

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM. 2015-2报告
(07/2022)

频谱使用国家长期战略的确定方法

SM系列
频谱管理



国际电信联盟

前言

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

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

知识产权政策（IPR）

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

ITU-R系列建议书	
（也可在以下网址获得： http://www.itu.int/publ/R-REP/zh ）	
系列	标题
BO	卫星传输
BR	用于制作、存档和播放的记录：用于电视的胶片
BS	广播业务（声音）
BT	广播业务（电视）
F	固定业务
M	移动、无线电测定、业余无线电以及相关卫星业务
P	无线电波传播
RA	射电天文
RS	遥感系统
S	卫星固定业务
SA	空间应用和气象
SF	卫星固定和固定业务系统之间频率共用和协调
SM	频谱管理

注：本ITU-R报告英文版已由研究组按ITU-R第1号决议规定的程序批准。

电子出版物
2024年，日内瓦

© 国际电联 2024

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段翻印本出版物的任何部分。

ITU-R SM.2015-2 报告

频谱使用国家长期战略的确定方法

(1998-2019-2022年)

目录

页码

第1章.....	3
1 引言	3
2 国家长期规划程序	3
2.1 频谱需求的定义	4
2.2 频谱可用性	4
2.3 频谱规划的选项	4
2.4 频谱规划的实施	4
2.5 迭代过程	5
3 管理或行政机构	5
第1章的附件1 – 影响因素	5
第1章的附件2 – 长期频谱管理规划制定方法	7
第2章.....	14
1 引言	14
2 咨询法	14
2.1 未来频谱/业务需求的调查	14
2.2 代表小组之间的互动	15
2.3 使用趋势分析	15
2.4 例子	16
3 分析法	16
3.1 引言	16
3.2 分析法的实施需采取的步骤	16
3.3 在长期频谱需求规划中使用分析法	18
第3章.....	18

1	确定长期频谱管理目标	18
2	对当前频谱管理进程的评估	19
3	过渡程序	19
3.1	鼓励对频谱的有效利用	19
3.2	提高频谱使用的灵活性	21
3.3	合适的频谱管理能够实现最大化的社会和经济效益	21
3.4	确保所有有需要的地区和国家能够使用频谱	21
3.5	建设一支技术熟练的工作团队并开发合适的频谱工程工具	21
	第3章的附件1 – 韩国频谱利用率评估程序示例.....	22
1	背景情况	22
2	评估过程	22
3	实际评估案例	25
4	针对评估结果的对策和预期效果	25
	缩略语列表.....	26

第1章

长期规划程序

1 引言

2012年通过的ITU-R SM.1047建议书 – 国家频谱管理，建议在制定国家频谱管理项目时，应考虑其他领域的频谱规划问题。此外，主管部门还应遵循ITU-R建议书、报告和ITU手册相关要求的要求。2015年通过的《国家频谱管理手册》第2章“频谱规划”定义了与频谱规划有关的术语。

根据该手册，频谱规划可以按时间（短期、长期和战略）和覆盖领域（频谱使用和频谱管理系统）来分类。“长期规划”指的是在5-10年内需要考虑解决的问题或拟实施系统的规划，而“短期规划”指的是在3-5年内需要考虑解决的问题或拟实施系统的规划。相比较而言，战略规划要解决的是数量有限的关键问题，这些问题需要频谱管理部门集中注意，以解决需要10年以上才能实施的问题。

因此，长期战略是要确定一个在10年以上时间框架内解决与频谱使用的频谱管理相关的关键问题的愿景或目标。

目前，大多数频谱规划都是短期规划。如果要频谱资源对国家的目标和目的有足够的支持，制定长期规划是必要的。它能提供频谱有效管理的基础，确保频谱有效划分和指配，以不断满足新系统及其应用的不断演进的频谱需求。它还能对替代方案进行务实审议和评估，从而有助于决策进程。

长期规划应尽力做到：

- 考虑到对未来的影响，作出当前频谱规划战略决策；
- 研究以往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。

长期规划应很全面，以满足所述时间范围内国家已知和预知的无线电通信系统的频谱需求。

它还将导致：

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

2 国家长期规划程序

要制定国家频谱使用长期战略，必须要实施国家长期频谱规划程序。

制定和实施未来频谱使用规划是这类程序的一部分。要根据新的信息，每隔1至3年或5年对规划进行修订或调整。规划的基础信息应来自对民用和政府用户频谱要求的调查结果以及新技术发展趋势。这类规划的例子见表1。

表1
未来频谱使用规划示例

频段 (kHz、MHz、 GHz)	现有和规划中的 业务/应用	详情	规划的改变	备注
915-921 MHz	ARNS 用于遥测、跟踪和控制的 空间操作业务 移动业务，不含次要划分 的航天移动业务 RFID	主要划分操作的 ARNS	折旧期结束后 停用ARNS，并 在其他频段部 署相同的业务	

规划的制定阶段以及需要考虑的因素如下所述。本章附件2给出的方法可以用于制定长期频谱使用规划。

2.1 频谱需求的定义

频谱需求的定义确定了可能影响频谱使用的所有无线电业务以及技术、政策和经济因素（请参阅本章附件1）的未来基础广泛的国家频谱需求。

在定义频谱需求时，可基于对潜在场景的评估（见第2章）。传统而言，将基于政府部门或机构内的国家频谱规划组织、个人用户以及公众等相关方的意见，对频谱使用场景进行评估。

近年来，采取了基于分析建模技术（见第2章，也适用于频谱可用性和频谱选项阶段）的场景评估方法。

2.2 频谱可用性

本阶段的任务是对国内所有无线电业务所用的频谱进行可用度评估，并对频谱需求定义阶段确定的频谱需求给出解决方案。这个阶段的输入主要来自各主管部门自身的数据，同时也包括来自国际电联国际频率表、国际电联分配规划，以及其他已有的区域性频谱规划研究结论等的材料。

2.3 频谱规划的选项

本阶段的任务是根据前两个阶段的数据，制定合适的频谱规划方案，以满足频谱需求。任何制定频谱选项的分析，都需要考虑技术、政策和经济因素。在开展研究时，要根据现有的和预测的无线电通信环境以及相应的分配方案，对相关业务可能面临的各种机会进行评估。要基于这些研究结论以及当前所有频谱监测的结论，对那些现有国家划分不能满足的业务需求给出建议解决方案。在这些工作基础上，制定相应的频谱规划的选项，并对重新划分和/或改动现有用户频谱所导致的成本做出评估。

2.4 频谱规划的实施

本阶段将为实施各种频谱规划策略（见第3章）做准备，预计这将是一个不断演进的过程。新业务的引入可能需要对国家频谱划分表做出改动，并对国内规则和国际电联规则进行修订。国际规则的修订将在国际电联世界无线电通信大会（WRC）上进行。

2.5 迭代过程

对以前做出的决定，要进行周期性的反复验证，并在特定事件触发和必要情况下，根据最新情况做出修订。因此，频谱规划是一个不断探索并对数据进行处理的连续进程，而非一个线性进程。

要对所有做出的变化进行记录，以便保留制定长期规划的历史过程。

3 管理或行政机构

要设立一个管理或行政性机构，以便领导和监管频谱规划项目的实施，确保有关长期频谱使用策略方面的事项能够得到处理。这些事项的其中之一是在规划进程框架中引入一个早期认可系统。有关规划工作的特别机构，如项目组和任务组，可以为这类机构提供支持。

由于长期规划所采取的决定重要性及其可能导致的后果，长期规划通常是管理机构的一项主要任务，不能由其他机构代行。这类规划机构的职责包括：

- 制定详细的战略政策，并解决在将战略政策转变为实际操作规划中遇到的问题；
- 分配财政和人力资源；
- 对战略的实施所涉及的程序、结果和要求进行战略性审议；
- 提出对机构和管理系统进行调整的任何必要建议，以及
- 对频率管理赖以为基础的规划数据进行更新。

第1章的附件1

影响因素

以下列出被认为是影响长期规划的因素的列表：

- 1 政策和立法因素
 - 1.1 监管因素
 - 1.1.1 国际频率划分（ITU-R）
 - 1.1.2 区域频率管理机构
 - 1.1.3 国家频率划分程序
 - 1.1.4 周边主管部门频率管理程序
 - 1.1.5 标准化政策
 - 1.1.6 电信基础设施因素
 - 1.2 行业因素
- 2 经济因素
 - 2.1 用户流动
 - 2.2 全球化

