延，且通常不能通过针对干扰实例的有用链路预算这一技术考虑本身推理得出。因此，时延以及其它类似参数/衡量基准需要在共用频段时得到考虑。

另一个结论是，当不同应用混合一起时，只简单针对干扰概率做出的分析并不能反映全貌，因此，在应用中立环境中进行的兼容性分析就要求对OSI模型的最低两层（主要在时域）做出更广泛的分析，超出当前确定应用情况下所做的分析。

ITU-R SM.1046-2 [9]建议书阐述了在比较类似系统方面应采用的方式方法，但难以将该理念直接用于SRD频段，因为在后者情况下，不同应用共用相同频谱。在频谱监管中实现应用中立性（例如，促进创新）将使人们更难以应用ITU-R SM.1046-2建议书建议的程序。CEPT在于2012年发布的ECC 181号报告[5]中研究了这些挑战。

#### 总体授权机制及相关问题

在SRD应用方面采用总体授权机制意味着，通常而言，不需要协调且主管部门不用做出努力为SRD发放单独频谱许可证，亦无需限制用户数量。然而，这种情形立竿见影的一个后果是，监管机构不确切了解使用的准确位置以及实际使用密度。这意味着，可能难以引入新的限制，无论是更多的技术限制，亦或在晚些时候引入其它授权条件（如，在出现干扰问题后）。为克服这些干扰问题，可在国际标准中引入针对SRD设备的新的技术要求，但只有在若干年后才能显现出对市场的真正影响，已在市场得到使用的现有设备不会受到更新版本中此类标准变化的影响。

最后，必须指出，短程设备可能是大众市场和/或便携式产品，可轻而易举地跨境携带和使用，因此，各国之间不同的频谱获取条件可能妨碍这些设备的自由流动、增加其生产成本并带来对其它无线电应用和业务产生有害干扰的风险。

### 3 欧洲确定有关SRD规则的机制

#### 基于欧洲委员会、欧洲电信标准协会（ETSI）、CEPT/ECC关系的合作框架

欧洲委员会、ETSI和CEPT的电子通信委员会（ECC）均通过设立标准和做出监管决定，参与有关管理决定的合作进程。

CEPT与ETSI之间的谅解备忘录（MoU）阐明有关制定欧洲统一标准和做出ECC决定（或ECC其它实际成果）的合作程序。该程序旨在促进ETSI所设想的新应用获得频谱。按照CEPT与ETSI之间的MoU，要求对ECC实际成果做出修改的、对欧洲统一标准的任何修改都要在两个机构之间协调进行。同样，如果ECC设想的规则修改将要求改变欧洲统一标准，则也需进行两个机构间的协调。

欧洲统一标准由相关主管部门和业界通过一致意见达成，并由公众投票（通过国家标准组织管理）通过。标准一旦获得通过，则委员会在OJEU（欧盟官方公报）中不加任何介入地予以援引，特殊情况除外。

在进行公开磋商后，CEPT成员主管部门可自愿通过CEPT/ECC实际成果。此外，如果委员会职责包括统一措施，则CEPT报告提交欧洲委员会，后者按照频谱决策进程，提出统一措施。对于欧盟成员国而言，基于欧洲委员会决定的统一措施的实施是强制性的。

#### ETSI在SRD监管中的作用

ETSI负责制定有关电信和无线电设备的欧洲统一标准。旨在用于监管目的的这些标准称作欧洲规范（缩写为EN）。

无线电设备的统一标准包含有关有效使用频谱和避免有害干扰的特定要求，制造商可将这些作为一致性评估进程的一个组成部分。对ETSI制定的欧洲统一标准的应用并非是强制性的，但如果不应有这些标准，则必须征求得到通知的机构的意见。欧盟法律强制要求欧盟成员国的国家标准组织将欧洲电信标准（ETS或EN）转化为国家标准，并撤销任何与之相冲突的国家标准。

在SRD方面，ETSI制定了四类一般性标准（EN 300 220、EN 300 330、EN 300 440和EN 305 550）以及涉及具体应用的若干具体标准。

#### CEPT对欧洲SRD的监管

CEPT有关SRD的ERC 70-03号建议以及欧洲委员会第2006/771/CE号决定（以及随后的修正案）均提供SRD应用的可用频段一览表以及相关的使用条件。此外，在这些文件中，除了频段一览表和条件外，还提供了相关应用的定义。

