

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R SM.1875 建议书
(04/2010)

DVB-T覆盖测量和规划标准的验证

SM 系列
频谱管理



前言

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

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

知识产权政策 (IPR)

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

ITU-R 系列建议书

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

| 系列 | 标题 |
|------------|------------------------|
| BO | 卫星传送 |
| BR | 用于制作、存档和播出的录制；电视电影 |
| BS | 广播业务（声音） |
| BT | 广播业务（电视） |
| F | 固定业务 |
| M | 移动、无线电定位、业余和相关卫星业务 |
| 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 | 卫星固定业务和固定业务系统间的频率共用和协调 |
| SM | 频谱管理 |
| SNG | 卫星新闻采集 |
| TF | 时间信号和频率标准发射 |
| V | 词汇和相关问题 |

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

电子出版
2012年，日内瓦

© ITU 2012

版权所有。未经国际电联书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

ITU-R SM.1875 建议书*

DVB-T覆盖测量和规划标准的验证

(2010年)

范围

本建议书描述了DVB-T覆盖率测量的方法及其评估。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) GE06协议规定了DVB-T的接收条件，所需信噪比和最小场强值；
- b) 业务监测需测量DVB-T发射机和网络的覆盖范围，以验证是否符合规划过程中使用的覆盖预测，或评估报告存在干扰的位置的接收条件，

建议

附件1中所述的方法以及附件2中所述的校正应用于DVB-T覆盖率测量和规划标准的验证。

附件 1**1 引言**

业务监测必须测量广播网络的覆盖范围，目的是：

- 验证用于网络规划的计算机化工具的预测。
- 如广播牌照规定广播业务覆盖某个地区，一个地区的一部分或人口的一部分，验证是否符合牌照发放的条件。
- 评估报告存在干扰的某些位置的接收条件。

由于数字调制系统接收固有的某些情况和原则，数字地面电视网络覆盖率的测量方法与模拟网络不同。

本建议书阐述了DVB-T发射机和网络固定和移动覆盖测量的测量原则，程序和所需设备。但所提供的许多信息也适用于其它数字地面广播系统的测量。

本建议书不涉及服务质量 (QoS) 测量和用来验证发射机技术参数的测量。

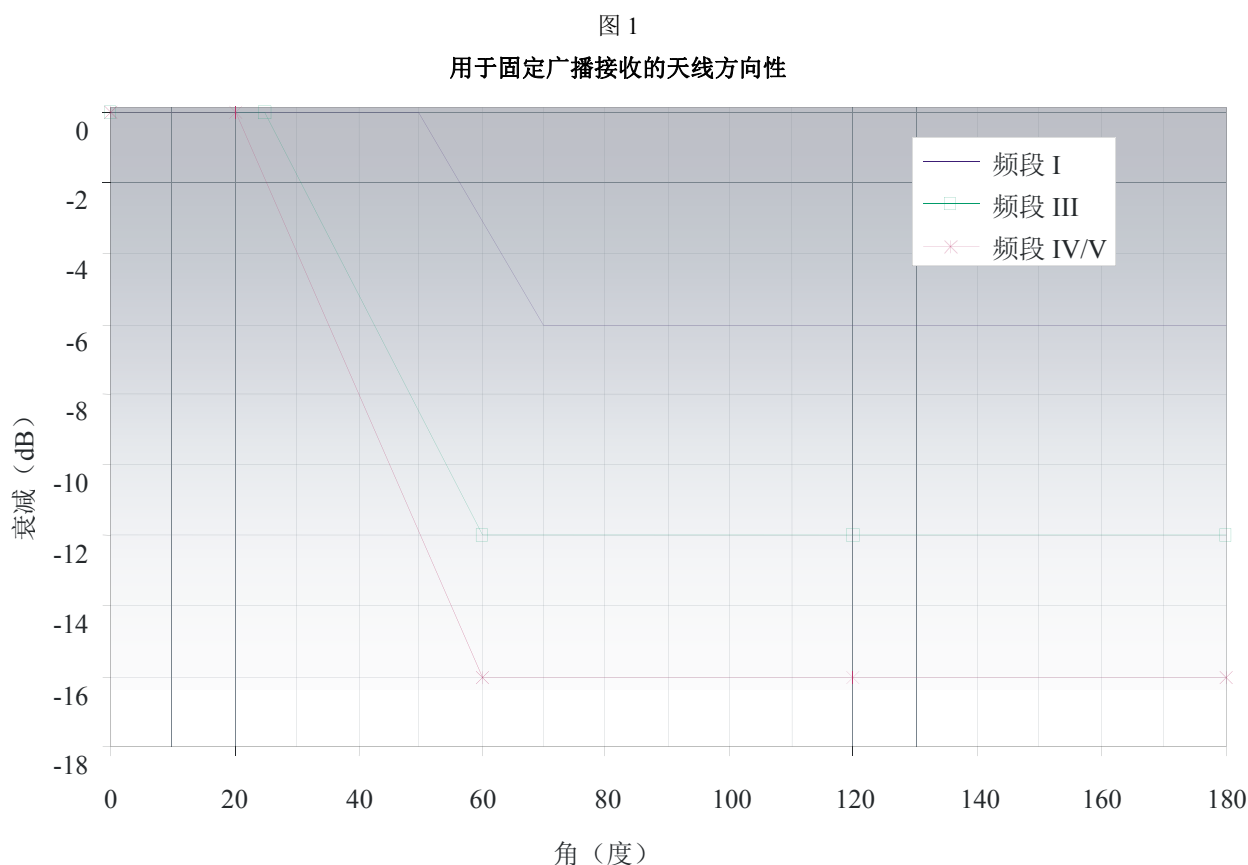
* 无线电通信第1研究组于2011年根据ITUR 第1-5号决议对此建议书进行了编辑性修改，并于2012年根据ITUR第1号决议进行了编辑性修改。

2 本建议书使用的术语和定义

本建议书使用了下列术语和定义。在本建议书中，对众所周知的术语的解释和说明仅涵盖与DVB-T系统相关的问题。

2.1 固定接收天线图

天线图描述了从不同角度接收信号时天线的相对输出电平。ITU-R BT.419建议书定义了用于固定广播接收的标准天线方向性，如图1所示。为了重现自定义安装的实际接收条件，应使用具有相同方向性的测量天线来测量固定覆盖率。



SM.1875-01

应使用全向测量天线来进行移动覆盖率测量。任何方向上的最大相对损耗为±3 dB。

2.2 天线系数

天线系数用来计算天线输出电平产生的场强。由于通常用dB表示，计划公式如下：

$$E = U + K \quad \text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$$

其中：

E : 天线处的电场强 (dB($\mu\text{V}/\text{m}$))

U : 测量的天线输出电压 (dB(μV))

K : 天线系数 (dB(l/m))

根据下列公式，天线系数取决于频率和增益：

$$K = 20 \text{ Log}(f) - G_i - 29.774 \text{ (对于50 Ohm系统而言)}$$

其中：

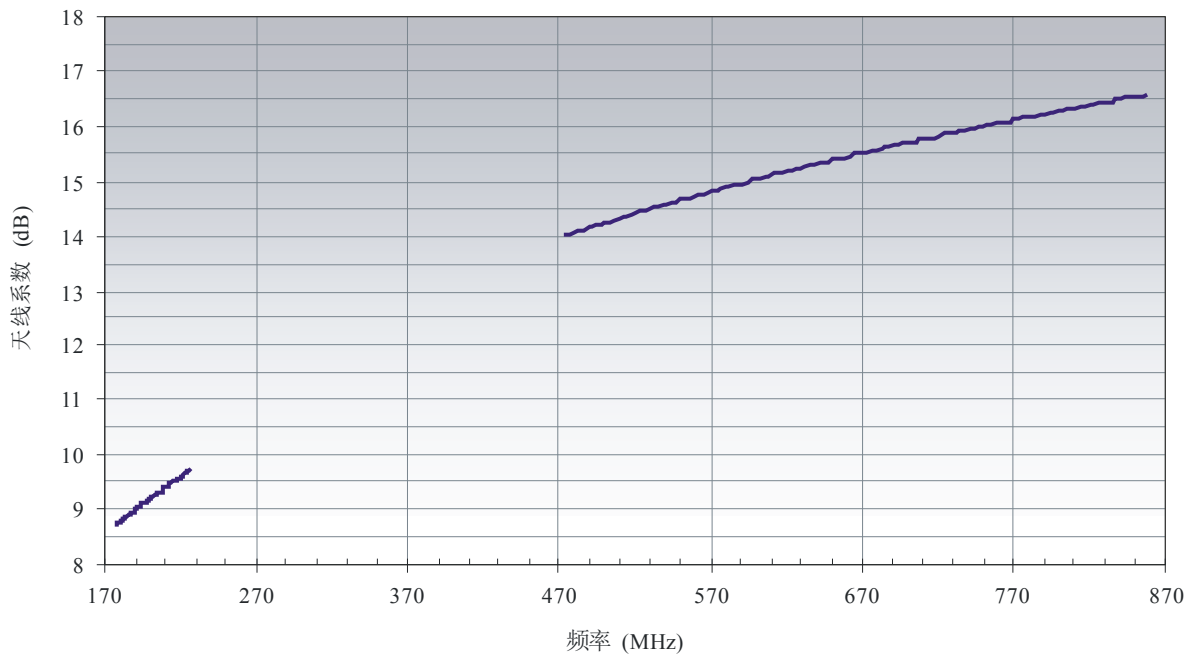
f : 频率 (MHz)

