

国 际 电 信 联 盟

ITU-R

国际电联无线电通信部门

ITU-R M.1831-1 建议书
(09/2015)

**卫星无线电导航业务系统间
干扰估算的协调方法**

M 系列
移动、无线电测定、业余
和相关卫星业务



国际电信联盟

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
2017年，日内瓦

© 国际电联 2017

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 M.1831-1 建议书

卫星无线电导航业务系统间干扰估算的协调方法

(ITU-R 217-2/4号研究课题)

(2007-2015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。

关键字

RNSS、协调方法、系统间干扰估算

缩略语/词汇

ADC 模拟数字转换器

AGC 自动增益控制

PRN 伪随机噪声

SSC 频谱间隔系数

相关国际电联建议书、报告

ITU-R M.1318-1建议书	卫星无线电导航业务以外其它无线电系统对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300MHz、1 559-1 610 MHz和5 010-5 030 MHz频带的卫星导航业务系统和网络带来持续1干扰的评估模型
ITU-R M.1787-2建议书	关于在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段运行的卫星无线电导航业务（空对地和空对空）系统和网络及发射空间电台技术特性的说明
ITU-R M.1901-1建议书	与1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 MHz和5 010-5 030 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务系统和网络有关的ITU-R建议书指南
ITU-R M.1902-0建议书	在1 215-1 300 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务（空对地）接收地球站的特性和保护标准
ITU-R M.1903-0建议书	在1 559-1 610 MHz频段内操作的卫星无线电导航业务（空对地）的接收地球站和航空无线电导航业务的接收站的特点和保护标准

ITU-R M.1904-0建议书	在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务(空对空)接收电台的特性、性能要求和保护标准
ITU-R M.1905-0建议书	在1 164-1 215 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务(空对地)接收地球站的特性和保护标准
ITU-R M.1906-1建议书	在5 000-5 010 MHz频段内运行的卫星无线电导航业务(地对空)接收空间电台的特性和保护标准及发射地球站的特性
ITU-R M.2030-0建议书	非卫星无线电导航业务的相关无线电源对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内卫星无线电导航业务系统和网络造成脉冲干扰的评估方法
ITU-R M.2031-1建议书	工作在5 010-5 030 MHz频段的卫星无线电导航业务(空对地)接收地球站的特性和保护标准及发射空间电台的特性

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RNSS，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RNSS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，已研究出一些方法；

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频带以主要使用条件划分给其他业务；
- c) ITU-R M.1901建议书提供了这一和其它有关在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 MHz 和 5 010-5 030 MHz 频段上操作的 RNSS 系统和网络的ITU-R建议书的指导；

- d) 在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 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.1905、ITU-R M.1902、ITU-R M.1903、ITU-R M.1904、ITU-R M.1906和ITU-R M.2031建议书；
- e) 在1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz、1 559-1 610 MHz、5 000-5 010 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.1787、ITU-R M.1906和ITU-R M.2031建议书；
- 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，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；
- g) ITU-R M.2030建议书提供了RNSS以外的相关无线电源对1 164-1 215 MHz、1 215-1 300 MHz和1 559-1 610 MHz频段内运行的RNSS系统和网络造成脉冲干扰的评估方法；
- h) 《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”；
- i) 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；
- j) 根据RR第9.7款，采用对地静止卫星轨道的RNSS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；

进一步认识到

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

目录

页码

1	引言	5
2	干扰解析法	5
3	计算中所采用的数据	8
3.1	星群和卫星发射器模型	8
3.2	用户接收器模型	9
3.3	干扰和噪声模型	9
4	基于模拟的计算Gagg的方法.....	10
5	此方法应用的假定的实例	14
5.1	估算干扰电平	14
5.2	有效载波 – 噪声比和相关恶化的估算	16
6	RNSS短码线性频谱特性和建模	18
6.1	RNSS短PRN码频谱示例.....	18
6.2	RNSS短PRN码详细动态建模的一般问题.....	19
7	结论	20

