

## ITU-R M.1831 建议书

## 卫星无线电导航业务（RNSS）系统间干扰估算的协调方法\*

（ITU-R 217/8 和 ITU-R 239/8 号研究课题）

（2007 年）

## 范围

本建议书提出了一个卫星无线电导航业务（RNSS）系统间干扰估算方法，协调 RNSS 中的系统和网络。由于第 610 号决议（WRC-03）适用于 RNSS 中的所有系统和网络，并包括促进确定 RNSS 系统间的兼容性的措施，本建议书适用于频带 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz 和 5 010-5 030 MHz 中的 RNSS。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 卫星无线电导航业务（RNSS）中的系统和网络为包括与生命安全相关的紧急事件的定位和定时应用提供全球范围的精确信息；
- b) 关于卫星无线电导航业务，WRC-03 采用新的和扩展的划分；
- c) 所有适当配置的地球站可以接收全球范围内 RNSS 中系统和网络发出的导航信息；
- d) 在 RNSS 中已经有一些运营中和已规划的系统 and 网络，并且在无线电通信局备案的 RNSS 数量的增加建议使用新的划分；
- e) 在为估算 RNSS 中的系统和网络之间的干扰提供一个公共基础而进行协调讨论中，需要研究出一些方法；
- f) 在 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz 和 5 010-5 030 MHz 频带中 RNSS(空对地和空对空)中系统和网络接收器的技术和操作特性和保护标准可以参见 ITU-R M 系列建议书或 ITU-R 当前的研究；
- g) 在 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz 和 5 000-5 030 MHz 频带中 RNSS（地对空、空对地和空对空）中系统和网络发射器的技术和操作特性可以参见 ITU-R M 系列建议书或 ITU-R 当前的研究；
- h) 在 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz 和 5 010-5 030 MHz 频带中，ITU-R- M.1318 建议书提供了估算从环境源进入到 RNSS 系统的干扰的模型，

---

\* 本建议书不陈述特定于应用的标准，该标准可以通过相关方双方协商确定。

## 认识到

- a) 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz 和 5 010-5 030 MHz 频带在所有三个区内以主要使用条件划分给 RNSS（空对地、空对空）；
- b) 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz 和 5 010-5 030 MHz 频带在所有三个区内以主要使用条件划分给其他业务；
- c) 《无线电规则》（RR）第 4.10 款规定，RNSS 安全方面的问题“需要特殊的措施以保证其免受有害干扰”；
- d) 根据 RR 第 5.328B 款，RNSS 中计划使用 1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz 和 5 010-5 030 MHz 频带的系统和网络（无线电通信局已在 2005 年 1 月 1 日之后适当时收到完整的协调和通知信息）必须服从 RR 第 9.12、9.12A 和 9.13 条款的规定的规定的应用，关于促进此协调的附加的方法和标准的研究正在计划中；
- e) 根据 RR 第 9.7 款，采用对地静止卫星轨道的卫星无线电导航业务网络中的电台必须协调其他这样的电台，并且关于促进此协调的附加的方法和标准的研究正在计划中；

## 注意到

- a) 第 610 号决议（WRC-03）适用于认识到 a) 中涉及频带中的所有 RNSS 中的系统和网络，并包括促进确定 RNSS 系统间的兼容性的措施。

## 建议

- 1 在认识到 a) 中确认的一个或多个相同频带中运行的或建议运行的 RNSS 系统之间实施的协调应采用附件 1 给出的方法（见注 1）；
- 2 在 RNSS 协调之前和之中，RNSS 系统运营商应认识到附件 2 和 3 中的导则。

注 1 — 附件 1 中规定的方法可能难以适用于多卫星 FDMA RNSS 系统。在这种情况下可以执行附件 2。

## 附件 1

## RNSS 中系统和网络之间估算系统间干扰的方法

## 1 引言

本方法旨在提供一种估算 RNSS 中系统和网络之间干扰的技巧，也同样用于 RNSS 系统间协调。（出于简要原因在本文件中用“系统”代替“系统或网络”。）此方法适用于采用 CDMA 和 FDMA 以允许共享 RNSS 频带的 RNSS 系统，并认定传输功率密度的简单总和不足以确定一个 RNSS 系统对其他系统的影响。不同于通常每占用频带只有一个载波的 RNSS CDMA 系统，FDMA 系统在单个占用频带有几个载波。将下述方法应用于多卫星 FDMA 系统中采用的每个载波频率是不实际的。

## 2 干扰解析法

通常，有效载波—噪声比密度比  $C/N'_0$ ，用于测量来自多个干扰源对指定接收器的运行性能的干扰效果。 $C/N'_0$  取决于接收器、天线和外部噪声。然而，它在估算 RNSS 系统的系统间干扰中使用。

在连续干扰<sup>1</sup>的情况下， $C/N'_0$  由下式给出：

$$\frac{C}{N'_0} = \frac{C}{\nu N_0 + I_{ref} + I_{int} + I_{ext}} \quad (1)$$

其中：

- $C$ : 后相关器收到的来自参考星群中的卫星的有用信号功率 (W)，包括所有相关过程衰减<sup>2</sup>
- $N_0$ : 接收器前相关器热噪声功率频谱密度 (W/Hz)
- $C/N'_0$ : 后相关器有效接收器热噪声功率频谱密度 (W/Hz)
- $I_{ref}$ : 后相关器等效白噪声功率频谱密度 (W/Hz)，来自除有用信号外的所有信号的合计干扰；由参考星群中的每个卫星发射，包括所有相关过程衰减
- $I_{int}$ : 后相关器等效白噪声功率频谱密度 (W/Hz)，来自除参考星群外的所有 RNSS 卫星的相关频带中发射的全部信号的合计干扰，包括所有相关过程衰减

<sup>1</sup> 当出现大的脉冲干扰时，公式 (1) 必须修改。通过压制有用信号并增加有效本底噪声，脉冲干扰减小了信噪比。

<sup>2</sup> 相关过程衰减包括发射机和接收机天线增益，接收机执行衰减，如滤波和量化衰减；收到的信号和参考编码间的失配衰减。

$I_{ext}$ : 后相关器等效白噪声功率频谱密度 (W/Hz), 来自除 RNSS 外的所有无线电信号的合计干扰, 包括所有相关过程衰减

$\nu$ : 无量纲有效热噪声因数由下式给出:

$$\nu = \int_{-\infty}^{\infty} |\bar{H}(f)|^2 S(f) df$$

$\bar{H}(f)$ : 标称等效转移函数, 频率  $f$  (Hz), 由下式给出:

$$\bar{H}(f) = \frac{H(f)}{\max_{\gamma} |H(\gamma)|}$$

$H(f)$ : 等效接收器滤波器转移函数 (无量纲), 频率  $f$  (Hz), 表示全部前相关器接收器前端滤波

$S$ : 未滤波前相关器有用信号的理想等效功率频谱密度, 频率  $f$  (Hz), 标称到无限带宽上, 并假定随机扩散码算出

$\gamma$ : 虚变量。

接收器的有效后相关器热噪声级, 在没有外部噪声的情况下, 减为  $N'_0 = \nu N_0$ 。另外, 如果  $H$  表示理想带通滤波器(而非详尽的接收器的前端滤波器幅度转移函数), 则  $\nu$  简化为:

$$\nu = \int_{-B_R/2}^{B_R/2} S(f) df \leq \int_{-\infty}^{\infty} S(f) df = 1$$

请注意, 假定  $\nu = 1$ , 最小化  $C/N'_0$  的值。

还应注意, 由于特定的 RNSS 系统, 考虑到干扰  $I_{int}$  (W/Hz) 可以进一步分为:

$$I_{int} = I_{alt} + I_{rem}$$

其中:

$I_{alt}$ : 后相关器等效噪声功率频谱密度(W/Hz), 由特定“交替的”星群的所有卫星影响的频带中发射的所有信号引起的合计干扰。

$I_{rem}$ : 后相关器等效噪声功率频谱密度(W/Hz), 由既不在参考星群也不在交替的星群的所有“剩余的”RNSS 卫星影响的频带中发射的所有信号引起的合计干扰。

为计算等效噪声功率频谱密度, 定义频谱分离系数  $\beta$  (单位为 1/Hz), 第  $m$  个星群的第  $n$  个信号对有用信号的干扰信号,  $x$ :

$$\beta_{m,n}^x = \int_{-\infty}^{\infty} |\bar{H}(f)|^2 \bar{S}_x(\nu) \bar{S}_{m,n}(\nu) d\nu \quad (2)$$

其中:

$\bar{S}_x(f)$ : 有用信号的标称(发射的带宽上的单位功率)双边功率频谱密度, 频率  $f$  (Hz):

$$\bar{S}_x(f) = \begin{cases} \frac{S_x(f)}{B_T/2} & |f| \leq B_T/2 \\ \int_{-B_T/2}^{B_T/2} S_x(\gamma) d\gamma & \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$B_T$ : 定义干扰信号功率的带宽 (Hz)

$S_x(f)$ : 未滤波有用信号 (1/Hz) 的双边功率频谱密度, 频率  $f$  (Hz), 标称到无限带宽上

$\bar{S}_{m,n}(f)$ : 来自第  $m$  个星群的未滤波第  $n$  个干扰信号的标称 (为单位的, 在发射带宽上) 双边功率频谱密度 (1/Hz):

$$\bar{S}_{m,n}(f) = \begin{cases} \frac{S_{m,n}(f)}{B_T/2} & |f| \leq B_T/2 \\ \int_{-B_T/2}^{B_T/2} S_{m,n}(\gamma) d\gamma & \text{;和} \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$S_{m,n}(f)$ : 干扰信号的双边功率频谱密度 (W/Hz), 频率  $f$  (Hz)。

公式 (2) 暗示假定由  $S$  表示的代码可以近似为合计干扰频谱中一个连续频谱。这可能不适用于短码, 因为在代码频谱的精细结构中谱线间的交叉相关是很重要的。在此情况下, 相对于在此描述的解析模型, 用于给定接收器的基于动态链路预算的模拟模型更适合, 包括信号的精确的频谱特性 (包括频谱线)。更详尽的说明见 § 6。

令:

$M_{ref}$ : 参考卫星星群中的可见卫星数

$N_{ref}$ : 由参考卫星星群中的一个卫星发射的干扰信号数 (不包括来自有用卫星的有用信号),

$M_{alt}$ : 交替的星群中可见 RNSS 卫星数

$N_{alt}$ : 由交替的卫星发射的信号数 (可以假定对交替的星群的全部卫星相同, 如果缺少的信号的功率设为 0 的话)

$M_{rem}$ : 不在参考或交替的星群中的可见 RNSS 卫星数

$N_{rem}$ : 由不在参考或交替的星群中的卫星发射的信号数

$P_{m,n}^{ref}$ : 在参考星群中第  $m$  个卫星上第  $n$  个干扰信号的最大干扰功率 (W)

$N_{m,n}^{ref}$ : (无量纲) 参考星群中第  $m$  个卫星上第  $n$  个干扰信号的过程衰减

- $P_{m,n}^{alt}$  : 交替的星群中第  $m$  个卫星上第  $n$  个信号的最大干扰功率 (W)
- $L_{m,n}^{alt}$  : (无量纲) 交替的星群中第  $m$  个卫星上第  $n$  个信号的过程衰减
- $P_{m,n}^{rem}$  : 剩余的 RNSS 星群中第  $m$  个卫星上第  $n$  个信号的最大干扰功率 (W)
- $L_{m,n}^{rem}$  : (无量纲) 剩余的 RNSS 星群中第  $m$  个卫星上第  $n$  个信号的过程衰减

根据这些定义可以写出下列公式, 以计算从参考星群、交替的星群和剩余的星群接收的有效干扰功率频谱密度:

$$I_{ref} = \sum_{m=1}^{M_{ref}} \sum_{n=1}^{N_{ref,n}} \frac{\beta_{m,n}^x P_{m,n}^{ref}}{L_{m,n}^{ref}} \quad (3)$$

$$I_{alt} = \sum_{m=1}^{M_{alt}} \sum_{n=1}^{N_{alt,m}} \frac{\beta_{m,n}^x P_{m,n}^{alt}}{L_{m,n}^{alt}} \quad (4)$$

$$I_{rem} = \sum_{m=1}^{M_{rem}} \sum_{n=1}^{N_{rem,m}} \frac{\beta_{m,n}^x P_{m,n}^{rem}}{L_{m,n}^{rem}} \quad (5)$$

使用公式 (1) 到 (5) 可以计算出有效载波—噪声比密度比  $C/N'_0$ 。然后此数字与基于接收器模式、代码获得、代码跟踪、载波跟踪和数据解调的  $C/N'_0$  门限比较以测量干扰的效果。

基于有效载波—噪声比  $C/N'_0$  的其他方法, 包括只由于特定的交替的星群导致的恶化也可以采用。还可考虑信号间互操作程度, 或特定系统间代码交叉相关特性。这些测量的应用实例在 § 5.2 中示出。

### 3 计算中所采用的数据

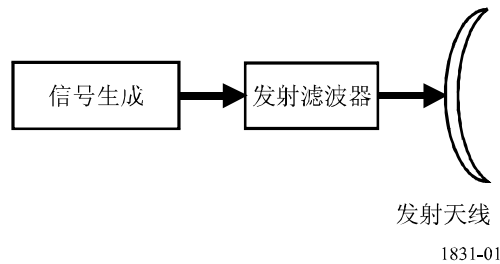
计算中所采用的数据将被测量或通过模拟确定或被调整以得出与实践一致的结果。另外, 对每个卫星和每个信号的这些值的计算通常在相关区域上的一定时期内模拟, 并且可以获得系统间干扰值的统计。