G_i : 相对于各向同性辐射器的天线增益 (dB)

K : 天线系数 (dB(l/m))。

图2显示了按照ITU-R BT.419建议书规定用于在主播束方向（与用于测量固定接收的天线方向相同）固定广播接收的标准天线的天线系数。

图 2
用于固定广播接收的方向系数



SM.1875-02

2.3 分配区

分配区是一个或多个发射机的覆盖区，其中发射机功率、天线高度和方向性等与规划过程相关的所有参数都是已知的。分配区受到该区以外干扰源的干扰限制。

2.4 误码率

一般而言，误码率(BER)是给定时间内的误码除以所传输的总位数，是对数字信号接收质量的测量。由于DVB-T使用内外错误保护，那么在停止发射之后还可以确定维特比 (Viterbi) 和里德 - 所罗门解码器后的BER。

对于DVB-T接收，维特比解码器之后 10^{-4} 的BER足矣。

2.5 C/N

见保护比。

2.6 术语“覆盖”

当地面以上特定高度（通常为10米）特定接收情况的中值场强和保护比达到或超过相关规划文件（如GE06协议）所给出的值时，这一地区被视为被DVB-T“覆盖”。

某个地区是否被覆盖是利用覆盖预测工具进行计算的结果，其中假设规定了下列条件和/或值：

- 接收条件（如移动或便携接收）；
- 由于地形地貌而产生的距离导致的场强损耗；
- 接收器模型（如灵敏度和选择性）；
- 接收天线（高度、增益和方向性）；
- 接收信道（高斯、莱斯或瑞利）。

“覆盖”属性中还附加了一定的时间和位置概率。使用规划工具，针对这一概率（如时间的50%和位置的50%）计算覆盖区。

因此无法假定在确定被覆盖的区域内的每个位置都可利用标准接收机进行DVB-T接收。

验证标准DVB-T接收机的覆盖率时不能仅检查它在特定位置是否正常工作。相反，最好能在规划工具中假定的同一接收条件下测量场强等技术参数。

2.7 术语“接收概率”

如在特定位置，标准接收机能在99%的时间内校正（几乎）所有误码，并生成图像，则认为可实现DVB-T接收。维特比解码器之后的BER应低于 2×10^{-4} 。

成功的DVB-T接收实际所需场强取决于：

- DVB-T系统类型
- 接收机性能；
- 天线增益；
- 接收信道类型（高斯、莱斯或瑞利）。

通过测量下列参数，验证一般接收概率：

- 中值接收场强；
- 中值干扰场强；
- 接收信道的类型。

另外，还可进行标准DVB-T接收机的接收测试。从这些测试中获得的经验表明，对于便携式接收，有时需要比相关协议给出的中值场强更高的场强。

2.8 覆盖预测

覆盖预测是计算可实现业务信号接收的地理区域的程序。基于发射机参数、地形和传播模式，并通过计算机工具完成。所得结果代表了确定的位置和时间概率。

在GE06协议中，在覆盖区边界达到的DVB-T的最小场强值在地面以上10米的高度有效，并根据图1和图2假定利用定向天线进行固定接收。这些场强值是最小等效场强值的中值，取决于系统变量和接收信道。

2.9 波峰因数

波峰因数是RF发射峰值和r.m.s.电平值之间的比率。通常用dB表示，代表了峰值和r.m.s.电平值(dB)之间的差异。

2.10 保护间隔

为了利用接收机在不同时间接收到的来自同信道传输和反射的所有输入信号分量，并防止随后两个符号之间的干扰，每个符号的传输时间比解码信号所需的时间长。额外的时间被称为保护间隔。接收机内的实际解码过程可在保护间隔之后启动，保护间隔的长度取决于系统变量和单频网络（SFN）内相邻发射机之间的最大距离。

2.11 高度损耗

这是地面以上10米（DVB-T规划的参考）和更接近地面（如，对于便携式接收，1.5米）的天线处接收场强之间的场强差，是统计值。

2.12 干扰场强

干扰场强是由所研究的SFN或发射机以外的同频发射机信号、相邻信道发射机信号和在保护间隔外接收到的所研究的SFN的发射机信号产生的，是由从干扰源直接接收到的信号分量和现场障碍物产生的反射矢量相加形成的，随接收机位置的不同而有所不同，而由于反射体可能并不是静止的，因而也随时间的改变而改变。因此，特定区域内的实际干扰场强只能从统计学上用中值和标准偏差来描述。

实际测量干扰场强非常困难，当其电平值远远低于有用信号电平且从同一方向接收干扰源和有用发射机信号时尤为如此。改善干扰场强测量条件的可能方法包括：

- 使用高指向性的测量天线，通过改变方位来区分有用和干扰信号。
- 测量从与干扰发射机相同位置发射的不同频率的信号。在这种情况下，可能需对频率差异产生的不同衰减损耗和测量频率上不同的发射功率进行校正。
- 在测量过程中关闭有用发射机或SFN。

当干扰信号低于有用场强超过30 dB时，其对有用发射机或SFN接收的影响可忽略不计。

2.13 中值

中值是从许多样品（如一系列测量的场强）中计算的，从而所有样本的50%超过中间值，而另外50%低于中间值。中值是一个统计值，说明了50%的置信度或概率。

示例：在某个区域内的100个位置测量场强。所有测量值的中间值为42 dB($\mu\text{V}/\text{m}$)。这表示，在此区域内任何位置的实际场强至少为42 dB($\mu\text{V}/\text{m}$)的概率为50%。

从统计学上，确定场强时使用中值的优势在于单个值远远没有平均值或中位对结果的影响大。

2.14 最低中值场强 (E_{med})

这是基于接收区内一定比例位置上的计算结果的中值场强。诸如GE06协议的相关规划文件给出了地面以上10米高度和50%位置概率的DVB-T接收的最小中值场强值。针对每个系统变量给出了该值。

如未经校正，这些值仅代表固定接收的情况。对于便携式接收，应对不同天线高度、天线增益、所需的位置和时间概率水平以及建筑物穿透损耗（如适用）应用校正因子。

网络规划确保根据辐射的发射机功率、发射天线高度和地形地势，至少从理论上使整个覆盖区满足最低有用场强。

2.15 MFN

MFN是多频网络的缩写。这是在覆盖区内每个发射机在不同频率上工作的网络。

2.16 最小等效信号电平

在接收机输入端解码有用信号所需的最小电平是基于系统的最小信噪比 (S/N) 加接收机噪声系数。最小 S/N 使接收机在解码信号时做到准无误码 (QEF)。这取决于系统变量和接收信道。接收机的噪声系数假定一定的接收机性能，对于标准DVB-T接收机，这一系数设为7 dB。

2.17 最小有用（等效）场强 (E_{min})

在不存在任何干扰信号的情况下，这是标准接收机QEF的解码信号所需的单个有用信号的最小场强，是接收机输入端的最小等效信号电平加天线系数，对特定接收位置（即无需位置和时间概率校正）有效。

2.18 网络增益

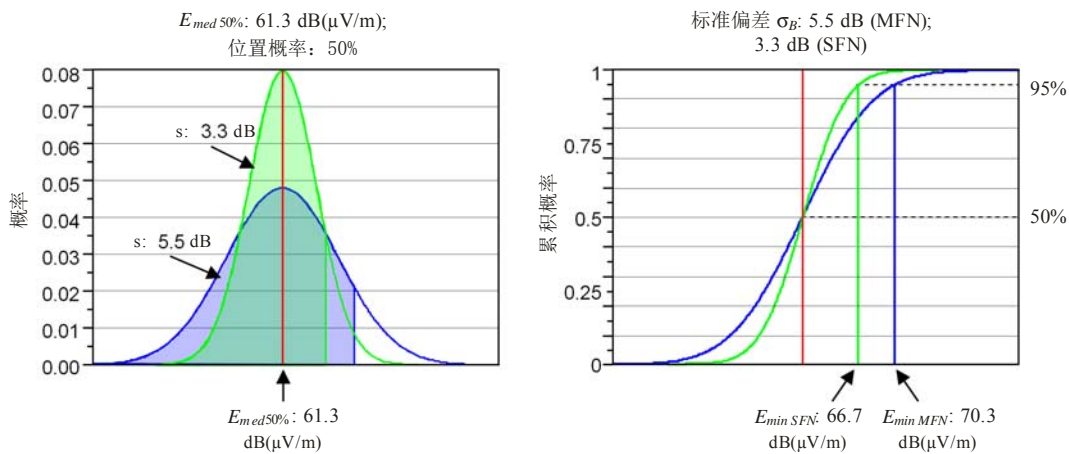
如在保护间隔内能接收到SFN内多个有用发射机发射的信号，就可提高接收质量，并降低每个发射机的最小有用场强。但网络增益并不是所有可接收到的发射机有用场强的叠加。而只是增加了从其它方向接收到比只从单个发射机接收到的更好的信号的概率。

