

ITU-R M.1642-2 建议书

在一个航空无线电导航业务台站上的来自工作在 1 164-1 215 MHz 频带的
所有无线电导航卫星业务系统的最大集合等效功率通量密度的估算方法

(2003-2005-2007)

范围

本建议书给出了由工作在 1 164-1 15 MHz 频带的任意部分上的所有无线电导航卫星业务 (RNSS) 系统在一个航空无线电导航业务 (ARNS) 台站的输入端所产生的最大集合等效功率通量密度 (epfd) 电平的估算方法和参考天线特性。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 根据《无线电规则》(RR)，在所有国际电联区域内 960-1 215 MHz 频带划分给航空无线电导航业务 (ARNS) 主用；
- b) 分析表明在 1 164-1 215 MHz 频带的 RNSS 信号可设计成对工作在该频带的 DME/TACAN ARNS 接收机不会造成干扰；
- c) 已研究制定了用于 ARNS 的保护准则，并在 ITU-R M.1639 建议书中提出用等效功率通量密度 (epfd) 表示，

认识到

- a) WRC-2000 提出了将 1 164-1 215 MHz 频带划分给 RNSS 共同主用，作为条件要求 RNSS 应保护 ARNS 免受有害干扰；
- b) WRC-03 确定了如果工作在 1 164-1 215 MHz 频带中的所有 RNSS (空对地) 系统的空间站所产生的 epfd 值在任意 1 MHz 频带内不超过 $-121.5 \text{ dB (W/m}^2\text{)}$ 的电平时，ARNS 就不会遭受 RNSS 的干扰，且采用第 609 号决议 (WRC-03) 以保证不超过该电平；
- c) 根据 RR 第 1.59 款 ARNS 是一种安全业务，且根据 RR 第 4.10 款需要主管部门采取专门的测量以保证这些业务免受有害干扰。

建议

- 1 附件 1 中的方法和附件 2 中的参考 ARNS 特性应用于计算由所有 RNSS 系统在任意一个航空无线电导航台站上所产生的最大集合 epfd。

附件 1

工作在 1 164-1 215 MHz 频带的所有 RNSS 系统在一个 ARNS 台站的最大集合 epfd 的估算方法

方法的摘要

用本附件中描述的方法可以计算在 1 164-1 215 MHz 频带中所有 RNSS 系统的最大集合 epfd 电平。

本方法允许不同系统容易地组合，在协商会议上可以检查某些系统的变化所产生的影响，这些变化例如：加入或除去一个系统或不同的系统或专用系统的特性的变化。

该方法同样适用于具有任意倾角的任意轨道中的卫星星座的非 GSO 系统和 GSO 系统。

该方法基于一个有两个步骤的过程：

步骤 1: 计算各个 RNSS 系统的 epfd。该步骤可由各个独立的运营者在协商会议前完成，并将他们的结果以统一的格式提交（非 GSO 系统见 § 1.3，GSO 系统见 § 1.4）。

步骤 2: 通过映射叠加得出由各系统合成的最大 epfd，如果需要在不同的频率计算，则在 1 164-1 215 MHz 频带中得出最大集合 epfd（见 § 2）。

方法的描述

1 计算来自一个 RNSS 系统的卫星的最大 epfd 的方法

1.1 epfd 的定义

正如 WRC-2000 所采用的等效功率通量密度（epfd）的定义基于 RR 第 22.5C.1 款。

当一副天线在其基准带宽内接收到同时来自不同距离、各个方向和入射的 pfd 的各种不同电平的发射机的功率时，epfd 就是如果接收到来自一个单一发射机的远场天线的最大增益方向的 pfd，会在接收机的输入端产生相当于与实际接收到不同的各个发射机的集合产生的同样的功率。

瞬时 epfd 可用下式计算：

$$epfd = 10 \log_{10} \left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \cdot \frac{G_t(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \cdot \frac{G_r(\phi_i)}{G_{r,max}} \right]$$

其中：

N_a : 接收机可见到的空间站的数量

i : 所考虑的空间站的指数

- P_i : 发射空间站的天线输入端的 RF 功率（基准带宽内）（或激活天线情况下的 RF 辐射功率）(dB(W/MHz))
- θ_i : 发射空间站的视轴与接收机指向之间的偏轴角（度）
- $G_r(\theta_i)$: 接收机指向上空间站的发射天线增益（作为一个比值）
- d_i : 发射站和接收机之间的距离（m）
- ϕ_i : 接收机指向与发射空间站方向之间的偏轴角（度）
- $G_r(\phi_i)$: 发射空间站方向上接收机的接收天线增益（作为一个比值）（见附件 2）
- $G_{r,max}$: 接收机的最大增益（作为一个比值）
- $epfd$: 接收机处的瞬时等效功率通量密度(dB(W/(m²·MHz)))。

注 1 – 假设各发射机都位于接收机的远场（即距离大于 $2D^2/\lambda$ ，其中 D 是接收机天线的有效直径而 λ 是相同单位的观测波长）。所考虑的情况中始终满足此要求。