下列各小节就如何获得计算的输入项提供进一步注释。

#### 3.1 星群和卫星发射器模型

采用具有各自的轨道参数的动态星群模拟模型确定有用信号和干扰信号的接收功率电平。图 1 示出一个简化的卫星发射器模型。

图 1  
简化的卫星发射器模型



### 3.1.1 最差情况收到的信号电平

对于最差情况干扰的计算，有用信号在最小功率取得，干扰信号在最大功率取得。这包括除有用信号外的参考星群中的全部 RNSS 信号。

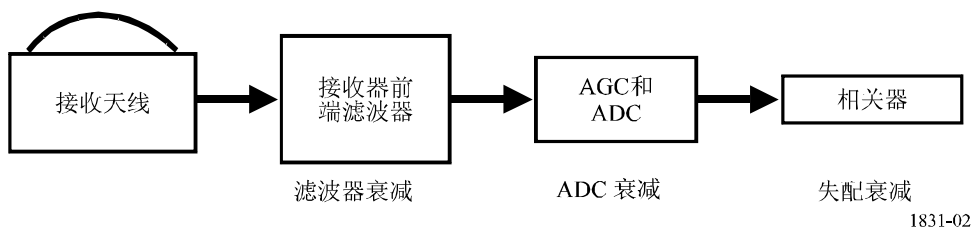
### 3.1.2 频谱分离系数 ( $\beta$ )

$\beta$ 值通过假定发射和接收器带宽计算。另外，采用公式 (2) 算出的值可能低于实际值。例如，出现在老的伪随机码（短码期）中。这是由于短期代码的粗糙的频谱线结构不可能由公式 (2) 中通常使用的连续功率频谱密度函数精确表示。

## 3.2 用户接收器模型

用户接收器模型示于图 2。接收器天线的输出即为接收器前端滤波器的输入，接收有用信号和干扰信号。自动增益控制 (AGC) 回路在 ADC 动态范围内保持到模拟/数字转换器 (ADC) 的电压输入。采用接收信号和本地生成的信号与发射滤波前的发射信号的匹配来实现相关性。所有衰减即，滤波、ADC 和相关器失配衰减合并入一个衰减因数，然而，有用信号的衰减可与干扰信号的衰减不同。

图 2  
简化的用户接收器模型



## 3.3 干扰和噪声模型

导航信号参数根据数据速率、扩展码片速率和其他代码特性和调制类型给出。连续的频谱近似值用于模拟收到的干扰信号的频谱组合（短期码除外，此码的谱线性性质要考虑）。

通过在一个 24 小时周期内地面每个位置上测量干扰功率也可考虑到用户的位置。对于一个给定 RNSS 干扰信号的类型，该类型的最大合计干扰电平被算出并比较单个此干扰信号的每颗卫星的最大干扰功率以产生出合计增益因数 ( $G^{agg}$ )。换言之， $G^{agg}$  得出 RNSS 信号类型的单个信号的最大功率，并且是将该功率与该类型全部干扰信号的功率相联系所需要的增量。此因数涉及相同类型的全部其他信号以及面向发射该信号类型的全部卫星的天线增益中的变量。

例如，交替的星群干扰的计算， $I_{alt}$ ，在公式 (4) 中简化为：

$$I_{alt} = \sum_{m=1}^{M_{alt}} \left[ G_m^{agg} \sum_{n=1}^{K_{alt}} \frac{\beta_{m,n}^{alt} P_{m,n}^{alt}}{L_{m,n}^{alt}} \right] \quad (6)$$

其中外部总和包括 RNSS 星群数， $M'_{alt}$ ，内部总和包括交替的星群中特殊信号数， $K_{alt}$ 。实际上， $G^{agg}$  值可以计及对于单个信号的一个给定星群，如 § 4 所示，并适用于全部该星群的信号，或它可以成为协调讨论的课题。同样地，其他干扰值也可以被简化。

来自连续外部宽带源的干扰通常模拟为具有恒量等效噪声功率频谱密度值的噪声源， $I_{ext}$ 。此术语旨在说明 RNSS 外的全部无线电源，并可能包括来自其他无线电业务的带内或带外干扰。

窄带和脉冲干扰需要规定其他方法。

#### 4 基于模拟的计算 $G^{agg}$ 的方法

后相关器对有用信号（由  $k$  指出）的合计干扰功率频谱密度，从 RNSS 系统内全部卫星到一个给定位置的接收器（由  $i$  指出），按照频谱分离系数、发射功率、发射/接收天线增益、通路衰减和过程衰减表示如下：

$$I_{i,k}(t) = \sum_{m=0}^{M_i^S(t)} \left[ G_{i,m}^T(t) G_{i,m}^R(t) \alpha_{i,m} \sum_{n=1}^{N_m} \frac{\beta_{m,n}^k P_{m,n}^k}{L_{k,n}} \right] - G_{0,k}^T(t) G_{0,k}^R(t) \alpha_{k,0}(t) \cdot \frac{\beta_{0,k}^k P_{0,k}^k}{L_{k,k}} \quad (7)$$

其中：

- $i$ : 接收器指标
- $k$ : 有用信号类型指标
- $t$ : 计算合计干扰功率的时间段
- $M_i^S(t)$ : 在时间  $t$  内第  $i$  个接收器位置上观察到的卫星数
- $m$ : 观察到的卫星总合指标， $m=0$  为有用信号的卫星指标
- $G_{i,m}^T$ : (无量纲) 第  $m$  个卫星到第  $i$  个接收器位置之间的发射天线增益（相对于全向天线）
- $G_{i,m}^R$ : (无量纲) 第  $i$  个接收器位置到第  $m$  个卫星之间的接收天线增益（相对于全向天线）



- $\alpha_{i,m}$ : (无量纲) 从第  $m$  个卫星到第  $i$  个接收器位置的通路衰减
- $N_m$ : 在第  $m$  个卫星上信号类型总数
- $\beta_{m,n}^k$ : 第  $m$  个卫星的第  $k$  个信号类型和第  $n$  个信号类型之间的频谱分离系数(1/Hz)
- $P_{m,n}$ : 第  $m$  个卫星上第  $n$  个信号的发射功率 (W)
- $L_{k,n}$ : (无量纲) 第  $n$  个信号类型的过程衰减 (当需要第  $k$  个信号类型时)。

在公式 (7) 中, 第一个术语是来自全部观察到的卫星和用于全部信号的功率频谱密度总和, 包括来自有用卫星的有用信号, 第二个术语为来自有用卫星的有用信号的功率频谱密度。