网络增益是SFN和MFN内同一位置概率所需的接收场强的差异。

在SFN内，发射机数量的增加能使覆盖区内场强的分布更均匀。场强值的标准偏差 σ 更低。

示例：根据国际协议，某系统类型的最低中值场强 E_{med} 为61.3 dB($\mu\text{V/m}$)。根据定义，这适用于50%的位置概率。在SFN中，位置概率为95%的最小有用场强 E_{min} 为66.7 dB($\mu\text{V/m}$)，而在MFN中为70.3 dB($\mu\text{V/m}$)。那么网络增益为3.6 dB。

图3
网络增益



SM.1875-03

2.19 保护比

保护比 (C/I) 是有用信号电平和所有无用信号总电平之差，单位为dB。对于DVB-T，GE06协议给出了所需的保护比。这些保护比取决于系统变量。

如不存在干扰信号，则唯一的“干扰源”是噪声，那么 C/I 与载噪比 (C/N) 相同。

2.20 准无误码接收

正如在许多涉及 FEC的数字网络中，准无误码接收是指每小时只出现一个未校正误码的点。对于DVB-T系统，相应的BER为：

- 里德-所罗门解码器后为 $1 * 10^{-11}$ ；
- 维特比解码器后为 $2 * 10^{-4}$ 。

在GE06协议等国际协议中经常使用这些值。

2.21 接收场强

是由从干扰源直接接收到的信号分量和现场障碍物反射的矢量相加形成的。随接收机位置的不同而有所不同，而由于反射体可能并不是静止的，因而也随时间的改变而改变。因此，特定区域内的实际干扰场强只能从统计学上用中值和标准偏差来描述。

2.22 接收情况

GE06协议确定了DVB-T的下列接收情况：

- 固定接收（FX）
- 便携式室外接收（PO 或“便携式A类”）
- 便携式室内接收（PI 或“便携式B类”）
- 移动接收（MO）。

表1列出了用于这些接收情况的一些主要特性和参数。

表 1
DVB-T 接收情况和参数

| | FX | PO | PI | MO |
|---------|--------------------|----------------------|---|----------------------|
| 接收位置 | 建筑物外 | 建筑物外 | 建筑物内 | 车顶，移动 |
| 天线，增益 | 定向 7 ... 12 dBi | 全向 -2.2 ... 0 dBi | 全向 -2.2 ... 0 dBi | 全向 -2.2 ... 0 dBi |
| 天线高度 | 地面以上10米 | 地面以上最低1.5米 | 一层以上1.5米 | 地面以上1.5米 |
| 极化 | 水平/垂直 | 无极化去耦 | 无极化去耦 | 无极化去耦 |
| 电缆损耗 | 2 ... 5 dB | 0 dB | 0 dB | 0 dB |
| 建筑物穿透损耗 | 0 dB | 0 dB | VHF: 9 dB UHF: 8 dB 标准偏差: VHF 3 dB UHF 5.5 dB | 0 dB |

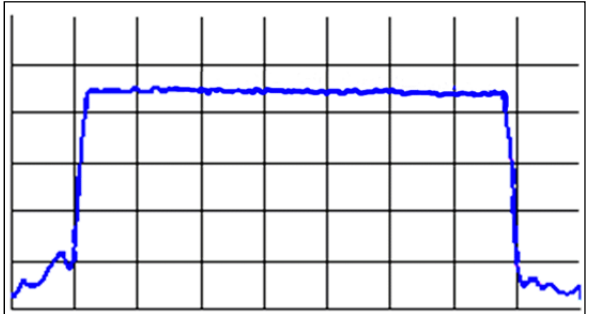
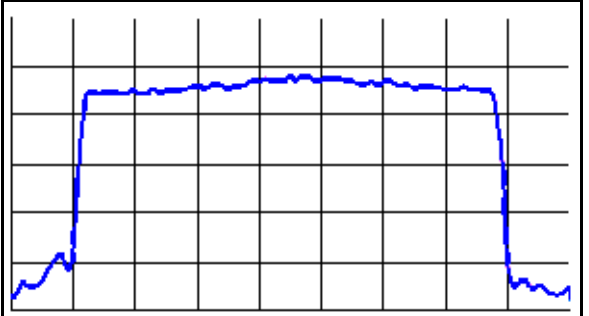
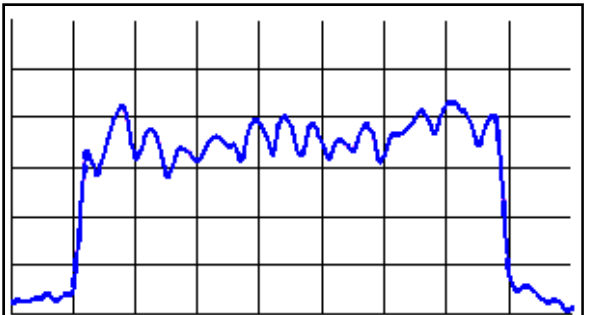
2.23 接收信道

由于反射、遮蔽和从SFN中多个发射机接收信号，接收信号谱可能会退化。退化的顺序决定了接收信道，如表2所示。

谱幅的标准偏差 σ_{sp} 对解码DVB-T信号所需的接收机最小输入电平产生影响。

表 2

DVB-T 接收信道

| | |
|--|---|
| <p>高斯信道:</p> <p>只接收发射机发射的直射信号。不接收反射和同信道发射。因此，OFDM 谱是长方形的。信道带宽上谱幅标准偏差 σ_{sp} 介于 0 和 1 dB 之间。</p> |  |
| <p>莱斯信道:</p> <p>除直射信号外，还接收若干较小的同信道信号和反射。OFDM 谱显示频率上的幅度略有不同。信道带宽上谱幅标准偏差 σ_{sp} 介于 1 和 3 dB 之间。</p> |  |
| <p>瑞利信道:</p> <p>所接收的信号只包括反射和从各同信道发射机接收到的信号分量。不接收主导性的直射信号。OFDM 谱严重变形。信道带宽上谱幅标准偏差 σ_{sp} 高于 3 dB。</p> |  |

在测量DVB-T场强时，必须确定接收信道的类型，原因是根据规划标准所需的最小场强取决于接收信道。瑞利信道要求的场强最高，高斯信道最低。

经验表明，绝大多数的实际接收情况均利用莱斯和瑞利信道。高斯信道非常罕见。

2.24 GE06 协议

2006年区域性无线电通信大会起草的区域性协议及其附件以及相关规划用于1区（位于东经170°以西和南纬40°以北的1区部分领土，蒙古的领土除外）和伊朗伊斯兰共和国174-230 MHz 和470-862 MHz 频段数字地面广播业务规划（2006年，日内瓦）（GE06 协议）。

2.25 SFN内的自干扰

在这种情况下，SFN内的自干扰是直接接收的信号分量和在保护间隔外接收到的下列信号共同作用导致的接收信号失真：

- 同一发射机信号的反射；
- 在同一频率运行同属同一SFN的其它发射机的信号。

2.26 单频网

SFN由两个或多个时间同步、传送相同节目内容的发射机组成。网络规划必须确保在SFN覆盖区内的所有接收位置，SFN内所有可接收的发射机的信号在保护间隔内到达接收机。这通过选择系统变量和SFN内任意两个相邻发射机之间的最大距离实现。

2.27 标准偏差

标准偏差是一系列样本方差的指标。是从算术平均数中得到的所有样本的平均偏差，可按下列方式计算：

算术平均数：
$$\mu = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n}$$

标准偏差：
$$\sigma = \sqrt{\frac{(P_1 - \mu)^2 + (P_2 - \mu)^2 + \dots + (P_n - \mu)^2}{n - 1}}$$

其中：

$P_1 \dots P_n$: 样本值，如用线性单位（非 dB(μ V) 或 dBm) 表示的信号电平。

2.28 谱幅的标准偏差 (σ_{sp})

见接收信道。

2.29 σ_{sp} - 校正 (C_σ)

在GE06等相关国际文件中给出的必要C/N取决于接收信道：瑞利信道要求高C/N，莱斯信道要求中等C/N，高斯信道要求的C/N最低。确定接收信道的典型值是整个DVB-T带宽上谱幅的标准偏差(σ_{sp})。在国际文件中，假设 σ_{sp} 的值如下：