1.2 一般考虑

在该方法的第一步骤中，RNSS 卫星的各星座的最大 $epfd$ 的计算是在整个地球表面的各纬度和经度上对系统占用的每个 1 MHz 的频谱计算的。

当受害 ARNS 接收机可能安装在飞行高度高达 40 000 英尺（12 192 m）的飞机上时（见附件 2 的§2），计算应包括仰角从 90° 下至 -3.54° 的所有卫星。

当每个系统的 $epfd$ 部分的计算只需在单个基准频率，首选信号功率最大的频率上进行时。RNSS 信号频谱模型应提供给协商会议，以便后面可采用适当的频谱模型因子乘以计算结果以得出任何其他频率的结果。

1.3 对一个非 GSO RNSS 系统的最大 $epfd$ 的计算方法

基于完整的 ITU-R S.1325 建议书的附件 1 的附录 1 给出的模拟方法可用于实现此目的。

附件 1 的附录 2 给出的方法，完全是基于一种分析技术。该方法可用于达到迅速的估算，但它不能产生确切的高限的结果。

1.4 对一个 GSO RNSS 系统的最大 $epfd$ 的计算方法

对于每个 GSO 卫星的最大 $epfd$ 都需要在该系统所占用的频谱的每 1 MHz 上的整个地球表面的各纬度和经度上进行计算。

该情况下 $epfd$ 与时间无关，因此可直接算出单一的一个结果的表格。

2 所有 RNSS 系统的最大集合 epfd 的计算方法

2.1 各系统所需的数据

没有对地同步周期的非 GSO RNSS 各系统将按照§ 1.3 的方法向协商会议提供一份对应纬度(可用于所有经度)的最大 epfd 的列表以及信号频谱模型。

具有对地同步周期的非 GSO RNSS 各系统将按照§ 1.3 的方法向协商会议提供一份对应纬度和经度的最大 epfd 的列表以及信号频谱模型。

各 GSO RNSS 系统将按照§ 1.4 的方法,向协商会议提供一份对应纬度和经度的最大 epfd 的表格以及信号频谱模型。

2.2 具有类似信号特性的合成系统的 epfd

通过信号频谱最大的相同频率确定 RNSS 系统的集合 epfd 可采用三个步骤来实现:

步骤 1a: 对具有列表中所有非 GSO (没有对地同步周期的)的各纬度上最大功率的信号在 1 MHz 频带内的最大 epfd 进行点对点的求和以得到对应纬度的非 GSO (没有对地同步周期的)的集合 epfd 的列表;

步骤 1b: 对具有列表中所有非 GSO (具有对地同步周期的)的各纬度和经度上最大功率的信号在 1 MHz 频带内的最大 epfd 进行点对点的求和以得到对应纬度和经度的非 GSO (具有对地同步周期的)的集合 epfd 的列表;

步骤 2: 对所有 GSO 表格的纬度和经度的各点上具有最大功率的信号在 1 MHz 频带内的最大 epfd 进行点对点的求和以得到对应纬度和经度的 GSO 集合 epfd 的表格;

步骤 3: 对应纬度的非 GSO (没有对地同步周期的)的集合 epfd 列表、对应纬度的非 GSO (具有对地同步周期的)的集合 epfd 列表以及对应纬度和经度的 GSO 集合 epfd 的各经度栏的经度进行点对点的求和以得到对应纬度和经度的集合 epfd 的总表格。

检查该表中的最高 epfd 将显现任意 1 MHz 频带内是否遵守 ITU-R M.1639 建议书中的保护准则。

2.3 具有不同信号特性的合成系统的 epfd

应注意的是最大集合 epfd 与频率有关。如果所有被考虑的 RNSS 系统的频谱在相同的频率上具有其最大值,那么一次分析就可满足需要了。但是,如果不同的系统具有不同的频率上的最大值,不论因为他们具有交叠的频谱使用不同的中心频率,还是由于他们使用了不同的调制技术,则最大集合 epfd 都将需要考虑频率。

确定具有不同中心频率的 RNSS 系统的最大集合 epfd 的最低要求是,以上三个步骤应在任意一个具有其信号频谱最大值的系统进行,且还需要在中间频率进行分析。

对于各频率,在与其他列表和表格求和之前,每个列表或表格都应用适当的频谱模型因子进行因子换算。

对所有结果表格中的最高 $epfd$ 的检查将显现在任意 1 MHz 频带内是否遵守了 ITU-R M.1639 建议书的保护准则。

2.4 结果的检查

在最大集合 $epfd$ 确定之后，要考虑确定所有 RNSS 系统在某一瞬时模拟出在 ARNS 台站位置上的绝对最大集合 $epfd$ 以证实采用附件 1 的附录 1 或附录 2 所得到的结果。

附件 1 的 附录 1

确定非 GSO RNSS 系统的最大 $epfd$ 的模拟方法

1 方法和模拟逼近的描述

基于 ITU-R S.1325 建议书，该方法的框架是在特定基准频率上（典型的是具有最大 RNSS 信号频谱密度的 1 164-1 215 MHz 频带内的 1 MHz 频带部分上）对一个 RNSS 系统的所有卫星模型。星座的模型在相对好的情况的一段时间中取样。每个样本 $epfd$ 都对所有的纬度点和经度点进行计算。应对每个纬度点和经度点记录下最大的样本。结果表格可表示成一副地图，如图 5 和图 6 所示。照此，对每个纬度的最大 $epfd$ 就可确定了，这样会消除由于有限的模拟时间造成的近似。