在欧洲委员会赋予的常设职责基础上，CEPT还负责定期更新欧洲委员会第2006/771/EC号决定的技术附件。

CEPT的工作旨在确保利益攸关方和ETSI提供充分的有关兼容性研究的信息。通常，ETSI系统参考文件（SRdoc）触发相关程序或为这一程序添砖加瓦，因为它提供了有关确定此类研究输入参数的宝贵信息。此外，ETSI的专家任务组（STF）还可提供新信息。总体而

言，由此确立了一种共同监管进程，在该进程中，各主管部门、业界和运营商/用户共同参与，以找到有关SRD应用的、最为适当的监管方式。

- 有关短程设备（SRD）使用的CEPT/ERC/REC 70-03号建议

该建议（<http://www.erodocdb.dk/Docs/doc98/official/pdf/REC7003E.PDF>）确定CEPT成员国有关SRD共同频谱划分的总体立场。此外，该建议还是CEPT成员国在制定其国家规则中可使用的参考文件。该建议具体阐明SRD的频谱管理要求和技术规范。建议还包含各种适用的参考文件的链接，如CEPT/ECC报告、CEPT/ECC和欧洲委员会决定以及欧洲统一标准。

CEPT/ERC/REC 70-03建议提出的特定方式是一个很好的说明CEPT使用“软统一”手段的例子，即，现有业务依然得到各国主管部门认为所需程度的保护，但同时又为欧洲多数国家统一新业务的开发提供了机会。ERC 70-03号建议的成功要归功于其“软统一”方式，与更加僵化的有关SRD应用的集中统一程序相比，该方式可以更快得到确立（前者需要有相应措施来应对重要但数量有限的现有方面的利益，这就妨碍或拖延了引入充分利用SRD频谱机会的进程）。

- EFIS中的欧洲SRD信息

ERC 70-03号建议（包括国家实施信息）在ECO频率信息系统（[www.efis.dk](http://www.efis.dk)）中以数据格式提供。

可通过下述链接找到有关SRD的信息：**EFIS SRD规则**。可以csv（excel）格式对该信息进行移植。

EFIS中还纳入了欧洲统一划分表并可进行下载（在**EFIS**数据库中选择ECA），这其中包含有关SRD的各项ECC统一措施以及适用的ETSI制定的欧洲统一标准。

## 总体程序

已确立旨在确定新的有关SRD规则的、明确无误的程序，首先是提出需由CEPT审议的正式申请。这些申请往往由业界通过ETSI提出（利用系统参考文件），或由已确定具有新应用需求的主管部门提出。

一般来说，为引入新的SRD应用或修改现有SRD规则，会产生“系统参考文件”，其中应包含CEPT国家在讨论频谱兼容性和监管问题时可加以利用的有关市场和频谱共用的技术描述信息。CEPT会针对任何必要的兼容性和监管评估以及有关采取进一步行动的建议而审议这些申请。任何临时得到认可的有关修改ERC/REC 70-03号建议的建议都会提交公开磋商进程，并在得到最后批准发布之前，解决相关意见。

在进行上述CEPT进程的同时，ETSI还为相关SRD应用制定欧洲统一标准（HEN）。在此过程中，ETSI将与CEPT联络，了解有关运行的适当条件信息，以确保与现有业务实现兼容性。



该监管进程的益处包括：

- 1) 为业界明确了参与进程的进入点；
- 2) 进行下列中立研究：
  - 与现有用户的兼容性；
  - 对频谱的最大/有效使用；
  - 通过确定适当的运行条件，确保新应用进行可靠运行；
- 3) 公开磋商的目的是为了国家实施进程更加方便易行。

ECC的政策目标是提高监管程序效率，特别是兼容性研究的效率，并提供快速的频谱确定程序，以使业界获得更高确定性。其中一个关键要素是鼓励业界提供旨在支持其建议的最初频谱研究结果。