表 3

谱幅的标准偏差 (σ_{sp})

| 接收信道 | σ_{sp} |
|------|---|
| 高斯 | $\sigma_{sp} \leq 1 \text{ dB}$ |
| 莱斯 | $1 \text{ dB} < \sigma_{sp} < 3 \text{ dB}$ |
| 瑞利 | $\sigma_{sp} \geq 3 \text{ dB}$ |

在实际测量点的真值通常都与这些极端值不同，通常介于1和5 dB之间。为了将测量的场强与国际文件进行比较，必需确定每次测量的接收信道和 σ_{sp} 。根据下列公式，从每个测得的值减去校正值 C ：

$$C_{\sigma} = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} \cdot (\sigma_{sp} - 3)$$

其中 $C/N_{Rayleigh}$ 和 C/N_{Gauss} 是针对所使用的系统变量从相关国际文件（如GE06协议）中摘取的。这一过程称为 σ_{sp} -校正。

此公式确定了高斯/莱斯（1 dB）和莱斯/瑞利信道（3 dB）边界的 σ_{sp} 值之间和超出该值范围的线性差值。根据接收信道， C_{σ} 的值亦可为负值。

附件2中的图表显示了 σ_{sp} -校正值的一些示例。

2.30 替代发射机

这是与待测发射机在同一位置、但在不同频率运行的发射机。当原始发射机尚未安装或原始发射机的信号受到其它无用信号的严重干扰时，可使用替代发射机。如没有替代发射机，可使用仅为测量安装的测试发射机。

2.31 系统变量

可根据网络规划的需要调整DVB-T系统的若干参数。选定的参数决定系统变量。主要的可变参数包括

- RF 带宽（如7 或 8 MHz）
- 子载波数量（2k 或 8k）
- 子载波调制（如 QPSK, 16-QAM, 64-QAM）
- 码率（如1/2, 2/3, 3/4）
- 保护间隔（如1/4, 1/8）。

2.32 有用场强

这是在任何接收位置接收到的有用发射机或网络的总场强。如比较测得的SFN场强值与所需场强值，网络增益可增加有用场强。

3 测量方法

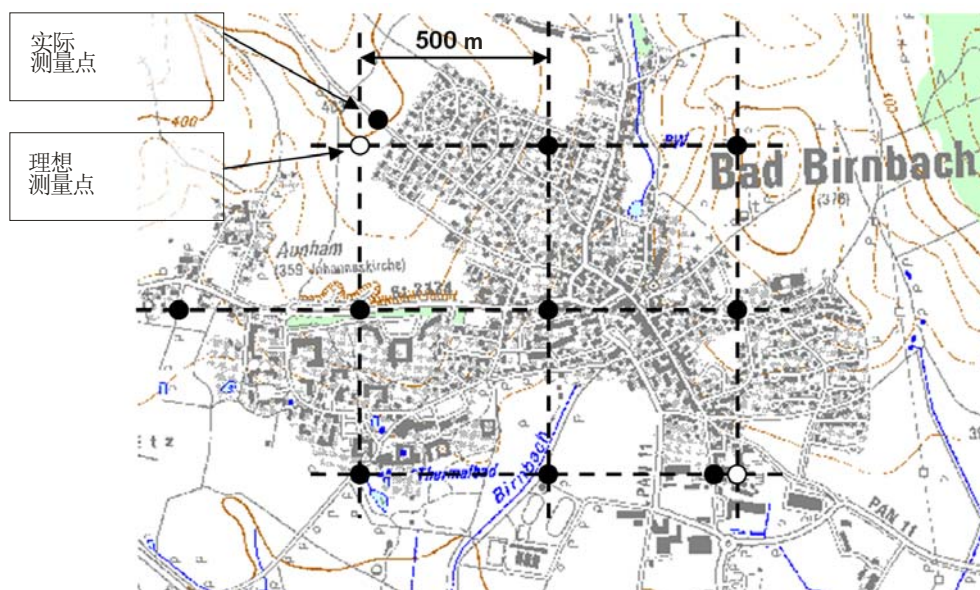
3.1 验证固定接收的覆盖预测

3.1.1 测量位置的选择

要准确验证实际的覆盖范围，必须在该区域几乎所有位置进行测量。为了将测量数量保持在实际可操作的水平上，仅在一定数量的位置进行测量。为了寻找测量位置，对接近预测的覆盖区边界的城市或村庄应用长500米的网格。

图 4

测量点（固定接收）



SM.1875-04

有时由于建筑物、不存在道路或其它问题，无法使用理想的测量点。在这种情况下，必须就近选择可使用的测量点，最好在理想测量点周围50米的距离内。如有可能，实际的测量点不应受到高于10米的建筑物的阻挡。如无法实现（特别是在大城市），且已在该区域超过30个其它位置进行测量，就可舍弃这一测量点。否则，就必须在距理想测量点的距离和无障碍接收之间选择最好的折中办法。其结果可能是无法覆盖测量点，但这种情况反映了用户也会经历的事实。

3.1.2 必要测量设备

对于固定DVB-T接收规划参数的评估，需要下列设备：

表 4

验证固定DVB-T 接收所需的设备

| | 设备类型 | 所需功能，备注 |
|------|-------|--|
| 一般设置 | 测量车辆 | 可升至地面以上 10 米的可旋转的天线杆，定位系统（如 GPS） |
| 接收机 | 频谱分析仪 | 计算机数据接口（如局域网 LAN, IEEE488.2）， 信道功率测量能力 检样器 首选功能： r.m.s. 检波器 |

表 4（完）

| | 设备类型 | 所需功能, 备注 |
|------|-----------------------------|---|
| 天线 | 对数周期 (LogPer) 或八木 (Yagi) 天线 | 安装在测量车的桅杆上 必须可实现水平和垂直极化 天线系数必须已知 (校准) |
| 测量控制 | 计算机程序 | 存储从频谱分析仪获得的跟踪数据 存储信道功率测量结果 存储从定位系统获得的数据 首选功能: 自动调整分析仪, 并进行测量 |

3.1.3 测量程序

3.1.3.1 有用信号

在所有测量点, SFN中对覆盖产生影响的所有有用发射机的场强都得到测量。测量通过地面以上10米高度并转向有用发射机 (在SFN中对每个有用发射机分别进行测量) 实际方向的定向测量天线进行。测量天线的极化必须与发射机使用的相同。在混合极化的SFN中, 水平和垂直位置的有用场强必须分开测量。使用较大的结果。

将定向天线旋转360°, 测量有用场强的最大值。必须记录提供最高有用场强的有用发射机的实际方向和测得的最大有用场强的方向。

3.1.3.2 无用信号

如无用同信道或邻近信道发射机产生相当大的干扰, 还需使用上述相同的程序测量干扰场强。如无法区分有用和无用发射机信号, 或有用发射机的信号太强, 则在测量过程中可能须关闭有用发射机, 或使用替代发射机。

如从一个以上发射机接收到大量干扰信号, 则须利用测量天线的指向性对每个发射机发射的最强干扰信号的干扰电平进行单独测量, 并对每个有用和无用信号组合的结果进行单独评估。只有所有组合均通过评估程序, 才能证实该测量点被覆盖。

如能使用DVB-T测量接收机, 而发出所接收信号的发射机不是同一SFN的发射机, 小区识别码 (cell-ID) 的读出数据有助于确定该发射机。

测量本身最好通过频谱分析仪进行, 使用下列设置:

- 测量模式: 信道功率
- 信道带宽: 7 MHz 或 8 MHz
- 分辨率带宽 (RBW): 30 kHz 或自动 (不高于100 kHz)
- 检测器: r.m.s. 或样本
- 跟踪模式: ClearWrite
- 扫描时间: 0.5 ... 1秒。

在至少1分钟的测量时间内，必须进行60次测量（样本），将测量的中值作为最终结果存储。这一程序尽量减少了EMC干扰的影响。

由于在GE06协议中对于高斯、莱斯和瑞利信道，DVB-T的最小场强值各不相同，因此在每个测量位置都必须确定接收信道。利用较小的RBW记录信号频谱的迹线并计算所得谱密度的标准偏差 σ_{sp} 来确定接收信道。

通过以下频谱分析仪设置进行测量：

- 频率跨度（Span）： 6.5 MHz (7 MHz 信道) 或 7.6 MHz (8 MHz 信道)
- RBW: 30 kHz
- 检测器： r.m.s.（首选）或样本（如没有 r.m.s.）
- 跟踪模式： ClearWrite（如使用r.m.s.点播器），平均扫描超过200次（如使用检样器）
- 扫描时间： 2 秒（如使用 r.m.s. 点播器），10 毫秒（如使用检样器）。