2 模拟的假设

2.1 轨道模型

轨道模型对位于圆形轨道和椭圆轨道的空间站进行模拟仅考虑由于地球的非球面性造成的在赤道平面中节点线的进动。

轨道模型代表在以地球为中心的惯性坐标框架中的卫星运动，示于图 1。这一惯性框架的原点位于地球的中心。x 轴指向白羊座中的第一点（即春分点），z 轴是地球的预定转轴，而 y 轴确定为 z 和 x 方向的单位矢量的交叉产物，即 $\vec{y} = \vec{z} \times \vec{x}$ 。

轨道模型基于在一个圆形和一个椭圆形的完美的球形地球的卫星轨道的牛顿运动方程式。对于采用圆形轨道的非 GSO 系统，其运动的特性使之很容易形成模型是因为卫星的轨道半径和速度都是常量。

2.1.1 相对于地球的常数

对于地球，一般常数有：

- R_e : 地球半径 (6 378.137 km)
- O : 地心
- μ : 地球引力常数 ($3.986005 \times 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$)
- J_2 : 地球势能二次谐波常数 ($1.082.63 \times 10^{-6}$)
- T_e : 地球自转周期 (23 h 56' 4.0989" = 86 164.0989 s)
- Ω_e : 地球自转角速度 = $2\pi/T_e \cong 7.2921151467 \times 10^{-5}$ 弧度/s
- t : 由于模拟恒定相位延迟造成的过去的时间 (s)。

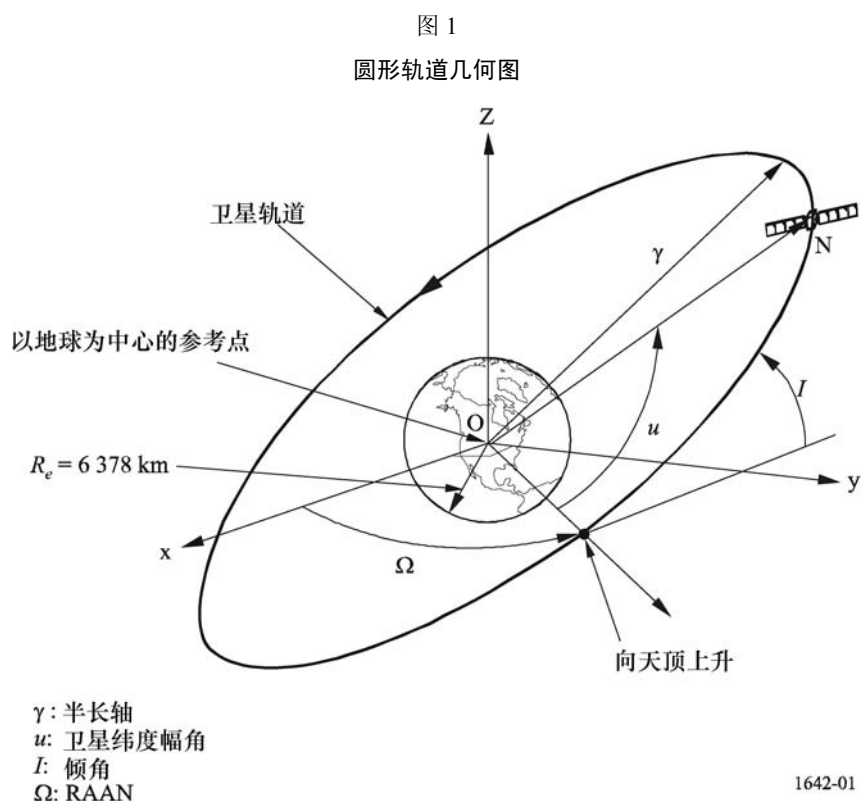
2.1.2 相对于非 GSO 卫星系统空间站的常数

对于采用圆形轨道的非 GSO 卫星系统的空间站 (见图 1)，有如下常数：

- N : 非 GSO 系统的空间站的数量
- i : 各非 GSO 卫星的指数 ($0 \leq i < N$)
- h_{sat} : 地球上空卫星的高度 (km)
- r : 卫星轨道的半径 (km) = $h_{sat} + R_e$
- I : 赤道上空轨道平面的倾角 (弧度)
- RAAN: 向天顶上升节点的赤经
- $\Omega_{i, 0}$: 第 i 个非 GSO 卫星在 t 时间的 RAAN (弧度)
- $u_{i, 0}$: 第 i 个非 GSO 卫星在 t 时间的纬度幅角 (弧度)
- T : 卫星轨道周期(s) = $2\pi(r^3/\mu)^{1/2}$
- n : 卫星的平均运动 (弧度/s) = $2\pi/T$
- $u_{i, t}$: 第 i 个卫星在 t 时间的纬度幅角 (弧度) = $u_{i, 0} + n_t$
- Ω_r : 向天顶上升节点的节退 (弧度/s)

$$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I) R_e^2 \frac{\sqrt{r\mu}}{r^4}$$
- $\Omega_{i, t}$: 第 i 个卫星在 t 时间的 RAAN (弧度) = $\Omega_{i, 0} + \Omega_r t$
- \vec{ON}_i : 在地球为中心的固定坐标框架中非 GSO 卫星的坐标矢量 (惯性坐标系):

$$\vec{ON}_i = \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = r \begin{bmatrix} \cos(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) - \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) \\ \cos(u_{i,t}) \cdot \sin(\Omega_{i,t}) + \cos(I) \cdot \sin(u_{i,t}) \cdot \cos(\Omega_{i,t}) \\ \sin(u_{i,t}) \cdot \sin(I) \end{bmatrix}$$



