

ITU-R F.1764 建议书

估计 3 GHz 频带中使用高空平台站的固定业务
系统对固定无线系统*的干扰的方法

(ITU-R 212/9 号研究课题)

(2006 年)

范围

应第 734 号决议 (WRC-03 修订版) 提出的技术研究的要求, 本建议书提供了一个干扰估计的方法, 它可以用于在 3 GHz 以上频带中, 在使用高空平台站 (HAPS) 的固定业务 (FS) 和一般的固定无线系之间的频率共用研究。对 HAPS 飞艇和地面站对无线接力站的干扰情况进行了分析。

国际电联无线电通信全会,

考虑到

- a) 为了提供大容量业务, 已经开发出利用同温层中的高空平台站 (HAPS) 的新技术;
- b) 某些主管部门想要在根频率分配表或脚注专门分配给地面无线电通信如固定业务使用的频带中, 运行使用 HAPS 的系统,

认识到

- a) WRC-97 做出了关于 HAPS 在频带 47.2-47.5 GHz 和 47.9-48.2 GHz 中的固定业务 (FS) 内工作的规定 (见第 122 号决议 (WRC-03 修订版));
- b) 由于 47 GHz 频带对降雨衰减比较敏感, 在 WRC-2000 上, 在第 3 区中的几个国家和在第 1 区中的一个国家表示对 HAPS 需要更低一些的频带, 并且采用《无线电规则》(RR) 第 5.537A 款和第 5.543A 款;
- c) WRC-03 修订了《无线电规则》第 5.537A 款和第 5.543A 款, 加上了几个国家, 并且第 145 号决议 (WRC-03) 还允许在第 2 区的国家中, 在对根据 RR 第 5 条的频率分配表工作的其它业务的站不产生有害干扰、不保护的基础上, 在频带 27.5-28.35 GHz 的 300 MHz 频谱内和在频带 31.0-31.3 GHz 中, 使用固定业务中的 HAPS;
- d) 第 734 号决议 (WRC-03 修订版) 请 ITU-R 进行规章和技术的研究, 以确定 HAPS 使用的可行性, 并敦促各主管部门积极致力于专门分配给地面无线电通信使用的 3 GHz 以上频带中的频率共用研究工作;

* 在本建议书中使用的术语“固定无线系统”是指点对点微波接力系统。所以, 使用术语“微波接力站”。

建议

1 为响应在认识到 d) 中所表述的技术研究的要求，可以使用附件 1 中所描述的方法来评估在 3 GHz 以上频带中 HAPS 系统对固定无线系统的干扰。

附 件 1

估计在 3 GHz 以上频带中使用 HAPS 的 FS 系统对固定无线系统的干扰的方法

1 引言

本附件提供了一个在 3 GHz 以上频带中研究使用 HAPS 的 FS 系统和固定无线系统之间的频率共用问题要使用的干扰估计方法。考虑了 HAPS 飞艇和地面站对微波接力站的干扰状况。

它还提供了在 6 GHz¹ 上干扰计算的例子。假设这一频率只是为了说明一个干扰计算的例子。

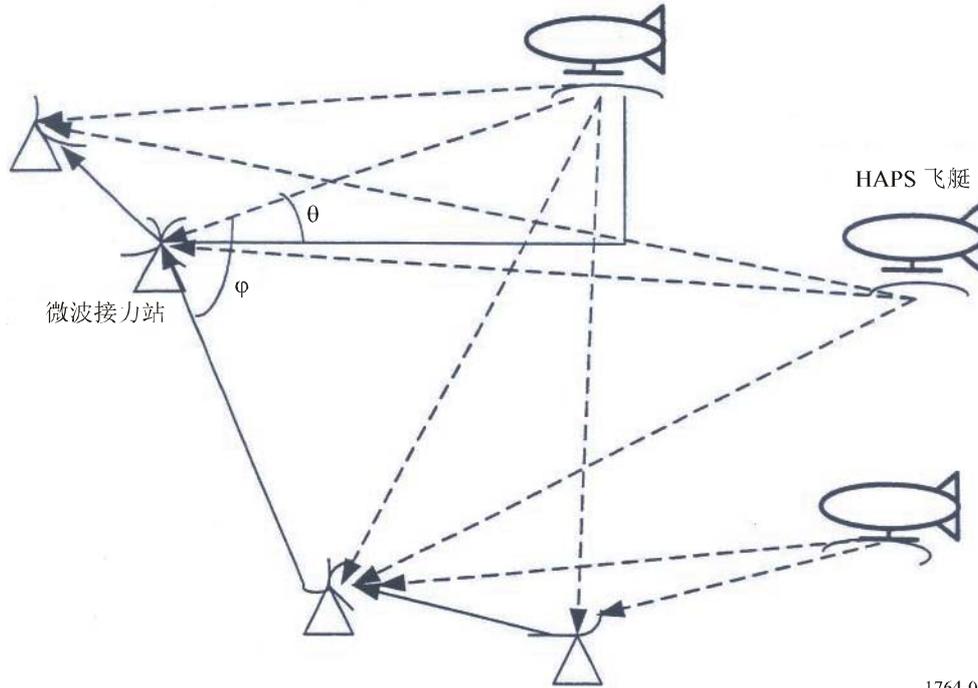
2 计算使用 HAPS 的 FS 系统对固定无线系统干扰的方法

2.1 HAPS 飞艇对微波接力系统的干扰

图 1 表示了 HAPS 飞艇对微波接力站的干扰状况。

¹ 认识到 6 GHz 频率不是专门分配给地面无线电通信用的频带。它是为了这一分析而选择的，以便于制定出计算干扰的方法，因为这一频带有广泛的关于地面系统的可用技术数。

