

ITU-R M.1641-1 建议书*

为提供 IMT-2000 业务确定从一个使用高空平台站的系统到一个蜂窝系统的间隔距离的共信道干扰估算的方法

(2003-2006 年)

范围

本建议书包含了估算共信道干扰和作为 IMT-2000 基站的高空平台站 (HAPS) 系统与提供 IMT-2000 业务的地面塔基蜂窝系统之间间隔距离的一种方法。

附件 1 描述了为提供 IMT-2000 从一个 HAPS 基站和蜂窝基站到蜂窝移动站的共信道干扰估算的一种方法。 C/I 比用做一种建立 HAPS 系统与蜂窝系统之间间隔距离的准则。为估算一个蜂窝系统内的干扰, 应用了 Hata 模型的一种简化的扩展的版本。附件 2 中包含了 HAPS 系统与蜂窝系统之间间隔距离的一个计算例子。

附录 1 和 2 分别给出了附件 1 中使用的干扰计算的公式和天线辐射方向图。

国际电联无线电通信全会,

考虑到

- a) 正在开发利用平流层中空平台站 (HAPS) 的新技术;
- b) WRC-2000 对于提供 IMT-2000 的 HAPS 在第一区和第三区中使用频带 1 885-1 980 MHz、2 010-2 025 MHz 和 2 110-2 170 MHz 及在第二区中使用频带 1 885-1 980 MHz 和 2 110-2 160 MHz 做了规定;
- c) 第 221 号决议 (WRC-03) 要求对 IMT-2000 内的 HAPS 和其他站之间的共享进行研究, 并且考虑到了 IMT-2000 内的 HAPS 与在邻近频带内有频率分配的某些业务的兼容性;
- d) 按照《无线电规则》(RR) 第 5.388A 款, 在第一区和第三区的频带 1 885-1 980 MHz、2 010-2 025 MHz 和 2 110-2 170 MHz 及第二区的频带 1 885-1 980 MHz 和 2 110-2 160 MHz 内, HAPS 可以在 IMT-2000 的地面部分内用做基站; 由使用 HAPS 作为基站的 IMT-2000 应用使用这些频带, 并不排除这些频带由在 RR 中已经有指配但不是优先使用的业务中的任何站来使用,

建议

- 1 为了在上面考虑到 b) 中的频带内提供 IMT-2000 业务, 附件 1 中的方法应该用做确定 HAPS 系统与蜂窝系统之间间隔距离的指导。

* 应提请无线电通信第 9 研究组注意本建议书。

注 1 — 应该参考 ITU-R M.1456 建议书获得有关 HAPS 系统的典型参数，以便在上面考虑到 b) 中的频带内进行 HAPS IMT-2000 和蜂窝业务之间的共享研究。

附 件 1

为提供 IMT-2000 业务确定从使用 HAPS 的一个系统到蜂窝系统的 间隔距离的共信道干扰估算的方法

1 引言

ITU-R M.1456 建议书对 HAPS 辐射规定了一个共信道谱功率通量密度 (spfd) 限值并对 HAPS 在地球表面上的辐射规定了带外 spfd 限值，以及为保护工作在邻近 HAPS 传输的频带内的地面移动站和固定站而规定了对 HAPS 的性能要求。

然而，为设计一个蜂窝系统，应该考虑系统中多用户干扰以及其他业务的干扰；频谱效率决定于来自相同和邻近小区的干扰。

在本建议书中，为估计 HAPS IMT-2000 系统对地面蜂窝 IMT-2000 系统（塔基的）的共信道干扰影响而提供了指导，考虑了两种干扰源：同一个和相邻小区在蜂窝系统本身中的干扰以及 HAPS IMT-2000 干扰。由于 HAPS IMT-2000 干扰基于 ITU-R M.1456 建议书中描述的 HAPS 天线方向图，此方向图用于估算蜂窝系统的相应干扰功率以便能够导出所有的干扰功率。蜂窝基站和 HAPS 基站对蜂窝移动站的干扰是根据 C/I 来估计的，采用的 HAPS 系统的参数包括每小区中用户数、小区半径和发射功率。为了与蜂窝系统兼容，对于每种估计的情形，确定 HAPS IMT-2000 系统中上述参数的最佳值。对于估算 HAPS IMT-2000 系统与蜂窝 IMT-2000 系统之间的间隔距离，本建议书将向使用那些不同系统的 IMT-2000 服务提供商提供指导。