需减慢扫描时间（或延长平均时间），以确保所得到的频谱电平不会受到信号调制的影响。

必须分别确定每次场强测量的接收信道。

基于所测得的有用场强和接收信道，根据表5，距下一个测量点的距离可能有所不同。

表 5

相邻测量点之间的距离

| 接收信道 | 测得的有用场强 e (dB) | 距下一个测量点的距离 (米) |
|-------|-----------------------|----------------|
| 高斯或莱斯 | $e \geq E_{med} + 10$ | 1 000 |
| 高斯或莱斯 | $e < E_{med} + 10$ | 500（标准） |
| 瑞利 | （任意） | 250 |

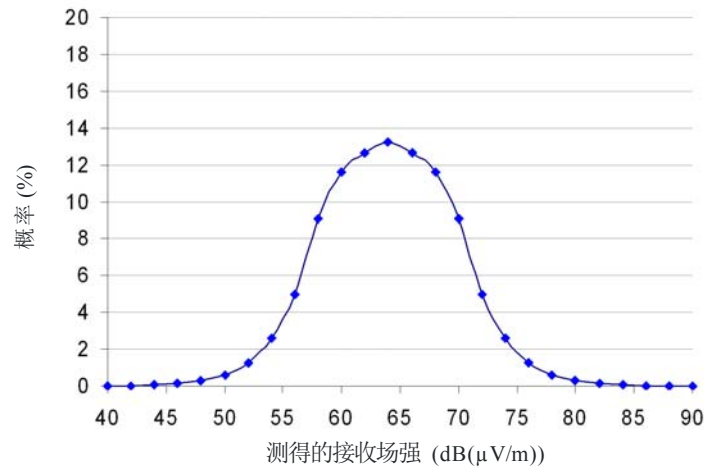
3.1.4 结果评估

3.1.4.1 验证均匀的场强分布

为了验证测量区内的场强是均匀分布的，以及根据接收信道已提取了足够的测量样本，可绘制测量场强值的统计分布图，如图5所示。分布图显示了具有一定场强值的测量样本（Y轴）与该值（X轴）的百分比。

图 5

接收场强分布（固定接收）



SM.1875-05

在示例中，测得的所有接收场强值中有13%为64 dB(μV/m)。该曲线相对狭窄，为高斯曲线。在这种情况下，可认为测量区内的场强分布相对均匀。如曲线扁平、宽阔或不似高斯分布，则场强分布杂乱并受到干扰。在这种情况下，需使用250米的网格进行进一步测量。

3.1.4.2 接收信道校正

如第2.24段如述，GE06协议等国际协议中显示根据接收信道 C/N 和/或最小所需场强有所不同。这些接收信道被理想化了，如假设瑞利信道的标准偏差 σ_{sp} 为3 dB。通常所接收到的信号来自不同接收信道。为了将这些信号的场强恰当地结合起来，根据第2.30段和附件2（ σ_{sp} -校正）给所有测量值增加一个校正值（ C_G ）。这按照3 dB的 σ_{sp} 对所有测得的场强值进行了规范。在国际协议中这一结果仅与 C/N 和/或瑞利信道的最小中值场强值进行比较。

3.1.4.3 干扰信道时间概率的校正

如受到较强的干扰，则将随机时间测量的干扰场强值的时间概率视为50%。为了确保在传播条件改变的情况下，干扰场强不会明显高于测得的值，测量值必须按照99%的时间概率进行校正。可使用ITU-R P.1546建议书确定所需的校正值。

3.1.4.4 决定是否覆盖一个测量点

应分别对每个测量位置测量的 σ_{sp} -校正结果进行评估。下列是可能出现的情况，且必须加以区分：

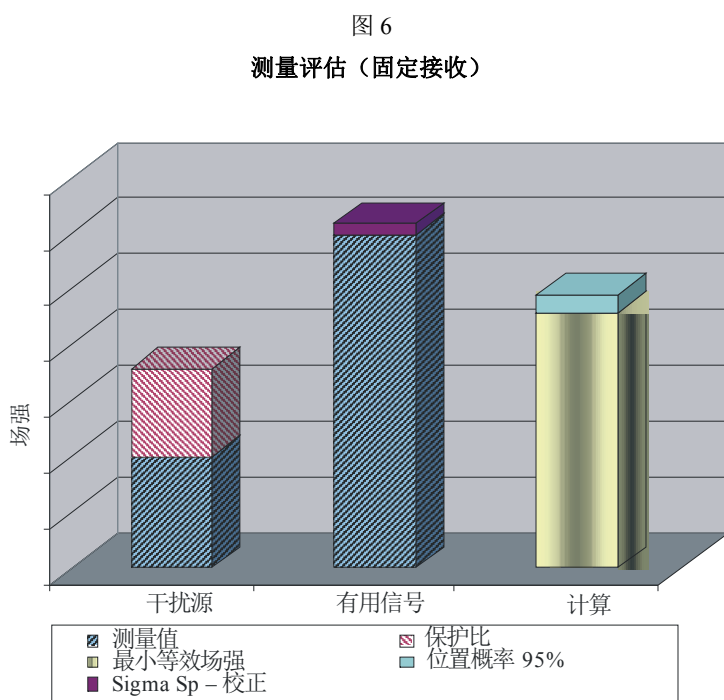
- a) 最大有用场强来自有用发射机方向，最大无用发射来自干扰发射机方向。
- b) 最大有用场强来自有用发射机方向，最大无用发射来自干扰发射机的反射。

- c) 最大有用场强来自有用发射机的反射，最大无用发射来自干扰发射机方向。
- d) 最大有用场强来自有用发射机的反射，最大无用发射来自干扰发射机的反射。

要确定是否有可能成功接收业务信号，并保持足够的置信度水平，必须比较以下三个部分：

- 测得的干扰场强和业务所需的保护比之和。
- 测得的有用场强，包括 σ_{sp} -校正。
- 最小有用场强 (E_{min}) 与根据附件2所需位置概率的校正值 (C_1)之和。

这三个部分在图 6中以三个块状图表示。



SM.1875-06

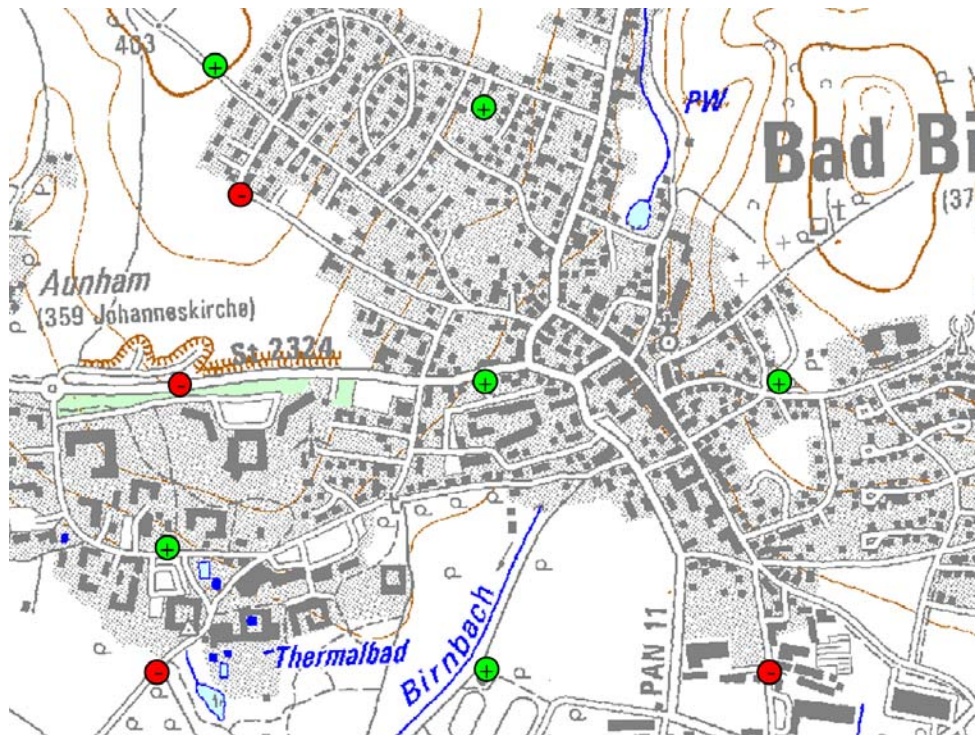
如有用信号块超过其它两个块状图，对于上文a)和b)两种情况，可能实现概率为95%的固定接收。在对其它时间概率进行覆盖评估的情况，从50至95%的校正必须替换为所需概率的等效值。

对于c)和d)的情况，仍无法保证在任何时间都可成功接收。因此必须在晚些时候和/或（略有）不同的测量位置重复测量，以提高结果的置信度水平，或确定一个特定点被覆盖的长期时间概率。必须分别对每次在这一特定位置测量的结果进行评估。如测量结果用于确保所有时间的长期接收，c)和d)情况的测量点就被视为未被覆盖。在其它情况下可能记录到特定位置仅在特定时间被覆盖的情况。