- 2.3 整体经济发展
- 2.4 市场因素
 - 2.4.1 设备和业务资费 and 价格体系
 - 2.4.2 市场需求 and 销售因素
 - 2.4.3 业务提供商使用的程序和惯例
 - 2.4.4 频谱拍卖
- 2.5 新业务 and 新技术的影响
- 3 社会因素
 - 3.1 由社会体制变化带来的需求变化
 - 3.2 由日常 and 毕生工作时间变化带来的需求变化
 - 3.3 治安 and 公众安全
 - 3.4 公众对无线电应用的接受
- 4 生态因素
 - 4.1 电磁污染 and 射频干扰
 - 4.2 公众厌恶大天线结构 and 场所的激增
 - 4.3 太空碎片
- 5 技术因素
 - 5.1 基本技术
 - 5.1.1 微电子
 - 5.1.2 信号处理
 - 5.1.3 设备原件
 - 5.1.3.1 电源供给
 - 5.1.3.2 电池
 - 5.1.4 通信媒介
 - 5.2 编码 and 调制技术
 - 5.2.1 源编码
 - 5.2.2 信道编码
 - 5.2.3 调制技术
 - 5.3 信道接入技术
 - 5.3.1 时分多址 (TDMA)
 - 5.3.2 频分多址 (FDMA)
 - 5.3.3 码分多址 (CDMA)
 - 5.3.4 正交频分多址 (OFDMA)

5.4 传输模式

5.4.1 分集技术

5.4.1.1 时间分集

5.4.1.2 频率分集

5.4.1.3 天线分集

5.4.1.4 空间分集

5.4.1.5 方向分集

5.4.2 空分复用技术

5.4.2.1 直接复用

5.4.2.2 传输波束成型技术

5.4.3 扩频技术

5.5 天线

5.5.1 天线优化

5.5.1.1 采用新技术和制造方法来降低旁瓣电平和天线之间相关度

5.5.1.2 天线开发的新方法

5.5.1.3 大规模多进多出（MIMO）天线

5.6 电信数据处理

第1章的附件2

长期频谱管理规划制定方法

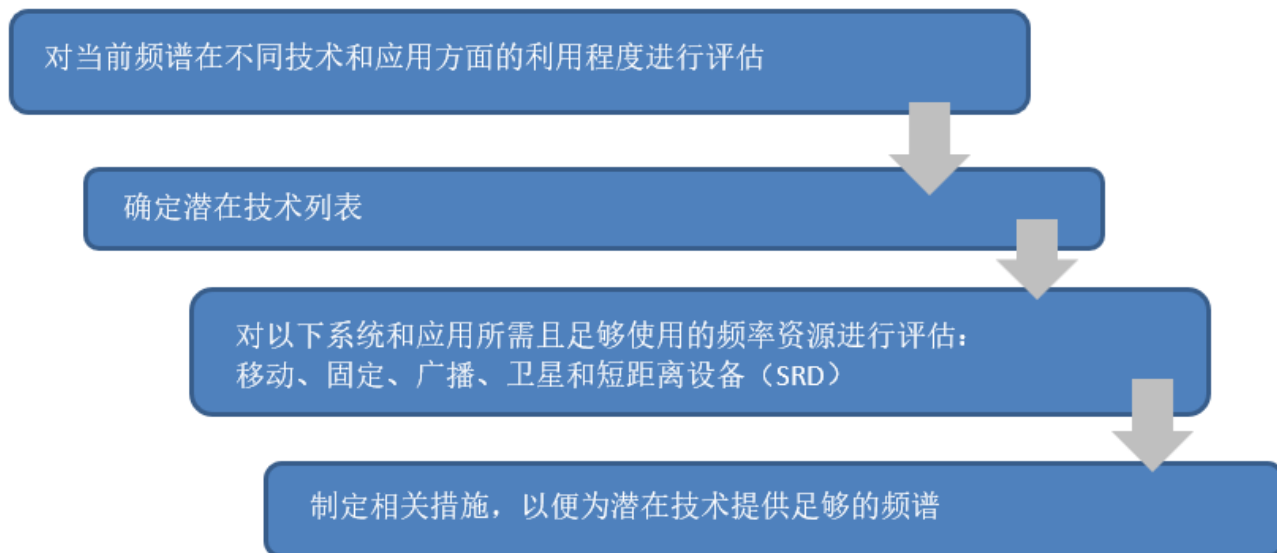
制定长期频谱管理规划的主要目的是提高频率使用的效率。根据其目标的不同，主管部门可以选择不同效率的技术、经济和政策标准。

制定长期频谱管理规划的程序由以下步骤组成（见图1）：

- 1 对当前频谱在不同技术和应用方面的利用程度进行评估。
- 2 制定潜在技术列表。
- 3 对以下系统和应用所需且足够使用的频率资源进行评估：移动、固定、广播、卫星和短距离设备（SRD）。
- 4 制定相关措施，以便为潜在技术提供足够的频谱。

图1

对当前频谱在不同技术和应用方面的利用程度进行评估



对当前频谱在不同技术和应用方面的利用程度进行评估这一阶段的主要任务是：

- 对实际用于移动、固定、广播、卫星、SRD应用和系统的频谱进行评估；
- 确定新技术和新应用可以使用的频段；
- 确定尚未充分利用的频段。

确定潜在技术列表

可以使用专家方法来制定潜在技术列表。之所以要做出这一列表，是因为新技术使用方面的统计数据非常少。

制定这一列表所需的信息可以通过讨论或发放调查问卷方式来获取。

专家结论是高水平专家给出的、将被用于决策过程的、对所提问题给出的定量或定性评估。

可以采用口头数值评分表这一方法对定量指标进行评估，其中，评分表中包含重要程度的描述及相应的数值或范围。

专家可以是个人也可以是集体，可以进行一轮或多轮意见交流，以便允许专家相互交流意见。专家可以是身份公开的，也可以是匿名的。由于专家方法应用领域很多，因此其形式也灵活多样。尽管如此，要将一种众所周知的方案付诸现实却不一定非常容易。因此，当实施复杂且不同寻常的方案时，建议主管部门创造性使用大家都熟知的专家方法，并将各种可能性都考虑起来。有时候可能更合适的是开发一套新的专家方法。最简单和最著名的专家方法是委员会法，专家意见法以及头脑风暴法。第一种方法是就一个专题进行开放式讨论，并得出一个综合性的意见。第二种方法（专家意见法）通过尝试对比来得出专家意见。

在头脑风暴法中，应讨论且不应拒绝讨论每一个意见。专家讨论的主持者应知道讨论的最终目标，并引导讨论的方向。

对于专家选择的每个技术，都应对其前瞻性进行评估。为评估技术的前瞻性，可以采用德尔菲法，通常用于开展专家意见调查。该技术通过不断整合专家的意见、结论和建议，可以实现对每个专家的意见的独立考虑，并取得一致意见。这一方法基于多轮匿名专家的意见征询。

德尔菲法是一套方法的组合，包括通用程序组织要求和接收专家评估的方式。专家工作的效率高低是由程序的匿名性以及获取相关专题尽可能多的专家意见来决定的。按规则，专家意见通过多轮反馈意见获取。这可以允许专家根据平均评估意见中间值和其他专家的解释来调整其意见。至于德尔菲法要开展多少轮意见征求，目前还没有一致的看法。这取决于专家的具体情况以及这一方法所要取得的目标。按规则，在第二轮之后，评估意见不改变。

每个步骤都有典型的程序。专家接受询问，通过答题方式对问题进行定性评估，比如：一些事件的预期发生时间，以分值的形式表现的特征的重要性。在收到专家答案后，对这些数据进行排序，并计算排序后的中位数和四分位数。计算结果反馈给专家，并请他们澄清自己的观点。这特别适用于那些评估结果在四分位限值以外的专家。在程序开启后，所有与问题有关的信息都将被提供给专家。