对于采用椭圆轨道的非 GSO 卫星系统的空间站（见图 2 和图 3），有如下常数：

- N : 非 GSO 系统的空间站的数量
- i : 各非 GSO 卫星的指数 ($0 \leq i < N$)
- a_i : 第 i 个卫星的半长轴 (km)
- e_i : 第 i 个卫星的偏心率
- $M_{i,0}$: 第 i 个非 GSO 卫星在初始时间的平均近点角 (弧度)
- T_i : 第 i 个卫星的卫星轨道周期(s) = $2\pi(a_i^3 / \mu)^{1/2}$
- n_i : 第 i 个卫星的平均运动 (弧度/s) = $2\pi / T_i$
- $v_{i,t}$: 第 i 个卫星在 t 时间的真正近点角 = $2 \cdot \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{1+e_i}{1-e_i}} \tan \frac{E_{i,t}}{2} \right]$
- $E_{i,t}$: 第 i 个卫星在 t 时间的偏心近点角 = $2 \cdot \tan^{-1} \left[\sqrt{\frac{1-e_i}{1+e_i}} \tan \left(\frac{v_{i,t}}{2} \right) \right]$
- $M_{i,t}$: 第 i 个卫星在 t 时间的平均近点角 = $M_{i,0} + n_i \cdot t = E_{i,t} - e_i \cdot \sin E_{i,t}$ *

* 一旦给出 $M_{i,t}, E_{i,t}$ 由迭代法来确定。通常，对于很短的时间步幅， $E_{i,t}$ 的最终值可以用作为初始估算。

I_i : 第 i 个卫星的赤道上空轨道平面的倾角 (弧度)

RAAN: 向天顶上升节点的赤经

$\Omega_{i, 0}$: 各第 i 个非 GSO 卫星在初始时间的 RAAN (弧度)

$\omega_{i, 0}$: 各第 i 个非 GSO 卫星在初始时间的近地点幅角 (弧度)

$u_{i, t}$: 第 i 个卫星在 t 时间的纬度幅角 (弧度) = $\omega_{i, 0} + \nu_{i, t}$

Ω_{ri} : 第 i 个卫星的向天顶上升的节点的节退 (弧度/s)

$$= -\frac{3}{2} J_2 \cos(I_i) R_e^2 \frac{\sqrt{a_i \mu}}{a_i^4 (1 - e_i^2)^2}$$

$\Omega_{i, t}$: 第 i 个卫星在 t 时间的 RAAN (弧度) = $\Omega_{i, 0} + \Omega_{ri} t$

$\vec{ON}_{i,t}$: 在地球为中心的固定坐标框架中在 t 时间第 i 个非 GSO 卫星的坐标矢量 (惯性坐标系):

$$\vec{ON}_{i,t} = \text{rot3}(-\Omega_{i,t}) \cdot \text{rot1}(-I_i) \cdot \text{rot3}(-\omega_{i,0}) \cdot \vec{r}_{i,t}$$