3.1.5 结果介绍

清晰显示结果的一种方法是绘制地图，如图7所示。其中，可能实现接收的测量位置显示为绿（亮）点，而无法实现接收的测量点显示为红（暗）色。另外，在原有的一些测量位置之间，插入了大致按照250米网格选择的额外的点（亦见图4）。

图7
测量结果（固定接收）



SM.1875-07

只要进行了充分测量，亦有可能确定测量区内可能实现业务信号接收的位置概率。绘制超过一定场强值并经 σ_{sp} -校正的测量值与该场强值的百分比，即可确定这一位置概率。见图8示例。

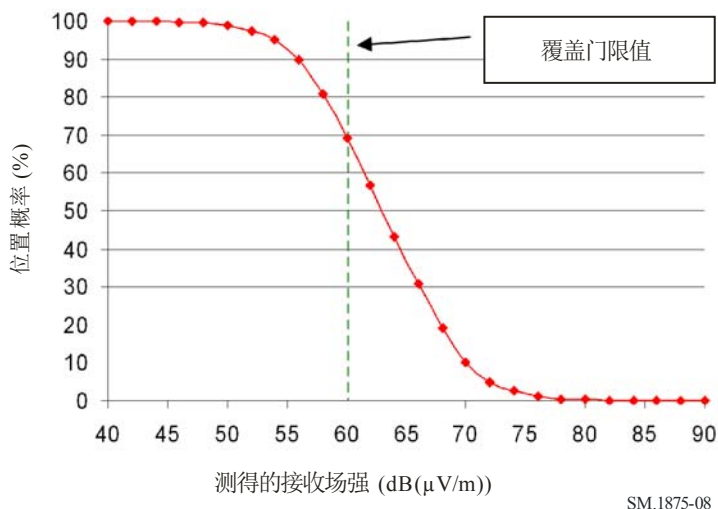
覆盖门限值是下列两个值中的较大值：

- 测得的干扰场强加业务所需保护比之和（这是图6中的“干扰源”块状图）；
- 最小有用场强(E_{min})与根据附件2所需位置概率的校正值(C_1)之和（这是图6“计算”块状图）。

在图8的示例中，覆盖门限值为60 dB(μ V/m)，测量样本的70%都达到或超过该值。这表示在测量区内70%的位置上可能实现接收，或换言之，测量区覆盖概率为70%。

图 8

测得的位置概率（固定接收）



SM.1875-08

3.2 验证便携式接收的覆盖预测

3.2.1 测量原则

要准确验证实际的覆盖范围，必须在该区域内的几乎所有位置进行测量。为了将测量数量控制在实际可操作的水平上，必须限制其数量。

便携式接收通常界定在地面以上1.5米的高度上。由于与地面如此接近，发射机发送的直射信号非常罕见，在城市环境中尤为如此。大部分接收信道为瑞利信道。因此有必要进行移动测量，以便收集足够的测量样本，得到统计上的相关结果。

必须注意，对于便携式接收和移动接收的要求不同。由于此处所说的测量方法仅侧重于场强值，尽管测量本身是移动的，还是有可能得出有关便携式接收的结论。

对于DVB-T，相关文件（如GE06协议）仅规定了地面以上10米高度的最小中值场强。为了计算1.5米高的便携式接收所需场强，必须应用几个校正系数。这些值根据附件2计算

示例：

GE06协议规定便携式室外接收的最小等效场强 (E_{min}) 为47.3 dB(μV/m)，在TV24频道上谱幅分布的标准偏差 $\sigma_{sp} = 3$ 。该值没有任何余量，表示成功接收的最低场强。为了计算便携式室内接收的所需场强，必须增加建筑物穿透损耗和建筑物内不同位置概率的校正系数。举例说明，对于位置概率为70%的便携式室内接收，增加10.9 dB（见附件2），从而最小终值场强为58.2 dB(μV/m)。

沿预测覆盖区外缘（或边界）相当于村庄或城市的测量区内的大部分道路上行驶进行测量。所得结果可直接与算得的便携式接收的最小中值场强进行比较。

3.2.2 必要测量设备

对于便携式 DVB-T 接收规划参数的评估，需要下列设备：

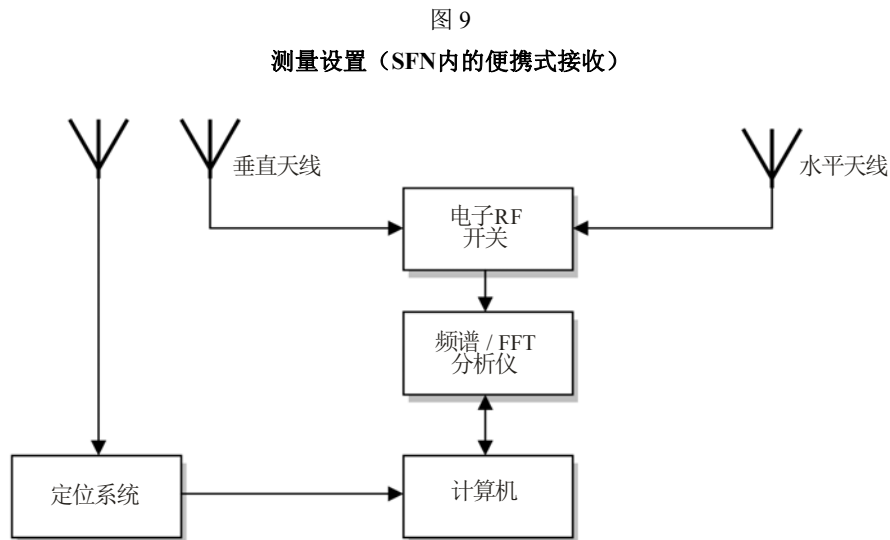
表 6
验证 DVB-T 接收所需的设备

| | 设备类型 | 所需功能，备注 |
|------------------------|------------------------|---|
| 一般设备 | 测量车 | 可在地面以上约1.5米的车顶安装多个天线，定位系统（如GPS） |
| 接收机（标准） | 频谱分析仪 | 计算机的数据接口（如LAN、IEEE488.2） 信道功率测量模式 检样器 首选功能：r.m.s. 减波器 |
| 接收机（可选） ⁽¹⁾ | FFT宽带接收机/分析仪 | 最小捕获带宽：10 MHz 计算机的数据接口（如LAN、IEEE488.2） 信道功率测量模式 |
| 天线 | 2 个全向天线 ⁽²⁾ | 安装在测量车车顶 1个水平极化天线，1个垂直极化天线 天线系数必须已知（校准） |
| 天线开关 ⁽²⁾ | 计算机可控的RF开关 | 切换速度： $\geq 40/s$ |
| 测量控制 | 计算机程序 | 分析仪的自动调整，定位天线开关，进行测量，并在屏幕上显示实时结果 存储从频谱分析仪得到的跟踪数据 存储信道功率测量结果 存储从定位系统得到的数据 在数字地图上实时显示频谱电平的实际标准偏差 σ |

⁽¹⁾ 由于宽带FFT接收机/分析仪立即捕获信号带宽，因此可实现更快测量，提供更准确的结果，在确定信道带宽中尤为如此（3.2.3段）。

⁽²⁾ 对于仅有一个发射机的网络（MFN）或仅使用单极化、一个全向天线的SFN的测量，无须天线开关。

两种极化的SFN内的测量设置如图9所示。



SM.1875-09

3.2.3 测量程序

所有测量均在沿预测覆盖区边界相当于一个城市或村庄的测量区内的主要道路行驶时进行。

测量每秒钟进行一次（大致是GPS定位系统提供一个新的/不同坐标的时间）。然后在500毫秒的时间内，提取所接收信号电平的10个样本，使用测量天线的天线系数转换为场强，将10个样本的中值与地理坐标一起存储。

测量时，频谱分析仪设置如下：

- 测量模式：信道功率
- 信道带宽：7 MHz或8 MHz
- RBW：30 kHz 或“自动”（不高于100 kHz）
- 检测器：r.m.s.（如有的话），或样本
- 跟踪模式：ClearWrite
- 扫描时间：20 ... 25 毫秒。

如使用宽带接收机或FFT分析仪，则下列设置适用：

- 捕获带宽： ≥ 7 MHz 或 ≥ 8 MHz（信道带宽）
- 捕获时间：1毫秒
- 测量模式：信道功率

特别是在城市地区且地面以上仅1.5米的高度进行移动测量时，接收信道通常为瑞利信道，且接收条件发生快速和显著的变化。尽管连续的移动注册将产生许多测量值，样本的数量可能不足以就覆盖情况得出具有一定置信度的结论。要得到测量区内场强分布的信息，就必需确定接收信道。且必须在场强测量之后的每个测量周期（即每秒一次）确定接收信道。

