

干扰模型和规划模型的简单比较

-----电磁兼容分析系统中传播模型的选择

一、简介

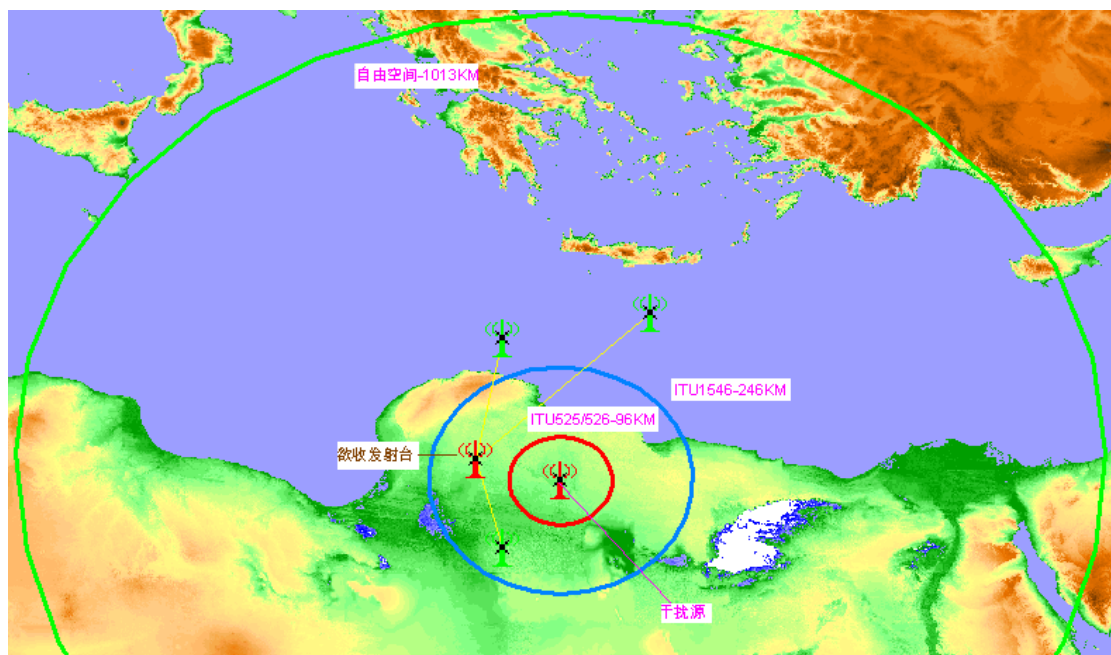
在无线网络规划和干扰评估过程中，对于某项特定的任务，选择一个非常适当的传播模型往往是十分困难的，有时还会产生混乱。本文并非从区别不同传播模型的差异出发，即建议用户在何种环境下使用何种传播模型；而是立足于阐明选择不同传播模型对系统设计最终结果的影响。为了清楚地说明这个问题，本文在干扰评估时采用了几种潜在的传播模型，分别是：

- 自由空间传播模型
- ITU-R. P525/526 模型
- ITU-R. P1546 模型

这三种传播模型都是日常工作中普遍使用的，下面将分别讨论每一种模型对结果的影响，以帮助系统设计人员进行综合比较，以确定一个最合适的模型。

同时，我们还应知道，上述三个模型中只有一个是专门的干扰模型，使用其他模型有可能会产生负面影响。

二、案例分析



下面例子基于一个简单的无线环境，一个 VHF 全向移动发射台（干扰源）和其他发射台在同一地理区域工作；为了分析方便，只考虑同频干扰。

移动发射台的技术参数基于现有的无线网络，具体参数如下：

- > 发射功率： 2W ；
- > 天线损耗： 8.5 dB（鞭状天线的效率低，损耗大）；
- > 工作频率： 50MHz ；
- > 天线对地高度： 2m ；

待分析的系统技术参数：

- > 发射制式： 模拟 FM；
- > 在 90%可靠通信度条件下，接收天线端灵敏度为 14 dB μ V/m（典型值）；
- > 接收机扰动干扰最低电平低于灵敏度门限 7dB，即 7 dB μ V/m ；
- > 工作频率： 50MHz；