$\text{rot1}(\alpha)$: 相对于 x 轴的旋转

$$\text{rot1}(\alpha) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

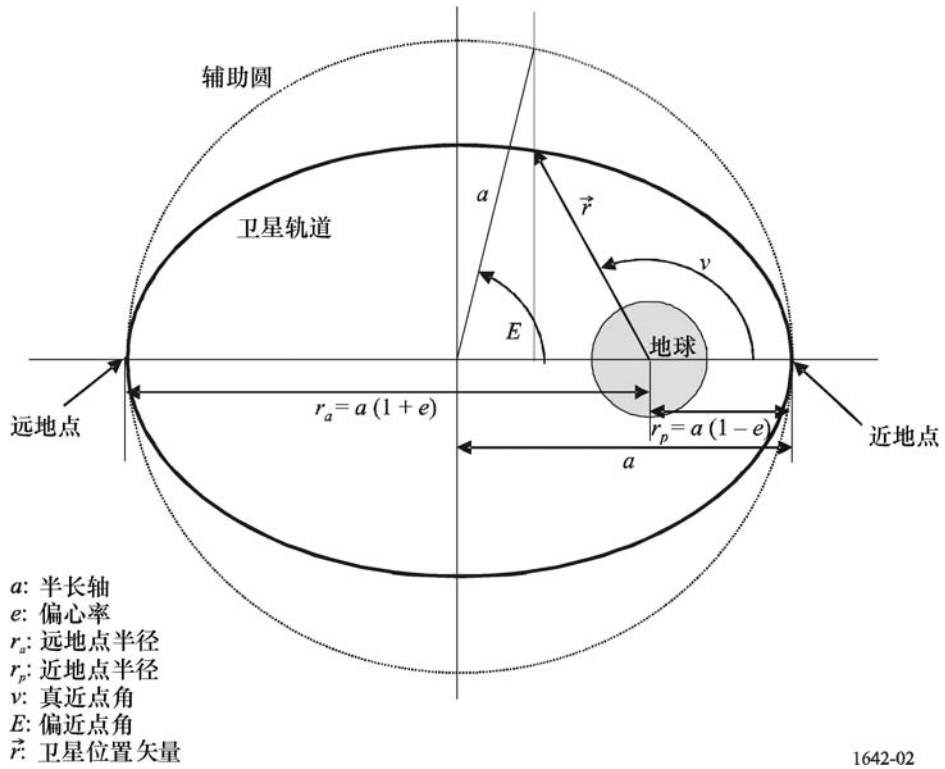
$\text{rot3}(\alpha)$: 相对于 z 轴的旋转

$$\text{rot3}(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\vec{r}_{i,t}: \vec{r}_{i,t} = r_{i,t} \begin{bmatrix} \cos \nu_{i,t} \\ \sin \nu_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e_i \cdot \cos \nu_{i,t}} \cdot \begin{bmatrix} \cos \nu_{i,t} \\ \sin \nu_{i,t} \\ 0 \end{bmatrix}$$

图 2

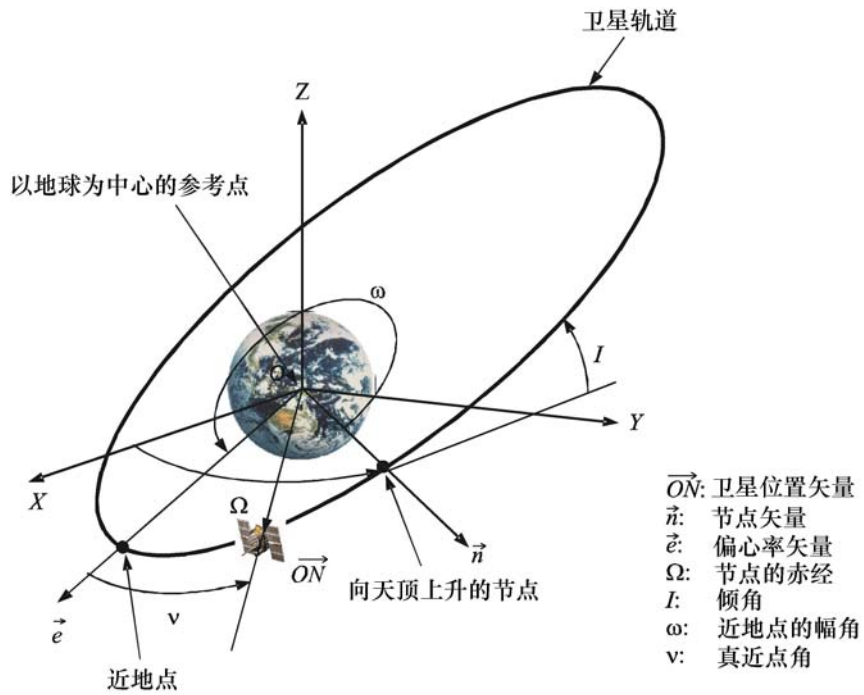
聚焦平面中椭圆轨道几何图



1642-02

图 3

ECI 坐标中的椭圆轨道几何图



1642-03

在计算非 GSO 星座相关的常数时可考虑非 GSO 的摄动，当考虑到摄动时将卫星的位置看作变化的。

2.1.3 相对于 ARNS 台站的常数

Lat: ARNS 台站的纬度 (弧度)

Lon: ARNS 台站的经度 (弧度)

h_{ARNS} : ARNS 台站的海拔高度 (km)

\vec{OM} : 以地球为中心的 ARNS 台站的坐标, 惯性坐标系

$$\vec{OM} = \begin{cases} X = (R_e + h_{ARNS}) \cos(\text{Lat}) \cos(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Y = (R_e + h_{ARNS}) \cos(\text{Lat}) \sin(\text{Lon} + \Omega_e t) \\ Z = (R_e + h_{ARNS}) \sin(\text{Lat}) \end{cases}$$

2.2 天线参数

2.2.1 ARNS 台站天线参数

ARNS 天线参数是模拟计算的输入参数 (见附件 2)。

2.2.2 GSO 空间站天线参数

为了完成干扰分析, 非 GSO 卫星天线应采用以下参数, 以及相应的可用性加以模型化:

- 被测天线方向图;
- 建议的参考天线方向图;
- 将非 GSO 卫星天线辐射方向图模型化的一个解析函数。

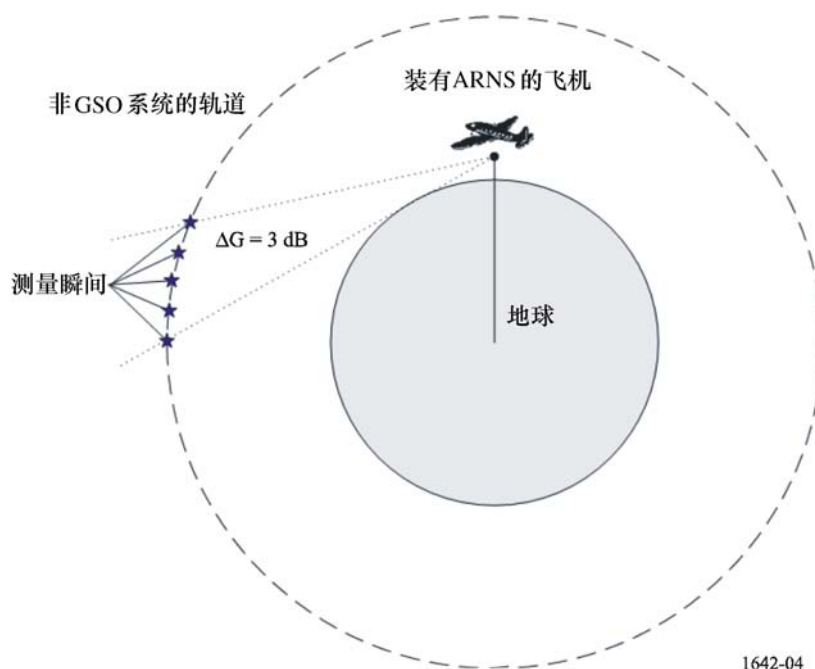
2.3 模拟时间的计算

2.3.1 模拟时间增量

为了获得精确的结果, 模拟时间增量 t_{inc} 应尽可能小, 但另一方面总的模拟时间应合理。为了达到精度要求需要当非 GSO RNSS 的空间飞行器落入可见到的空间站的 ARNS 最大增益天线方向图时, 要保证足够的 epfd 测量次数 (N_{hits})。认为 $N_{hits}=5$ 足以满足需要。

可见到空间站的最大增益对于在 40 000 英尺 (12 192 m) 高度的飞机是出现在 -3.54° 至 $+3^\circ$ 仰角内 (附件 2)。在这一范围内 $5 N_{hits}$ 是非常重要的, 这意味着星座运动 1° 的模拟增量足够了。

图 4
模拟时间增量的考虑



2.3.2 总的模拟时间

任何轨道上的非 GSO 星座的卫星在地球表面会划出轨迹。经过一段时间，特别是对一个系统而言，星座的某颗卫星或另外的卫星重复同样的轨迹或几乎是返回到相同的点。这两种情况之间的时间即为星座的重复周期。不同星座的重复周期可以从几天至几个月。一个 RNSS 系统在一个星座重复周期上的典型 epfd 计算结果示于图 5。

非 GSO 星座中卫星的精确经度进动率会受由经度站保持误差造成的漂移的影响。该影响可以模型化并综合到模拟计算中。

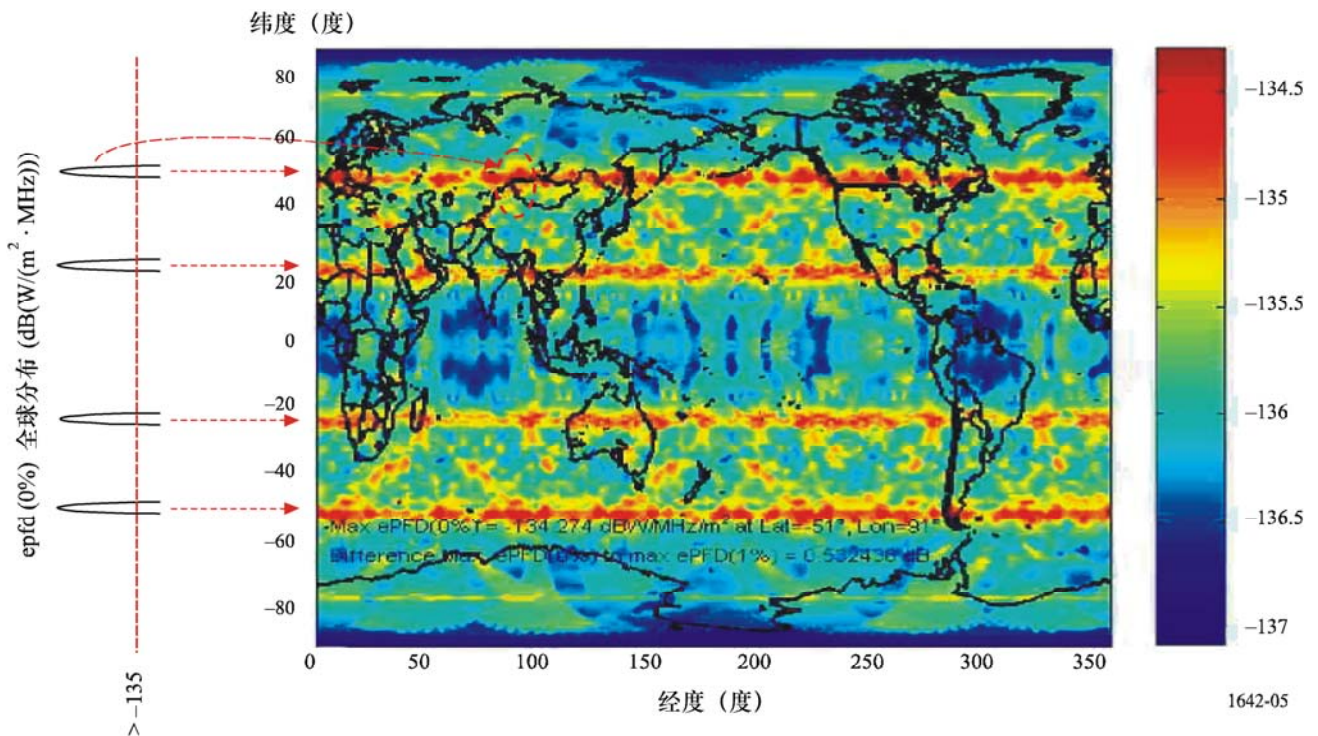
对于没有对地同步周期的非 GSO 系统，前面所述的该影响在任何经度上的结果都是最大 epfd ，实际上在所有经度上都是最大 epfd 。（换言之，如果模拟扩展到所有可能的星座的状态，那么图 5 地图上的最大 epfd 的“热点”会水平地散布成均匀的水平条。）由此可以考虑对于各纬度可获得更为正确的结果，因为任何经度都是最大 epfd ，结果可用于所有经度。这样相对于纬度和经度的最大 epfd 表格就可变换成仅对纬度的最大 epfd 的简化列表。