从公式 (7) 还可以了解到, 等效功率频谱密度使热噪声本底上升。 $I_{i,k}(t)$  为时间、用户位置和频谱分离系数的函数。确定  $I_{i,k}(t)$  直接的方法是使用星群模拟软件, 在各自或全部干扰情况下确定所导致的干扰量。采用星群模拟进行此计算, 每次和每个地点都需要进行干扰解析是很烦琐和耗时的。具有一个在干扰解析中重复地使用的因数而不对每个情况使用星群模拟是有益的。这个因数可以采用模拟模型导出并因此避免了  $I_{i,k}(t)$  的重复计算。这个因数称为合计增益因数,  $G^{agg}$ , 通过采用最差情况下取公式 (7) 的上限得出。这样做在大部分情况下夸大了干扰, 但也保证不会超过计算出的门限干扰电平。

合计增益因数, 对于一个特殊的信号类型, 可以如下导出:

- a) 在每个位置上, 由  $i$  指示, 在空间中 (但通常处在或接近地球表面), 在第  $i$  个接收器位置上收到的干扰功率 (W) 可以记为:

$$P_i^R(t) = \sum_{m=0}^{M_i^S(t)} G_{i,m}^T(t) G_{i,m}^R(t) \alpha_{i,m}(t) P_m \quad (8)$$

注意, 在公式 (8) 中, 为简便起见, 涉及有用信号类型的指标,  $k$ , 已经省略且过程衰减  $L_m$ , 也在其他处说明 (比较公式 (10))。如果有用信号和干扰信号为相同类型, 必须对公式 (8) 进行较小的调整, 应从公式 (8) 减去有用信号功率。

- b) 现在可以记作, 对每个接收器位置,  $G^{agg}$  (无量纲) 的公式如下:

$$G^{agg} = \frac{\max_{all\ i} \left[ \max_{all\ i} (P_i^R(t)) \right]}{P_{max}^R} \quad (9)$$

在此, 在天线输出以及接收器的 RF 滤波器之前,  $P_{max}^R$  为源自任何一个卫星的最大信号功率 (W); 在参考天线输出以及接收器的 RF 滤波器之前, 计及所有采用增益  $G^R$  标出的接收器位置, 又为所考虑的干扰接收天线的最大信号功率 (W)。注意, 参考接收天线 (对于一个特殊系统) 可以是一个适当的全向天线。这样的天线在极化中可以不匹配收到的信号类型, 导致附加的衰减。对于所有干扰信号类型, 可以从公式 (9) 计算  $G^{agg}$ 。

对于计算中所用的所有接收器位置，得出的  $G^{agg}$  是最差情况值。对于干扰解析中所用的任何接收器位置（用于有用信号类型），此值表示最差情况  $G^{agg}$ ：

来自全部 RNSS 观察到的卫星的所有 RNSS 信号的干扰的功率频谱密度（W/Hz）可以由下式进行上限：

$$I_0 = \sum_{n=1}^N \frac{G_n^{agg} \beta_n P_{max,n}^R}{L_n} \quad (10)$$

其中  $\beta_n$  为有用信号和第  $n$  个信号类型间的频谱分离系数， $L_n$  为有用信号和第  $n$  个信号类型之间的过程衰减。还应注意，通路衰减因数  $\alpha_{i,m}$  并入  $G^{agg}$  因数中，最大接收信号功率  $P_{max,n}^R$  替代发射信号功率。

举例来说，模拟方法采用 ITU-R M.1642 建议书中描述的轨道传播模型。27 颗卫星的星群使用的轨道参数示于表 1。作为仰角的函数的接收功率电平在图 3 中给出，接收器天线模型见图 4。在每个位置上一个 24 小时周期内最大功率见图 5（经度和纬度以 5 度分级）。对于  $-153$  dBW 的最大接收信号功率，计及全部接收器位置，合计增益因数为  $-141.6 - (-153) = 11.4$  dB。

表 1  
轨道参数的举例

卫星 ID	轨道半径 (km)	离心率	倾度 (度)	赤经 (度)	近地点的幅角 (度)	平近点角 (度)
1	26559.8	0	55	58.21285	0	6.33
2	26559.8	0	55	58.21285	0	134.62
3	26559.8	0	55	58.21285	0	234.13
4	26559.8	0	55	58.21285	0	269.42
5	26559.8	0	55	118.21285	0	30.39
6	26559.8	0	55	118.21285	0	61.53
7	26559.8	0	55	118.21285	0	152.22
8	26559.8	0	55	118.21285	0	176.92
9	26559.8	0	55	118.21285	0	289.68
10	26559.8	0	55	178.21285	0	90.83
11	26559.8	0	55	178.21285	0	197.11
12	26559.8	0	55	178.21285	0	227.99
13	26559.8	0	55	178.21285	0	322.09
14	26559.8	0	55	238.21285	0	0.00
15	26559.8	0	55	238.21285	0	28.67
16	26559.8	0	55	238.21285	0	131.04
17	26559.8	0	55	238.21285	0	228.26

表 1 (结束)

卫星 ID	轨道半径 (km)	离心率	倾度 (度)	赤经 (度)	近地点的幅角 (度)	平近点角 (度)
18	26559.8	0	55	238.21285	0	255.7
19	26559.8	0	55	298.21285	0	56.33
20	26559.8	0	55	298.21285	0	165.07
21	26559.8	0	55	298.21285	0	267.07
22	26559.8	0	55	298.21285	0	293.95
23	26559.8	0	55	358.21285	0	68.43
24	26559.8	0	55	358.21285	0	99.32
25	26559.8	0	55	358.21285	0	201.63
26	26559.8	0	55	358.21285	0	320.60
27	26559.8	0	55	358.21285	0	349.16