图 1
HAPS 飞艇对微波接力站的干扰状态



1764-01

2.1.1 对模拟微波接力站

由 HAPS 飞艇产生的对模拟微波接力站的基带干扰可以由公式 (1) 求得：

$$I_A = F(\theta) + G(\varphi) + N_{br} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) - L_{fr} \quad (1)$$

其中：

$F(\theta)$: 根据在水平面以上的到达角 θ 方向上的 HAPS 飞艇的功率通量密度 (pfd) (dB(W/(m² · 4 kHz)))

$G(\varphi)$: 微波接力站天线向 HAPS 飞艇方向 φ 上的增益 (dBi)

N_{br} : 基带热噪声与接收机热噪声之比(dB(pW0p · 4 kHz))

λ : 载波的波长 (m)

L_{fr} : 微波接力站的馈线损耗 (dB)

一般来说，地球表面上的 pfd 电平 $F(\theta)$ 可以用下面的形式求出：

$$F(\theta) = \begin{cases} pfd_{low} & \text{对于 } 0^\circ \leq \theta \leq 5^\circ \\ pfd_{low} + 0.05(pfd_{high} - pfd_{low})(\theta - 5) & \text{对于 } 5^\circ \leq \theta \leq 25^\circ \\ pfd_{high} & \text{对于 } 25^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \end{cases} \quad (2)$$

其中：

pfd_{low} : 低到达角时的容许电平 dB(W/(m² · 4 kHz))

pfd_{high} : 高到达角时的容许电平 dB(W/(m² · 4 kHz))

所以，从可以看见的各飞艇的多个输入产生的对一个模拟微波接力站的基带干扰可以用公式（3）计算出来：

$$I_{A-T} = 10 \log \left\{ \sum_i \left(10^{\frac{F(\theta_i)}{10}} 10^{\frac{G(\varphi_i)}{10}} \right) \right\} + N_{br} + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) - L_{fr} \quad (3)$$

其中 i 代表在微波接力站上可以看见的第 i 个飞艇所产生的效应。

2.1.2 对数字微波接力站

现在，大多数 FS 系统采用数字调制。在数字点对点（P-P）和点对多点（P-MP）FS 系统情况下，按照 ITU-R F.1107 建议书的规定，考虑到干扰电平是不随时间变化的，所以，用各路由的性能值劣化的百分数 FDP_{route} 来估计干扰是适当的。

对于在通常多径衰落占支配地位的频率上工作的、有 n 跳的数字点对点 FS 系统而言，众所周知，一般来说，多跳的 P-P FS 系统的性能指标是根据路由、按照下式来确定的：

$$FDP_{route} = 100 \frac{\sum_{k=1}^n (I_k)}{n \times N_T} \quad \% \quad (4)$$

其中：

N_T ：接收机的热噪声

I_k ：从可以看到的 HAPS 飞艇来的落入第 k 个接收机中的综合干扰

将从每一个可以看到的 HAPS 飞艇所产生的干扰分量求和，就可以确定在一数字微波接力站上所接收到的综合干扰。每一个飞艇产生的干扰分量可以按照下式来确定：

$$I_D = F(\theta) + G(\varphi) + 10 \log \left(\frac{\lambda^2}{4\pi} \right) - L_{fr} \quad (5)$$

其中：

$F(\theta)$ ：在水平面以上的到达角 θ 方向上，HAPS 飞艇的 pfd(dB(W/(m²·MHz)))

$G(\varphi)$ ：在微波接力站到 HAPS 飞艇方向 φ 上的天线增益 (dBi)

λ ：载波的波长 (m)

L_{fr} ：微波接力站的馈线损耗 (dB)。

2.2 HAPS 地面站对微波接力站的干扰

图 2 表明了 HAPS 地面站对微波接力站的干扰状态。

从 HAPS 地面站来的对微波接力站的干扰功率由公式（6）求得：

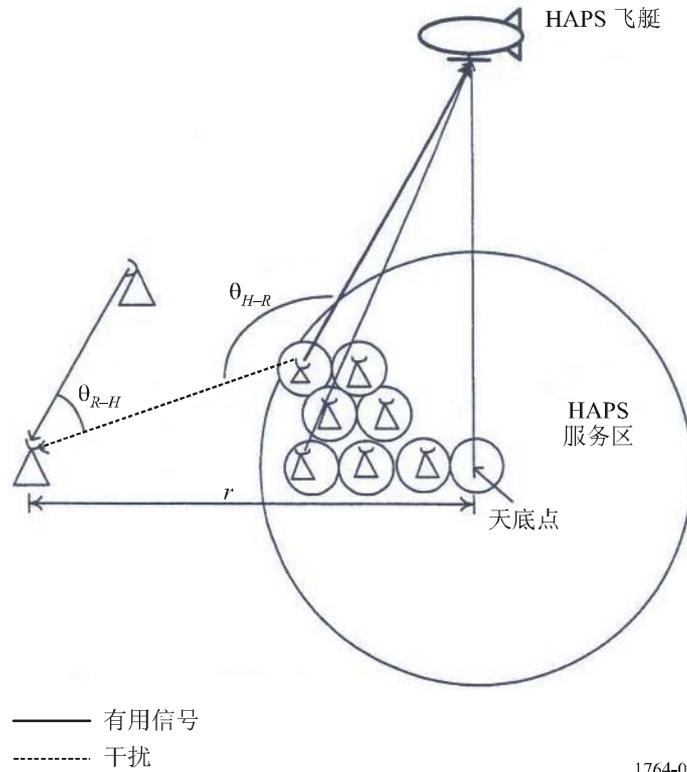
$$I_G = P_{HG} - L_{fh} + G(\theta_{H-R}) - L_b(p) + G(\theta_{R-H}) - L_{fr} \quad (6)$$

