|  |  |
| --- | --- |
| **世界无线电通信大会（WRC-15） 2015年11月2-27日，日内瓦** |  |
| **国 际 电 信 联 盟** |  |
|  |  |
| **第4委员会** | **文件 8(Add.5)(Add.1)-C** |
| **2015年11月2日** |
| **原文：英文** |
| 区域通信联合体共同提案 | |
| 在WRC-15议项1.5研究结果中需加入的提案内容 | |
| 与将划分给无须遵守附录30、30A和30B规定的 卫星固定业务的频段用于非隔离空域无人机系统的控制 和非有效载荷通信有关的技术和操作特性、干扰和规则环境 | |
| WRC-15议项1.5 | |

引言

ITU-R新报告草案M.[UAS-FSS]（文件5B/886-E）《有关装载在无人机上的卫星固定业务地球站发射机的发射进入现有地面业务链路3的共用研究》的附件7中给出了在特定频段中的，UAS发射机在地球表面FS台站天线所在位置相对于水平方向可能的到达角范围内所产生的允许干扰功率通量密度。已经明确这些掩模仅作为对FS台站在14-14.47 GHz和27.5‑29.5 GHz频段内可允许干扰的短期标准，其干扰概率不超过全部时间的0.0001-0.001%。同时，UAS发射机产生的干扰功率通量密度的值未在该文件中给出。因而似乎无法对于FS台站免受UAS台站产生干扰的保护电平进行评估。

提案

本文稿提出了评估FS台站免受UAS台站产生干扰的相关研究结果。其中使用了UAS发射机产生的可允许干扰功率通量密度掩模，并且指明了当干扰概率不超过20%的时间百分比时内，对于FS台站短期和长期的可接受干扰标准。此外，对于FS台站，考虑到了单个UAS分别与FS台站的距离在不超过138千米时（这时UAS飞行高度为3 000英尺），和不超过327千米时（这时UAS飞行高度为19 000英尺），所产生的视距干扰。本附件中给出的研究结果提请WRC-15在议项1.5之下审议和讨论。

附件

在WRC-15议项1.5研究结果中需加入的提案内容

**与将划分给无须遵守附录30、30A和30B规定的  
卫星固定业务的频段用于非隔离空域无人机系统的控制  
和非有效载荷通信有关的技术和操作特性、干扰和规则环境**

WRC-15议项1.5

# 1 引言

需要在ITU-R新报告草案M.[UAS-FSS]中加入的提案中包括了FS台站免受UAS台站产生干扰水平的评估结果，其中使用了UAS发射机产生的可接受功率通量密度掩模，用于FS台站的可允许短期干扰（在14-14.47 GHz频段按照ITU-R F.1494建议书的I/N< +20 dB，p=0.0001%这一标准，以及在27.5-29.5 GHz频段按照ITU-R SF.1719建议书的I/N< +9 dB， p=0.001%这一标准），以及可允许长期干扰（在14-14.47 GHz和27.5-29.5 GHz频段频段按照ITU-R F.758建议书的I/N<-10 dB，p=20%这一标准）。考虑到了由单个UAS产生的，分别在与FS台站的距离在不超过138千米时（这时UAS飞行高度为3 000英尺），以及不超过327千米时（这时UAS飞行高度为19 000英尺）对FS台站的视距干扰。

# 2 运行在地对空链路上的UAS发射台站对FS接收机在14-14.47 GHz和27.5-29.5 GHz频段的兼容性评估的场景

图1给出了单个UAS，由于其在方位上朝向FS台站天线主瓣运动（UAS1），以及在方位上朝向天线旁瓣和背瓣运动（UAS2-UAS5）时所产生影响的场景。

**R=138 кm**

**S1= 59828.5 km2**

**hTx= 3000 ft (914 m)**

**FS**

**UAS4**

**UAS5**

**UAS3**

**UAS2**

**UAS1**

**hRx= 10 m**

**Rx-Tx**

**Rx-Tx**

**R=327 кm**

**S1= 335927.4 km2**

**hTx= 19000 ft (5791 m)**

**Rx**

**Rx**

图1

当单个UAS的高度分别为h1Tx=3 000英尺和h2Tx=19 000英尺时，  
由于UAS在方位Rx上朝向FS台站天线主瓣（UAS1）运动，  
以及在方位Rx-Tx上朝向天线方向图旁瓣和背瓣（UAS2-UAS5）运动时  
在视距条件下对FS台站所产生影响的场景