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，后关联器有效载波—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、天线和来自非RNSS的外部噪声。然而，它在估算RNSS系统的系统间干扰中使用。

在连续干扰¹的情况下， C/N'_0 由下式给出：

$$\frac{C}{N'_0} = \frac{C}{vN_0 + I_{ref} + I_{int} + I_{ext}} \quad (1)$$

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²
- N_0 : 接收器前相关器热噪声功率频谱密度（W/Hz）
- N'_0 : 后相关器有效接收器热噪声功率频谱密度（W/Hz）
- I_{ref} : 后相关器有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；由参考星群中视野内的卫星发射，包括所有相关过程衰减
- I_{int} : 后相关器有效白噪声功率频谱密度（W/Hz），来自除参考星群外的所有视野内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
- I_{ext} : 后相关器有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
- v : 无量纲有效热噪声因数由下式给出：

¹ 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。

² 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。

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

$\bar{H}(f)$: 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

$S(f)$: 未滤波前相关器有用信号的两侧理想等效功率频谱密度 (W/Hz), 频率 f (Hz), 标称到单位功率无限带宽上, 并假定随机扩散码算出

γ : 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 表示带宽为 B_R 的理想带通滤波器 (而非详尽的接收器的前端滤波器幅度转移函数), 则 ν 简化为:

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

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} : 后相关器有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} : 后相关器有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。

为计算有效噪声功率频谱密度, 定义频谱分离系数 β (单位为 1/Hz), 第 m 个卫星的第 n 个信号对有用信号的干扰信号, x :

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

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(W/Hz), 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_{TD} : 定义有用信号功率的带宽 (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)

$\bar{S}_{m,n}(f)$: 来自星群第 m 个卫星的第 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 (W/Hz), 频率为 f (Hz):

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

$S_{m,n}(f)$: 来自第 m 个星群的第 n 个干扰信号的双边功率频谱密度 (W/Hz), 频率为 f (Hz)。

B_T : 定义干扰信号功率的发射带宽(Hz)。

公式 (2) 暗示假定由 S 表示的伪随机噪声 (PRN) 代码调制的 RNSS 信号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” PRN 码的某些信号。更详尽的说明见第 6 节。

令:

M_{ref} : 参考卫星星群中的可见卫星数

$N_{ref,m}$: 由参考卫星星群中的第 m 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

$N_{alt,m}$: 由交替的第 m 个卫星发射的干扰信号数 (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

$N_{rem,m}$: 由不在参考或交替的星群中第 m 个卫星发射的干扰信号数

$P_{m,n}^{ref}$: 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:

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

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

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

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

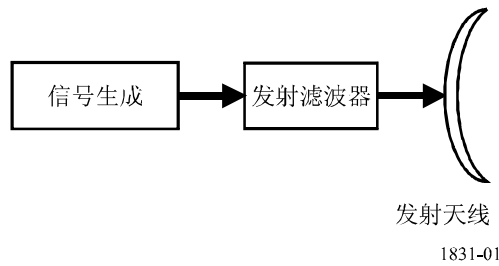
计算中所采用的数据将常被测量或通过模拟确定或被调整以得出与实践一致的结果。另外, 对每个卫星和每个信号的这些值的计算通常在相关区域上的一定时期内模拟, 并且可以获得系统间干扰值的统计。

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。

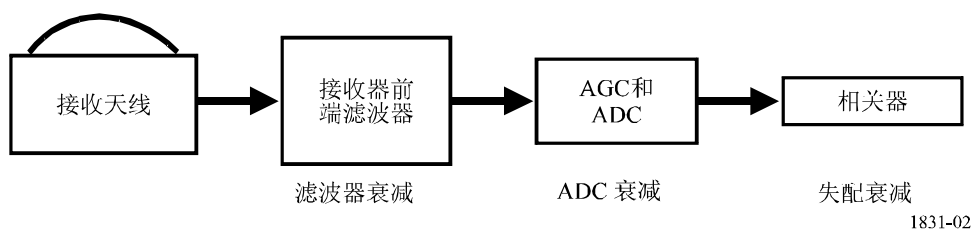
3.1.2 频谱分离系数 (β)