记录至少200毫秒的平均频谱，来消除DVB调制的影响，确定接收信道。

如使用扫频分析仪来进行测量，需采用下列设置：

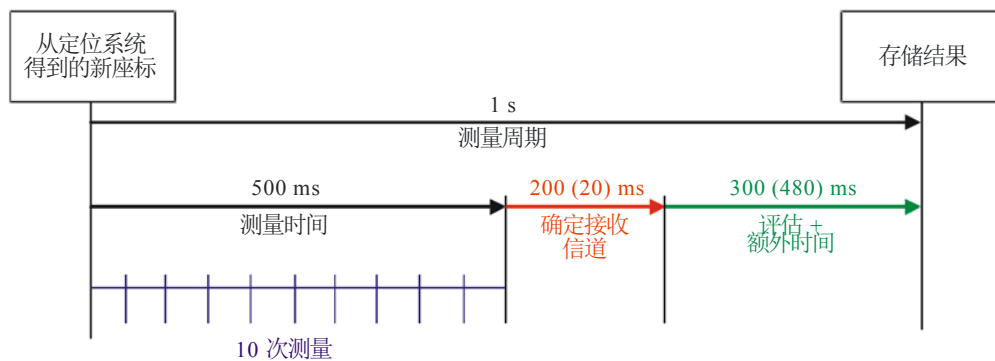
- 频率跨度：6.5 MHz (7 MHz 信道) 或 7.6 MHz (8 MHz 信道)
- RBW: ≤ 30 kHz
- 检波器：r.m.s. (首选) 或 样本 (如没有 r.m.s.)
- 跟踪模式：ClearWrite (如使用r.m.s.检波器)，平均扫描超过20次 (如使用检样器)
- 扫描时间：200 毫秒 (如使用r.m.s.检波器)，10毫秒 (如使用检样器)。

特别是在接收条件快速变化的移动测量中，接收信道的确定必须尽可能接近场强测量。宽带FFT接收机/分析仪可立即记录整个DVB-T频谱，而需要的测量时间却少得多，因此推荐使用，必须采用下列设置：

- 捕获带宽： ≥ 7 MHz 或 ≥ 8 MHz (信道带宽)
- 使用的频率跨度：6.5 MHz (7 MHz 信道)或7.6 MHz (8 MHz 信道)
- RBW: ≤ 30 kHz
- 捕获时间：20 毫秒。

对于每个捕获的频谱，计算谱幅标准偏差 σ_{sp} ，并与信道功率电平和地理座标一起存储。图10表示一个测量周期的基本时间。

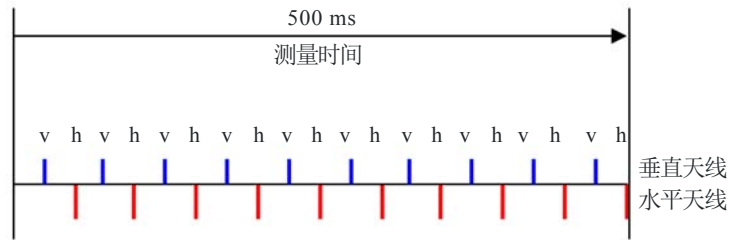
图 10
单极化发射机/网络的基本时间
(便携式接收)



SM.1875-10

在混和极化的SFN中，两个极化面必须同时测量。这要求在500毫秒的测量时间内提取20个测量样本。每个样本之间，天线从垂直切换到水平。这需要取得同一位置两次极化的中值场强值。图11表示了所需时间（仅对于场强测量）。

图 11
混合极化 SFN 的测量时间（便携式接收）



SM.1875-11

混合极化的SFN中，两个平面的接收信道也必须分别测量。如此一来，若使用扫频分析仪，则只有100毫秒的额外和处理时间，若使用宽带FFT接收机/分析仪，则为460毫秒。

从每个极化面的10个样本中分别计算等效场强。在确定接收信道过程中得到的 σ_{sp} -校正应用于两个中值。两个值中较大的值作为结果存储。

3.2.4 结果评估

在测量过程中将现有的 σ_{sp} 值显示在数字地图上，就可对测量进行实时评估：若在某个区域， σ_{sp} 的值通常大于3 dB，这表示主导接收信道为瑞利信道。在这种情况下，就需沿主路旁的辅路进行更多测量。图12显示了这种实时显示的示例，其中绿（亮）点表示莱斯信道，红（暗）点为瑞利信道。

图 12
测量过程中接收信道的实时显示



SM.1875-12

要确定测量区内是否可能进行便携式接收，就需要比较所有测得的场强值与从相关协议（如GE06协议）中算得的便携式接收的最小中值场强。在根据所需的接收条件对测量结果应用校正值时须谨慎从事：

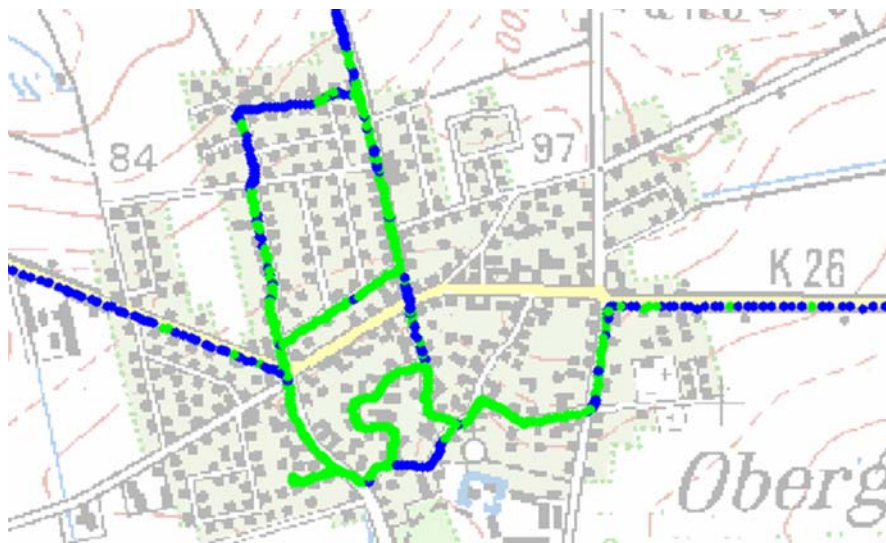
- 对于便携式室外接收，仅应用 σ_{sp} -校正。无需对位置概率应用其它校正，原因是测量是在正确的接收条件下进行的，已提取了足够的样本。位置概率可直接从测量结果中得出（见第3.2.5段）。
- 对于便携式室内接收，必须根据附件2对建筑物穿透损耗和不同的位置概率应用额外的校正值。
- 无法从这些移动覆盖测量中计算固定接收。而必须使用第3.1段中所述的测量程序。

3.2.5 结果介绍

显示覆盖情况的直接方法是用不同的颜色将上述比较结果绘制在地图上：绿（亮）点表示测得的值加超过便携式室外接收情况下最小中值场强（可能接收）的额外余量，蓝（暗）色表示可能实现便携式室内接收的点。

图 13

测量结果（便携式接收）



SM.1875-13

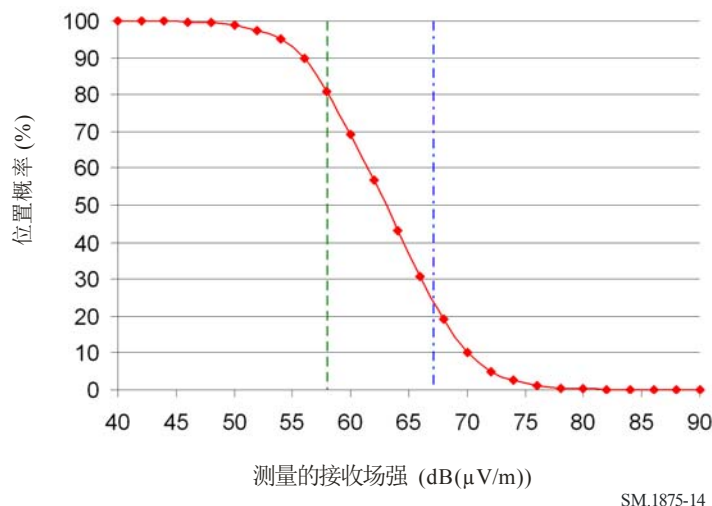
如在测量过程中无法实时显示接收信道，仍可在测量后确定测量区内的场强分布是否均匀。可将 σ_{sp} -校正的测量结果绘制成图来确定接收信道，如图5所示。如曲线为高斯曲线，且相对较窄，如示例所示，则场强分布足够均匀。若非如此，就必须沿测量区内更多不同道路进行更多测量。

此处所述方法的缺点是无法实时得出这一结论，可能需要重复测量。但如能立即做出反应，测量过程中接收信道的实时显示已揭示了这一结果。

从 σ_{sp} -校正的测量结果中，可得出有关测量区内便携式接收概率的结论。绘制超出一定场强经 σ_{sp} -校正的测量值与该场强值的百分比示意图来确定这一概率。示例见图14。