这种情况下，在欲收发射台有效覆盖区内，只有在极端情况下会产生有害干扰；然而，这时系统基本可用，但链路中断的风险将成为我们关注的重点。

另外，在地理环境选择方面，确定为西北欧较普遍而典型的地势起伏的乡村地形；同时，由于分析是带有普遍意义的，并非针对某个特定情况，因此并没有考虑当地的地貌因子。

从概念上来看，这种场景类似于移动军用发射台，或为便携式，或为小型车载台。但其分析原理可适用于其他类似系统。

分析方法： 将干扰发射台随机放置在所处区域的任意位置，然后使用其中一种模型进行场强预测。（下面将提到，使用自由空间模型计算损耗时，地球半径不变）。在覆盖区的最远点，可能会产生干扰，干扰电平将用图表显示。具体分析如下：

自由空间计算公式如下：

$$L_s = 32.4 + 20 \log(F) + 20 \log(d)$$

这里 L_s 是损耗(单位： dB)

F 是频率(单位： MHz)

D 是距离(单位： km)

最大损耗由干扰发射台 ERP 和最小干扰电平的差值决定：

$$ERP = 33 \text{ dBm} - 8.5 \text{ dB} = 24.5 \text{ dBm}$$

最小干扰信号场强为 7 dB μ V/m，转换成 dBm（参考半波振子天线，阻抗 50 Ω ），即是：
- 102dBm。

最大路径损耗为： 24.5 - (-102) = 126.5 dB。

应用上述方程，计算出的干扰距离为 1013 km。

现在，使用 ITU-R.P525/526 和 ITU-R.P1546 模型进行计算，沿用前面的技术参数和系统特性。图-1 为使用 ITU-R.P525/526 模型的分析结果，考虑等效地球半径 8,500 km (k 因子取 4/3)。

图 1 分析表明：在这种情况下，干扰电平产生的最远位置距离移动发射台 96 km（该距离显然大吗？记得我们接收端使用较低的信号电平，距离大将导致欲收系统通信可靠性变差，还

有可能对其他更弱信号链路产生潜在干扰。)

现在我们使用 ITU-R P.1546 模型进行同样的分析。一开始，我们就需要对影响干扰的一些关键性参数进行设定，因为使用模型时必须确定干扰标准，特别是图 2 中的两个变量。

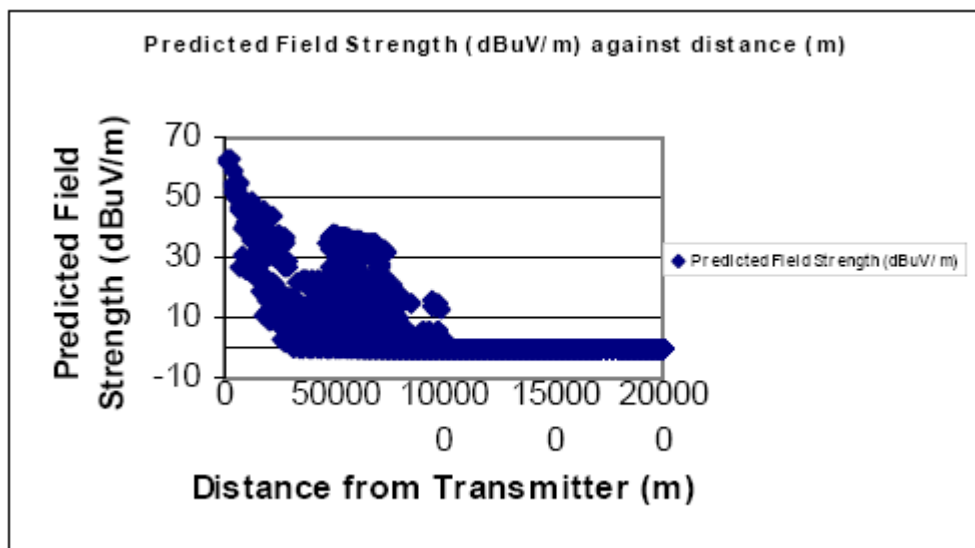


图 1: 使用 ITU-R. P.525/526 预测场强和距离的对应关系
(说明: 图中横轴距离数值有误, 正确应为 50000, 100000, 150000, 200000m)