β 值通过假定发射和接收器带宽计算。请注意，采用公式(2)算出的值可能低于实际值。例如，这能够出现在“短”PRN中(见第6节)。这是由于“短”PRN代码相对粗糙的频谱线结构不可能由公式(2)中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、PRN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。

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：

$$I_{i,k}(t) = \sum_{m=0}^{M_i^S(t)} \left[G_{i,m}^T(t) G_{i,m}^R(t) \alpha_{i,m} \sum_{n=1}^{N_m} \frac{\beta_{m,n}^k P_{m,n}}{L_{k,n}} \right] - G_{0,k}^T(t) G_{0,k}^R(t) \alpha_{k,0}(t) \cdot \frac{\beta_{0,k}^k P_{0,k}}{L_{k,k}} \quad (6)$$

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RNSS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（6）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（6）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。

G^{agg} ，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：

$$P_i^R(t) = \sum_{m=0}^{M_i^S(t)} G_{i,m}^T(t) G_{i,m}^R(t) \alpha_{i,m}(t) P_m \quad (7)$$

注意，在公式（7）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（9））。如果有用信号和干扰信号为相同类型，必须对公式（7）进行较小的调整，应从公式（7）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：

$$G^{agg} = \frac{\max_{all\ i} \left[\max_{all\ t} \left(P_i^R(t) \right) \right]}{P_{max}^R} \quad (8)$$

在此， P_{max}^R 为源自任何一个卫星的、正在考虑的信号类型的最大信号功率（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（8）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：

$$I_0 \leq \sum_{n=1}^N \frac{G_n^{agg} \beta_n P_{max,n}^R}{L_n} \quad (9)$$

其中 β_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 $-142.0 - (-153) = 11.0$ 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
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