2 系统模型

2.1 HAPS IMT-2000

HAPS 正按照 ITU-R M.1457 建议书在开发, 以便在第一区和第三区的 1 885-1 980 MHz、2 010-2 025 MHz 和 2 110-2 170 MHz 及第二区的 1 885-1 980 MHz 和 2 110-2 160 MHz 内有可能提供 IMT-2000 业务。另外, 作为一个基站来提供 IMT-2000 的 HAPS 将具有如下的天线方向图:

$$G(\psi) = \begin{cases} G_m - 3(\psi/\psi_b)^2 & \text{dBi 对于 } 0 \leq \psi \leq \psi_1 \\ G_m + L_N & \text{dBi 对于 } \psi_1 < \psi \leq \psi_2 \\ X - 60 \log(\psi) & \text{dBi 对于 } \psi_2 < \psi \leq \psi_3 \\ L_F & \text{dBi 对于 } \psi_3 < \psi \leq 90^\circ \end{cases} \quad (1)$$

其中:

$G(\psi)$: 偏离主波束方向 ψ 角的增益 (dBi)

G_m : 主瓣中的最大增益 (dBi)

ψ_b : 在感兴趣的平面中 3dB 波束宽度的一半 (低于 G_m 3 dB) (度)

L_N : 相对于系统设计所要求的峰值增益的主瓣内近端电平 (dB), 有一个-25 dB 的最大值

$L_F = G_m - 73$ dB 远旁瓣电平 (dBi)

$\psi_1 = \psi_b \sqrt{-L_N/3}$ 度

$\psi_2 = 3.745\psi_b$ 度

$X = G_m + L_N + 60 \log(\psi_2)$ dB

$\psi_3 = 10^{\frac{X-L_F}{60}}$ 度。

3 dB 波束宽度 ($2\psi_b$) 则由下式估算:

$$\psi_b = \sqrt{\frac{7\,442}{10^{0.1G_m}}} \quad \text{度}$$

其中 G_m 是峰值口径增益 (dBi)。

2.2 传播模型

对于蜂窝系统, 考虑了简化的扩展的 Hata 模型, 并且对于 HAPS 系统, 使用了自由空间损耗模型。

在适合 HAPS 系统的更好模型被开发出来之前, 此自由空间损耗模型对于高仰角是足够的, 对于低仰角, 使用时应该小心; 一旦有了更好的模型, 应该重新审视此方法。

2.2.1 一种扩展 Hata 模型的简化模型

公式 (2) 中一种扩展的 Hata 模型被广泛用于城市地区内具有 30 m 基站天线高度和 1.5 m 移动天线高度的蜂窝系统的无线电信道建模。

$$L=25.87+33.9\log_{10}(F)+35.2\log_{10}(R) \quad (2)$$

其中:

L : 路径损耗 (dB)

F : 频率 (MHz)

R : 距离 (km)。

作为 Hata 模型的简化的扩展版本, 采用了地面蜂窝网中广泛使用的 4 次幂路径损耗律, 如公式 (3) 所示, 以简化公式的导出。

$$L=25.87+33.9\log_{10}(F)+40\log_{10}(R) \quad (3)$$

2.2.2 自由空间损耗模型

$$L=32.4+20\log_{10}(F)+20\log_{10}(R) \quad (4)$$

其中:

L : 路径损耗 (dB)

F : 频率 (MHz)