每个专家都会收到一份调查问卷表。如果问题很难理解，则将会提供解释说明。图2给出一个评估技术前瞻性的方案。

图2
技术前瞻性评估

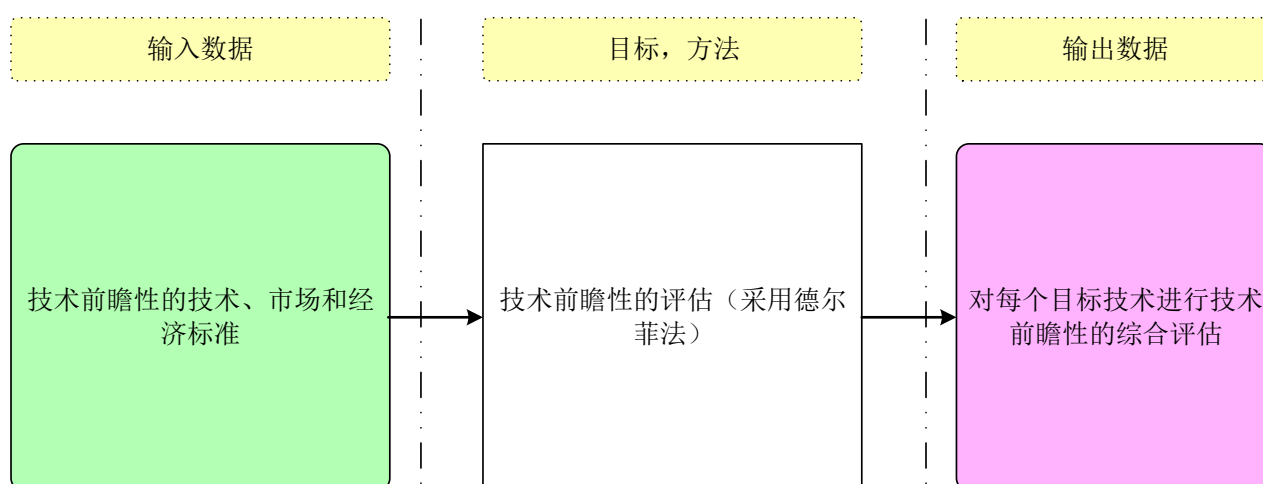
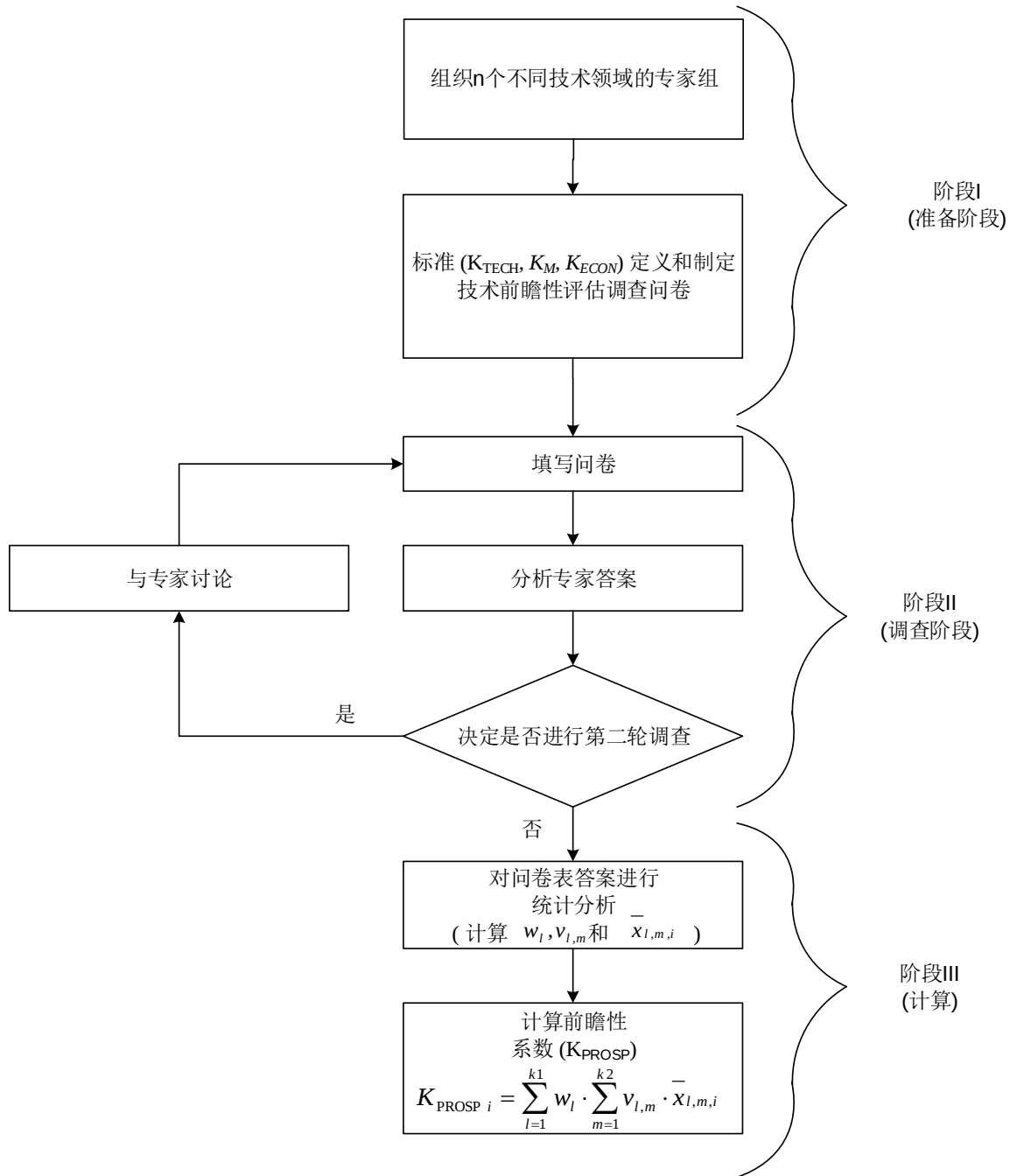


图3显示的是用于获取输入数据的算法，以便采用德尔菲法进行技术前瞻性评估。

图3

采用德尔菲法进行专家调查的算法



根据确定的程序，第一阶段要组成专家组。为达到具有代表性的结论，所需要的专家数量采用以下公式：

$$n = \frac{z_p^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2} \quad (1)$$

其中， Z_p 根据信任概率 $1-\alpha$ 的表格确定。当 $1-\alpha = 0.95$ 时， $Z_p = 1.96$ ； σ^2 是专家评估差值； Δ 是评估的准确度。

在本阶段，专家也定义技术前瞻性的评估标准。有三种类型的标准：

- 技术；
- 市场；
- 经济。

各个类别标准的示例如下所示。

技术标准：

- K_V — 频谱释放的预计期限。该参数不仅对于运营机构重要，对于政府机构也非常重要。频谱释放的期限决定了新技术的实施和获得收益的期限。越早释放频谱，相关技术发展的前景越大（较高评分）。
- K_D — 从频段中移除的设备类型的数量。该指数代表的是频谱重新划分措施的复杂程度和时间跨度。要移除的设备类型越多，相关技术的发展前景越小（较低评分）。
- K_H — 新技术设备的抗干扰能力代表了前瞻性技术在现有频段上的兼容性。抗干扰能力越强，该技术的前景越大（较高评分）。
- K_S — 前瞻性技术的频谱效率。该标准代表的是前瞻性技术的频谱利用率。频谱利用率越高，技术的发展前景越大（较高评分）。

市场标准：

- K_R — 已获批准标准和法规的可用性。该指标反映的是国际和区域性标准化组织批准的技术标准的可用性，是促进技术发展的指标。
- K_K — 制造商之间的竞争力。该指标显示的是销售商之间市场竞争力之争对于技术发展前瞻性的影响。根据市场定价和供给需求法则，市场中的销售商越多，设备价格越低。市场竞争度越大，相关技术的发展前景越好（较高评分）。
- K_E — 新技术利用方面的经验。是否具有经验将决定能否快速部署新技术，以及能否充分考虑试验和商用网络的所有细节问题。

经济标准：

- K_{dox} — 新技术使用方面的经济效率（盈利性）。该指标显示的是不同技术使用频谱的经济效益。效率越高，技术发展的前景越好（较高评分）。

当标准定好后，要将这些标准放进调查问卷中，并要求专家根据这些标准来对技术进行打分（从0到10）。特别地，专家们要就以下效应给予打分：

- 定义的标准类别对于一般技术发展前景的影响；
- 在选定组内，每个因素对技术发展前景的影响；
- 每个因素对于每个所考虑的无线电技术发展前景的影响。

第二阶段由询问程序本身构成，具体分为两轮。

在第三阶段，对收到的结果进行统计分析。本阶段假定以下条件：根据某个标准，如果对于任何技术，所有专家都将该无线电技术的重要性打分为“0”，则该技术将在今后的计算中排除在外。