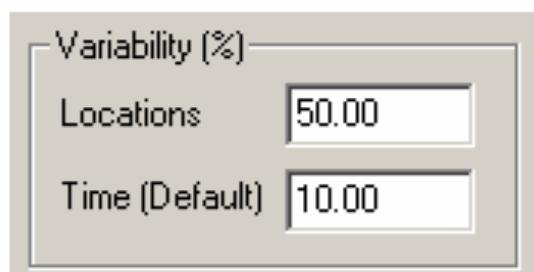


图 2: 需要指定时间和地点变化概率(即可靠度)

此时, 我们假设分析在 10% 的地点概率和 1% 的时间概率下的信号电平, 计算结果如图 3 所示。

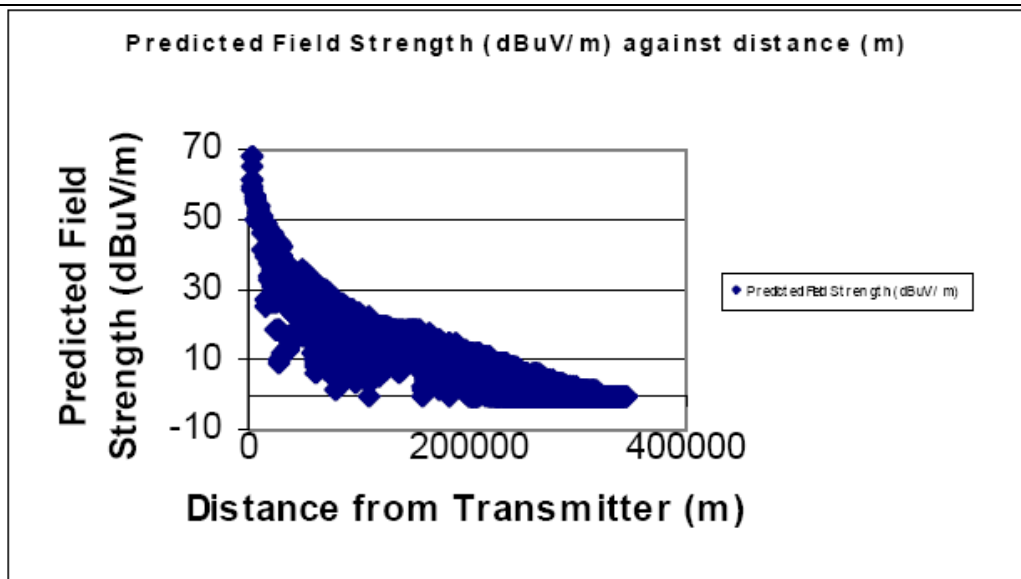


图 3：使用 ITU-R. P1546 预测场强和距离的对应关系

图 3 结果表明：ITU-1546 模型计算方法能检测到干扰信号（7dBuV/m）的最远点是距移动发射台 246km 处。

综上所述，移动发射台在三种不同模型下产生的潜在干扰距离可概括如下：

Method of Calculation	Distance (km)
Free Space Loss	1062
ITU-R.P525/526	96
ITU-R.P1546	246

很明显，上述三个模型计算结果相差甚远，下面将分别阐述三个传播模型的含义及其分析方法的优劣。

1. 自由空间模型计算方法

该方法计算的结果值最大(1062km)，超过了 1,000 km。从积极的一面来说，距离值越大，意味着接收机经受干扰的概率越低(虽然这么远的距离也会产生导管效应或偶发 E 层的干扰)；这种潜在干扰信号在临近最大距离点处的产生影响的可能性也是非常低的。因此，在大多数情况下，使用这种频率复用度较低的方法将导致频谱利用效率低下，从频谱需求角度考虑，该方法是不可取的。