如果这样做了，对于没有对地同步周期的非 GSO 系统的模拟计算时间就可降至仅进行单一轨道周期的。由这种有限模拟产生的“地图”会仅绘出在各纬度上的几个“热点”，而“热点”的数值表示任意经度上的最大 epfd ，因为在所有经度上都一样。

作为附带的好处，必须呈送协商会议的信息的数量也相应减少了。

图 5

最大 epfd 全球分布的举例

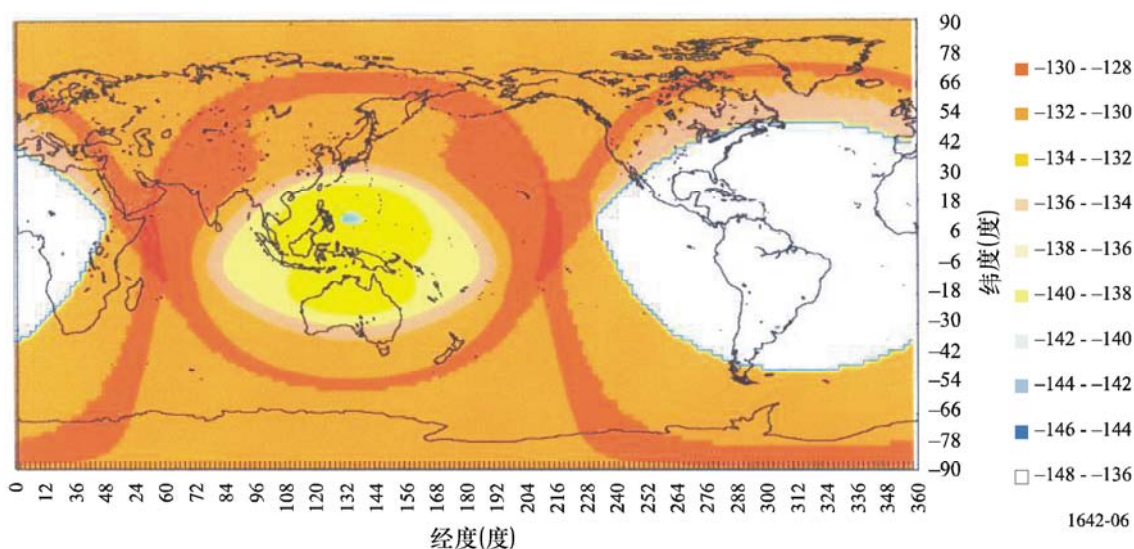


另一方面，具有对地同步周期的非 GSO 系统在地面上产生的轨迹限于地球表面有限的经度范围内。这一结果将使最大 epfd 的“热点”仅出现在地球表面的有限区域内。（换言之，地球表面的最大 epfd 的“热点”不会水平扩散。）由此，具有对地同步周期的非 GSO 系统造成的集合 epfd，就可对从非 GSO 的可见范围内的纬度点和经度点进行计算了。

对具有对地同步周期的非 GSO 系统的这种情况，考虑在单一轨道周期内完成计算。对于具有对地同步周期的非 GSO 系统典型的 epfd 计算结果示于图 6。

图 6

具有对地同步周期的非 GSO 系统的最大 epfd 全球分布的举例



附件 1 的 附录 2

估算工作于 1 164-1 215 MHz 频带内的单一 RNSS 系统的最大 epfd 的分析方法

1 引言

该方法的目的是表明如何求出单个 RNSS 系统的最大 epfd。

epfd 的定义已在附件 1 的 § 1.1 中给出。

2 方法的描述

如果假设非 GSO RNSS 系统的星座是由若干轨道平面组成，那么它最可能对于任何一个特定的平面，每平面某颗卫星的最大值将在 ARNS 天线方向图的 -3.54° 至 $+3^\circ$ 仰角范围内（见附件 2）。此外，对于非 GSO 系统，或许当一颗卫星位于空间站卫星的最大增益的 ARNS 天线方向图中时，则该平面的其他卫星对 epfd 的贡献部分相对不那么重要。因此，对 RNSS 系统的集合 epfd 有重要贡献的卫星的数量很可能小于或等于采用这些假设的系统的数量，这样可将非 GSO RNSS 星座的最大 epfd ($epfd_{max}$) 写成为公式：

$$epfd_{max} = 10 \log N_p + epfd_{i,max} \quad \text{dB(W)/(m}^2\cdot\text{MHz)}$$