其中：

- P_{HG} : 从 HAPS 地面站来的发射功率密度(dB(W/MHz))
- L_{fh} : HAPS 地球站的馈线损耗 (dB)
- $G(\theta_{H-R})$: HAPS 地球站在 HAPS 地球站的主射束方向和受干扰的微波接力站方向之间的夹角 θ_{H-R} 上发射天线的增益 (dBi)
- $L_b(p)$: 不超过 ITU-R P.452 建议书中给出的时间百分数 p (%) 相应的基本传输损耗
- $G(\theta_{R-H})$: 在微波接力站天线的主射束方向和干扰 HAPS 地球站方向之间的夹角为 θ_{R-H} 的方向上, 微波接力站接收天线的增益 (dBi)
- L_{fr} : 微波接力站的馈线损耗 (dB)

图 2

从 HAPS 地球站到微波接力站的干扰环境



1764-01

考虑到图 3 中所示的机理, 可以用公式 (7) 求得从 HAPS 地面站的多个输入来的在微波接力站上的干扰功率。

在公式 (7) 中, 假设在 10 GHz 以下的视距传播路径上, 可以忽略大气吸收。所使用的传播模型是根据 ITU-R P.452 建议书, 时间百分数 p 为 50%:

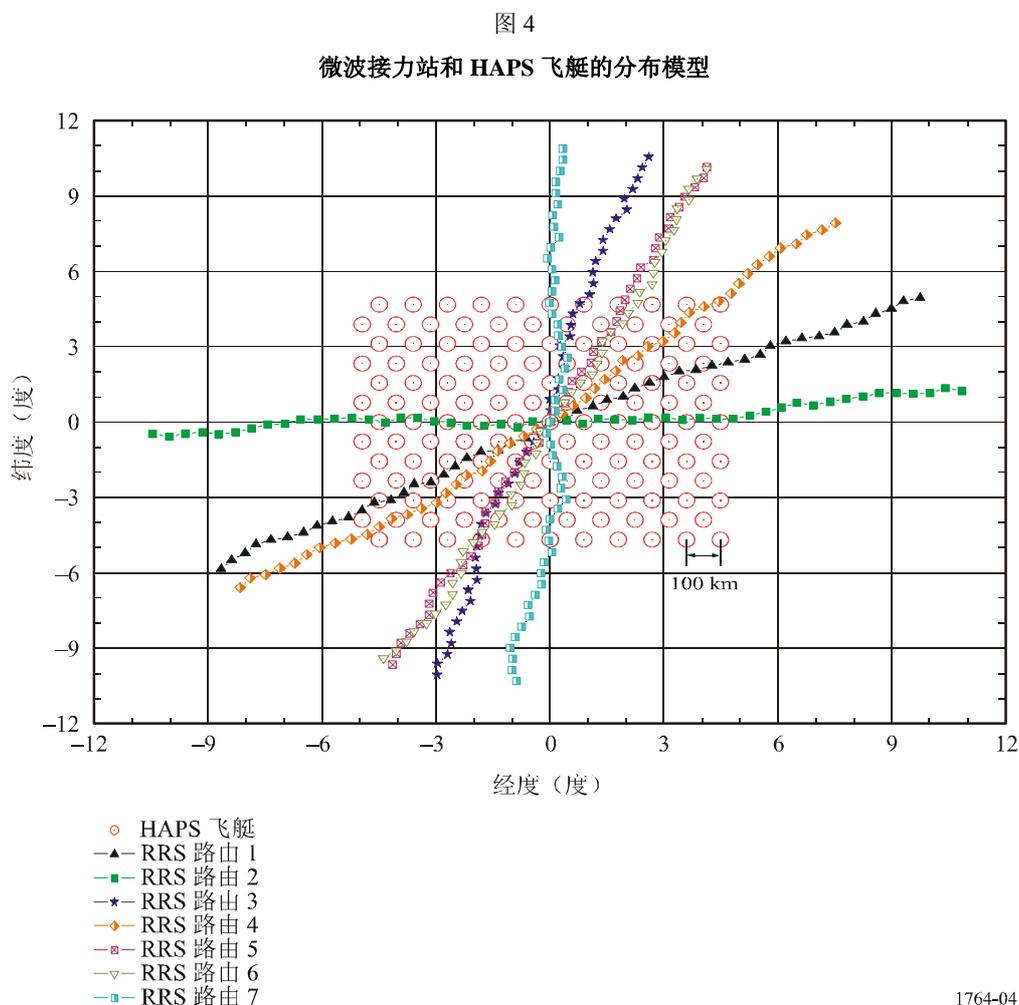
$$I_{G-T} = P_{HG} - L_{fh} - 92.5 - 20 \log f + 10 \log \left\{ \sum_i \sum_j \left(\sqrt{x_{ij}^2 + y_{ij}^2} \right)^{-2} 10^{\frac{G(\theta_{R-H})}{10}} 10^{\frac{G(\theta_{H-R})}{10}} \right\} - L_{fr} \quad (7)$$

其中:

3 估计 HAPS 系统对固定无线系统干扰的例子

3.1 HAPS 飞艇对微波接力站的干扰

图 4 表示了假设的用于干扰估计的 HAPS 飞艇和微波接力站的分布模型。



1764-04

HAPS 飞艇在高度为 20 km 的一固定点上，它可以覆盖地面上直径为 110 km 的服务区（仰角： 20° ），所以，考虑了服务区的重叠以后，HAPS 飞艇天底点的位置能够以 100 km 的间隔均匀分布，如图 4 所示。假设，在 $1\,000 \times 1\,000 \text{ km}^2$ 的区域内，HAPS 飞艇是均匀分布的。

假设受干扰的固定无线系统路由由 50 跳组成，它们是散开分布的，各路由的中心都与飞艇分布的中心相一致。

表 1 表示了 in 计算中所用的固定无线系统和 HAPS 飞艇的系统参数。正好选 6 GHz 频率是为了说明干扰估计的例子。对本附件的干扰计算而言，所有的坐标都考虑了地球的曲率。

表 1

固定无线系统和 HAPS 飞艇的通用参数

参 数		数 值
频率		6 GHz
固定无线系统	每路由的跳数	50
	跳之间的距离	50 km
	路由数	600
HAPS 飞艇	飞艇数	126
	高度	20 km

3.1.1 对模拟微波接力站

表 2 列出了计算中所使用的模拟微波接力系统和 HAPS 飞艇的系统参数。用于频率共用研究的固定无线系统的系统参数根据 ITU-R F.758 建议书。

表 2

模拟固定无线系统和 HAPS 飞艇的系统参数

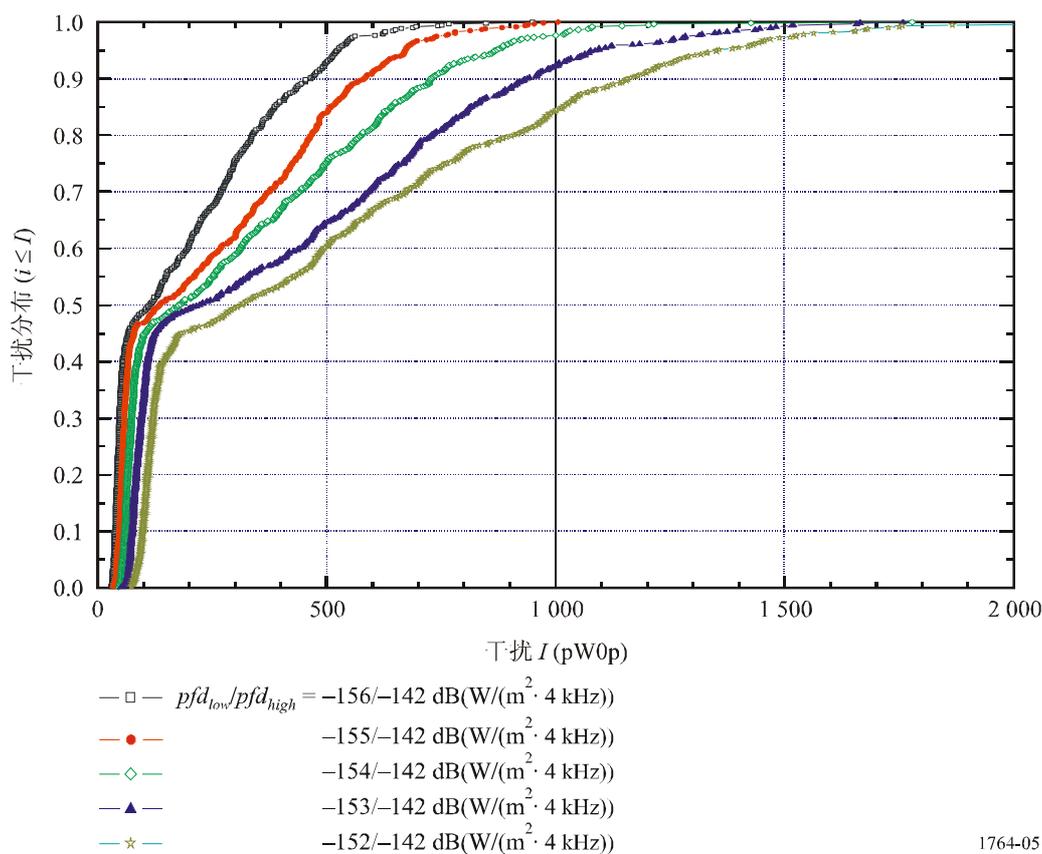
参 数		规 格
固定无线系统	天线辐射图	ITU-R F.699 建议书
	天线最大增益	45 dB
	馈线损耗	4 dB
	接收机噪声系数	8 dB
	微波接力站之间的仰角	高斯分布
HAPS 飞艇	pdf_{low}	-156~-152(dB(W/(m ² ·4 kHz)))
	pdf_{high}	-148~-142(dB(W/(m ² ·4 kHz)))

对模拟固定无线系统、按照 ITU-R SF.357 建议书的规定，假设干扰的最大容许值为在任何一个月中，噪音计加权 1 分钟平均功率超过 1 000 pW0p 的时间率不多于 20%。

以 pdf_{low} 和 pdf_{high} 为变量，在图 5 和图 6 中表示了计算出的 HAPS 飞艇对模拟微波接力系统的干扰分布。

在图 5 中，当假设 HAPS 飞艇的 pfd 电平为 -152/-142(dB(W/(m²·4 kHz))) 时，在约 84% 的路由中，微波接力站所受到的干扰将小于 1 000 pW0p。随着 pdf_{low} 减小，所受到的干扰也随之减小。例如，当 pdf_{low} 减小 4 dB 时，即 pdf_{low} 为 -156(dB(W/(m²·4 kHz))) 时，在 100% 的路由中，微波接力站所受到的干扰将小于所假设的 1 000 pW0p 的标准。