R : 距离 (km)。

3 蜂窝移动站处的 C/I 分析以及确定 HAPS 系统和蜂窝系统之间间隔距离所要求的 C/I

3.1 蜂窝移动站处的 C/I 分析

图 1 示出了蜂窝基站和 HAPS 基站对蜂窝移动站的干扰模型。假设一个受干扰的蜂窝移动站位于 HAPS 服务区的最近点, 如图 1 所示。蜂窝移动站收到的干扰功率能够由公式 (5) 来获得, 考虑了来自蜂窝基站和 HAPS 基站的干扰 (见附录 1)。由于蜂窝移动站位于蜂窝系统覆盖区的边界上, 假设小区内部的干扰是可忽略的。

$$I = I_{\text{蜂窝}} + I_{\text{HAPS}} = \sum_{n=1}^N \left\{ K_c S_i 10^{\frac{G_i}{10}} \left[\sum_{m=1}^{c_{in}} d_{inm}^{-4} \right] + K_h S_{hn} d_h^{-2} \left[\sum_{m=1}^{c_{hn}} 10^{\frac{G_{hn}(\Phi_{hnm})}{10}} \right] \right\} \quad (5)$$

其中:

α_i : 蜂窝系统中的话音激活因子

S_i : 从蜂窝基站到位于每个小区边缘的用户的蜂窝前向链路功率 (mW)

M_i : 每个小区内的蜂窝用户数

l_i : 蜂窝系统每千米的路径损耗

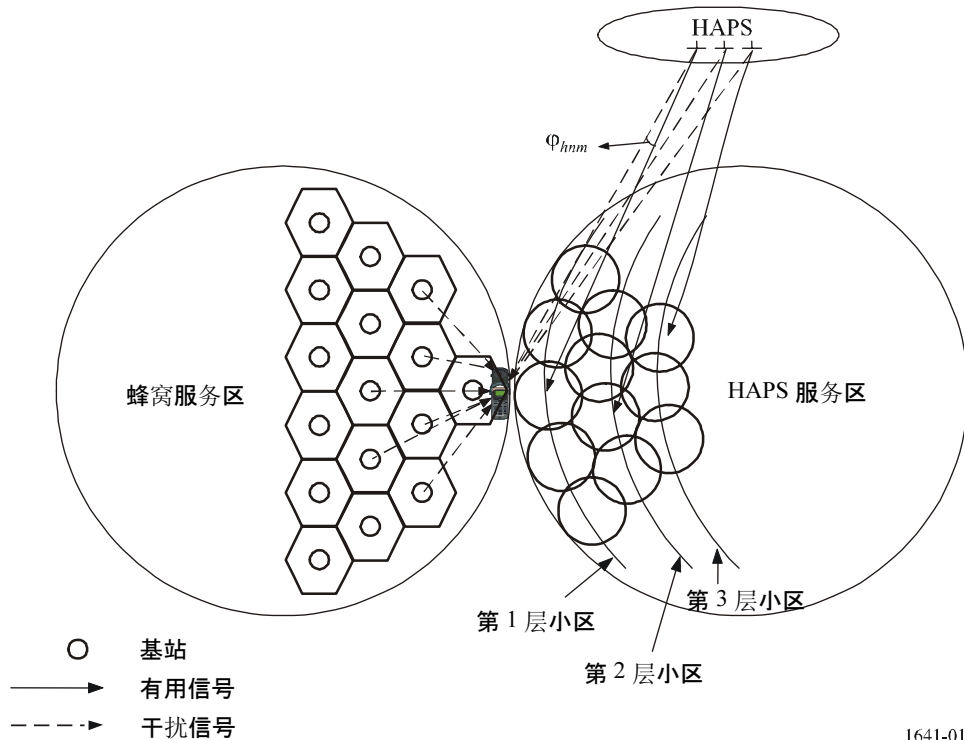
c_{in} : 蜂窝系统中第 n 层小区内产生干扰的小区数目 ($=2n+1$, n 为整数)