图 3

示例作为仰角函数的陆地收到的功率

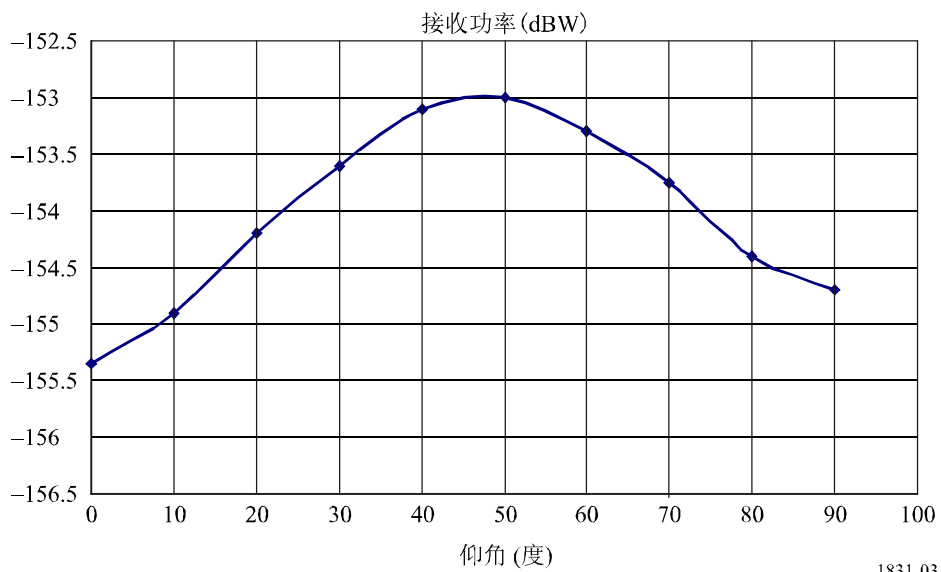
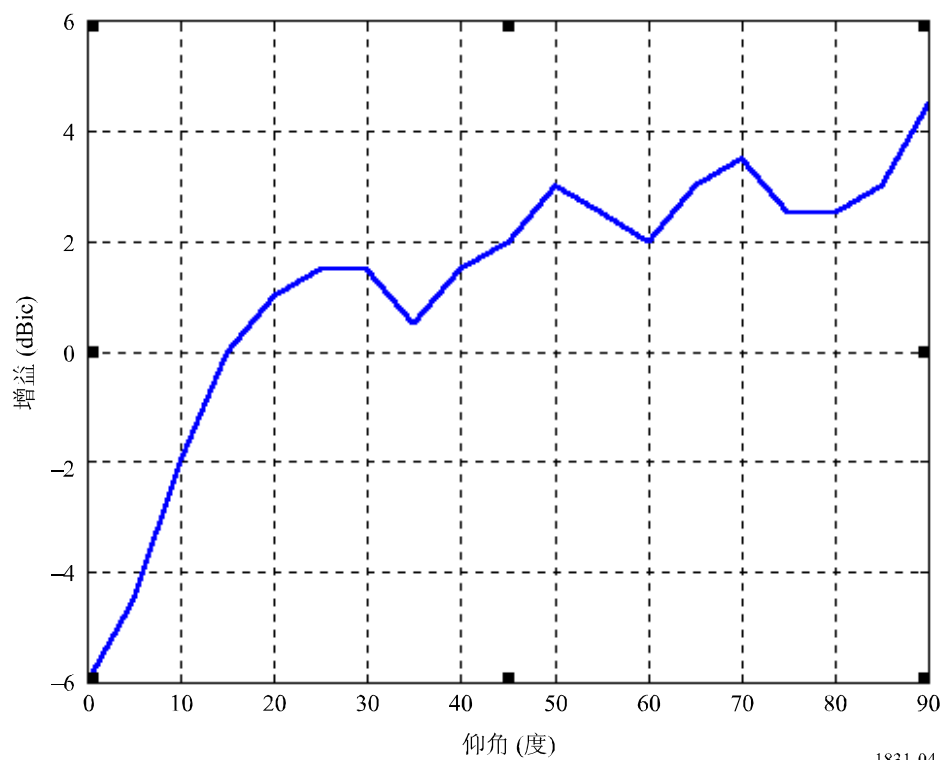