图 5

从 HAPS 飞艇来的干扰随 pdf_{low} 的分布

1764-05

图 6 表示了 pdf_{low} 为 $-152(\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot 4 \text{ kHz})))$ 时, 干扰分布随 pdf_{high} 改变的情况。即使 pdf_{high} 比 $-142(\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot 4 \text{ kHz})))$ 再减小 6 dB, 干扰小于 1 000 pW 范围内的干扰分布的最大差别只有约 5%。

3.1.2 对数字微波接力站

表 3 表示在计算中所使用的数字固定无线系统和 HAPS 飞艇的系统参数。用于效率共用研究的固定无线系统的系统参数也是依据 ITU-R F.758 建议书。

对于衰落受多径传播支配的频带, ITU-R F.758 建议书规定原则上, 干扰相对于接收机热噪声的电平不得超过 -10 dB (或 -6 dB)。在数字固定业务系统情况下, 这些值分别相当于 FDP 为 10% (或 25%)。假设所要求的保护电平为 10%, 所计算出的 HAPS 飞艇对数字微波接力站的干扰分布如图 7 和图 8 所示, 图中以 pdf_{low} 和 pdf_{high} 作变量。

图 6

从 HAPS 飞艇来的干扰随 pdf_{high} 的分布

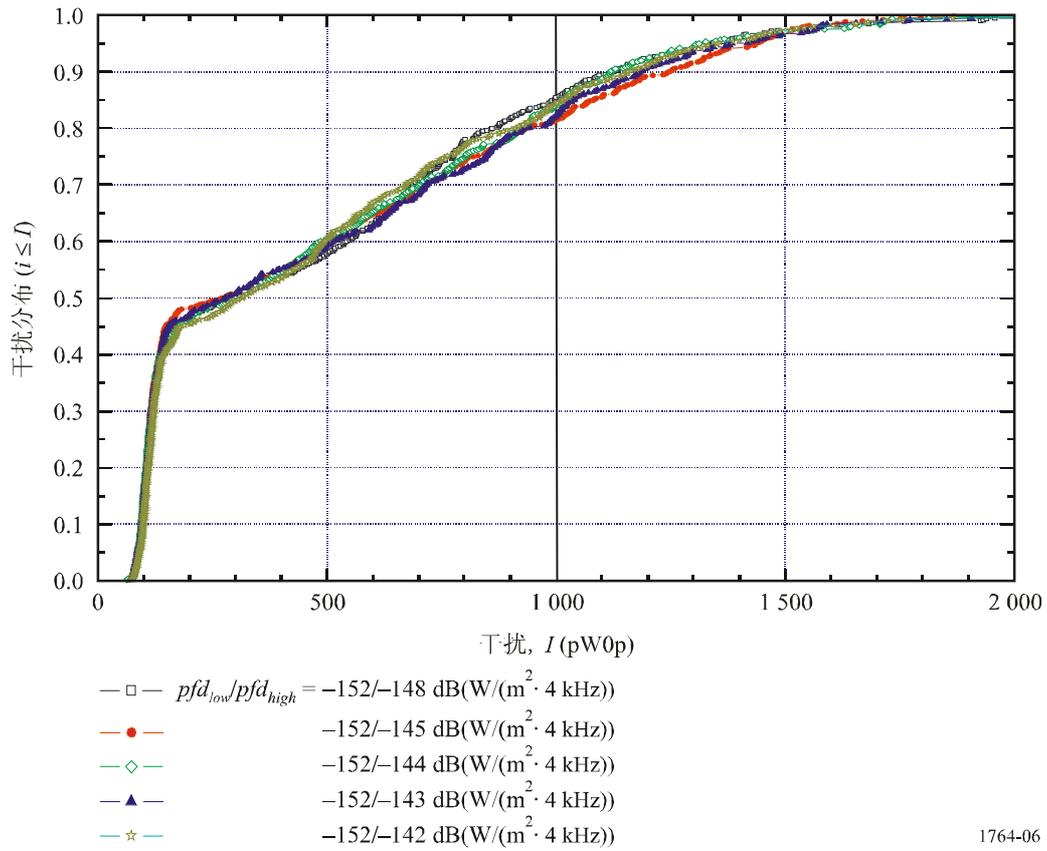


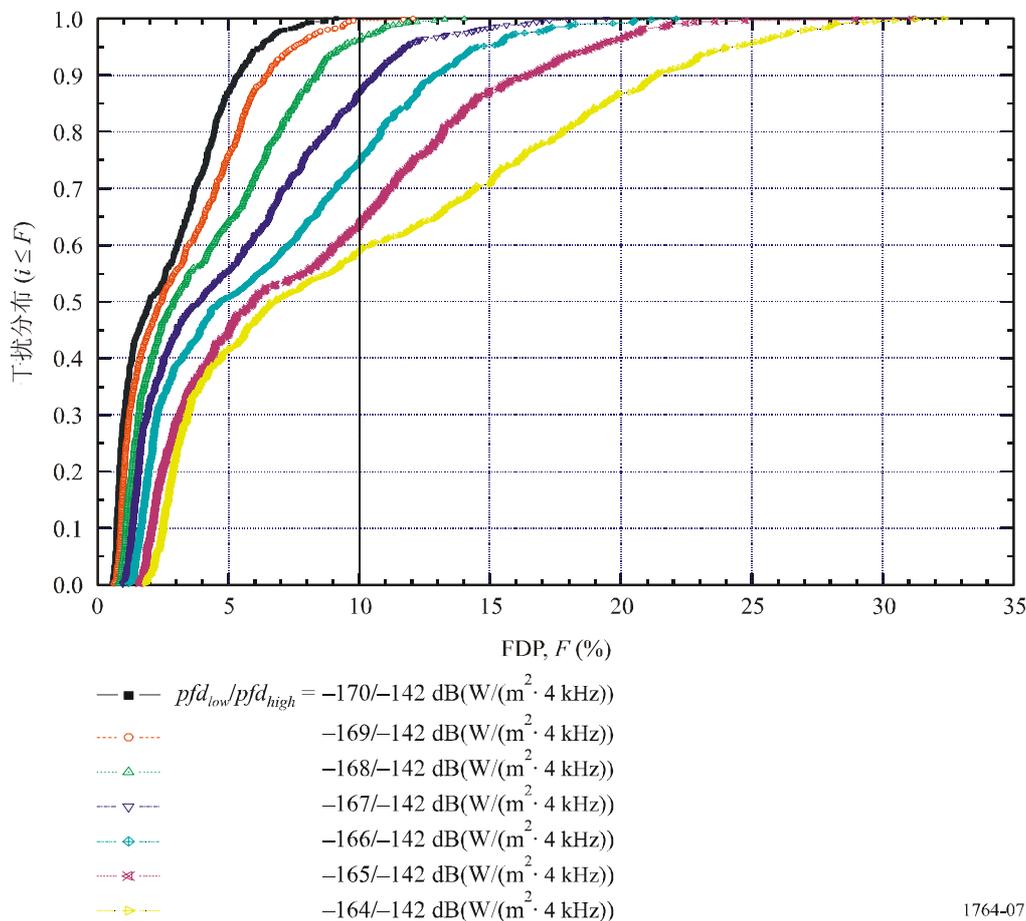
表 3

数字固定无线系统和 HAPS 飞艇的系统参数

参 数		规 格
固定无线系统	天线辐射图	ITU-R F.1245 建议书
