|  |
| --- |
| **ITU-R F.1509-4 建议书**  **(01/2018)** |
| **便于25.25-27.5 GHz频段内**  **固定业务点对多点系统**  **与卫星间业务共用的**  **技术和操作要求** |
| **F 系列**  **固定业务** |

# 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  
2018年，日内瓦

© 国际电联 2018

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 F.1509-4 建议书[[1]](#footnote-1)\*

便于25.25-27.5 GHz频段内固定业务点对多点系统  
与卫星间业务共用的技术和操作要求

（ITU-R 118/7号课题）

（2001-2009-2013-2015-2018年）

范围

本建议书提供了固定业务中中心和用户点对多点台站在朝向同步卫星轨道方向的最大e.i.r.p.密度，以便在25.25-27.5 GHz频段内与卫星间业务共用。本建议书中的参考e.i.r.p.密度考虑了在最低必要电平发射的必要性，同时也考虑了固定业务（FS）台站用于降雨事件的发射机自动功率控制（ATPC）。

关键字

数据中继卫星、轨道位置、等效全向辐射功率密度、频谱密度

缩写

ATPC 自动发射机功率控制

DRS 数据中继卫星

e.i.r.p. 等效全乡辐射功率密度

FS 固定业务

GSO 地球同步轨道

POCS 邻近操作通信系统

国际电联相关建议书

|  |  |
| --- | --- |
| ITU-R F.758建议书 | 制定固定业务中的固定无线系统与其他业务中的系统之间频率共用或兼容标准的系统参数和考虑 |
| ITU-R F.1249建议书 | 便于25.25-27.5 GHz频段固定业务点对点系统和卫星间业务共用的技术和操作要求 |
| ITU-R F.1336建议书 | 在400 MHz到约70 GHz频率范围内用于共用研究的固定和移动系统的全向、扇形和其它天线的参考辐射图 |
| ITU-R SA.609建议书 | 有人和无人操纵的近地科学卫星的无线电通信链路的保护准则 |
| ITU-R SA.1018建议书 | 对地静止轨道和低地球轨道用户航空器中含有数据转发卫星系统的假设参考系统 |
| ITU-R SA.1155建议书 | 与数据转发卫星系统操作相关的保护标准 |
| ITU-R SA.1276建议书 | 需保护免受25.25-27.5 GHz频段固定业务系统发射影响的数据中继卫星轨道位置 |

国际电联无线电通信全会，

考虑到

*a)* 25.25-27.5 GHz频段作为主要业务划分给固定、移动和卫星间业务；

*b)* 除点对点固定业务（FS）系统外，点对多点（P-MP）FS系统也计划在25.25-  
27.5 GHz内进行操作；

*c)* 卫星间业务的空对空无线电通信链路在25.25-27.5 GHz频段内使用；

*d)* 低轨用户卫星和同步数据中继卫星（DRS）之间建立的空对空链路以及低轨空间电台附近用户之间的邻近操作通信系统（POCS）；

*e)* 这些链路，尤其是DRS网络的空对空链路，设计可以2 dB到4 dB左右的余量操作；

*f)* 卫星链路易受地理范围很大的视场内固定业务系统发射所产生干扰的影响；

*g)* 确定具体的需保护轨道位置而不是轨道弧，对共用频段的固定业务，尤其是那些高纬度的台站的限制较少，

认识到

*a)* POCS链路的保护标准可查阅ITU‑R SA.609建议书且DRS链路的保护标准可查阅ITU‑R SA.1155建议书；

*b)* 如ITU-R SA.1018建议书所述，数量有限的DRS网络或已经部署在地球同步轨道，或正在实施阶段，其轨道位置如ITU-R SA.1276-5建议书所述（见注释1）；