图 14

测量的位置概率（便携式接收）



SM.1875-14

在此示例中，算得的便携式室外接收的最小中值场强为58 dB(μV/m)（绿色虚线），便携式室内接收为67 dB(μV/m)（蓝色点线）。测量结果显示在测量区内至少80%的位置可能实现便携式室外接收，而在至少25%可实现便携式室内接收。

3.3 验证移动接收的覆盖预测

要验证移动覆盖，必须按照本建议书第3.2段沿道路进行场强测量。唯一的不同是必须根据国际协议选取移动接收所需的最小场强值。

但这样只能是对实际移动覆盖的粗略估算。特别是在8k-DVB-T系统中，主要问题是一旦接收到的信号变得太弱或失真过于严重（即使持续的时间很短），商用DVB-T接收机往往丧失同步功能。恢复同步所需的时间可能远远长于场强不足持续情况的时间。如根据移动接收的方法测量场强，上述影响可能导致出现所测得的覆盖区大于接收区的情况。为克服丧失同步的问题，用于移动接收的DVB-T接收机通常部署天线分集。

要正确评估移动DVB-T的覆盖区，必须利用分集式DVB-T测量接收机进行额外的接收质量测量。详细的测量程序仍在制定之中。

附件 2

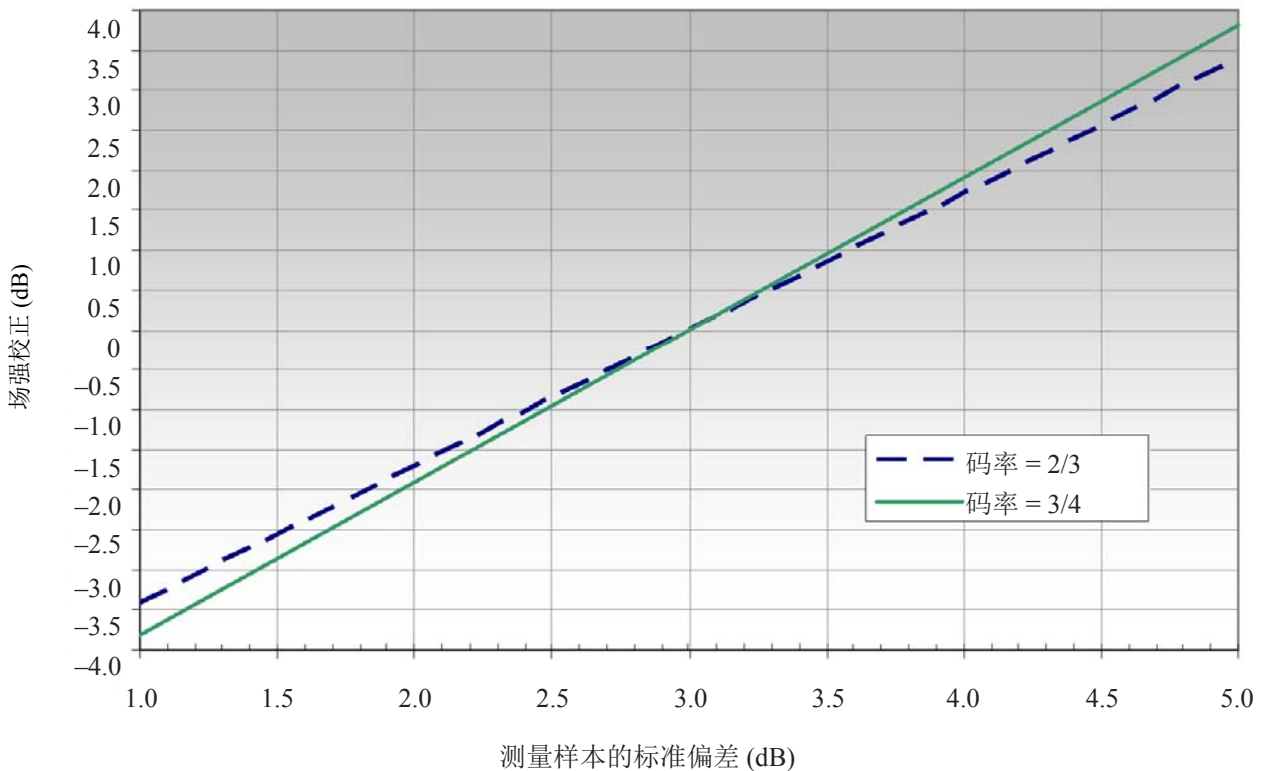
1 接收信道校正 (σ_{sp} -校正)

在GE06协议中列出最小信噪比 (C/N) 的表格假定莱斯接收信道的谱幅标准偏差 σ_{sp} 为 1 dB，或瑞利信道的标准偏差为3 dB。但实际的测量结果显示标准偏差并非1或3 dB。在这些情况下，在与GE06协议相关表格进行比较之前，必须根据下列公式从测得的场强值的中值中减去一个校正值：

$$C_{\sigma} = \frac{C/N_{Rayleigh} - C/N_{Gauss}}{2} * (\sigma_{sp} - 3)$$

图15表示了所得到的8k-DVB-T 系统的校正，码率为2/3和3/4。

图 15
因非标准接收信道而进行的校正



SM.1875-15

2 位置概率校正

位置概率校正 C_1 (50%的情况除外) 假定接收信号样本呈对数正态分布。

$$C_1 = \mu * \sigma \quad \text{dB}$$

其中：

$$\mu = \text{分布系数}$$

$\sigma =$ 测量样本的标准偏差。

对于诸如DVB-T的宽带信号，GE06协议规定较大区域内的标准偏差 σ_1 为5.5 dB。有了这个假设，可根据表7中的值计算不同位置概率的校正值。

表 7
不同位置概率的校正值

| 所需位置概率 (%) | μ | C_1 (dB) |
|------------|-------|------------|
| 50 | 0 | 0 |
| 70 | 0.52 | 2.9 |
| 95 | 1.64 | 9 |
| 99 | 2.33 | 12.8 |

对于室内覆盖评估，必须从室外测量值中减去建筑物衰减。但这一建筑物衰减同样存在一个标准偏差 σ_2 ，必须与宽带信号的标准偏差 σ_1 相加，如下所示：

$$\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$$

对于DVB-T室内接收，GE06协议规定了建筑物衰减和 σ_2 的值：

表 8
DVB-T室内覆盖的标准偏差和建筑物衰减

| 频率范围 (MHz) | 建筑物衰减 (dB) | σ_2 (dB) |
|------------|------------|-----------------|
| VHF | 9 | 3 |
| UHF | 8 | 5.5 |

3 室内覆盖的总校正量

评估室内覆盖时特定固定位置测得的场强值增加的总校正量是位置概率校正值 C_1 、宽带信号测量的标准偏差 σ_1 、建筑物衰减及其标准偏差 σ_2 之和。

表 9

固定点测量DVB-T室内覆盖的总校正量

| 频率范围 (MHz) | 所需位置概率 (%) | μ | σ_1 (dB) | σ_2 (dB) | σ (dB) | C_1 (dB) | 建筑物衰减 (dB) | 总校正量 (dB) |
|---------------|---------------|-------|--------------------|--------------------|------------------|---------------|---------------|--------------|
| VHF | 70 | 0.52 | 5.5 | 3 | 6.3 | 3.3 | 9 | 12.3 |
| | 95 | 1.64 | | | | 10.3 | | 19.3 |
| | 99 | 2.33 | | | | 14.7 | | 23.7 |
| UHF | 70 | 0.52 | 5.5 | 5.5 | 7.8 | 4.1 | 8 | 12.1 |
| | 95 | 1.64 | | | | 12.8 | | 20.8 |
| | 99 | 2.33 | | | | 18.9 | | 26.9 |

如按照建议进行移动测量，宽带信号的标准偏差 σ_1 不适用，原因如下：

- 测量实际上是在接收将得到评估的地点进行的；
- 测量方法提供了如此多的样本，计算得出的所有测量样本的中值已代表了测量区内的实际中值场强。

表10概述了将对这些测量值应用的总校正量。

表 10

移动测量的DVB-T 室内覆盖的总校正量

| 频率范围 (MHz) | 所需位置概率 (%) | μ | σ (dB) | C_1 (dB) | 建筑物衰减 (dB) | 总校正量 (dB) |
|---------------|---------------|-------|------------------|---------------|---------------|--------------|
| VHF | 70 | 0.52 | 3 | 1.6 | 9 | 10.6 |
| | 95 | 1.64 | | 4.9 | | 13.9 |
| | 99 | 2.33 | | 7.0 | | 16.0 |
| UHF | 70 | 0.52 | 5.5 | 2.9 | 8 | 10.9 |
| | 95 | 1.64 | | 9.0 | | 17.0 |
| | 99 | 2.33 | | 12.8 | | 20.8 |