在实际工作中对该监管程序进行进一步微调时，应考虑到下列方面问题：

- 1) 总体程序十分耗时，因此，应确定该监管方式所涉工作项目的最终完成截止时间。如若不然，该方式可能无法适应寿命期短暂的一些SRD产品的需求。应避免对单个SRD应用和/或极小频段的事无巨细的管理。将类似申请/类似SRD应用捆绑一起将有助于避免频段的支离破碎；
- 2) 应避免过分或不必要地强调对现有SRD应用的保护。应在频段中实现现有和新的SRD应用之间的平衡，因此，基本规则应当是“平等获取频谱”；
- 3) 应避免利益攸关方之间的“最低共同标准”式折衷，因为这往往会使各方同样不满。监管解决方案应适应SRD应用的需求。必要时，如果频谱兼容性研究结果是负面的，则应考虑不同频段。

#### 4 CEPT制定SRD规则的原则和战略

遵循明确确定的统一进程，研究与SRD相关的理念。

CEPT 14和44号报告[2、3]和ECC 11号报告[4]都确立了CEPT的相关原则和战略。

所有SRD应用的申请都需有详细描述。

通常，确立特定频段和应用有效使用频谱的共用条件要求进行全面兼容性研究，以确保此类新的集体使用（见[7]）不会危害到已获许可证的现有用户，因此，所有新的有关SRD应用的申请均需进行兼容性研究，以确定共用机制和许可证发放机制。SRD的监管环境应针对设备提供明确无误的义务和行为要求（礼貌规则）。

相关SRD方式可研究两类应用：

- a) 一般性应用；
- b) 具体应用。

一般性方式的优点是在开发新的SRD应用方面，规则是尽可能开放的，这有助于促进创新。

另一方面而言，在频段方面使用具体SRD应用方式的优点是，可更好地估算设备数量，从而更可靠地预测干扰情形。一般来说，所需要的电平功率高于普通SRD应用通常所用的电平功率。

该方式的一项挑战是难以准确确定SRD应用类别，而这一类别的确定又是确保频段中总体SRD使用密度得到控制的关键所在。

## 技术方式

可以在最大自由限度范围内选择整体无线电系统的技术布局。调制系统、纠错协议和为实现强健性及降低时延、甚或应用的选择全部由制造商决定。然而，在确定合适的工作频段时，主管部门需要考虑将不同SRD应用组合一起，以便促进频谱的集体和有效使用。

## 中立性原则

很可能出于与技术中立性相同的理由，对用户的组合不再是按照应用而更多按照发射信号类别进行，这也符合这样的“共同”原则，即，频谱的相关部分不具体确定由一个应用使用，而是提供给遵守共同获取规则的用户，例如，获取子频段将取决于诸如功率、占空比、发射时长等参数以及频谱获取方法的结合使用。

一份或多份系统参考文件（包括这类设备的使用情形）和/或针对具体应用的统一标准都阐明了涉及SRD类别的应用或完成具体工作（已有特定安装基数）的SRD设备类型。

有鉴于此，应用在使用应用方面被确定为应用领域或范围，如非具体针对SRD的应用（即所有使用领域）或针对上述的具体应用，即，在相关频谱兼容性研究中，其具体使用情形和使用密度得到假设的具体使用领域。应用这一术语不应被误解为具体技术领域。

应用中立性原则意味着应用各自为政状况的寿终正寝——后者将子频段专门指定由特定SRD应用使用（CEPT 44号报告对此进行了描述[3]）。为了保持技术效率，一种合适的替代技术是按照技术目标将频段分区，如，分为高可靠性、低时延、高吞吐量子频段。然而，这可能会导致需要在说明频谱获取技术要求中提供很详细的定义，且如果使用不当，可能会降低技术中立性。

尽管如此，频谱获取与感知的功能性之间的关系因应用的不同而不同，即便其信号参数相同，因此，只有将相同环境中所有应用类别的适当技术（在时延、可靠性或数据带宽方面）描述清楚，才可以实现该方式。充分的应用中立性可能是无法实现的目标，因此，应谨慎加以使用。

## 技术中立性

技术中立性在不同领域技术有不同定义，因此，在电子通信领域，通常被描述为“即不要求也不假设特定技术规则”。在SRD技术方面可以看出，这被分为两部分——规则中的“要求”和标准中的“假设”。

技术中立性原则更加难以实现，因此，可能无法通过不牺牲频谱使用效率的监管实现。但依然可以制定规则框架，以便不仅允许模拟调制存在，而且便于实现数字调制，或可实现

广泛的带宽。但在多数情况下，有必要确定有助于成功实现共用的具体技术条件，以使技术中立性不与频谱效率相互抵消。为了帮助新兴技术，应尽可能应用技术中立性原则。

技术中立性是一项可取的目标，但同样不可能在应用拥有平等接入和相同要求情况下真正得到实现。此外，如果在特定环境中不能为各种设备确定强制性的技术边界条件，则频谱效率与技术中立性是直接相悖的。