*c)* ITU-R F.758建议书提供了由特定频率范围的典型系统总结概括的各种固定无线系统参数，

做出建议

**1** 对于工作在25.25‑27.5 GHz频段内P-MP FS网络的中心站的每一个发射机（e.i.r.p.限值的背景见附件1）：

**1.1** 本地水平面之上仰角为θ的1 MHz频段内，任何发射的e.i.r.p.谱密度在任何ITU-R SA.1276建议书所规定的地球同步轨道（GSO）位置方向上不得超过以下值（见注释1、2和3）：

+8 dBW 对于 0° ≤ θ ≤ 20°

+14 – 10 log(θ/5) dBW 对于 20° < θ ≤ 90°

**1.2** 本地水平面之上仰角为θ的1 MHz频段内，任何发射的e.i.r.p.谱密度不得超过以下值：

+14 dBW 对于0° ≤ θ ≤ 5°

+14 – 10 log(θ/5) dBW 对于5° < θ ≤ 90°

**1.3** 在FS中心发射站和接收站之间出现雨衰的条件下，发射中心站可采用自动发射功率控制（ATPC）来增加其发射功率，其增加量不得超过雨衰量，以便在任何1 MHz频段内，发射的e.i.r.p.谱密度在任何ITU-R SA.1276建议书所规定的GSO位置方向上不得超过  
+17 dBW ；

**2** 对于工作在25.25‑27.5 GHz频段内P-MP FS网络的用户站的每一个发射机e.i.r.p.谱密度应遵循ITU-R F.1249建议书的做出建议2和3；

**3** 以下的注释1、2、3为本建议书的一部分：

注释 1 – ITU-R SA.1276-5建议书规定了以下的地球同步DRS轨道位置：9°E、10.6° E、16.4° E、16.8° E、20.4°E、21.5° E、47° E、59° E、77° E、80° E、85° E、89° E、90.75° E、95° E、113° E、121° E、133° E、160° E、167° E、171° E、176.8° E、177.5° E、12° W、16° W、32° W、41° W、44° W、46° W、49° W、62° W、139° W、160° W、164.2° W、167.5° W、170° W、171° W和 174° W。

当修订ITU-R SA.1276建议书以增加新的DRS轨道位置时，本建议书修订版中对这些新轨道位置中空间站的保护仅适用于在ITU-R SA.1276建议书修订版生效后设置的固定业务台站。

注释 2 – 辐射到同步DRS轨道位置的e.i.r.p.谱密度应作为发射功率谱密度和DRS方向全向或扇形天线增益的乘积进行计算。如果没有中心站天线的辐射方向图，应采用ITU‑R F.1336建议书中的参考辐射方向图。计算应考虑大气折射效应和视地平（local horizon）。附件2给出了计算夹角的计算方法。

注释 3 – 对于采用单频率操作（同一频率在时分基础上同时用于发射和接收）的中心站情况，做出建议1中的e.i.r.p.谱密度可放宽7 log (1/δ) dB，其中δ (0 < δ < 1)为中心站发射信号的时间比例。但是，即使对于小δ，该放宽也不得超过3 dB。

附件 1  
  
25.25‑27.5 GHz频段内固定业务点对多点中心站  
发射对DRS系统和POCS干扰的  
空间和时间分布分析

# 1 引言

本附件提供了计算机仿真获得的、25.25‑27.5 GHz频段内全球部署的固定业务点对多点中心站发射对特定轨道位置的DRS系统和POCS干扰的空间和时间分布。这些P-MP FS系统常称为“本地多点分配系统（LMDS）”。在本分析中，每个中心站的波峰（peak-of-beam）e.i.r.p. 谱密度假定为+8 dB(W/MHz)（ITU-R F.2108报告中将此作为点对多点系统中心站的典型值）。无论其相对于DRS轨道位置的地理位置如何，单个按照+8 dB(W/MHz)的e.i.r.p. 谱密度进行操作的LMDS发射站未超出ITU-R SA.1155建议书中规定的保护电平。  
–148 dB(W/MHz)的保护电平不得在轨道周期0.1%以上的时间内超出。但是，在某些几何条件下，城市人口中心区内多个同信道LMDS发射站的集总效应可产生超过DRS保护电平的干扰。