对于数据处理，可以使用以下算法：

- 1 专家就指定标准类别对无线电技术发展前景的综合影响给出的平均评估值（ $\bar{\alpha}_l$ ）：

$$\bar{\alpha}_l = \frac{\sum_{j=1}^n \alpha_{l,j}}{n} \quad (2)$$

其中， $\alpha_{l,j}$ 是专家 j （ $j=1 \div n$ ， n 是专家的数量）根据第 l 类标准给出的打分。

为了将评分转变为相对单位，每个标准类别综合效应的相对重要性权重计算公式为：

$$w_l = \frac{\bar{\alpha}_l}{\sum_{l=1}^{k1} \bar{\alpha}_l} \quad (3)$$

其中， w_l 是第 l 组以相对单位计算的重要性； $\bar{\alpha}_l$ 是专家按第 l 类标准给出的打分（ $l=1 \div k1$ ， $k1$ 是标准类别的数量， $k1=3$ ）。 $\bar{\alpha}_l$ 根据(2)式计算而得。

- 2 专家根据各个类别标准就无线电技术发展前景给出的评估打分的平均值为：

$$\bar{y}_{l,m} = \frac{\sum_{j=1}^n y_{l,m,j}}{n}, \quad (4)$$

其中， $y_{l,m,j}$ 是第 j 专家按照第 l 类中标准 m 给出的打分。

为了将评分转变为相对单位，每个类别中的每个标准的权重计算公式为：

$$v_{l,m} = \frac{\bar{y}_{l,m}}{\sum_{m=1}^{k2} \bar{y}_{l,m}}, \quad (5)$$

其中， $v_{l,m}$ 是第 m 项标准以相对单位计算的权重（ $m=1 \div k2$ ， $k2$ 是所考虑的技术或经济类别中的标准的数量）； $\bar{y}_{l,m}$ 是第 m 项标准的平均打分，由(4)式所定义。

- 3 计算每种技术在每个标准下的平均打分值。为方便起见，专家给出的打分值除以10。

$$\bar{x}_{l,m,i} = \frac{\sum_{j=1}^n x_{l,m,i,j}}{n}, \quad (6)$$

其中， $\bar{x}_{l,m,i}$ 是按照所考虑的标准给出的对第 i 项技术的平均打分（ $i=1 \div k3$ ， $k3$ 是所考虑的技术的数量）； $x_{l,m,i,j}$ 是第 j 个专家就第 i 项技术给出的打分除以10之后的值。

- 4 所考虑的每个技术的前瞻性系数按以下公式进行计算：

$$K_{\text{PROSP}i} = \sum_{l=1}^{k1} w_l \cdot \sum_{m=1}^{k2} v_{l,m} \cdot \bar{x}_{l,m,i}, \quad (7)$$

其中, K_{PROSP_i} 是第 i 项技术 ($i=1 \div k_3$, k_3 是技术的数量) 的前瞻性系数, 以相对单位计量; w_l 是第 l 类标准的权重 ($l=1 \div k_1$, k_1 是标准的类别数量), 以相对单位计量; $v_{l,m}$ 是第 m 项标准的权重 ($m=1 \div k_2$, k_2 是第 l 类别中的标准的数量), 以相对单位计量; $\bar{X}_{l,m,i}$ 是根据第 l 类别中的第 m 项标准就第 i 项技术给出的评分平均值, 以相对单位计量。

对以下系统和应用所需且足够的频率资源进行评估: 移动、固定、广播、卫星、SRD

在确定最小所需频率资源时, 所有选定的技术被分为以下类别: 移动通信系统、固定通信系统、无线电广播系统、卫星系统, 以及短距离设备。

确定频谱需求的方法如下所述:

- 为所提供的通信业务选择好参数。
- 计算每平方米的用户数量, 并除以业务区 (蜂窝) 的用户总数量。
- 选择渗透率因子 (%)。对于每个区域, 可能有不同的渗透率因子。
- 计算每个区域的用户数量 (适用于蜂窝系统)。
- 流量参数值定义:
 - 峰值时间负荷 (呼叫/小时);
 - 通话时长 (秒);
 - 用户活动系数 (单位)。
- 计算每个用户的流量。
- 计算总流量 (Mbit/s)。
- 计算系统性能, 考虑到通信线路的质量和可接受的呼叫堵塞数量。
- 评估新技术部署所需的频谱。

如果需要更多的信息来评估所需的频谱, 可以参考ITU-R M.1390和ITU-R M.1768-1建议书, 其中包括了计算IMT-2000和IMT-Advanced频谱需求的方法。此外, ITU-R M.1651建议书还介绍了如何评估5GHz频段宽带游牧无线接入系统的频谱需求。

采取措施为前瞻性技术提供充足的频谱

可以采取转换、重新划分或使用新的频谱管理手段 (见例LSA¹) 等方法, 为有前途的技术提供无线电频率资源。

¹ 欲了解更多信息, 参见ITU-R [SM.2404报告](#) – 支持增强频谱共享使用的管理工具。

第2章

方案评估

1 引言

根据国家展望、可供资源和频谱管理的框架，国家频谱管理人员可以选择多种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，可采取咨询法或分析法，或者这些方法的结合。评估可以是十分详细的，考虑到所有可能的因素，也可以是一般粗略的。另外，国家频谱管理人员承担对因素考虑的主要责任（参见第1章），也可将其交给感兴趣的其他机构。对方案的评估最终有助于形成有关频谱划分或监管的国家频谱管理决策的基础。方案是有关一系列事件的假设，它基于与以某种方式相互关联的一个特定领域（比如，一个国家人口增长趋势）或一段特定时期有关的事件和发展。方案本身不是预测，但是可以作为传统预测的补充，这种补充是通过记录与特别感兴趣系统有关的一系列可能的独立事件而实现的。

在长期规划框架内，方案被用来预测可能发生的情况。其作用在于：

- 增加预测的可靠性和对风险的说明（可靠性），且
- 找到可能的战略选择。

产生影响的主要因素是制定方案的依据，比如，政策、经济、社会和技术因素。可以系统性地根据不同类型的因素及其预计的发生概率来制定方案。

2 咨询法

咨询法基于这一前提，即频谱规划者可通过与频谱用户、服务提供商和设备制造商和研究机构等开展合作，相对合理、准确和经济有效地决定长期频谱的需求和使用。因此，这种方法通过考虑到来自频谱社群的分析性和直观性材料，将更多的分析和预测的责任分摊在最具相关性的参与方身上。因素分析的详细情况取决于用户群体。考虑到无线电通信行业的快速变化和能够提供给国家频谱管理人员的资源的有限性，这种方法是频谱规划者可采用的最好且最经济有效的方案。

2.1 未来频谱/业务需求的调查

咨询法的第一步发布最初公告或通告，通知所有感兴趣的相关方，即将要制定长期频谱规划，或者在某些情况下制定该规划的具体战略部分，并希望获得与该规划有关的技术、社会和经济类信息。通知应广泛散发，最好是在读者范围广的官方出版物上刊载。对于最大程度获得潜在系统操作者的兴趣和反馈而言，通知的公开性至关重要。如果这些信息的传播受到限制，则收到的反馈也将受到限制。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。

必须确定调查的范围以及答复的时间表。预计将有频谱用户团体、无线电业务提供商、设备制造商、包括军队在内的政府组织以及公众等提供答复。频谱规划者可要求以书面形式或者通过直接对话形式作出答复。在任何情况下，这些团体的答复将作为确定频谱需求的基础，并将帮助做出频谱管理的决策。

如上所述，许多团体在咨询过程中提供了信息。用户团体是电信业务的终端用户，都希望能以最低费用获取最好的服务。这些用户团体可能提出新的或扩展了的无线电业务的需求。无线电通信业务提供商是为终端用户提供服务的商业实体。服务提供商根据其调研和商业洞察，会对业务增长有预期考虑。这种业务增长往往表现为对额外频谱的需求。无线电设备制造商对无线电系统的增长具有绝对的兴趣，并且能就不同频段适用于哪种提议的无线电业务提出技术意见，以及预测可能提高频谱效率的技术改进。