图2显示了由于单个UAS运动路线造成在视距范围内干扰相对于水平方向的到达角的变化Rx-Tx对FS台站造成的影响的场景。

**Rx-Tx**

**Rx-Tx**

**UAS**

**FS**

**hTx**

**R2**

**R1**

**Rx-Tx**

**hRx**

**R3**

**1**

**2**

**3**

**d2**

**d1**

**d3**

图2

单个UAS运动路线造成在视距范围内相对于水平方向的  
到达角变化Rx-Tx对FS台站造成的干扰所产生影响的场景

# 3 初始数据和假设

在评估来自UAS台站对FS台站接收机干扰时所用的在14-14.47 GHz和27.5-29.5 GHz频段地对空方向操作的发射UAS台站的参数见表1。

表1

在14.0-14.47和27.5-29.5 GHz频段无人机地球站发射研究的参数

| 参数 | 单位 | 频段 | 值 | 来源 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 天线尺寸 | M | 两者 | 小型 = 0.45  中型 = 0.80  大型 = 1.25 | 附件1中仅研究了小型和大型天线。 |
| 发射信道带宽 | kHz | 两者 | 250 |  |
| 发射频率范围（评估） | GHz | 14.0-14.47 | 14.4 |  |
| 发射频率范围（评估） | GHz | 27.5-29.5 | 28.5 |  |
| e.i.r.p.密度 | dBW/250 kHz | 14.0-14.47 GHz | S,M,L = 43.78, 53.78, 57.68 | 附件1中仅研究了小型和大型天线。 |
| e.i.r.p.密度 | dBW/250 kHz | 27.5-29.5 GHz | S,M,L = 42.38, 44.48, 48.08 | 附件1中仅研究了小型和大型天线。 |
| 天线方向图 |  | 峰值包络贝塞尔函数天线 |  | 在附录2、3、4和5中有所应用。 |
|  | S.580-APL-UM001 | S.580建议书用于D/Lambda >= 100的情形，BR-IFIC APL APEREC015V01用于D/Lambda < 100的情形； | 在附录4和5中有所应用。 |
| 高度 | 英尺AGL | 两者 | 用于长期的3 000’（914米）和19 000’（5 791米）AGL；多个高度≥3 000’，用于短期所需的以1 000’为单位的增量。 | ICAO场景2和4 |
| 大气气体衰减 | dB | 两者 |  | ITU-R P.676-9建议书 |

在评估来自UAS台站对FS台站接收机干扰时所用的FS台站的参数见表2。

表2

在14.0-14.47GHz和27.5-29.5 GHz频段固定业务接收机参数

| 固定业务 | 单位 | 14.0-14.47 GHz参数 | 27.5-29.5 GHz参数 | 注释 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率 | GHz | 14.4 | 28.5 | 固定业务接收频段 |
| 带宽 | MHz | 28 | 56 | ITU-R F.758-5建议书 |
| 路径损耗 | dB | 6 | 0 | ITU-R F.758-5建议书 |
| 天线增益 | dB | 31.9 | 31.5 | ITU-R F 758-5建议书 |
| 天线效率 | % | 60 | 60 |  |
| 天线方位角 | 度 | ±180 | ±180 |  |
| 天线俯仰角 | 度 | -5 到 +5 | -5 到 +5 | 5B/164-E |
| 位置 – 纬度 |  | 对于10度至70度之间的多个纬度进行了评估 | 对于10度至70度之间的多个纬度进行了评估 |  |
| 用于平均天线增益的天线方向图 |  | cid:image001.png@01D0CDF0.068048A0 |  | ITU-R F.1245建议书天线方向图。  对于所有FS均为固定 |

表3给出了从UAS台站到FS台站的可允许长期和短期干扰标准。

表3

在14.0-14.47GHz和27.5-29.5 GHz频段对固定业务的保护标准

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 参数 | 频率范围 | 值 | ITU-R来源 文件 | 注释 |
| I/N（长期） | 14.0-14.47 GHz  27.5-29.5 GHz两者 | -10 dB | ITU-R F.758-6建议书 | 不得超过20%的时间 |
| I/N（短期） | 14.0-14.47 GHz | +20 dB | ITU-R F.1494-0建议书 | 不得超过1x10-4 %的时间 |
| I/N（短期） | 27.5-29.5 GHz | +9 dB | ITU-R SF.1719建议书 | 不得超过0.001%的时间 |