N : 小区层数

- c_{hm} : 第 n 层小区中在所考虑的受害小区边缘周围 $(2N-1) \times (\text{HAPS 小区半径})$ 的距离内产生干扰的 HAPS 波束的数目
- d_{imm} : 蜂窝移动站与蜂窝基站之间的距离 (km)
- d_h : 蜂窝移动站与 HAPS 基站之间的距离 (km)
- φ_{hnm} : 蜂窝移动站与由 HAPS 基站所服务的小区的波束方向之间的夹角 (度)
- S_{hm} : 从 HAPS 基站到位于第 n 层小区内的 HAPS 小区的边缘上的用户的 HAPS 前向链路功率 (mW)
- G_i : 蜂窝系统中基站的天线增益
- G_{hm} : 公式 (1) 中根据小区层数来表示的天线增益
- $$K_c = \frac{\alpha_i M_i l_i}{3}$$
- $$K_h = \alpha_h M_h l_h$$
- α_h : HAPS 系统中的话音激活因子
- M_h : 每个小区中的 HAPS 用户数
- l_h : HAPS 每千米的路径损耗。

图 1

对一个蜂窝移动站的干扰模型



1641-01

蜂窝移动站的 C/I 比能够用公式 (6) 得到。

$$C/I = \frac{P_F(r_j) \times 10^{\frac{G_i}{10}} \times l_i \times R_i^{-4}}{I} \quad (6)$$

其中：

- $P_F(r_j)$: 距离 r_j 处的专用于一条用户链路的发射功率
- r_j : 用做承载的蜂窝基站和第 j 个蜂窝用户之间的距离
- R_i : 蜂窝小区半径 (km)。

3.2 确定间隔距离所要求的 C/I

在本建议书中，间隔距离定义为从 HAPS 覆盖区轮廓到服务受干扰的蜂窝移动站的最近小区的覆盖区轮廓的距离。为了在 HAPS 系统与蜂窝系统之间共享频谱以便在相邻地区提供 IMT-2000 业务，有必要设立一个合适的间隔距离。蜂窝 CDMA 中所要求的 C/I 由公式 (7) 表示：

$$(C/I)_{req} = \left(\frac{E_b}{I_0}\right)\left(\frac{R_b}{B_c}\right)$$

(7)

其中：

- E_b : 每比特的能量
- I_0 : 干扰功率/Hz
- R_b : bit/s
- B_c : 无线电信道带宽 (Hz)。

附 件 2

为提供 IMT-2000 业务计算 HAPS 系统与蜂窝系统之间间隔距离的例子

1 用于 C/I 计算的参数

表 1 示出了用于计算来自 HAPS 基站和蜂窝基站的位于一个蜂窝移动站处的 C/I 的参数和值。

表 1
用于 C/I 计算的参数

参 数	值
频率 (MHz)	1 950
每个蜂窝小区中的用户数	50
产生干扰的小区层数	5
蜂窝小区半径 (km)	1
每个用户的蜂窝发射功率 (mW)	100
HAPS 高度 (km)	20
HAPS 小区覆盖区的半径 (km)	55
蜂窝话音激活因子 (α_i)	0.375
HAPS 话音激活因子 (α_h)	0.375

如果 E_b/I_0 、 R_b 和 B_c 分别为 4.5 dB、8 kbit/s 和 1.25 MHz，由公式 (7) 可获得要求的 C/I ($(C/I)_{req}$) 为 17.438 dB。