第2节描述了评估DRS干扰的空间和时间分布而采用的方法和假定。在该附件中，分别在第3段和第4段介绍了研究A和研究B。在研究A中，假定了e.i.r.p.谱密度为  
+8 dB(W/MHz)，而在研究B中，采用了+14 dB(W/MHz)的e.i.r.p.谱密度。第3节介绍了在特定轨道位置对DRS干扰的空间和时间分布。它表明在本地水平面，一个包含29个DRS可见中心站的业务区的发射的e.i.r.p.谱密度根据+8 dB(W/MHz)进行操作时，其对DRS的干扰可能要比建议干扰电平高出9 dB。第3段还包括在根据国际空间站的轨道特性跟踪低轨用户卫星时，用来判定DRS干扰时间特性的动态仿真结果。其结果表明，对于少数带有升交点因而导致用户卫星与地球边缘或接近边缘地区的城市人口中心连成一线的轨道，干扰的时间可能超出用户卫星轨道周期0.1%以上的时段。第4节介绍了研究B的结果。第5节介绍了将本研究结果扩展到采用更小小区的LMDS部署的简单方法。第6节讨论了对POCS的干扰。结果表明，根据+14 dB(W/MHz)的e.i.r.p.谱密度，从LMDS中心站对POCS接收机天线的集总干扰在所有时间都远低于–147 dB(W/MHz)的保护标准。第7节给出了研究的结论并建议了促进空间科学业务、卫星间业务和P-MP FS系统之间共用的特性。

# 2 方法

已采用计算机仿真来评估假定在25.25-27.5 GHz频段内操作的大量潜在高密度P-MP FS系统的发射对DRS系统干扰的空间和时间分布。该仿真中包含的基本方法是在城市人口中心部署许多LMDS中心站，然后判定这种部署造成的空间和时间干扰。要判断空间分布，在横滚和俯仰上扫描DRS的高增益接收天线时，在特定轨道位置上对DRS的集总干扰进行计算。该方法述于第2.1段。用来判定干扰时间特性的方法述于第2.2段。在两种情况下，仿真考虑了：在DRS方向的e.i.r.p.谱密度和LMDS发射站的增益、大气吸收、路径损耗以及在产生干扰的LMDS站方向上DRS接收天线的增益。

## 2.1 空间分布

预计LMDS台站部署在城市人口中心的蜂窝配置中，以便为商业、政府和家庭提供中等到高容量的交互式或广播类型数字通信业务。这些业务可包括互联网接入、话音、数据和视频。在本分析中，假定LMDS业务区的集总同信道发射建模为作为采用功率谱密度等于业务区内每一个LMDS中心站输入端功率谱密度总和的发射机的单个台站且单个发射天线提供可为接受的视地平之上e.i.r.p. 谱密度分布的描述。

已假定对于这些仿真，每个中心站发射的e.i.r.p.谱密度为+8 dB(W/MHz)[[2]](#footnote-2)1 且单个服务区的集总LMDS发射与城市人口中心的中心站数量成比例。

用于仿真的具体模型如下。从远距离发射站接收的功率可写为：

 (1)

其中：

*Pr* : 在所述频段内天线输出端的接收功率谱密度（本分析中，表示为功率谱密度 (W/MHz)）

*Pt* : 相同频段内天线输入端指定为接收功率的发射功率（本分析中，表示为功率谱密度 (W/MHz)）

*Gt* : 发射天线在相对于全向辐射源（数字）接收台站的方向上发射天线的增益

*Gr* : 接收天线在相对于全向辐射源（数字）发射台站的方向上发射天线的增益

*l*1 : 自由空间传播损耗（数字）

*l*2 : 由于几种静止和时间相关大气效应而超出自由空间损耗的损耗（数字）

*l*3 : 极化耦合损耗（数字），等于发射和接收天线同极化时的整体[[3]](#footnote-3)2。

自由空间传播损耗为：

 (2)