国家和地方政府以及军方都有满足未来无线电通信系统发展的频谱需求。虽然商业服务能满足一部分这方面的需要，但是更多的服务可能是独特的，需要专门的频谱和专门的无线电系统专门用于这类用途。这类系统可能有一些涉及国家安全的内容，因而不被公众所知晓，且必须得到管制机构的保护。

咨询法的基本原则是认为用户、服务提供商和设备制造商是评估其频谱需求的最佳人选。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求、成本和用户需求。因此，在参与者开始提出需求之前，必须考虑并找出社会性和经济性因素。

因为是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互动对话和使用趋势分析来确保足够的准确性。

2.2 代表小组之间的互动

正式咨询进程可通过多步骤迭代法进行。虽然感兴趣的各方可以通过对问卷的正式回复和二次回复来实现互动，但这增加了完成问卷调查所需的时间。在许多情况下，这段时间非常宝贵，因为这为各国频谱管理人员提供了考虑问题的机会。而且，这段时间能确保所有的意见都得以记录在案并予以考虑。

为最大化实现互动以及在一些情况下加速问卷调查进程，有必要在此期间与主要提供问卷答复的团体的代表见面。这种互动为用户与服务提供商和管制机构之间建立对话渠道提供了机会，有助于使咨询工作的意图更加清晰，减少并消除频谱需求被夸大的可能性。将各个需求与其他需求（新的和老的）一并考虑，从而在频谱协商以及最终的频谱规划中把实际情况考虑进去。因为大家通过对话相互合作工作，所以在很多情况下，这种对话有助于支持者在与其他人一起工作时修改其需求。

2.3 使用趋势分析

要在分析当前无线电业务使用趋势基础上，对调查结果与需求进行相互比较。频谱需求增加而用户数量稳定或下降，这显然是非常不可能的，除非当前缺乏可以让用户增长的适当的业务。通过对使用数据进行外推，并在假定采用频谱高效技术的情况下，计算出所需的频谱，这可以为管制机构提供未来频谱的大致使用情况，以便与调查的结果进行比较。对于非线性趋势（突破）情况，基于使用趋势得出的预测结果可能会在一定程度上产生误导。这些情况包括由于技术的突破或服务价格的大幅下降，导致在不远的将来出现用户数量指数级上升的情况。不过，在咨询法中，关注的重点是要提高咨询进程的效率。因此，在多大范围上采取使用趋势分析策略，要取决于这些分析能够多大程度上提高判断结果的准确度。

2.4 例子

1993年，美国政府机构启动了一个项目，用来确定未来10年美国对频谱的需求。调查通告发布在《联邦公报》上，这是一个每日向公众发布的政府出版物，内容包括拟议中的联邦法规以及与政府活动有关的调查和一般性通知。这次发布的调查通告描述了频谱需求预告的必要性，并就未来频谱需求提出了一系列问题。该调查要求各个组织、公司和个人给出回应。

这一调查收到了70多份来自行业、用户团体、个人和政府机构的回复。回复意见少则两页，多则几百页。这些意见都被审议了，并据此编制了各种划分的无线电业务的未来频谱需求。

这次调查也对政府和私营部门无线电许可证的统计数据进行了分析，以确定这一统计数据与接收到的有关未来频谱需求的回复意见之间的关联程度。在分析之后，与陆地移动用户群体、个人通信服务提供商和制造商召开了会议，以便分享有关未来频谱需求的更多信息。

有关未来频谱需求的最初结论向由电信领域专家组成的政府咨询委员会提交。委员会对这些结论进行了复审，并提供有关频谱需求的更多意见。

最后，在对所有收到的意见进行考虑后，提出了一份报告²，预测了美国划分的无线电业务的未来频谱需求。基于这一报告以及其他委员会作出的有关频谱需求的报告，可以制定规划，以便修订国家和国际划分表，从而满足未来电信业务的需求。

3 分析法

3.1 引言

分析法指的是对影响预测趋势的因素进行详细的分析。分析的结论和假定被转换为可理解的数字。在允许情况下，可利用软件对这些数字进行数学计算。

这种集分析和数学于一体的方法具有下列优点：

- 采用基于详细数据的全面的自下而上的方法，用来生成和记录结果；
- 影响因子的数据来自往年统计数据。未来年份数据通过这些统计数据外推而得；
- 每个影响因子的权重可通过调研报告和其他研究材料（例如，对外部研究的评估，技术报告和广告宣传材料）来确定；
- 对于任何与预测结果有关的每个影响因子做出的任何改变，其效果都能立刻予以确认；
- 分析法可利用现有统计资料，不一定需要频谱管理组织之外的大量输入材料；
- 详细和全面的分析法使用可靠的统计数据，输出结果相对客观。

3.2 分析法的实施需采取的步骤

分析法需采取以下步骤：

步骤1： 对当前情况的彻底分析；

步骤2： 对因素的合理假设（见第1章的附件1）；

² 《美国国家频谱需求：预测和趋势》，美国商务部，1995年3月。

步骤3: 可能方案的制定:

- 制定一个可靠的方案，其中应指出任何不确定的因素以及造成不确定的根本原因;
- 制定下一步方案，其重点在于不确定因素中的最显著问题;

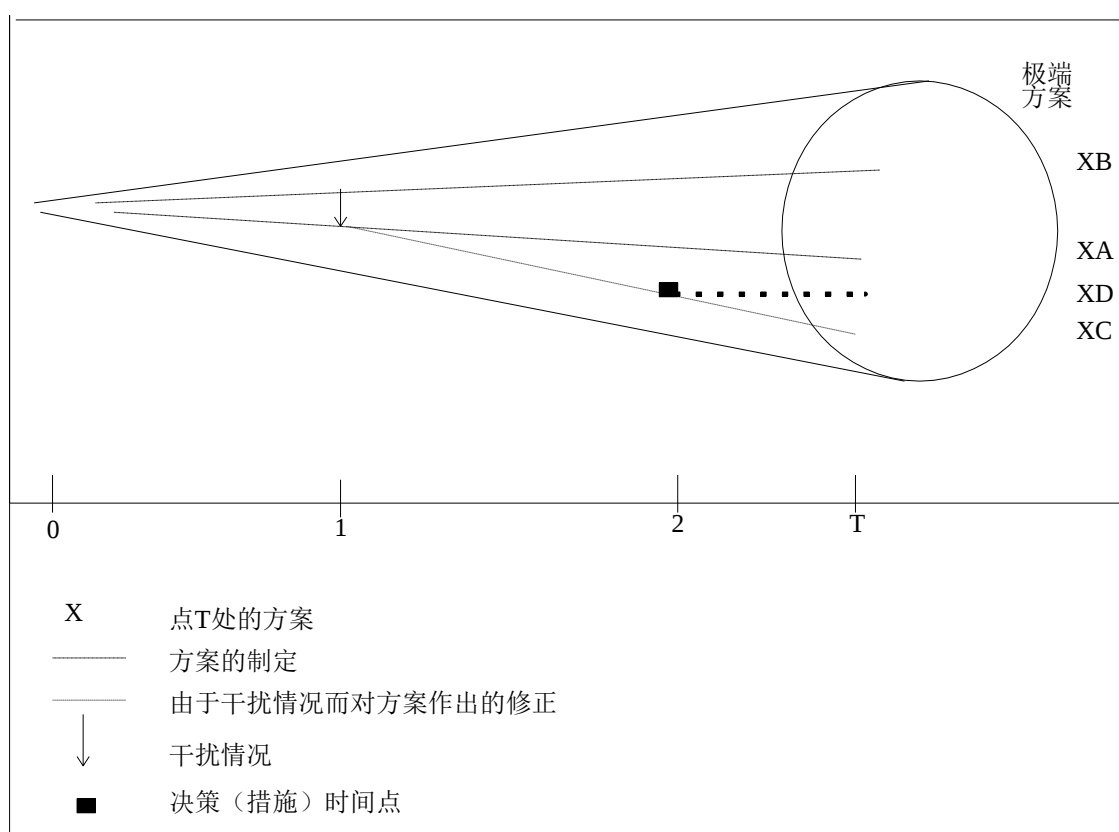
步骤4: 对方案的评估:

- 对方案的完整性、因素的有效性、每个因素的风险、好处和重点进行评估;