	天线最大增益	45 dB
	馈线损耗	5.5 dB
	接收机噪声系数	4 dB
	微波接力端之间的仰角	高斯分布
HAPS 飞艇	pdf_{low}	$-146 \sim -140$ (dB($W/(m^2 \cdot MHz)$))
	pdf_{high}	$-127 \sim -118$ (dB($W/(m^2 \cdot MHz)$))

图 7 中, 当假设 HAPS 飞艇的 pfd 电平为 $-140/-118(\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{MHz})))$ 时, 约在 58%的路由中, 微波接力站的 FDP 将小于 10%。随着 pfd_{low} 的减小, 所受到的干扰也随之减小。例如, 当 pfd_{low} 减小 6 dB 时, 即 $pfd_{low} = -146(\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{MHz})))$ 时, 在 100%的路由中, 微波接力站的 FDP 都将小于所假设的干扰标准 10%。

图 7
HAPS 飞艇产生的 FDP 随 pfd_{low} 的分布



1764-07

图 8 表示了当 pfd_{low} 为 $-145(\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{MHz})))$ 时, 干扰分布随 pfd_{high} 变化的情况。即使 pfd_{high} 比 $-121(\text{dB}(\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{MHz})))$ 再减小 6 dB, FDP 小于 10%的干扰分布的最大差别仅为 5%左右。