由公式 (7) 得到的 C/I 用做一个准则来确定用于 IMT-2000 业务的 HAPS 系统与蜂窝系统之间的间隔距离。

2 间隔距离的计算

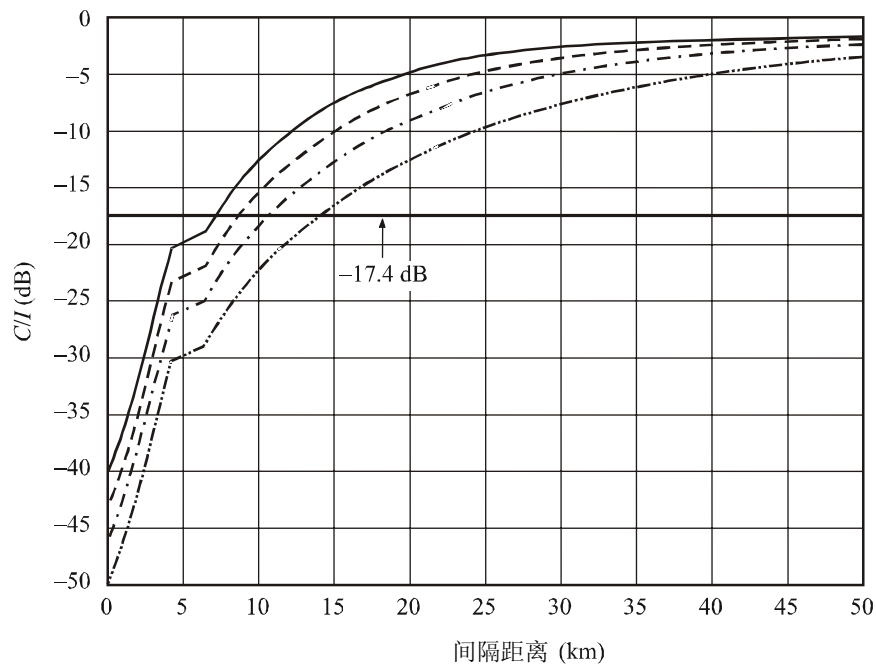
对于蜂窝系统的干扰分析，在此例子中，使用了 -17.4 dB 的 C/I 作为地面蜂窝系统内部的设计 C/I 的准则，并且用于确定 HAPS 系统与蜂窝系统之间的间隔距离。此准则应该被认为是移动站一次操作的一个限值；通常，所使用的准则要更加严格。

假设受干扰的小区层数最多为 5，因为对于大于 5 的小区层数，附加干扰是可忽略的。按照 HAPS 小区半径，HAPS 基站的最大天线增益被认为是足够的。

由公式 (5) 和上述考虑，对于简化的扩展的 Hata 模型，考虑了 HAPS 的每小区内用户数、发送功率和小区半径后计算得到的作为间隔距离的函数的 C/I 分别如图 2、3 和 4 所示。