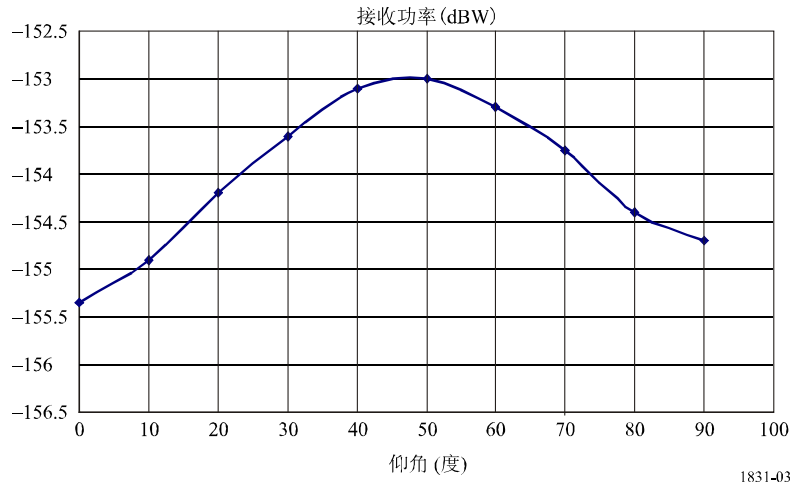


图4
 示例作为仰角函数的收到的天线增益

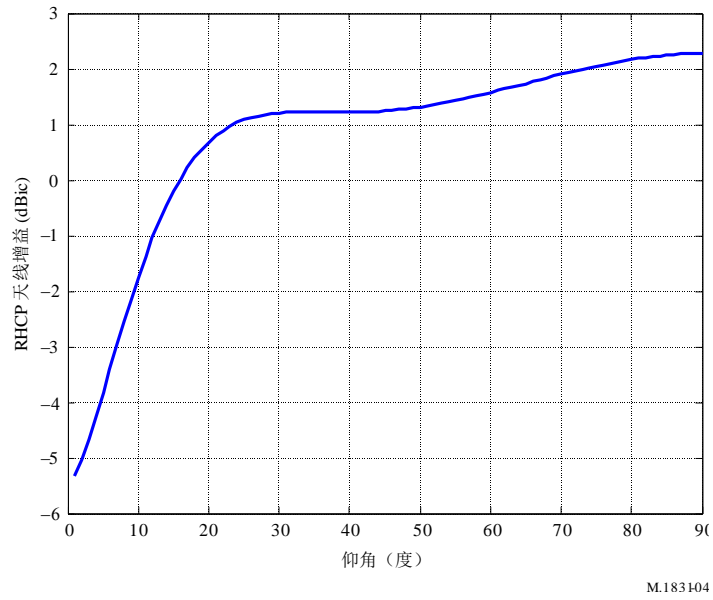
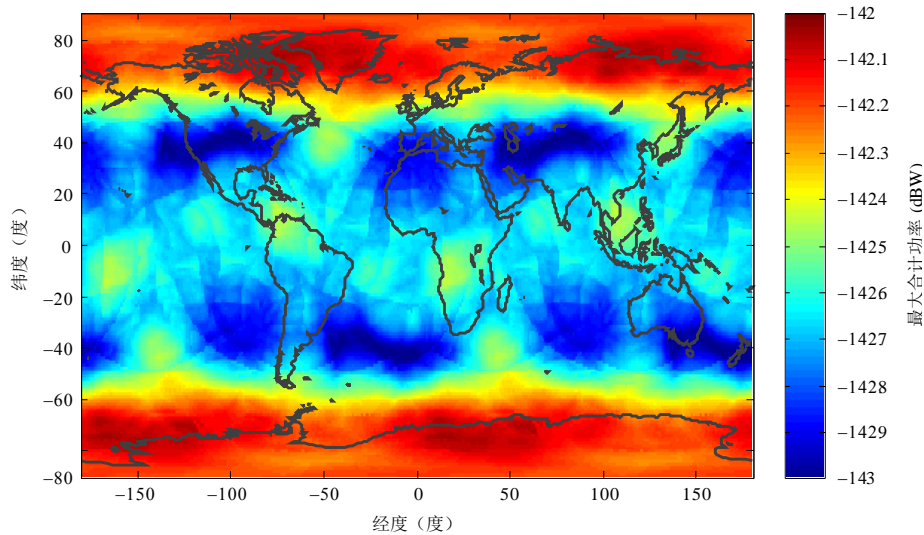


图5

示例24小时周期内地表的最大集总功率



M.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， β (dB/Hz)	
信号1到信号1 ⁽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 ⁽²⁾
I_{ref} (dB(W/Hz)) ⁽³⁾	-207.09
$N_0 + I_{ref}$ (dB(W/Hz))	-200.44

表 2 (结束)

有效总计系统噪声功率频谱密度: $N_0 + I_{ref} + I_{rem} + \text{非RNSS外部干扰, } I_{ext}$, 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	
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, β (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)) ⁽³⁾	-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: $N_0 + I_{ref} + I_{rem} + \text{非RNSS外部干扰, } I_{ext}$, 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
有效总计系统间噪声功率频谱密度: $N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + \text{系统B干扰, } I_{alt}$, 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, β (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)) ⁽³⁾	-210.80
$N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + I_{alt}$ (dB(W/Hz))	-199.07

(1) 此值基于公式(2), 此约数可能无法代表所有使用短PRN码的接收机。

(2) 此值为典型值, 可能不代表低噪声接收器。

(3) 此例中, I_{ref} 、 I_{rem} 和 I_{alt} 的值用 G^{agg} 评估。因此它们代表上界值。

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%与来自单个参考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 系统A信号1为 36.00 dB-Hz ，但在计及除系统B信号0外的所有干扰时为 33.87 dB-Hz 。