2. ITU-R. P525/526 计算方法

该方法计算的结果值最小(96km)，小于 100km，频谱利用效率高，是否最优秀呢？答案是否——该模型存在许多缺陷：尤为重要的是，该模型主要考虑地形的影响，唯一的大气校正因子是地球的有效半径（我们取地球曲率默认值， $K=4/3$ ）。实际上，对于 50% 的时间概率，地球曲率已经超过了上述典型值，导致非预期的干扰。我们能通过变换地球的有效半径，以纠正地球曲率，选择更大的 K 因子（虽然所设值很少见）；但即便如此，也不可能解决全部因素的影响。使用该模型主要不足在于两点：首先，我们可能低估了干扰的可能性；其次，使用该方法很难评估预期值在实施过程中是否超过。这两点都将直接导致干扰风险的

增加。这种风险，既难预计，也难处理。

3. ITU-R. P1546 计算方法

ITU-R. P1546 是专门的干扰模型，和其他两种模型相比，具有显著的优势。首先，它使用实际信号传播的测试结果，这点和 ITU-R. P525/526 是截然不同的。而 ITU-R. P525/526 却主要依赖与发射机和接收机之间的物理链路。这意味着该模型集成了所有传播环境的影响因素，包括那些不经常发生的及间歇的干扰，例如导管效应。对于干扰模型来说，这些因素都是非常重要的，对所有传播环境在全年内变化的综合考虑也正是该模型的价值所在。第二个主要优势是：该方法使系统设计者将主要精力集中在思考在设定的时间概率和地点概率上可接受的干扰电平是多少？使用该模型须依靠系统设计人员选择合适的时间概率和地点概率，因此须审慎考虑。处理正确，意味着干扰风险不仅能正确评估，也能被清醒地控制或规避。选择合适的时间概率和地点概率还能对频谱利用效率的提高产生深远的影响。如图 4 所示，不同的时间概率和地点概率对应着不同的干扰距离。

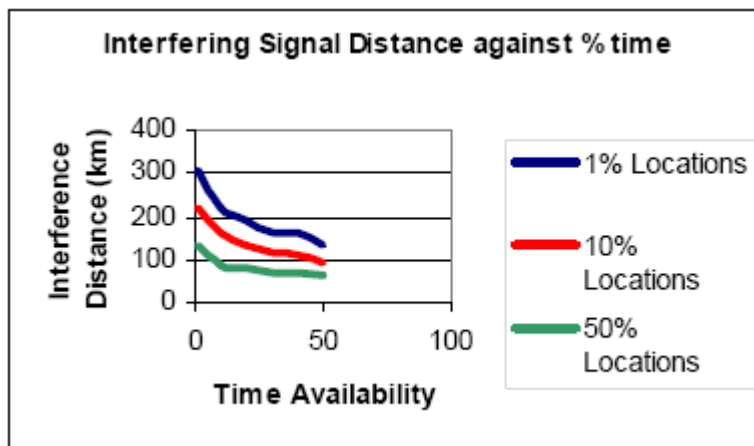


图 4：时间、地点概率的综合选择和干扰距离的对应关系

三、结论

本文为系统设计者在两个矛盾的主体——频谱利用效率（频率复用尽可能高）和最小干扰概率（尽量提高同频台隔离距离）方面获得折衷提供了一套切实可行解决方法。

然而，具体采用哪种传播模型，最终将取决于系统设计者——综合考虑影响通信系统的各种因素，再作出抉择。但是，ITU-R. P1546 模型能为系统设计者为平衡多种干扰因素提供了一个非常友好的工具——这一点，是其他两种模型尚不具备的。

最后需要说明的是：本文中为方便理解所列的技术参数均为典型值，并非真实数据，切不可应用于各种实际技术方案。

点评：本文从计算结果出发分析三种模型特点：自由空间模型，计算距离远，但频谱利用率差；ITU525/526 模型，主要基于衍射和绕射的理论模型，频谱利用率虽高，但计算距离近，低估了潜在的干扰；ITU-1546 模型，是基于实测的经验模型，在预测干扰和频谱效率方面进行了折衷，是最合适的干扰模型。

备注：文章作者 Adrian Graham RD BEng CEng 系英国电机工程师协会会员，服务于英国高级地形发展和图象有限公司。

翻译罗西平，服务于上海特金公司。