3.2 HAPS 地面站对微波接力系统的干扰

表 4 列出了在计算中所使用的固定无线系统和 HAPS 系统的系统参数。

图 8

HAPS 飞艇引起的 FDP 随 $pf_{d_{high}}$ 的分布

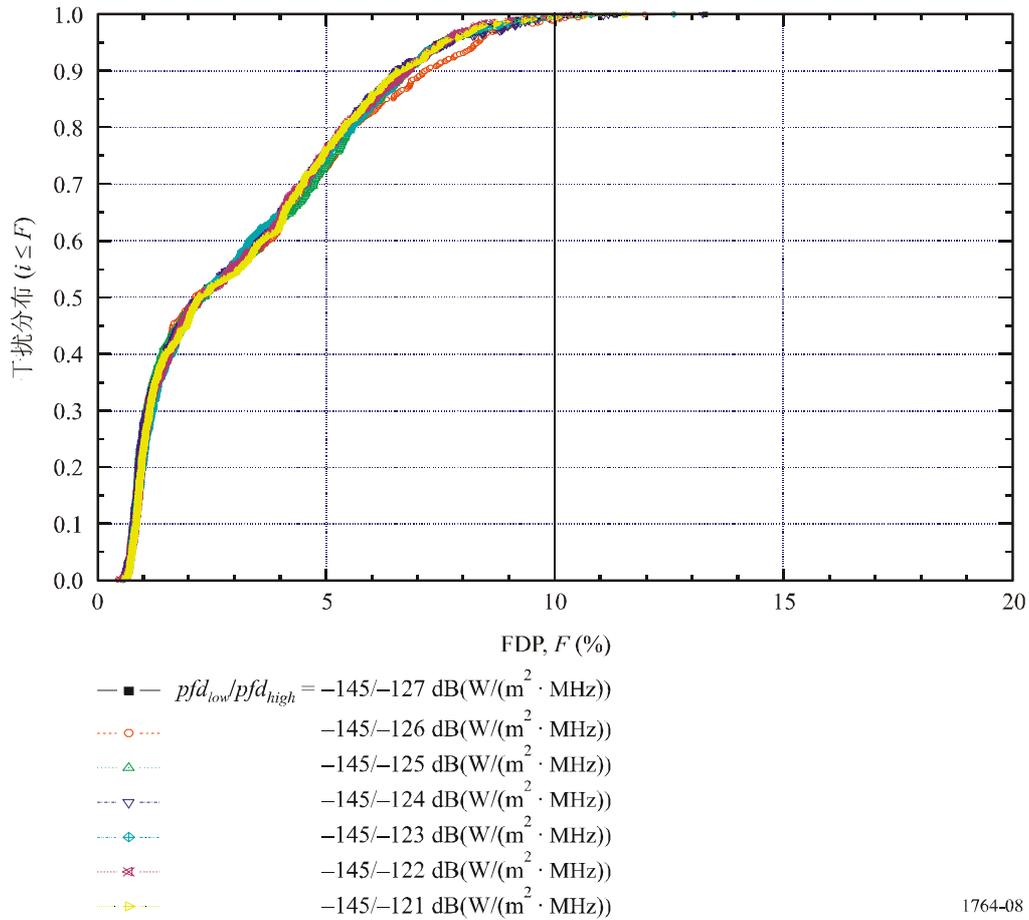


表 4

固定无线系统和 HAPS 系统的系统参数

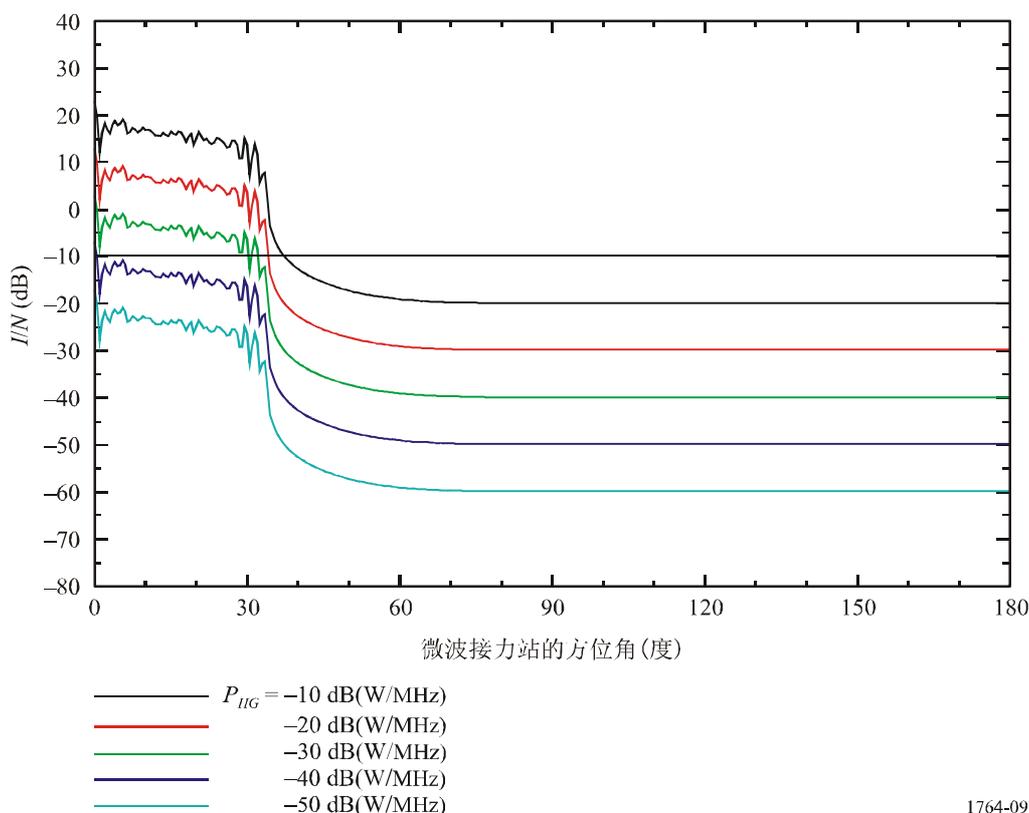
参 数		值
频率		6 GHz
固定无线系统	天线辐射图	ITU-R F.1245 建议书
	天线最大增益	45 dBi
	噪声系数	4 dB
	馈线损耗	5.5 dB
HAPS 系统	业务覆盖区的直径	110 km
	飞艇高度	20 km
	地面站的天线辐射图	ITU-R F.1245 建议书
	地面站天线的最大增益	45 dBi
	地面站的数目	367 (均匀分布)
	地面站之间的距离	5.5 km

假设 $T = 293\text{ K}$, $B = 1\text{ MHz}$ 和 $NF = 6\text{ dB}$, 则噪声功率为 -137.93 dB(W/MHz) 。若以 $I/N = 10\%$ 作为标准, 则可以容许的干扰功率 I_{G-T} 必须小于 -147.93 dB(W/MHz) 。

因为 I_{G-T} 决定于 HAPS 地面站的发射功率、信号路径之间的夹角和微波接力站与 HAPS 天底点之间的距离, 借助于这些参数, 用公式 (8) 能够计算出 I/N 。

图 9 表明了当距离 r 为 100 km 时, 在每一方位角 δ 上, I/N 的值与发射功率 P_{HG} 的关系。从这一图可以证明干扰功率必然受每一 HAPS 地面站的发射功率所影响, 并且当 P_{HG} 为 -50 dB(W/MHz) 时, 在所有方位角上, I/N 都不超过 -10 dB 。