这样便将“交替系统”，系统B（信号0）包括在干扰计算中，以计算系统A信号1的新 C/N_0 。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 ⁽¹⁾
C/N_0 (dB-Hz)	36.00
有效 C/N_0 (dB-Hz) : $N_0 + I_{ref} + \text{SBAS 干扰}, I_{rem} + \text{非RNSS外部干扰}, I_{ext}$	
$N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext}$ (dB(W/Hz)) ⁽²⁾	-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) : $N_0 + I_{ref} + I_{rem}, + I_{ext} + \text{系统B信号0 干扰}, I_{alt}$	
$N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + I_{alt}$ (dB(W/Hz))	-199.07
$C/(N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + I_{alt})$ (dB-Hz)	33.57

(1) 此值为典型值，可能不代表低噪声接收器。

(2) 此例中， I_{ref} 、 I_{rem} 和 I_{alt} 的值用 G^{agg} 评估。因此它们代表上界值。

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(10)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。

$$\Delta \left(\frac{C}{N'_0} \right) = \frac{\left(\frac{C}{N_0 + I_{ref}} \right)}{\left(\frac{C}{N_0 + I_{ref} + I_{alt}} \right)} = 1 + \frac{I_{alt}}{N_0 + I_{ref}} \quad (10)$$

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, β (dB/Hz):		
	信号1到信号1 ⁽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 ⁽²⁾	-204.00 ⁽³⁾
I_{ref} (dBW/Hz) ⁽⁴⁾	-207.09	
$N_0 + I_{ref}$ (dBW/Hz)	-200.44	-202.27
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, β (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	
公式 (10) 确定的 C/N'_0 劣化 (dB)	0.38	0.57

(1) 此值是基于公式 (2) 的近似值，可能无法代表全部使用短PRN码的接收机。

(2) 此值为典型值，可能不代表低噪声接收器。

(3) 此值为低噪声接收器的典型值。

(4) 此例中， I_{ref} 、 I_{rem} 和 I_{alt} 的值用 G^{agg} 评估。因此它们代表上界值。

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 (11) 给出了另一个计算 C/N'_0 恶化的示例：

$$\Delta \left(\frac{C}{N'_0} \right) = \frac{\frac{C}{N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext}}}{\frac{C}{N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext} + I_{alt}}} = 1 + \frac{I_{alt}}{N_0 + I_{ref} + I_{rem} + I_{ext}} \quad (11)$$

采用使用表3参数的公式 (11)， C/N'_0 恶化可以计算为0.3 dB。

6 RNSS短码线性频谱特性和建模

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基本连续的频谱。这种“连续频谱”建模对于使用长PRN码³的RNSS信号而言是有效的。PRN码可能亦拥有其它更精细的结构，例如上层叠加代码或更高速率数据调制，它们可以有效的扩展基本的PRN码谱线，以生成对给定信号而言接近连续的频谱。在这种情况下多普勒频移在总的干扰估算中的效果可以忽略不计。

然而，在RNSS系统内或RNSS系统之间，此模型不适用于开展短PRN码⁴分析。在这些情况下，动态建模的必要性显尔易见，可用于考虑数据速率、PRN码特性、多普勒频移和相对接收信号功率等详细调制属性。

6.1 RNSS短PRN码频谱示例

短PRN码频谱用标称包络和基本离散线性结构描述。该线性结构是一系列谱线，其电平由包括码片速率和码长度在内的特定码的特性确定。当PRN码信号由数据调制时，基本频谱线可由数据有效拓展。图6展示了短PRN（低速率数据调制的码信号）的示范频谱。

³ 长PRN码的示例包括伽利略E1-B和-C码（ITU-R M.1787-2建议书附件3表3-1）和GPS L1C码（ITU-R M.1787-2建议书附件2表2-1）。

⁴ 短PRN码的示例为GPS L1 C/A码（ITU-R M.1787-2建议书附件2表2-1）。对短PRN码而言，总终的频谱分隔系数（SSC）在时间长于1毫秒的情况下，不遵守公式(2)中的近似值，这正是短PRN码的情况。