图 2

对于每小区内不同的 HAPS 用户数， C/I 相对于间隔距离的关系曲线

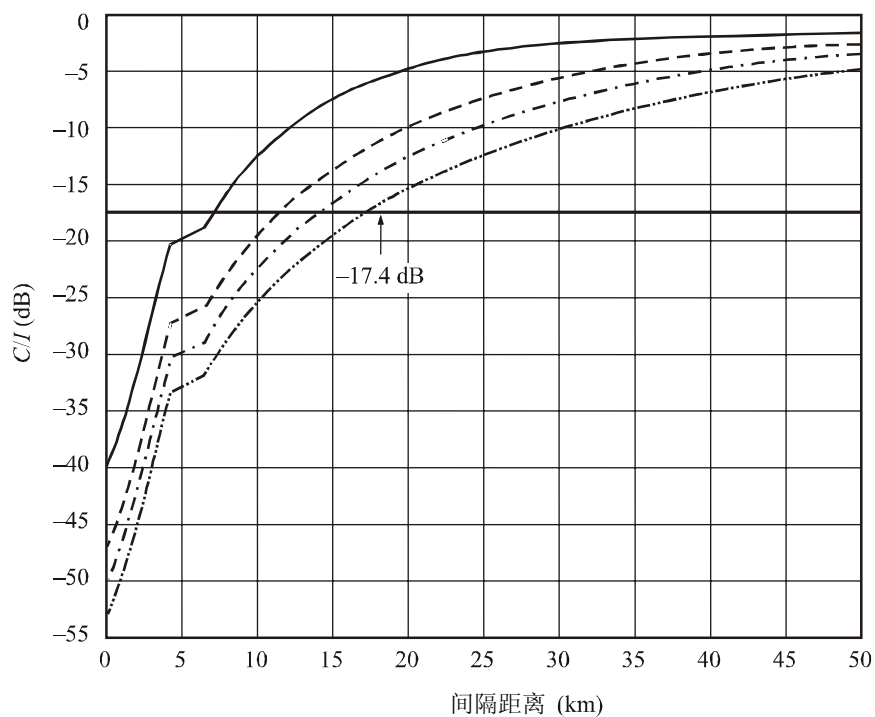


蜂窝功率: 100 mW
蜂窝小区半径: 1 km
每小区内蜂窝用户数: 50
HAPS 功率: 10 mW
HAPS 小区半径: 2 km

——每小区内 HAPS 用户数: 50 - · - · - 每小区内 HAPS 用户数: 200
- - - 每小区内 HAPS 用户数: 100 ····· 每小区内 HAPS 用户数: 500

1641-02

图 3

对于不同的发送功率， C/I 相对于间隔距离的关系曲线

蜂窝功率: 100 mW
 蜂窝小区半径: 1 km
 每小区内蜂窝用户数: 50
 HAPS 小区半径: 2 km
 每小区内 HAPS 用户数: 50
 — HAPS 功率: 10 mW
 - - - HAPS 功率: 50 mW