图 4

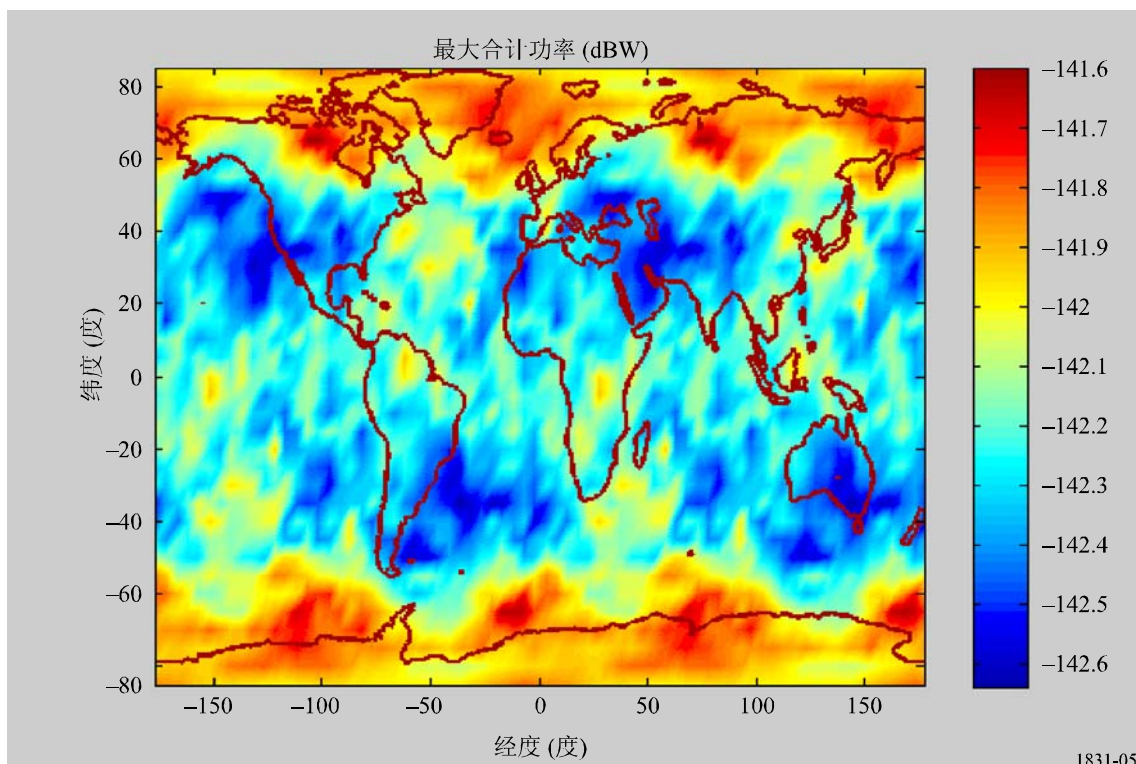
示例作为仰角函数的收到的天线增益



1831-04

图 5

示例 24 小时周期内的最大功率



1831-05

## 5 此方法应用的假定的实例

### 5.1 估算干扰电平

为说明对由于另外的 RNSS 系统产生的干扰进行解析所用的方法，表 2 描述一个假定的例子。注意，所用数值只适于例证并服从协调讨论。

表 2  
从系统 B 到 A 和 SBAS 系统组合的系统间  
干扰效果的一个假定的例子

有效参考系统噪声功率频谱密度： $n_0 +$ 参考系统自干扰, $I_{ref}$ , 由热噪声和参考（系统 A）星群中的其他信号产生	
最大信号 1 功率(dBW)	-157.50
最大信号 2 功率(dBW)	-160.50
最大信号 3 功率(dBW)	-157.50
干扰信号的过程衰减(dB)	1.00
合计增益因数, $G^{agg}$ (dB)	12.00
频谱分离系数, $\beta$ (dB/Hz)	
信号 1 到信号 1	-61.80
信号 2 到信号 1	-70.00
信号 3 到信号 1	-67.90
热噪声密度, $N_0$ (dB(W/Hz))	-201.50 <sup>(1)</sup>
$I_{ref}$ (dB(W/Hz))	-207.09
$N_0 + I_{ref}$ (dB(W/Hz))	-200.44
有效系统间噪声功率频谱密度： 除系统 A 和 B 之外的 $N_0 + I_{ref} +$ RNSS 干扰, $I_{rem}$ , 由热噪声、参考（系统 A）星群中的其他信号， 和干扰 SBAS 产生，但没有系统 B 信号 0	
最大 SBAS 功率(dBW)	-160.50
SBAS 合计增益因数, $G^{agg}$ (dB)	7.70
频谱分离系数, $\beta$ (dB/Hz)	
系统 A SBAS 到信号 1	-61.80
干扰信号的过程衰减 (dB)	1.00
$I_{rem}$ (dB(W/Hz))	-215.60
$N_0 + I_{ref} + I_{rem}$ (dB(W/Hz))	-200.31
有效总计系统噪声功率频谱密度： $N_0 + I_{ref} + I_{rem} +$ 非 RNSS 外部干扰, $I_{ext}$ , 由热噪声、参考（系统 A）星群的其他信号、干扰 SBAS， 和非 RNSS 外部干扰产生，但没有系统 B 信号 0	
$I_{ext}$ (dB(W/Hz))	-206.50
$N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext}$ (dB(W/Hz))	-199.37

表 2 (结束)

有效总计系统间噪声功率频谱密度: $N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} +$ 系统 B 干扰, $I_{alt}$ , 由热噪声和所有干扰 RNSS 信号以及外部干扰产生	
最大信号 0 功率(dBW)	-154.00
系统 B 合计增益因数, $G^{agg}$ (dB)	12.00
频谱分离系数, $\beta$ (dB/Hz)	
信号 0 到信号 1	
	-67.80
干扰信号的过程衰减 (dB)	1.00
$I_{alt}$ (dB(W/Hz))	-210.80
$N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + I_{alt}$ (dB(W/Hz))	-199.07

<sup>(1)</sup> 此值为典型值，可能不代表低噪声接收器。

在此例中，系统 A 的信号 1 信号是有用信号且系统 A 是“参考系统”。所有其他系统 A 信号，除有用信号 1 外，都被认定为干扰源，每类型信号应被独立地检验，这是一种通常的情况。因此，有用信号 1 也具有源自其他信号 1 发射的自干扰以及源自其他系统 A 信号的系统 A 的系统内干扰。对于此例子，其他系统 A 信号为信号 2 和信号 3。每个干扰系统 A 信号有其他特有的频谱分离系数。

系统 A 合计增益因数， $G^{agg}$  (12.0 dB，或对于系统 A SBAS 干扰为 7.7 dB)，需要考虑系统 A 接收器天线增益图、系统 B 发射器增益图；并且与接收干扰功率相关，该功率超过所有情况的 99.99%与来自单个交替的系统卫星的最大干扰功率相关。（实际百分比服从协调讨论）。注意，在计及系统内干扰之前组合的噪声功率频谱密度为 -201.50 dB(W/Hz)，但在计及之后就为-200.44 dB(W/Hz)。

计算中的“剩余系统”由单个 RNSS SBAS 网络表示。（实际上，通常包括几个 RNSS 系统和网络）。假定外部噪声为所有未在 RNSS 内运行的干扰源产生的噪声总合，并指定功率频谱密度为-206.5 dB(W/Hz)。参考系统、剩余系统和外部干扰的组合显示为-199.37 dB/Hz（假设）。

系统 B 包括在干扰计算中作为“交替系统”，系统 B（信号 0）则包括在系统 A 信号 1 的干扰计算中。假定系统 B 合计增益因数与系统 A 的相同。（实际上，因为星群不同合计增益应该不同）。最终结果示于表 2，表示对于此假定示例，系统 B 信号 0 将全部接收器噪声本底功率频谱密度增加-199.07 dB(W/Hz)。

## 5.2 有效载波—噪声比和相关恶化的估算

为了说明在对有效  $C/N_0$  的变化（由于另外的 RNSS 系统）进行分析时所用的方法，本节继续上节的假定示例并表示于表 3 中，如上节中，所用数值只用于说明并服从于协调讨论。注意，在考虑系统内干扰之前  $C/N_0$  为 36.00 dB-Hz，但在计及除信号 0 外的所有干扰时为 33.87 dB-Hz。

系统 B 包括在干扰计算中作为“交替系统”，系统 B（信号 0）则包括在系统 A 信号 1 的干扰计算中。最终结果示于表 3 中，对于此假定示例表示，系统 B 信号 0 将系统 A 信号 1 的  $C/N_0$  减少到 33.57 dB-Hz。

表 3  
由于来自组合的 A 和 SBAS 系统上系统 B 的系统间干扰，  
一个假定的  $C/N_0$  减少的例子

有效信号（系统 A 信号 1）载波—噪声密度比, $C/N_0$ (dB-Hz) 由于热噪声, $N_0$	
最小信号 1 功率(dBW)	-158.50
有用信号过程衰减 (dB)	2.50
最小接收器天线增益 (dBi)	-4.50
有用信号 $power, C$ (dBW)	-165.50
热噪声密度, $N_0$ (dB(W/Hz))	-201.50 <sup>(1)</sup>
$C/N_0$ (dB-Hz)	36.00
有效 $C/N_0$ (dB-Hz): $N_0 + I_{ref} + SBAS$ 干扰, $I_{rem} +$ 非 RNSS 外部干扰, $I_{ext}$	
$N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext}$ (dB(W/Hz))	-199.37
$C/(N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext})$ (dB-Hz)	33.87
有效系统间 $C/N_0$ (dB-Hz): $N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} +$ 系统 B 信号 0 干扰, $I_{alt}$	
$N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + I_{alt}$ (dB(W/Hz))	-199.07
$C/(N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + I_{alt})$ (dB-Hz)	33.57

<sup>(1)</sup> 此值为典型值，可能不代表低噪声接收器。

除这些有效载波—噪声比的计算外，也可使用基于有效  $C/N_0'$  的其他方法。一个示例是计算由系统 B 信号 0 特定产生的干扰的效果。这可以通过设定  $I_{rem}$  和  $I_{ext}$  参数为 0 来完成，因此只考虑参考系统的系统内干扰,  $I_{ref}$ ，对于由公式(11)给出的恶化计算，由  $\Delta C/N_0'$  表示。此恶化值与  $C/N_0'$  恶化门限相比较。示例计算由表 4 表示。

$$\Delta \left( \frac{C}{N_0'} \right) = \frac{\left( \frac{C}{N_0 + I_{ref}} \right)}{\left( \frac{C}{N_0 + I_{ref} + I_{alt}} \right)} = 1 + \frac{I_{alt}}{N_0 + I_{ref}} \quad (11)$$