### 可预测的共用环境

这旨在解决第二层兼容性（即，SRD内共用），只有确立这一层兼容性才能确保SRD平等接入频段并相互保护（而非由监管机构加以保护）。频谱监管规定的共用规则可构成SRD运行的公平竞争环境。由此，可能会出现不同类别SRD拥有不同的竞争环境。恰如其分的频谱获取规则有助于实现可预测的共用安排。

设想的可预测共用环境被确定为通信设备和系统的共同行为，并拥有其技术参数和缓解技术都得到很好统一定义的共同规则，以便在特定频段内更好地确定共用条件。

从业界提出的频谱需求可以明确无误地看出，诸如安全相关等应用的一些新业务和功能可能要求提供更可预测的共用环境（与传统缓解技术提供的环境相比较）。在兼容性研究过程中，应考虑将需要可预测的共用环境的业务予以不同组合的情形，以便确定可令人接受的解决方案。

另一种方法是，通过谨慎具体确定技术参数和缓解技术，或可为适用于各种SRD的整个频段确立可预测的共用环境。

### 缓解技术方面的考虑

为了确保同一频段中不同SRD应用有效使用频谱，缓解技术得到了系统性研究和考虑，其中包括有关占空比的具体限制、发射前倾听等要求、频率适应和发现及规避机制。还可考虑其它更为尖端的技术，如统一的共用规范（由平等获取频谱的不同SRD部门/类别实施）。多数缓解技术都要求在国际标准中做出明确无误的规范，因此，主管可在其监管方式中对之加以使用。

### 在具体情况下调整应用单个授权机制

通常SRD是得到总体授权的。然而，在设计SRD的方式中也可考虑单个授权。对于“轻松许可制度”而言，这一点尤其具有意义，因为在这种许可方面，可能需要与现有用户进行协调；单个授权对于由个人（和获得许可）用户设定获取条件的“私人共有”情况也很适宜。

SRD方式许可机制的一个缺陷是，通过监管机构单个得到许可的用户虽然拥有处理有害干扰的手段，但SRD用户却很可能不具备这一条件，无论是通过制造商还是通过监管机构（除非干扰是由违反发射造成的）。

这一机制只能用于具体且得到明确确定的SRD应用。

## 制造商的责任

需要强调的是，最终制造商有责任在制造短程设备时能使其尽可能不受有害干扰的影响，并最大限度地降低无线电通信业务以及共用相同媒介的其它短程设备干扰的风险，对于用户在时延、吞吐量、无线通信链路可预测性和可靠性方面要求高的SRD设备尤其如此。在这种情况下，可能可以通过实施自适应技术来“摆脱”干扰，或通过确定特殊的频段使用条件来解决问题。

## 参考文献

- [1] Recommendation ERC/REC/70-03, Relating to the Use of Short Range Devices (SRD), Tromsø 1997 and Subsequent amendments.
- [2] CEPT Report 014, “Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate to Develop a strategy to improve the effectiveness and flexibility of spectrum availability for Short Range Devices (SRDs)”, July 2006.
- [3] CEPT Report 44, “In response to the EC Permanent Mandate on the Annual update of the technical annex of the Commission Decision on the technical harmonisation of radio spectrum for use by short range devices”, Report approved on 8 March 2013 by the ECC.
- [4] ECC Report 011, “Strategic plans for the future use of the frequency bands 862-870 MHz and 2400-2483.5 MHz for short range devices”, Helsinki, May 2002.
- [5] ECC Report 181, “Improving spectrum efficiency in the SRD bands”, September 2012.
- [6] Radio Spectrum Policy Group Opinion on “streamlining the regulatory environment for the use of spectrum”, 19 November 2008.
- [7] Radio Spectrum Policy Group, “Report on Collective Use of Spectrum (CUS) and other spectrum sharing approaches”, November 2011.
- [8] COMMISSION DECISION 2006/771/EC of 9 November 2006 on harmonisation of the radio spectrum for use by short-range devices and subsequent amendments (2009/812/EC, 2010/368/EU, 2013/752/EU).
- [9] Recommendation ITU-R SM.1046-2 – Definition of spectrum use and efficiency of a radio system.