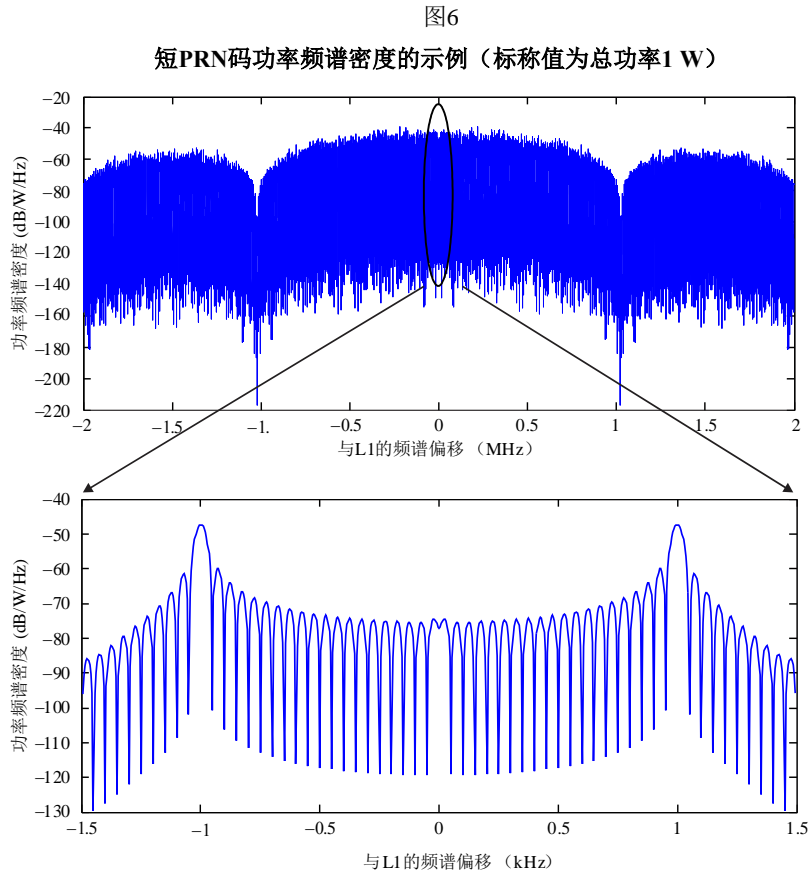


图6上半部分描述了频谱中央4 MHz部分，例如使用50 bit/s调制的短PRN码（在此例中大致示为随机）。频谱内部的3 kHz部分通过扩展，用于展示线性主PRN码线数据调制的延展效果（1 kHz线间隔=1/（码期））。此频谱的包络的形状约为 $\sin^2(\pi f T_{\text{Chip}})/(\pi f T_{\text{Chip}})^2$ ，其峰值为-47.1 dBW/Hz，且在距中心频率1.023 MHz（码片速率=1/T码片）的倍数时为零。

请注意相对多普勒偏移在干扰影响方面的重要作用。对于此示例短PRN码，如果干扰信号和有用信号之间的相对多普勒偏移为0.5 kHz的奇数倍，则影响将最小化。如果相对多普勒偏移为零或为1 kHz较小的整数倍，则影响将最大化。

6.2 RNSS短PRN码详细动态建模的一般问题

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。

可同意将除多普勒频移之外的其它要素用于协调，以确定短码自身射频干扰（RFI）的电平。

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：

- σ_{RNSS} ：源自全部RNSS系统的可接受干扰的份额
- σ_{ext1} ：源自RNSS以外的全部主要业务的可接受干扰的份额
- σ_{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 σ_{RNSS} ，源自“参考”RNSS系统的一个RNSS卫星的可接受干扰的份额 σ_{ref} 可确定为

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

其中:

σ_{ref} : 源自一个RNSS卫星的可接受干扰的份额

σ_{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和带外干扰。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。