图 9
 I/N 与发射功率 P_{HG} 的关系

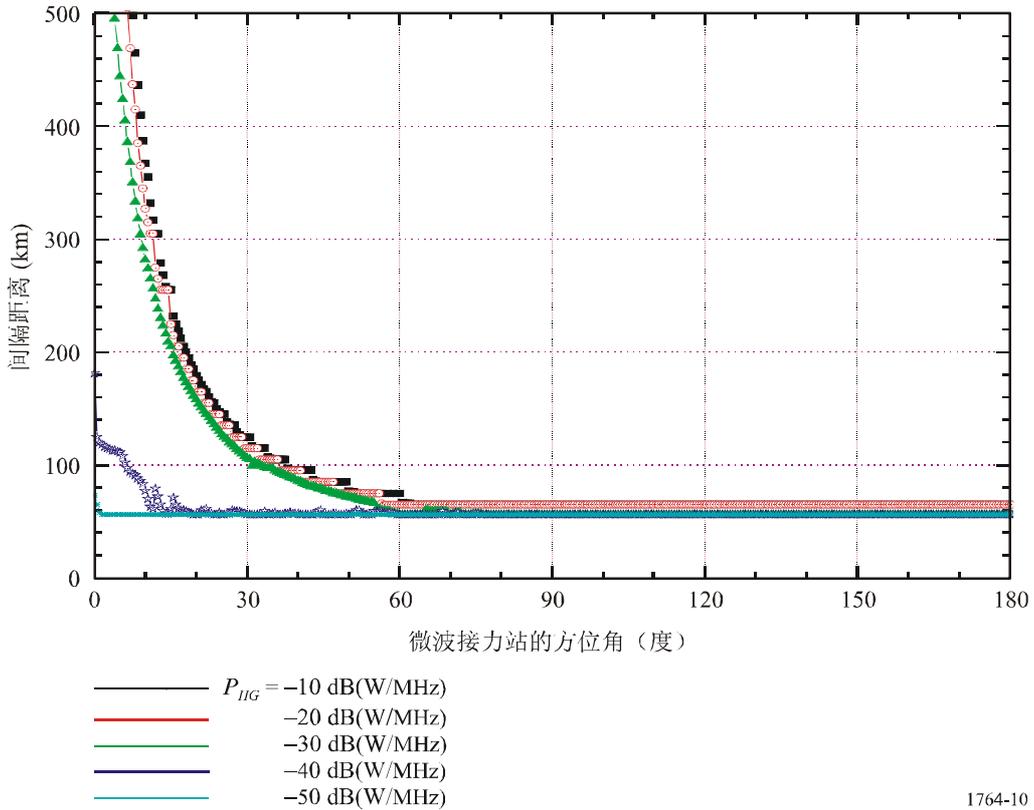


1764-09

图 10 和图 11 表示了微波接力站和 HAPS 天底点之间的间隔距离。在方位角 $\delta = 0^\circ$ 时, 要求的间隔距离最大。而且, 当 HAPS 的覆盖半径为 55 km 和每一 HAPS 地面站的发射功率 P_{HG} 为 -50 dB(W/MHz) 时, 在微波接力站和 HAPS 地面站之间频率共用时所需要的间隔距离在从 56 km 到 73 km 的范围以内。

图 10

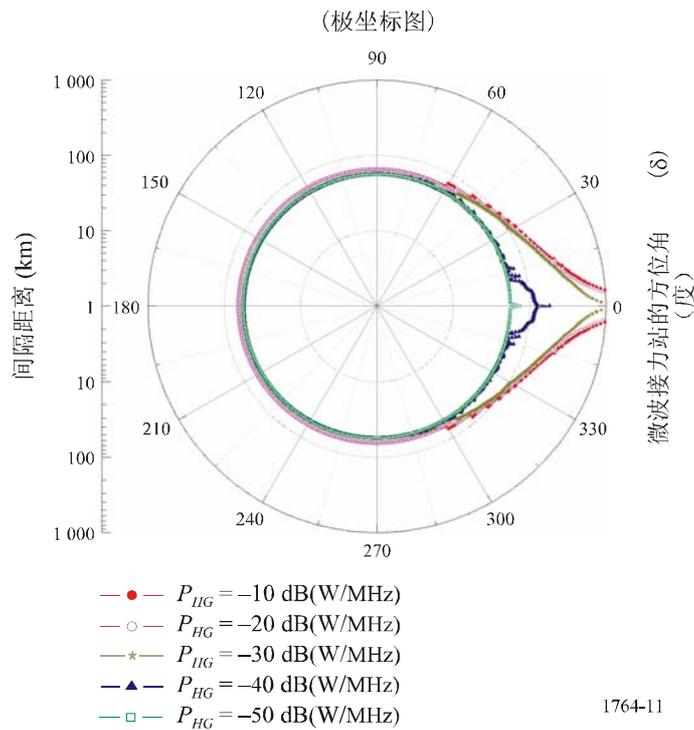
微波接力站和 HAPS 飞艇星下点之间的间隔距离与 HAPS 地面站的发射功率的关系



1764-10

图 11

微波接力站和 HAPS 飞艇的天底点之间的间隔距离



1764-11

4 总结

本附件说明了估计 HAPS 系统对固定无线系统的干扰的方法和 6 GHz 频带上干扰计算的例子。假设该频率仅是为了说明一个干扰计算的例子。

以 HAPS 飞艇在地球表面上的 pfd 电平为变量，计算 HAPS 飞艇对微波接力站的干扰。

而 HAPS 地球站对微波接力站的干扰是用 I/N 来计算的，并且计算了频率共用所需要的间隔距离与方位角的关系。