步骤5: 提出一整套结论性意见。

图4进一步解释了第3步所述的方案制定过程。圆锥体代表随时间变化的可能的评估范围，并概括介绍了方案的特点。

图4
方案的制定



近期发展很大程度上由当前情况决定（排除不可预见事件）。越往后去，发展变化的范围就越大。圆锥体解释了未来发展范围变大的情况。圆锥体底部的直径由所考虑的可变因素的数量来决定。在0到T期间内，未来发展的所有可能路径都将终止于圆锥体底部。这些路径的一部分是通过方案来描述的：要想对这些方案中所有可想象的路径都进行研究，显然是既不可能也不现实的。方案A和方案B代表了在考虑所有因素前提下的两个平均路径。如果一个事件发生在1处，并与路径发生干扰，则路径将改变方向，并在C处终止。如果决策发生在2处，则路径将再次改变其方向并终结在D处。

3.3 在长期频谱需求规划中使用分析法

分析法可视为一种模型，可将其转变为一种计算机程序，也可以采取手动分析方式。

举个例子，德国电信和邮政管制机构提出了一种方案，专门用于预测到2010年时的UMTS用户数量。该方案区分私人用户和商业用户。

该方案认定了三类影响私人用户数量的主要因素：

- 收入趋势：
- 年龄分布；以及
- 家庭住房面积。

这些因素的认定采用了联邦统计办公室的文件以及有关移动无线电价格和资费趋势、人口年龄和购买力分布、休闲活动以及小型家庭（双人收入，无子女）数量增加等数据。这些数据来自以前的分析和研究、技术讲座和人口统计等资料。

在商业用户数量的最大值是在考虑有偿雇佣人员的数量、数量变化趋势以及公司车辆等因素后作出的。对于2010年预计潜在用户的数量，要将减去一定的比值，以便考虑到双用户问题，即那些将UMTS既用于个人用途，也用于商业用途的用户。

这些用户数据将用于制定流量模型，并最终用于预测2010年UMTS频谱需求，其中要考虑技术影响因素，如系统带宽、信道间隔、蜂窝直径以及蜂窝配置等。

对于过去制定的方案，可以将其与当前发展情况作对比，以便确认其准确度，并在必要时对其进行修正。

第3章

从当前频谱利用向长期目标转变的合适程序

1 确定长期频谱管理目标

在确定长期频谱管理目标时，要考虑目前已知的以及正在开发中的各种不同技术和操作方法对无线电频谱的最大化利用。这些目标应考虑现有无线电业务的增长潜力以及新业务和新应用的引入和发展。而且，考虑的点还应包括本地产业和大众对频谱使用的变化，技术的变化以及第1章的附件1中所述的技术和非技术因素。

从大的方面来说，长期频谱管理的目标可以概括为：促进无线电频谱的发展和使用，支持不断变化的技术、社会、政治和经济环境发展，为所有人的福祉服务。

长期目标应吸收政府、本地产业以及业界内部的各类大型、小型组织和不同地理区域业界意见。

2 对当前频谱管理进程的评估

该评估应包括对当前国家频谱管理程序进行研究，以便找出从业界和从政府角度来看，其弱项和强项都有哪些。这一评估的结果将构成制定更新版长期频谱管理策略的基础（示例见本章附件1）。

3 过渡程序

长期频谱管理程序取决于对策略的认真选择，以便满足长期频谱管理的目标。选定的策略应整合进入国家长期频谱规划之内。以下为关键频谱利用过渡程序和长期频谱管理策略的列表：

3.1 鼓励对频谱的有效利用

从当前频谱利用向长期目标的过渡可以通过利用高级频谱工程技术和程序来实现。比如，可以通过降低或固定许可费用等来鼓励服务提供商采用这类技术和程序。这里所讨论的过渡程序是：

3.1.1 利用新技术改进频率的重用效率

频率重用指的是在给定的地理区域内对所有其他频率用户都没有负面影响的情况下，同一个频率被使用的时间数量。频率协调通常是重用技术中的决定因素。实现有效的频谱利用的途径有：通过使用高级工程技术以提高频率的重用度；降低信道带宽；改进编码技术，改进调制技术；改进接入策略；提高无干扰情况下的频段共用；引入新的频谱共用标准；开发频率指配策略和频谱使用模型；以及利用其他工程和操作技术。

频率重用、业务之间的系统覆盖等的技术方案是广为人知的。在《国际电联国家频谱管理手册2015》有关频谱工程实践和频谱使用的章节中，介绍了在采取这些方案时所用的频谱使用和频谱使用效率的测量技术。此外，《手册》还介绍了诸如干扰消除、干扰扫描、毫米波反射天线和陆地移动自适应天线等技术。上述有关内容此处不再赘述。

3.1.2 信道分割

这指的是通过采取更窄的带宽信道，对现有频段进行重新规划，从而增加频谱的利用率。信道分割需要使用更多提高频谱效率的技术，并引入新的技术和操作标准。信道分割必须考虑这一事实，即所考虑的重新规划的频谱通常是被高强度使用的频谱。在制定信道分割方案时，其他几个必须要分析考虑的问题包括：

- 业务的延续：再分配的过程要在不影响业务连续性的情况下进行。
- 成本：要采取演进举措来实施方案，以降低频谱用户的成本。
- 兼容性：在考虑新技术带来性能和容量提升的同时，采取一些向下兼容和互操作性的措施至关重要。
- 风险：要在制定提升容量政策与照顾用户对低风险方案的需求两者之间达成平衡。
- 协调：在可能的情况下，有必要与邻国和国际社会进行协调。

3.1.3 频谱调配

根据特定情况和在相关的长期决定下，频谱规划可能导致对业务的重新部署（调配）。这可能意味着某频谱的现有用户或者采用新技术，或者迁移至新的频段。可能导致调配发生的原因有以下几点：

- 划分的频谱可能已使用了相当长时间，并且目前已不再符合用户的要求或当代系统的性能；
- 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；
- 世界无线电通信大会做出决定，在全球或区域范围内将当前占用的频段分配给其他业务。

3.1.4 业务重叠和频段共用

让很多业务有效地共用频段，对于降低新频谱需求来说作用巨大。这其中重要的一点是要找出当前和未来共用的频段。

要想降低不断增长的频谱需求，宽带业务与窄带业务共用频谱这一概念给出了希望。这一概念要解决的场景是，通过采取特定的调制方案或具体的系统参数，多个无线电业务可以在不对其他业务造成有害干扰的情况下，共同使用一段频段。这种方法称为业务重叠。

一个典型的业务重叠的例子是，扩频系统能够与常规系统实现有效共用。诸如正交频分多址（OFDM）、码分多址（CDMA）和时分多址（TDMA）等技术通常被用于共用系统。对于正在被具体分析的、具有潜在干扰特性的业务的具体协议和架构，系统重叠应被视为个案。可能需要采取频谱共用、频率划分策略和频谱使用模型等。

3.1.5 共用无线电系统

很多组织可能共用一个无线电系统，而不是运营其自身的独立系统。需要利用技术来创建一个防火墙，来隔离不同用户之间的功能，同时提供透明的优先顺序。这要求采取一个机制，来确定并考虑共用系统上的每个业务的不同载入模式，从而实现共用容量的最大化。多个组织（公安、火警、救护）共用一个无线电系统，能够极大程度地改善无线电频谱的使用效率，特别是在频谱拥挤的地区。这一共用手段也将降低无线电系统的成本。

3.1.6 未使用频谱的使用

由于资金或设备的缺乏，或者基于屏蔽其他用户对频谱的使用能带来经济效益的考虑，导致了目前一些取得许可证的用户不使用已获许可的频谱。在制定政策、法规和项目时，应避免取得许可证的用户低效率使用被授权的许可的频谱的问题。这可以通过惩罚被许可的频谱不使用的情况来实现，惩罚可以为撤销许可证等方式。

在制定政策、法规和项目时，应鼓励使用高千兆赫频段（> 40 GHz），特别是对于那些要求独有无线电频谱和/或宽带应用的业务更应如此。当前，40 GHz以上的无线电频谱使用率较低。这一段频谱有支持甚广宽带业务的能力，并且因为这么高的频率的蜂窝尺寸很小，频率重用前景很大。这段频谱还提供了各种实施方面的优点，例如更小的天线、更窄的波束宽度、更小的设备与更轻的重量，并且易于安装与重新配置。

3.1.7 利用有线分配网络作为补充

有线网络可以作为无线网络的补充，以便降低频谱需求，特别是在频谱拥挤地区以及宽带应用场景。制定政策和法规时，应鼓励使用高级智能网络技术来实现有限分配网络和短距离无线电连接的无缝接口。