其中：

*d* : 发射站和接收站之间的距离（米）

λ : 波长（米）。

每个同频发射站构成一个至接收机的无线电链路。假定为发射无关联信号的*n*个链路中每一个链路的接收功率叠加，构成由下式给定的集总接收功率：

 (3)

其中，其条件如前述，增加了下标*i*来表示每一条链路。

集总干扰是每个发射站干扰的总和。每个发射站的干扰根据发射和接收天线增益决定，并考虑各自天线的离轴角。

为加快计算并考虑到对于单个部署地区，一些条件基本是固定不变的，公式(3)进一步改进为：

 (4)

其中：

*q* : 特定部署区域内中心的数量

*m* : 部署区域的数量。

随后的分析表明，对于仿真的干扰情形，公式(4) 的简化造成的误差小于1 dB。

LMDS系统的部署假定对应着431个城市人口中心的位置，联合国估计这些中心的人口到2015年将超过750 000人（见联合国人口处《都市集聚1950-2015年，1996年修订版》，美国纽约，1996年）（磁盘有售）。

包含整个人口*P*的等效圆形区域半径 *Rp*（公里）的经验关系由下式给定：

*Rp* = α × *P*β (5)

对于美国，发现α = 0.035且β = 0.44能提供令人满意的结果。对于世界其他区域，发现α = 0.0155且β = 0.44可提供令人满意的估计。

公式(5)用于估计为包含都市集聚（urban agglomeration）内整个人口的业务区提供服务所需的中心站数量。假定每个中心站为半径为*Rh*的圆形区域提供服务，则中心数量*N*将是：

 (6)

其中：

*N* : 假定半径小区的中心数量

Int() : 表示自变量的整数值

*Rp* : 城区的等效半径（公里）

*Rh* :典型LMDS小区的半径（公里）

η : 部署系数 (0 < η ≤ 1)。

仿真假定小区半径为5公里且部署系数为0.30。该部署系数考虑了经济、人口统计和地理因素以及一些主管部门可能制定政策，不将相关频段用于P-MP FS系统。采用联合国人口数据库和公式(5)和(6)计算出的最大中心站数量，美国纽约为35，日本东京为11。该方法计算出的全球同频中心站的总部署量为944。注意到在该附件中仅考虑了全球同频中心的部署。

中心站的参考辐射方向图基于ITU‑R F.1336建议书。采用四个扇形天线获得全向辐射方向图，每个增益为15 dBi，且水平面的波束宽度为90° 3 dB。此外，对于视轴到视轴的耦合，假定了3 dB的极化隔离，以考虑线极化中心站发射天线和圆极化DRS接收天线。发射天线的参考辐射方向图，不考虑其下倾斜，在垂直平面符合以下模式：

 对于  (7a)

 对于  (7b)

其中：

*G*(θ) : 相对于全向天线的增益(dBi)

*G*0 : 水平面最大增益 (dBi)

 : 垂直平面仰角（度）

ϕ3 : 垂直平面3 dB波束宽度（度）。

 (7c)

通过采用以下公式来考虑LMDS-DRS路径上的大气吸收，根据ITU-R F.1404建议书，这些公式适用于27.5 GHz：

 (8a)

 (8b)

 (8c)

其中：

*ALowLat* : 低纬度地区（±22.5°之间的纬度）大气吸收(dB)

*AMidLat* : 中纬度地区（22.5°和45°之间的纬度）大气吸收 (dB)

*AHiLat* : 高纬度地区（45°以上的纬度）大气吸收 (dB)

θ : 仰角（度）, 0 ≤ θ ≤ 90°

*h* : 发射天线平均海拔(amsl)高度(公里)，*h* ≤ 3 公里。

每个LMDS站发射天线的高度假定为平均海拔高度之上0.50公里。

DRS卫星采用高增益可调接收天线来跟踪低轨用户卫星。在空间分析中，独立变量为同步DRS卫星的轨道位置（假定轨道倾角为0）以及可调天线的横滚和俯仰角。横滚和俯仰角在以DRS为中心的圆坐标系中定义。x轴指向地心，y轴指向卫星速度向量，z轴与地球旋转轴平行。根据这种方法定义局部坐标系，围绕x轴旋转称为偏航，围绕y轴旋转称为横滚，围绕z轴旋转称为俯仰。