表 4  
从系统 B 到系统 A 系统间干扰效果的一个假定的例子

有效参考系统噪声功率频谱密度:		
最大信号 1 功率(dBW)	-157.50	
最大信号 2 功率(dBW)	-160.50	
最大信号 3 功率(dBW)	-157.50	
干扰信号的过程衰减 (dB)	1.00	
合计增益因数, $G^{agg}$ (dB)	12.00	
频谱分离系数, $\beta$ (dB/Hz):		
信号 1 到信号 1	-61.80	
信号 2 到信号 1	-70.00	
信号 3 到信号 1	-67.90	
热噪声密度, $N_0$ (dBW/Hz)	-201.50 <sup>(1)</sup>	-204.00 <sup>(2)</sup>
$I_{ref}$ (dBW/Hz)	-207.09	
有效总计系统间噪声功率频谱密度:		
最大信号 0 功率(dBW)	-154.00	
系统 B 合计增益因数, $G^{agg}$ (dB)	12.00	
频谱分离系数, $\beta$ (dB/Hz):		
信号 0 到信号 1	-67.80	
干扰信号的过程衰减 (dB)	1.00	
$I_{alt}$ (dBW/Hz)	-210.80	
热噪声密度, $N_0$ (dBW/Hz)	-201.50 <sup>(1)</sup>	-204.00 <sup>(2)</sup>
公式 (11) 确定的 $C/N_0'$ 恶化 (dB)	0.38	0.57

<sup>(1)</sup> 此值为典型值, 可能不代表低噪声接收器。

<sup>(2)</sup> 此值为低噪声接收器的典型值。

最大可接受  $C/N_0'$  恶化可能取决于交替系统是否可以与参考系统互操作。在系统可以互操作的情况下,  $C/N_0'$  恶化门限可能高于不能互操作的系统。不能互操作的交替系统的噪声贡献  $I_{alt}$ , 可以被修改以计及特定系统间代码交叉相关特性。在这种情况下,  $I_{alt}$  应由  $I'_{alt} = \alpha \cdot I_{alt}$  代替, 其中  $\alpha \geq 1$ 。

基于公式 (12) 给出了另一个计算  $C/N_0'$  恶化的示例:

$$\Delta \left( \frac{C}{N_0'} \right) = \frac{\frac{C}{N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext}}}{\frac{C}{N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + I_{alt}}} = 1 + \frac{I_{alt}}{N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext}} \quad (12)$$

采用使用表 3 参数的公式 (12),  $C/N_0'$  恶化可以计算为 0.3 dB。

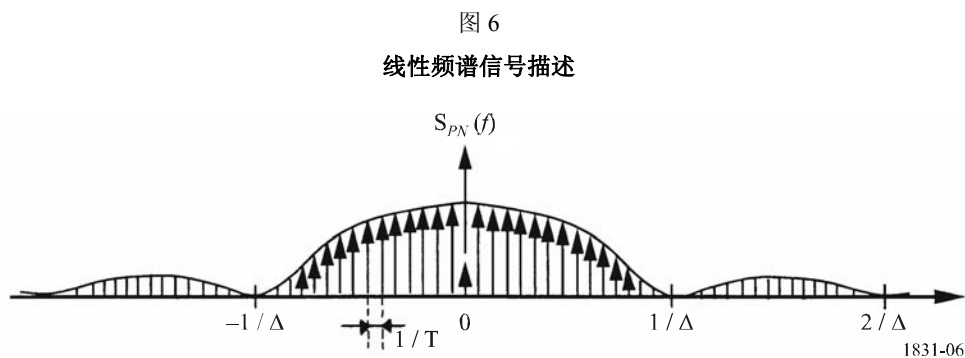


## 6 线性频谱信号建模

上述的解析模型将所接收信号的频谱近似为一个合计频谱，其中各个信号频谱的精确结构平均起来成为一个平滑的频谱。这种“连续频谱”建模适用于对应长展频码的信号，并假设不同信号间的多普勒频移在总的干扰估算中的效果可以忽略不计。

然而，这样的建模不适用于要求“真实频谱”建模的短码信号。这种更真实的建模考虑到信号的实际特性，如数据速率和展频码特性（代码长度和存在“导频”和/或“数据”信道），通过已调制信号的时间/频率转换。

具有周期性展频码的信号的真实频谱的特性描述通过一个包络和一个精确结构进行。精确结构为一个具有不同电平的谱线系列。当为数据时，精确结构谱线是平滑的。谱线取决于码片速率、代码长度、出现导频码以及代码结构，如图 6 所示。



其中：

$$1/\Delta = R_c \text{ (码片速率)}$$

$$T = N_c T_c \text{ (} N_c \text{ 码长度和 } T_c \text{ 码片周期)}$$

假定用户接收器为固定位置上的陆地接收器，通过模拟为最坏情况下（ $C/N_0'$ ）恶化位置来确定。在此模型中考虑有用信号和干扰信号之间的多普勒频移。接收功率以及由于卫星运动造成的多普勒频移通过链路预算被动态计算，基于不同系统、卫星的轨道参数和用户天线增益图以及用户接收器位置进行。

## 7 结论

上述解析法已经体现出在 RNSS 系统之间进行兼容性研究时的用途，并因此它也对系统间 RNSS 协调行动很有用。虽然原理很简单，对于有益结果的获得，全部 RNSS 系统的真实模型是必须的。另外，因为 RNSS 具有非对地静止系统，为确定系统之间干扰的统计，模拟也是必要的。

## 附件 2

## RNSS 外部和系统间干扰的估算所需的信息和建议的开发

为协调各 RNSS 运营商，本附件为确定在外部（非 RNSS）源和 RNSS 源之间如何分摊 RNSS 干扰预算提供了一个方法。此外，还提供了 RNSS 系统间协调的事项。

## 1 RNSS 干扰组成

在附件 1 的方法中，代表外部干扰（来自非 RNSS 源）的合计值  $I_{ext}$  作为附加的白噪声处理。此值的确定服从于协调。因此，它可以只是代表各协调方可接受的一个数值，或它也可以采用本附件所述方法进行计算，以确定对外部干扰和 RNSS 干扰功率的可接受的干扰功率电平。采用为外部干扰假定的单个值的方法称为“合计法”。本附件中讨论的方法（干扰预算在各干扰源中分摊）称为“分摊法”，并在下列各小节中详细讨论。

## 2 对 RNSS 干扰的“分摊法”

本方法基于分摊从一个 RNSS 干扰系统（或平均一个干扰卫星）到另一个有用 RNSS 系统的接收器的干扰。本方法称为“分摊法”。

本方法的本质是确定一个 RNSS 系统（或卫星）在可接受的干扰总计（合计）电平中所占的份额，并将此份额与为 RNSS 系统（或卫星）计算的干扰进行比较。现在设想一个工作在可接受干扰电平  $I_a$  下的 RNSS 系统。然后划分干扰份额如下：

$$I_a = \sigma_{RNSS} \cdot I_a + \sigma_{ext1} \cdot I_a + \sigma_{ext2} \cdot I_a$$