其中：

N_p : ARNS 接收天线的主波束中卫星的最大数量（典型值为星座中轨道平面的数量）

$epfd_{i, max}$: 单个卫星贡献的最大 $epfd$ ($\text{dB(W/(m}^2\cdot\text{MHz))}$)。

3 非 GSO 的举例

对于采用§ 2 中公式的一个 6 个平面的非 GSO RNSS 星座内单个卫星贡献的最大 $epfd$ 为 $136.9 \text{ dB(W/(m}^2\cdot\text{MHz))}$ 的 $epfd_{max}$ 为:

$$epfd_{max} = (-136.9) + 10 \log 6 = -129.12 \quad \text{dB(W/(m}^2\cdot\text{MHz))}$$

类似的计算，在 3 个平面的非 GSO RNSS 星座内的单个卫星贡献的最大 $epfd$ 为 $-130.24 \text{ dB(W/(m}^2\cdot\text{MHz))}$ ，使用§ 2 的公式可算出 $-125.47 \text{ dB(W/(m}^2\cdot\text{MHz))}$ 的最大 $epfd$ 。

这些值与附件 1 的附录 1 中的模拟方法相当吻合，仅 1.2 dB 的差别。

附 件 2

epfd 计算中采用的 ARNS 的基准站的特性

1 ARNS 天线特性

表 1 提供了 -90° 和 90° 之间仰角的天线增益。表 1 的两个值之间的仰角值可采用线性内插法。如 ITU-R M.1639 建议书的规定 G_r, max 值是 3.4 dBi，包括了 2 dB 的圆极化和线极化失配。这里假设了对所有方位角、仰角和增益方向图都是相同的。

表 1

仰角 (度)	包括圆极化和线极化 失配的天线增益 $G_r/G_r, max$ (dB)	仰角 (度)	包括圆极化和线极化 失配的天线增益 $G_r/G_r, max$ (dB)	仰角 (度)	包括圆极化和线极化 失配的天线增益 $G_r/G_r, max$ (dB)
-90	-17.22	22	-10.72	57	-15.28
-80	-14.04	23	-10.81	58	-15.49
-70	-10.51	24	-10.90	59	-15.67
-60	-8.84	25	-10.98	60	-15.82
-50	-5.40	26	-11.06	61	-16.29
-40	-3.13	27	-11.14	62	-16.74
-30	-0.57	28	-11.22	63	-17.19
-20	-1.08	29	-11.29	64	-17.63
-10	0.00	30	-11.36	65	-18.06
-5	-1.21	31	-11.45	66	-18.48
-3	-1.71	32	-11.53	67	-18.89
-2	-1.95	33	-11.60	68	-19.29
-1	-2.19	34	-11.66	69	-19.69

表 1 (续)

仰角 (度)	包括圆极化和线极化 失配的天线增益 $G_r/G_{r,max}$ (dB)	仰角 (度)	包括圆极化和线极化 失配的天线增益 $G_r/G_{r,max}$ (dB)	仰角 (度)	包括圆极化和线极化 失配的天线增益 $G_r/G_{r,max}$ (dB)
0	-2.43	35	-11.71	70	-20.08
1	-2.85	36	-11.75	71	-20.55
2	-3.26	37	-11.78	72	-20.99
3	-3.66	38	-11.79	73	-21.41
4	-4.18	39	-11.80	74	-21.80
5	-4.69	40	-11.79	75	-22.15
6	-5.20	41	-12.01	76	-22.48
7	-5.71	42	-12.21	77	-22.78
8	-6.21	43	-12.39	78	-23.06
9	-6.72	44	-12.55	79	-23.30
10	-7.22	45	-12.70	80	-23.53
11	-7.58	46	-12.83	81	-23.44
12	-7.94	47	-12.95	82	-23.35
13	-8.29	48	-13.05	83	-23.24
14	-8.63	49	-13.14	84	-23.13
15	-8.97	50	-13.21	85	-23.01
16	-9.29	51	-13.56	86	-22.88
17	-9.61	52	-13.90	87	-22.73
18	-9.93	53	-14.22	88	-22.57
19	-10.23	54	-14.51	89	-22.40
20	-10.52	55	-14.79	90	-22.21
21	-10.62	56	-15.05		

2 ARNS 台站的位置

ARNS 台站应选取最坏情况的海拔高度 (12 192 m)¹，在此位置上从 ARNS 接收天线可得到潜在干扰卫星的最大可见度。

¹ 相当于 40 000 英尺。