通过按照0.2°的增量扫描DRS接收天线的横滚和俯仰来判定干扰环境的空间分布。在每个DRS指向位置，计算DRS可视范围内每个LMDS站发射的集总干扰，并考虑到至DRS的仰角、LMDS发射在DRS方向的e.i.r.p.谱密度、大气吸收、距离和DRS接收天线在LMDS站方向的增益。DRS接收天线的视轴增益假定为58 dBi，其辐射方向图符合ITU-R S.672建议书中给定的、第一旁瓣电平为–20 dB的圆对称天线参考辐射方向图。

 对于0 ≤ ϕ ≤ 1.29 ϕ3 (9a)

 对于1,29 ϕ3 < ϕ ≤ 3.16 ϕ3 (9b)

 对于3.16 ϕ3 < ϕ and *G*(ϕ) ≥ 0 (9c)

*G*(ϕ) = 0 其他情况 (9d)

其中：

*G*0 : 最大同轴增益(dBi)

*G*(ϕ) : 偏轴增益 (dBi)

ϕ : 偏轴角（度）

ϕ3 : 3 dB波束带宽（度）

 (9e)

## 2.2 时间分布

DRS接收系统干扰的时间特性也由计算机仿真判定，但在这种情况下，采用了动态仿真。LMDS中心站的技术和操作特性及其假定部署述于第2.1段。假定一个DRS卫星位于一个规定的同步轨道位置并跟踪向DRS发射的低轨卫星，其接收系统特性述于第2.1段。低轨卫星的轨道高度为400公里，相对于赤道平面的倾角为51.6° – 这是国际空间站的典型轨道特性。在第4段中，还将考虑轨道高度为800公里、倾角为98.6°的地球观测卫星（EOS）。假定DRS 接收天线按照1秒的增量，沿着其轨道无误差地跟踪一颗低轨卫星。在其轨道中的每个位置，确定10天内每一个轨道位置上所有视场内LMDS中心站对对DRS接收系统的集总发射干扰。轨道周期定义为连续穿越南北方向赤道平面的所用时间。

# 3 研究A的结果

图1显示了431个部署区域的全球分布情况。获得了两组DRS轨道位置的空间分布结果并在第3.1段中作了介绍。干扰的时间特性述于第3.2段。

图1

LMDS系统的假定位置



## 3.1 空间分布

确定了两组。第一组包含美国操作的DRS卫星的轨道位置。按照横滚和俯仰0.2°的增量确定了对位于这些轨道位置DRS干扰的空间分布。第二组包含了ITU-R SA.1276建议书中规定的需要保护不受FS系统发射干扰的所有DRS轨道位置。

### 3.1.1 位于41° W、174° W和85° E的DRS轨道位置

图2显示了对位于41° W一颗同步DRS卫星的干扰的空间分布等值线图。该图基于DRS卫星可见的每个LMDS中心站在视地平上的e.i.r.p.谱密度为+8 dB(W/MHz)。所有中心站的e.i.r.p.谱密度每增加1 dB，对DRS的干扰就会增加1 dB。当DRS天线在横滚上的指向角为5°且在俯仰上的指向角为–7.2°时，产生了最大的干扰电平–139 dB(W/MHz)；当DRS接收天线指向南极时，产生了最小的干扰电平–180 dB(W/MHz)。与ITU-R SA.1155建议书中给出的电平相比，这些电平属于多出9 dB到少于32 dB的范围之内。假定所有中心站的e.i.r.p. 谱密度为+8 dB(W/MHz)，则对DRS的干扰主要发生在跟踪卫星至地球北半球边缘地区时。注意到超出DRS保护电平的区域相对较小且对于绝大多数扫描点，DRS保护电平是可以满足的。