其中：

$\sigma_{RNSS}$ ：源自全部 RNSS 系统的可接受干扰的份额

$\sigma_{ext1}$ ：源自 RNSS 以外的全部主要业务的可接受干扰的份额

$\sigma_{ext2}$ ：源自全部干扰和噪声的其他外部源的可接受干扰的份额

$I_a$ ：源自全部业务的干扰的可接受等效功率频谱密度水平（W/Hz）

$$\sigma_{RNSS} + \sigma_{ext1} + \sigma_{ext2} = 1$$

得知源自全部 RNSS 系统的可接受干扰的份额  $\sigma_{RNSS}$ ，源自“参考”RNSS 系统的一个 RNSS 卫星的可接受干扰的份额  $\sigma_{ref}$  可确定为

$$\sigma_{ref} = \sigma_{RNSS} / N$$

其中：

$\sigma_{ref}$ ：源自一个 RNSS 卫星的可接受干扰的份额

$\sigma_{RNSS}$ : 源自全部 RNSS 系统的可接受干扰的份额

$N$ : 其中, 作为对不考虑发射器和接收器天线增益图的非 GSO RNSS 星群的保守估算, 设  $N = \max\{N_{max}^S, M_{ref}^S / 2\}$ , 其中  $N_{max}^S$  是观察到的卫星的最大数量,  $M_{ref}^S$  是参考星群中卫星数的总计。

还应注意, 总计可接受非 RNSS 干扰为  $I_{ext} = \sigma_{ext1} \cdot I_a + \sigma_{ext2} \cdot I_a$ 。

一种类似的方法可以适用于其他业务, 例如, 固定卫星业务使用这样一种分摊方案。

这种方法的基本问题是, 首先必须与合计干扰的门限值进行比较来确定源自不同业务和系统的可接受干扰的份额。源自每项业务的可接受的干扰份额必须提前研究和确定。

例如, 应考虑下列干扰份额: RNSS 占  $\sigma_{RNSS} = 0.89$ , RNSS 外的主要业务占  $\sigma_{ext1} = 0.1$ , RNSS 外的干扰源占  $\sigma_{ext2} = 0.01$ 。

### 附 件 3

#### 关于 RNSS 系统之间协调的导则

本附件提供的导则涉及下列关于协调要求和方法的一般问题, 应由需要与其他 RNSS 系统协调其规划系统的 RNSS 运营商考虑:

#### 1 在计算中需要考虑哪些 RNSS 系统?

按照 ITU 规则, 任何新规划的 RNSS 系统寻求协调的 RNSS 系统就是那些相应 ITU 文件归档有频率重叠的系统, 以及那些在该新规划的 RNSS 系统之前, 无线电通信局已收到协调请求 (或在 2005 年 1 月 1 日前提出的非对地静止系统的通知信息) 的系统。如果实际开发, 必须考虑所有这些系统。

ITU-R 建议书的最新版本包括关于某些已经通知 ITU-R 的 RNSS 系统的信息。根据第 610 号决议 (WRC-03) 题为 “关于频带 1 164-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz 和 5 010-5 030 MHz 内无线电导航卫星业务网络和技术兼容性的协调和双边决议问题” 的条款, 在协调过程中, 关于规划的 RNSS 系统的发展情况的信息可以在各主管部门之间交换。此信息可以阐明: 是否在计算中考虑一个特定的寻求协调的 RNSS 系统。更确切地, 参考决议的做出决议 1 规定: 已经制定指定频带中 RNSS 系统或网络备案的主管部门必须根据响应的主管部门的请求, 通知响应的主管部门 (交一份拷贝给无线电通信局) 是否它已经满足在第 610 号决议 (WRC-03) 附件中列出的标准。

参照的标准包括：

- i) 遵从适用的提前发布信息；
- ii) 关于系统的卫星的制造或采购的捆绑协议的清楚证明，或系统的保证资金的证明；和
- iii) 发射其卫星捆绑协议的清楚证明。

2 在考虑被通报的网络之处，以何顺序执行（例如根据协调请求日期或其他方式）？

第 610 号决议（WRC-03）的做出决议 1、2、3 和 4 要求，对于满足决议附件标准的这些系统，首先提交系统间的兼容性。在多于两个系统之间，各主管部门可以与系统备案日期（作为位置指示）无关的顺序相互协调。各主管部门也可以选择同意其特有的干扰标准的协调。

在遵守 RR 第 9 条第 II 部分的系统间协调事项涉及两个以上 RNSS 系统的情况下，除他们的两方的双边会议外，在相关所有方多边会议期间，对他们进行说明是有益的。

确实，如果例如系统 A、B 和 C 计划在 RNSS 位置内的给定的频带中运营，B 必须与 A 完全协调，C 必须与 A 和 B 完全协调，B 和 C 之间的协议可分别考虑 A 和 B 以及 A 和 C 之间的任何协议。

3 当采取协调时，将使用哪种特性？

对于一个特定系统，将用作开始基础的特性是与 ITU 备案相关的性能。然而，系统间干扰的计算应基于协调过程中主管部门之间交换的实际系统特性。计算需要的特性通常比相应 ITU 备案中包括的基本特性更为详尽，并必须与贯穿本备案定义的包络兼容。

4 附件 1 和 2 中提及的  $I_{ext}$  参数如何估算？

在某些情况下，源自其他业务的干扰  $I_{ext}$  已经在性能建议中考虑过。换言之，当设计 RNSS 系统时，必须考虑源自相同频带内其他联合主要业务的干扰量。源自其他业务的干扰的程度将考虑从频带到频带的变化。在某些情况下，根据研究结果在相同频带内对其他业务制定规则限制。例如，可以对陆地业务采取 e.i.r.p.形式的限制。然而，假设用户 RNSS 终端为移动终端，该步骤应计及来自所有源的频带中的干扰的合计增加。

附件 1 和 2 中建议的步骤中，源自 RNSS 以外业务的干扰模拟为一个噪声源，具有恒定等效噪声功率频谱密度值  $I_{ext}$ 。此术语旨在说明 RNSS 以外所有无线电源，并且它可以包括来自其他无线电业务的带内或带外干扰。如附件 1 概述，此方法适用于模拟连续外部宽带干扰源，但对窄带和脉冲干扰还应规定其他方法。

为确定  $I_{ext}$  值，必须预算作用明显的干扰源可能工作的共同频率和相邻划分，并得到在这些划分下运营的系统的技术信息，以估算这些源的各自的典型水平。在 ITU-R 建议书和报告书中或标准中可以得到指导。对于参考系统的用户， $I_{ext}$  的水平可以取决于所处的位置，因为某些系统可能只在特定的国家或地区运行。