在进行计算时，我们假设UAS台站的天线指向FS台站的方向总是在90 <  < 180这一角度范围内。则UAS台站指向FS台站的天线增益被定义为：

, (1)

开展对于14-14.47 GHz和27.5-29.5 GHz频段共用的可行性评估使用了以下假设：FS台站天线高于地面的高度为：hRx=10米。FS台站天线方向图主波束的俯仰角为***εRx***=5度。计算中顾及了应用小型天线（D=0.45米）和大型天线（D=1.25米）作为UAS台站天线的场景。

# 4 评估方法

评估在地对空链路操作的UAS台站与FS台站共用14-14.47 GHz和27.5-29.5 GHz频段可行性的方法包括，在UAS发射机在指定频段，在干扰相对于地平线的各种可能到达角数值范围内，在FS台站天线所在位置的地表所产生干扰功率通量密度（pfd）电平与可允许干扰功率通量密度值两者之间进行比较。

干扰相对于地平线的到达角为Rx-Tx时可允许干扰功率通量密度值的掩模参数可采用下式定义：

(2)

其中：

*–* 规定频段F内，在FS台站接收机天线所在位置点，相对于地平线的干扰到达角为Rx-Tx时干扰的可允许功率通量密度，单位为dBW/m2/F MHz；

– 规定频段内典型接收机的热噪声功率密度，单位为dBW/F MHz（ITU-R F.758-6建议书）；

F -

***f*** – FS台站的频率指配，单位为GHz；

– 干扰电平***I***与接收机热噪声电平***N***的可允许比率（ITU-R F.758-6建议书 – 对于长期干扰；ITU-R F.1494-0建议书 – 对于14-14.47 GHz频段内的短期干扰；ITU-R SF.1719-0建议书 – 对于27.5-29.5 GHz频段内的短期干扰），单位dB；

– FS台站天线朝向干扰到达角*χRx*的增益，单位dB（ITU-R F.1245-2建议书）；

*χRx* – 干扰的到达角（FS台站接收机天线朝向UAS天线的离轴角），单位为度。

FS台站接收机天线朝向UAS天线的离轴角*χRx*的数值由下式定义：

χRx = arccos(cos(εRx) cos(εRx-Tx) cos(αRx-Tx – αRx) + sin(εRx) sin(εRx-Tx)), (3)

其中：

***εRx*** – FS接收机天线的主瓣仰角；

***εRx-Tx*** – FS接收机天线朝向UAS天线的仰角；

***αRx*** – FS接收机天线主瓣的方位角；

***αRx-Tx*** – FS接收机天线朝向UAS天线的方位角。

UAS发射机在指定频段，相对于地平线的到达角为时，在FS台站接收机天线所在位置的地表所产生功率通量密度可根据下式计算：

(4)

其中：

*–* UAS发射机在规定频段F内，在FS台站接收机天线所在位置点，相对于地平线的干扰到达角为时所产生的功率通量密度，单位为dBW/m2/F MHz；

– 规定频段F内UAS发射机的e.i.r.p.，单位为dBW/F MHz；

– UAS辐射方向图朝向FS台站的干扰衰减，单位为dB；

– UAS台站辐射方向图主瓣的方向与UAS台站朝向FS台站方向之间的差值，单位为度；

– 从UAS台站到FS台站的干扰路径传播损耗（ITU-R P.525-2建议书，对于视距路径），单位为dB；

***f*** –FS台站的频率指配，单位GHz；

– 大气气体造成的具体衰减（ITU-R P. 676-10建议书），单位dB/公里；

– 相对于地平线的干扰到达角，单位为度。

***R*** – UAS台站与FS台站之间沿大圆弧的间隔距离，单位：公里；

– UAS发射机天线在地面以上的高度，单位：米；

– FS台站天线在地面以上的高度，单位：米；

– UAS台站与FS台站之间的间隔距离，单位：千米。

# 5 在地对空链路内操作的UAS台站与FS台站共用14-14.47 GHz和 27.5-29.5 GHz频段的可行性评估结果

为了根据表2和3的初始数据，利用关系式(2)评估共用14-14.47 GHz和27.5-29.5 GHz频段的可行性，规定了UAS发射机产生的短距离干扰的可允许功率通量密度掩模。