3.2 提高频谱使用的灵活性

设计长期频谱管理项目时，应保留策略及其优先顺序的灵活性。该项目应：

- 要有业务上的灵活性，即使由于相关频段的技术限制，也可以利用无线电频谱提供所有业务（语音、数据、图像等）；
- 要有技术上的灵活性，即使出现干扰，也要能够利用任何技术来提供业务；
- 要制定灵活的、非规定性的政策和法规，以便能够包容创新和市场力量问题。政策和法规要有灵活性，要能满足社会、经济和技术方面不断变化的需求。

举例来说，促进频谱使用灵活性的项目可以是分段或频谱许可的概念。一个分段频谱，通常是几兆赫，发放给某个地区的一个用户。在被许可的区域，取得许可证的用户负责进行系统工程设计以及频率的协调，并与其他分段频谱的取得许可证的用户进行频谱共用。相比较逐个信道许可而言，对一个大段频率进行许可能够更有效地使用无线电频谱资源。

3.3 合适的频谱管理能够实现最大化的社会效益

频谱管理能够最大化促进无线应用对频谱的使用，从而在增进国家社会和经济福祉方面扮演重要角色。这里要强调的是要从更广的角度看经济效益，而不是仅仅看发放许可证的收入。要实现这一点，可以在发放许可证的过程中做以下工作：

- 确保在技术允许的最高效率下，为应用提供最大可能的适宜频率范围；
- 促进服务提供商之间的可持续竞争；
- 通过采用高效的频谱技术、频率重用技术、增强频率规划模型、增强共用标准以及流量密度预测技术等，实现更高的业务划分密度；
- 促进无线电业务新进入者的发展；
- 对于许可证发放策略而引起的社会收益，将其找出，对其进行定量分析（尽可能）并实现其最大化。

长期频谱管理政策、法规、标准和项目应确保：灵活性、高效性、战略性、非规定性，且是技术和业务中立的。这其中要考虑频谱使用带来的可以感知的对健康的负面影响。制定规划时要准确高效地将这些知识普及给大众。

3.4 确保所有有需要的地区和国家能够使用频谱

服务提供商更倾向于为大城市提供更高优先级，而使得较小城市和人口稀疏地区得不到足够的服务。通过在发放许可证的过程中考虑这些问题，可以在国家所有地区（包括较小的城镇）使用频谱。

3.5 建设一支技术熟练的工作团队并开发合适的频谱工程工具

要开发合适的政策和项目，来培训和维持国家频谱管理团队的质量和竞争力。要为这一工作团队提供自动化系统和计算机辅助工具等最新工具，让他们能够有效地发放许可，并对现有的和新的技术开展干扰分析研究。

要在频谱管理的科研和开发上投资，以实现长期频谱使用的目标。

第3章的附件1

韩国频谱利用率评估程序示例

1 背景情况

随着频谱需求的增加，有必要及时确保提供频谱资源。尽管许多国家已定期研究和分析频谱利用的现状，但由于零碎和定性分析的局限性，很难制定出一项全面考虑未来供求情况的适用政策。因此，一些国家近来采用了一种发现候选频段并评估其优先顺序的方法，以便在长期规划过程中系统地获得频谱。

自2019年以来，韩国根据应对快速增长的频谱需求和科学发现频谱的目标，实施了评估系统，以提高确定国家长期战略过程中的频谱利用效率。

通过“频谱调配预测系统”向公众披露各频段频谱使用状况的评估结果，以发现维护目标，提前公布维护时间表和措施。

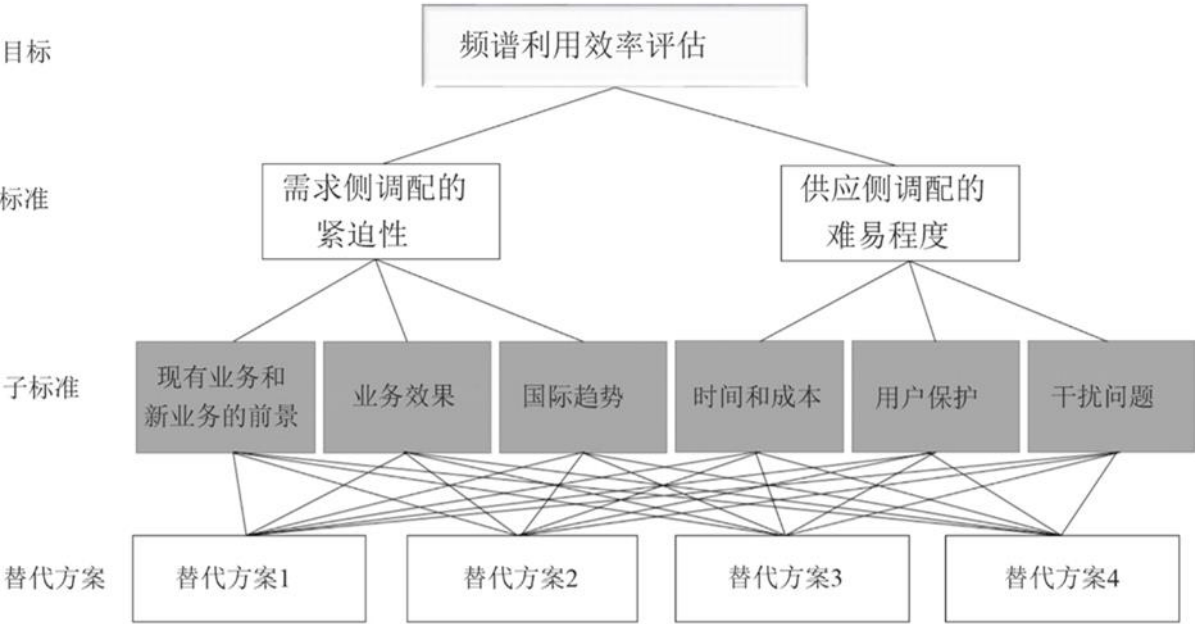
2 评估过程

所有频段分为低（低于3 GHz）、中（3至10 GHz）和高（高于10 GHz）频段，三个频段之一每年进行逐步评估。评估程序按照自我评估→咨询评估→评估委员会→利益攸关方意见→预测和指导通知的顺序进行。

频谱利用效率的评估标准以《无线电波法》的条款为基础，并提出了一个四级优先评估矩阵，同时考虑到需求的紧迫性和供给的便利性。

在各种备选方案中确定优先级并不是一件容易的事，因为每个标准彼此之间不成比例，当这些标准相互冲突时，标准的权衡应该量化。因此，对于这种选择替代解决方案的评估，可应用作为多标准决策方法之一的层次分析法（AHP）。AHP为构建决策问题、表示和量化其要素、将这些要素与总体目标关联起来以及评估备选解决方案提供了一个全面合理的框架。

图5
频谱利用效率评估标准（AHP）的选择过程



频谱利用效率的评估采用由供需两方面组成的若干标准。需求侧试图根据当前的业务和需求状况、为提高频谱效率而需采取行动的水平和是否符合国际标准和主要国家的发展趋势来评估新业务的前景和需求量，以确定调配的紧迫性。相比之下，在供应侧，为了评估调配的难易程度，它被用做评估所需要的时间和成本、用户保护措施的可能性以及解决干扰问题的可能性的标准。