- · - · - HAPS 功率: 100 mW
 ····· HAPS 功率: 200 mW

1641-03

图 4
对于不同的 HAPS 小区半径， C/I 相对于间隔距离的关系曲线

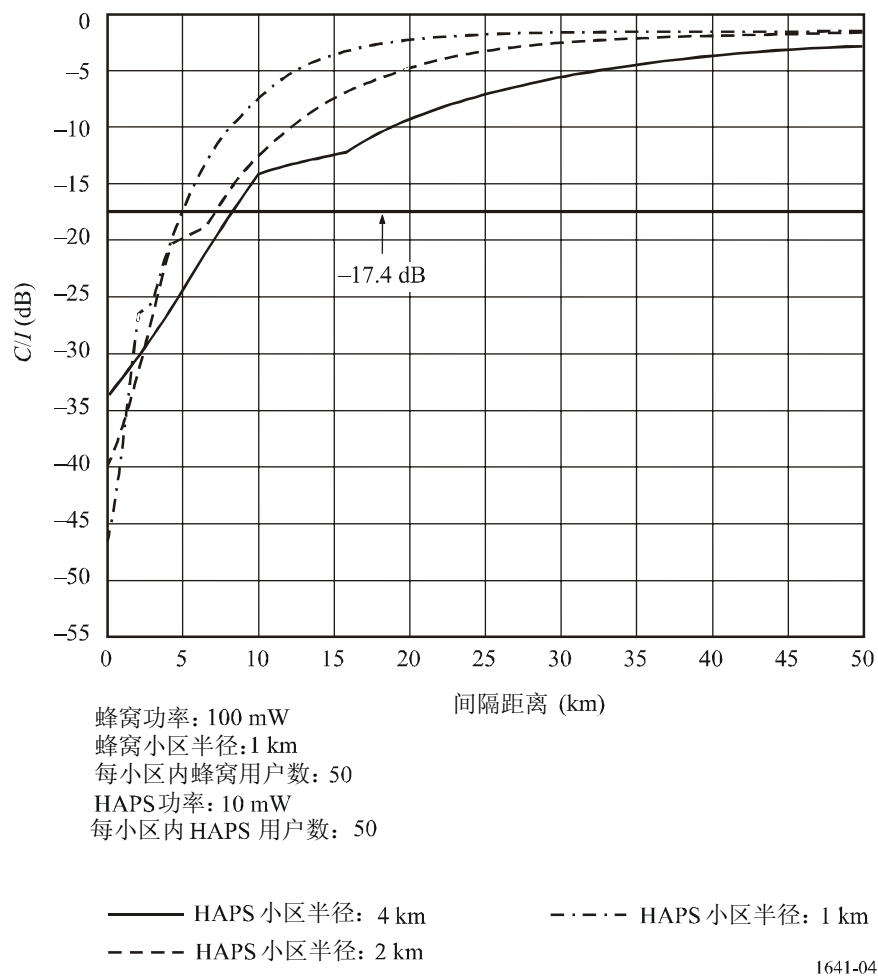


图 2 示出了作为间隔距离的函数的 C/I ，考虑了每小区中的 HAPS 用户数。在两个系统连接点上一个蜂窝移动站处的 C/I 值是低于 -17.4 dB 的门限值。当每用户的 HAPS 发送功率是 10 mW，并且 HAPS 小区半径是 2 km 时，当每小区中的 HAPS 用户数分别为 50、100、200 和 500 时，对应的两个系统之间所需的间隔距离分别为 7.2、8.8、10.8 和 14.1 km，如表 2 所示。

图 3 示出了作为间隔距离的函数的 C/I ，考虑了每个用户的 HAPS 发送功率。在两个系统连接点上一个蜂窝移动站处的 C/I 值低于门限值。当每小区中的 HAPS 用户数是 50，并且 HAPS 小区半径是 2 km 时，当每用户的发送功率分别为 10、50、100 和 200 mW 时，对应的两个系统之间所需的间隔距离分别为 7.2、11.5、14.1 和 17.4 km，如表 3 所示。

图 4 示出了作为间隔距离的函数的 C/I ，考虑了 HAPS 小区半径。一个蜂窝移动站处的 C/I 值是决定于 HAPS 小区半径。当每小区中的 HAPS 用户数是 50，并且每小区的发送功率是 10 mW 时，当 HAPS 小区半径分别为 4、2 和 1 km 时，对应的两个系统之间所需的间隔距离分别为 8.3、7.2 和 5 km，如表 4 所示。

在 $C/I = -17.4\text{dB}$ 的计算例子中，当假设只有蜂窝系统（即没有 HAPS）时获得的 C/I 约为 -8 dB ，这意味着对外部干扰有一个较大的余量。在第二个计算例子中，假设 C/I 限为 -12 dB 。

表 2
不同的每小区中 HAPS 用户数时的间隔距离

每小区中 HAPS 用户数	间隔距离 (km)	
	$C/I = -17.4\text{ dB}$	$C/I = -12\text{ dB}$
50	7.2	10.6
100	8.8	12.9
200	10.8	15.9
500	14.1	20.9

表 3
不同的发送功率时的间隔距离

HAPS 功率 (mW)	间隔距离 (km)	
	$C/I = -17.4\text{ dB}$	$C/I = -12\text{ dB}$
10	7.2	10.6
50	11.5	17
100	14.1	20.9
200	17.4	25.7

表 4
不同的 HAPS 小区半径时的间隔距离

HAPS 小区半径 (km)	间隔距离 (km)	
	$C/I = -17.4\text{ dB}$	$C/I = -12\text{ dB}$
1	5	7.1
2	7.2	10.6
4	8.3	16.1

附件 1 的附录 1

HAPS 系统与蜂窝系统之间干扰的导出

1 对一个蜂窝移动站的干扰

1.1 来自蜂窝基站的干扰

考虑简化的功率控制定律后蜂窝基站的发送功率为：

$$P_F(r_j) = \begin{cases} \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^4 S_i & \text{对于 } 0 < r_j \leq r_{i0} \\ \left(\frac{r_j}{R_i}\right)^4 S_i & \text{对于 } r_{i0} < r_j \leq R_i \end{cases} \quad (8)$$