对于干扰相对于地平线的不同到达角，14-14.47 GHz频段UAS发射机在地球表面FS台站天线位置点产生的短距离干扰的最大可允许功率通量密度近似掩模（根据ITU‑R F.1494建议书，按照p=0.0001%时的标准I/N< +20 dB）：

• 对于干扰到达方向朝向FS台站天线辐射方向图主波束方位的情况

(5)

• 对于干扰到达方向朝向FS台站天线辐射方向图旁瓣和背瓣方位的情况

(6)

对于干扰相对于地平线的不同到达角，14-14.47 GHz频段UAS发射机天线在地球表面FS台站天线位置点产生的长期干扰的最大可允许功率通量密度近似掩模（根据ITU-R F.758建议书，按照p=20%时的标准I/N< -10 dB）

• 对于干扰到达方向朝向FS台站天线辐射方向图主波束方位的情况

(7)

• 对于干扰到达方向朝向FS台站天线辐射方向图旁瓣和背瓣方位的情况

(8)

对于干扰相对于地平线的不同到达角，27.5-29.5 GHz频段UAS发射机在地球表面FS台站天线位置点产生的短期干扰的最大可允许功率通量密度近似掩模（根据ITU-R SF.1719建议书，按照p=0.001%时的标准I/N< +9 dB）

• 对于干扰到达方向朝向FS台站天线辐射方向图主波束方位的情况

(9)

• 对于干扰到达方向朝向FS台站天线辐射方向图旁瓣和背瓣方位的情况

(10)

对于干扰相对于地平线的不同到达角，27.5-29.5 GHz频段UAS发射机在地球表面FS台站天线位置点产生的长期干扰的最大可允许功率通量密度近似掩模（根据ITU-R F.758建议书，按照p=20%时的标准I/N< -10 dB）

• 对于干扰到达方向朝向FS台站天线辐射方向图主波束方位的情况

(11)

• 对于干扰到达方向朝向FS台站天线辐射方向图旁瓣和背瓣方位的情况

(12)

图3和图4给出了根据短期和长期干扰标准，对UAS台站使用小型天线（直径D=0.45米）和大型天线（直径D=1.25米）、UAS飞行高度为3 000英尺（914米）和19 000英尺（5 791米）的情形下，为FS台站免受14-14.47 GHz频段UAS台站所产生的干扰而提供的不同级别保护的评估结果。

图3

根据短期干扰标准对在地对空链路内操作的UAS台站与FS台站共用14-14.47 GHz频段的可行性评估结果

图4

根据长期干扰标准对在地对空链路内操作的UAS台站与FS台站共用14-14.47 GHz频段的可行性评估结果

根据短期干扰标准（见图3），对14-14.47GHz频段内防止FS台站受到UAS产生的干扰的保护电平进行了评估。分析表明，在应用情景下，当UAS的飞行高度仅为3 000英尺，UAS的台站使用直径分别为D=1.25米和D=0.45米大小两种天线时，干扰到达朝向FS台站天线主波束方位角（-2.6度< ***αRx-Tx*** **<+**2.6度），干扰相对水平面的到达角小于10度（***εRx-Tx*** < 10度）时，就会出现FS台站保护标准不达标的情况。当UAS在距离FS台站5至138千米的FS台站天线主波束扇形区域时，就会出现这种干扰影响情况。

另外，应当指出，可允许超出短期干扰标准值的时间比例等于p%<0.0001%。因此，当决定UAS台站与FS台站共用14-14.47 GHz频段时，须考虑上述取得的结果。

在所有其他干扰影响的情况下，UAS台站对FS台站可允许短期干扰标准是达标的。

根据长期干扰标准（图4），对14-14.47 GHz频段内防止FS台站受到UAS产生的干扰的保护电平进行评估。分析表明，在应用情景下，在FS台站位置到UAS台站的半径限制在相当于视线距离（138千米）区域内，UAS的飞行高度为3 000和19 000英尺，且UAS台站使用直径分别为D=1.25米和D=0.45米的大小两种天线时，干扰到达朝向FS台站天线主波束方位角（-2.6度< ***αRx-Tx*** **<+**2.6度），干扰相对水平面的到达角小于10度（0度< ***εRx-Tx*** < 90度）时，就会出现FS台站保护标准不达标的情况。