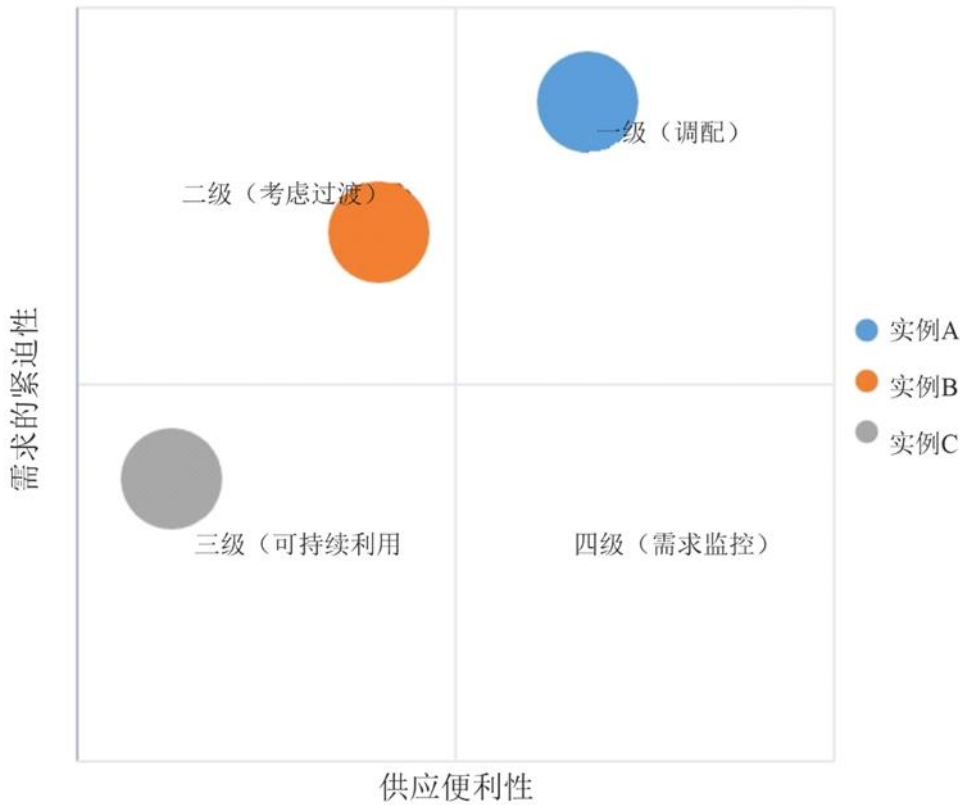
表2
评估标准

方面	因素	评估标准	方法
需求分析	现有业务的利用率	无线电台站统计数字的发展趋势	定量
		技术演进的程度	定性
		经济影响	定性
		社会和公共利益	定性
	对新业务的潜在需求	技术指标	定性
		生态系统指标	定性
	对新业务的实际需求	频谱使用计划	定量
		国内需求增长的现状	定量
		经济影响	定性
		社会和公共利益	定性

方面	因素	评估标准	方法
业务需求度得分小计（Y）			
供应频谱的可能性	频谱未用比率	境内未使用的比率	定量
		s大城市的未使用比率	定量
	供应频谱的可能性	备选频段的可用性	定量
		频谱维护的可能性	定性
		迁移到替代方案的成本	定性
	其他考虑因素	现有用户的接受程度	定性
		公共利益与新用途的相关性	定性
频谱供应可能性得分小计（X）			
总计（X，Y）			

矩阵图显示每个频段的评估结果，以将调配优先等级分为四级。纵向标度表示业务需求的程度（0至5），横向标度表示频谱供应的可能性（0至5）。如果评估频段位于第一象限（一级），则将进行频谱调配以提高频谱利用效率；如果频段处于第二象限（二级），则将禁止颁发新执照，并且将通过预告审查长期效率措施。如果位于第三象限（三级），则意味着它将被连续使用，而第四象限（四级）意味着促进当前在用业务的使用或发现新的需求。

图6
频谱利用效率的评估结果示例

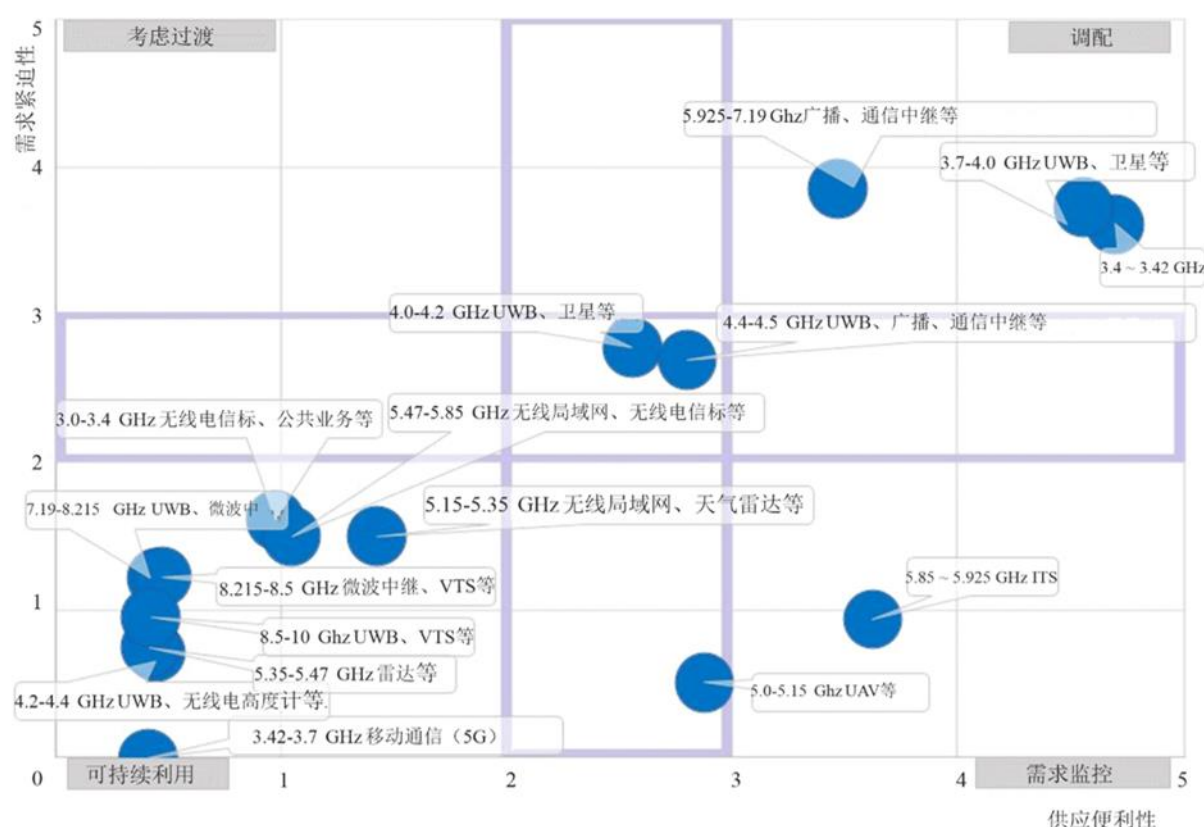


3 实际评估案例

2020年，评估是在国际上对频率（如5G和Wi-Fi）迅速增长的中频段（3至10 GHz）进行的。据评估，3.7~4.0 GHz/3.42 GHz/6 GHz频段需要重新划分频谱，国内对5G、Wi-Fi等频率有实际需求，可以通过频谱调配来提供。此外，用于智能交通系统（ITS）的5.85~5.925 GHz频段需要激活使用，因为新需求较低，现有业务未充分利用。8 GHz频段由于现有业务的饱和，对新业务的需求低，提供替代频段的可能性也很小，被评估为继续使用的频段。

为跟进评估结果，在评估为需要调配频谱的3.7至4.0 GHz（包括3.4至3.42 GHz）/6 GHz频段实施了频谱再利用预测系统。通过预测系统，现有用户、设备制造商和销售商可以了解频谱划分表和相关通知等行政规划，以及用户因频谱调配所受损失的补偿措施。

图7
频谱利用效率的评估结果（2020年）



4 针对评估结果的对策和预期效果

根据评估结果，监管机构可以修改其国家长期频谱利用战略，利益攸关方可以针对他们正在使用或准备使用的频段设计对策。预计该评估系统可有助于及时获得频谱，适当保护现有用户，并促进基于频谱的新业务。

表3

针对评估的政府政策和利益攸关方的对策示例

	政府政策	利益攸关方的对策
一级	通过收回和重新划分频谱、转换技术标准等方式提高效率。	新业务的准备、设备的开发等。
二级	暂停新的授权、效率提升的实施（可能性）通知、效率提升的执行计划、利益攸关方磋商等。	暂停对现有设施的新投资、用户的迁移、设备开发的准备等。
三级	监测无线电频率的新需求和新使用，挖掘频谱	可持续利用
四级	监控新的需求和发现频谱频率，在出现需求时促进效率的提升	新无线电频率的需求说明、推动新技术的推广和业务的引进等

缩略语列表

AHP	层次分析法
ARNS	航空无线电导航业务
CDMA	码分多址
FDMA	频分多址
ITS	智能交通系统
LSA	许可的共用接入
MIMO	多入多出
OFDMA	正交频分多址
RFID	射频识别
SRD	短距离设备
TDMA	时分多址
UMTS	通用移动通信系统