其中：

R_i : 蜂窝小区半径

r_j : 到小区内第 j 个移动站的距离

$P_F(r_j)$: 从小区站点发射给第 j 个移动用户的功率。

令 P_c 表示蜂窝基站发送的平均功率。按照公式 (8) 中的功率控制定律, P_c 表示如下：

$$\begin{aligned} P_c &= \alpha_i \rho_i \int_0^{R_i} P_F(r_j) \times 2\pi r_j dr_j \\ &= 2\pi \alpha_i \rho_i \left[\int_0^{r_{i0}} \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^4 S_i r_j dr_j + \int_{r_{i0}}^{R_i} \left(\frac{r_j}{R_i}\right)^4 S_i r_j dr_j \right] \\ &= \frac{\pi \alpha_i \rho_i S_i R_i^2}{3} \left[1 + \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^6 \right] \end{aligned} \quad (9)$$

其中：

ρ_i : 用户密度。

如果 $\rho_i = \frac{M_i}{\pi R_i^2}$, 则重写 P_c 如下：

$$P_c = \frac{\alpha_i S_i M_i}{3} \left[1 + \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^6 \right] \quad (10)$$

如果分界点距离 $r_{i0} = 0.55 R_i$ ，则 $\left[1 + \left(\frac{r_{i0}}{R_i}\right)^6\right] \approx 1.027 \approx 1$ 。

这样，公式（10）就变为：

$$P_c = \frac{\alpha_i S_i M_i}{3} \quad (11)$$

蜂窝基站对蜂窝移动的总干扰为：

$$I_{\text{蜂窝}} = \sum_{n=1}^N \left[\sum_{m=1}^{c_m} l_i P_c 10^{\frac{G_i}{10}} d_{im}^{-4} \right] = \frac{\alpha_i S_i M_i l_i}{3} 10^{\frac{G_i}{10}} \sum_{n=1}^N \left[\sum_{m=1}^{c_m} d_{im}^{-4} \right] \quad (12)$$

1.2 来自 HAPS 基站的干扰

HAPS 基站发射到第 n 层小区内每个小区的功率 P_{hn} 由公式（14）给出。为了标定每个服务区内小区边缘上的相同接收功率电平，假设服务区中每个用户的 HAPS 发射功率如下：

$$P_{hn} = \alpha_h S_{hn} M_h \quad (13)$$

$$S_{hn} = \begin{cases} \frac{l_i}{l_h} \frac{10^{(G_i/10)}}{10^{(G_{hn}/10)}} \frac{d_h^2}{r_i^4} S_i, & n=1 \\ \frac{10^{(G_{h(n-1)}/10)}}{10^{(G_{hn}/10)}} \frac{d_{hn}^2}{d_{h(n-1)}^2} S_{h(n-1)}, & n \geq 2 \end{cases}$$

其中：

S_{hn} ：位于第 n 层小区的 HAPS 小区边缘上的用户的 HAPS 前向链路功率。

d_{hn} ：从 HAPS 基站到位于蜂窝覆盖区最近点的第 n 层小区的一个 HAPS 移动站的距离。

HAPS 基站对蜂窝移动的总干扰如下：

$$I_{HAPS} = \sum_{n=1}^N \left[\sum_{m=1}^{c_m} l_h P_h 10^{\frac{G_{hn}(\Phi_{hmm})}{10}} d_h^{-2} \right] = \alpha_h M_h l_h d_h^{-2} \left[\sum_{n=1}^N S_{hn} \sum_{m=1}^{c_m} 10^{\frac{G_{hn}(\Phi_{hmm})}{10}} \right] \quad (14)$$

其中：

$$d_h = \sqrt{r_h^2 + h_s^2}$$

r_h ：从 HAPS 天底到蜂窝移动站的距离

h_s ：HAPS 的高度。

附件 1 的附录 2

天线辐射方向图

1 使用的参考辐射方向图（ITU-R M.1456 建议书）

为参考辐射方向图假设的特性示于图 5 中，分别考虑了 23 dBi、35 dBi 和 50 dBi 的天线最大增益。

图 5

天线辐射方向图