## 附件3

## 国家频谱管理方面的最佳做法

## 引言

本附件适当考虑到电联组织法和公约，提出了国家频谱管理活动的最好实践，这不包括国际实践活动。但是，下列包含的一些最好实践活动旨在与国际实践活动接轨或转变为国际实践活动，即这些活动与其他国家同事们的合作有关或者与协调有关，诸如这些协调往往在双边或多边协商过程中或者在世界无线电通信大会上或者在国际卫星协调会议上进行。这些通过协调国家主管部门间的实践活动，进一步旨在尽最大可能协调全球频谱管理政策。

做法：

1. 建立和保持国家频谱管理机构，它既可以是独立的或者是负责管理公众关心的无线电频谱的电信监管机构的组成部分；
2. 促进频谱管理政策的透明、公平、经济有效、有力，即监管频谱的有效和充分利用，适当考虑到避免有害干扰的需要以及为了保护公众利益施加技术限值的可能性；
3. 如有可能，使国家频率划分规划和频率指配数据公开化并促进开发新的无线电系统，即，对国家频率划分规划提出的修改和可能影响业务供应商的频谱管理决策进行公开咨询，以便使感兴趣的各方参加决策过程；
4. 保持一个稳定的决策程序，允许在管理无线电频谱过程中考虑公众的利益，即如有必要使用竞争机制，提供核准使用频谱执照的公平和透明程序的法律保证；
5. 除此之外对充分证明正当的特例规定国家程序，或者放弃频谱管理决策；
6. 具有重新研究频谱管理决策的程序；
7. 使不必要的监管最小化；
8. 对尽可能自由使用频谱的无线电通信政策进行鼓励，以致使用明确规定的方法，使得业务<sup>46</sup>和技术得到发展，即：
  - a) 消除监管障碍并且分配频率以促进新竞争者进入市场，
  - b) 通过减少或消除对频谱使用的不必要的限制鼓励频谱的有效利用，因而鼓励竞争并给消费者带来好处，以及
  - c) 促进新的无线电应用和技术的创新和采用；
9. 保证设备和业务市场的公开和公平竞争，消除任何妨碍公开和公平竞争的障碍；

---

<sup>46</sup> 在本手册中使用“业务”一词时，即意味着应用和认可的无线电通信业务。

10. 尽可能的协调有影响的国内和国际频谱政策，包括无线电频谱使用，对于空间业务包括静止卫星轨道相关的任何轨道位置或者其他轨道卫星任何相关的特性；
11. 同地区和其他国际上同事们进行合作，以开发一致的监管实践活动，即同其他地区和国家的监管机构进行合作以避免有害干扰；
12. 消除移动终端和其他类似的无线电通信设备的自由流通和全球漫游的任何监管障碍；
13. 采用国际上推荐的数据模式和数据元素来进行数据交换和用于协调目的，比如，如同载入《无线电规则》附录4和ITU-R《无线电通信数据字典》（ITU-R SM.1413建议书）中的一样；
14. 采用“里程碑”式的管理步骤和阶段来监控冗长的无线电通信系统的实施；
15. 通过技术中立的决定并允许无线电新应用的创新；
16. 促进及时采用合适的新应用和新技术，同时保护现存业务免受有害干扰，包括在合适时提供补偿那些替代频谱新需求的系统的机制；
17. 考虑有影响力的政策以减轻当重新划分频谱时给现有业务用户带来的伤害；
18. 无线电频谱是稀缺的资源，使用可供的技术（频率、时间、空间、调制编码、处理等）促进频谱共用，包括尽可能的采用干扰降低技术和经济刺激办法；
19. 适当时采用强制机制，即根据相关的上诉程序对不履行义务和非有效利用无线电频谱者进行处罚；
20. 可能时采用区域性和国际性标准，适当时将其体现在国家标准中；
21. 尽可能的依靠行业标准，包括那些载入国际电联建议书的标准，用以替代国家规定。



国际电信联盟  
销售与市场部

Place des Nations  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

ISBN 978-92-61-15895-8

SAP id

3 9 9 2 7



9 7 8 9 2 6 1 1 5 8 9 5 8

瑞士印刷

2016年，日内瓦

图片鸣谢: Shutterstock