在距离FS台站0千米至10千米的区域内，UAS飞行高度为3 000至19 000英尺，使用直径分别为D=1.25米和D=0.45米的大小两种天线时，干扰到达朝向FS台站天线的旁瓣和背瓣方位角（2.6度< ***αRx-Tx*** **<** 357.4度）时，也会发生FS台站保护标准不达标的情况。

从上述结果可以得出这样的结论，即使一个UAS在上述区域内的时间超过20%，也会出现保护FS台站不受UAS台站干扰的可允许长期干扰标准不达标的情况。

如图5和6所示，当UAS飞行高度为3 000英尺（914米）和19 000英尺（5 791米），其台站天线直径分别为D=1.25米和D=0.45米时，根据短期和长期干扰标准在27.5-29.5 GHz频段内对防止FS台站受到UAS台站干扰的保护电平进行评估的结果。

图5

按照短期干扰标准对地对空链路上UAS台站与FS台站共用27.5‑29.5 GHz频段可行性的评估结果

图6

按照长期干扰标准对地对空链路上UAS台站与FS台站共用27.5‑29.5 GHz频段可行性的评估结果

根据短期干扰标准（见图5），对27.5-29.5 GHz频段内防止FS台站受到UAS产生干扰的保护电平进行了评估。分析表明，在应用情景下，当UAS飞行高度仅为3 000英尺，UAS台站使用直径分别为D=1.25米和D=0.45米大小两种天线时，干扰到达朝向FS台站天线主波束方位角（-2.6度< ***αRx-Tx*** **<+**2.6度），干扰相对水平面的到达角小于10度（***εRx-Tx*** < 10度）时，就会出现FS台站保护标准不达标的情况。当UAS在距离FS台站5至327千米的FS台站天线主波束扇形区域时，就会发生干扰影响的情况。

另外，应当指出，可能超出短期干扰标准值的可允许时间比例等于p%<0.001%。因此，当决定UAS台站与FS台站共用27.5-29.5 GHz频段时，须考虑上述取得的结果。

在所有其他干扰影响的情况下，UAS台站对FS台站的可允许短期干扰标准是达标的。

根据长期干扰标准（见图6），对27.5-29.5 GHz频段内防止FS台站受到UAS产生干扰的保护电平进行了评估。分析表明，在应用情景下，当UAS飞行高度仅为3 000英尺，UAS的台站只使用直径D=0.45米小型天线时，干扰到达朝向FS台站天线主波束方位角（-2.6度< ***αRx-Tx*** **<+**2.6度），干扰相对水平面的到达角为（0度< ***εRx-Tx*** < 90度）时，就会出现FS台站保护标准不达标的情况。当UAS在距离FS台站0千米至327千米的FS台站天线主波束扇形区域时，就会发生干扰影响的情况。

当UAS台站使用直径D=1.25米大型天线，UAS飞行高度为3 000英尺时，但干扰朝向FS台站主波束方位角（-2.6度< ***αRx-Tx*** **<+**2.6度）并且干扰相对于水平面的到达角在0 – 20度（0度<***εRx-Tx*** < 20度）的范围内时，就会出现FS台站保护标准不达标的情况。当UAS位于距离FS台站位置2千米至327千米的FS台站天线的主波束扇形区域时，就会出现干扰影响的情况。

当干扰到达朝向FS台站主波束方位角（-2.6度< ***αRx-Tx*** **<+**2.6度），干扰相对于水平面的到达角在0 – 10度（0度 <***εRx-Tx*** < 10度），UAS飞行高度为19 000英尺时，将会出现FS台站保护标准不达标的情况。当UAS在距离FS台站位置33千米至327千米的FS台站天线主波束扇形区域时，就会出现干扰影响的情况。

当UAS台站使用直径为D=0.45米的小型天线，UAS飞行高度仅为3 000英尺，距离FS台站位置0千米至1.3千米的区域内，干扰到达朝向FS台站旁波束和后波束的方位角（2.6度< ***αRx-Tx*** **<** 357.4度）时，也会出现FS台站保护标准不达标的情况。

从上述结果可以得出这样的结论：任何UAS在上述区域内的时间如果超过20%，都会出现保护FS台站不受UAS台站干扰的可允许长期干扰标准不达标的情况。

# 5 结论

对地对空链路上工作的UAS台站和FS台站共用14-14.47 GHz和27.5‑29.5 GHz频段的可行性的评估结果表明，利用划分给FSS的不适用附录30、30A和30B的频段在非隔离空域内进行控制和非有效载荷通信是不可能的。

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_