图2

位于41° W的DRS卫星的干扰 (dB(W/MHz)) 空间分布，假定全球431个站点共944个中心  
按照+8 dB(W/MHz)进行操作。大圆为地球圆形。请注意北美两个区域和欧洲  
一个区域的干扰超出了DRS的保护电平

位于41° W 的DRS卫星按照 0.2° 的分辨率扫描地球



图3和图4分别显示了对174° W和85° E轨道位置DRS干扰的空间分布。这些分布与41° W的结果类似。对于位于174° W轨道位置的DRS，总干扰峰值为–144.9 dB(W/MHz)。对于位于85° E轨道位置的DRS，最大干扰为–146.0 dB(W/MHz)。对于41° W轨道位置DRS的情况，当DRS接收天线指向城市人口中心或接近地球边缘地区时，产生了最大的干扰电平。

图3

位于174° W的DRS卫星的干扰（dB(W/MHz)）空间分布，假定全球  
431个站点共944个中心按照+8 dB(W/MHz)进行操作。大圆为地球圆形

位于–174° W的DRS卫星按照 0.2° 的分辨率扫描地球



图4

位于85° E的DRS卫星的干扰（dB(W/MHz)）示例，假定全球431个站点共944个中心  
按照+8 dB(W/MHz)进行操作。大圆为地球圆形

位于85° E 的DRS卫星按照0.2° 的分辨率扫描地球



### 3.1.2 ITU-R SA.1276建议书中所述的DRS轨道位置

ITU-R SA.1276建议书列举了需要尽量保护（ITU-R F.1249建议书），以免受到工作在25.25-27.5 GHz频段的FS系统超出DRS保护电平干扰影响的23个DRS轨道位置。表1总结了ITU-R SA.1276建议书规定的每个轨道位置仿真的峰值干扰结果。采用了横滚和俯仰0.2°的扫描分辨率。表1也显示了通过标准偏差测量的峰值干扰电平的变化在各个轨道位置小于4 dB。该观测数据意味着从一个轨道位置到另一个轨道位置的峰值干扰变化是相对较小的。

表1显示了扫描方向峰值干扰的摘要以及每个卫星轨道位置的峰值总干扰。峰值总干扰平均为–144.3 dB(W/MHz)。在任何轨道位置和任意扫描方向的最大总干扰为  
–139 dB(W/MHz)。也列举了占峰值总干扰比例最大的部署区域的干扰所占比例。

仿真表明，LMDS系统的广泛部署造成的峰值干扰要比单个部署区域造成的干扰高  
3 dB。此处定义为总峰值干扰和主要促成因素导致的干扰之间差异（单位为dB）的集总增益系数也示于表1。平均集总增益为2.5 dB。仿真表明，平均起来，峰值总集总干扰属于占干扰主要比例的城市人口中心主要干扰的2.5 dB范围之内。可得出结论，通过在城市集总e.i.r.p.上增加2.5 dB，城市人口中心集总e.i.r.p.，即单个朝向特定DRS轨道位置的中心e.i.r.p.总和可用来预测在绝大多数DRS轨道位置上可能发生的峰值干扰。

从表1可看出，朝向主要干扰促成因素的卫星的平均仰角大约为7°。没有观测到部署区所造成的峰值干扰的仰角小于1.5°的情况。

也可从表1得出结论，如果LMDS中心站发射天线对于5°以上的仰角显示出额外的损耗，在数个轨道位置接收到的总干扰将减少大约与天线额外损耗相等的数值。由此，对于某些部署区域，LMDS发射天线垂直面的成形可能是降低特定DRS轨道位置干扰的一种有益方法。

表1还包括了ITU‑R P.837建议书所规定的主要干扰促成因素的降雨气候区（雨区）。预期中心站的操作功率取决于链路可用性目标、链路距离和系统所在的降雨气候区。ITU-R F.758建议书包含了针对25.25-27.5 GHz频段设备的具体备注。在ITU-R F.758建议书的表17中，注释8指出，工作在5公里之外且e.i.r.p.谱密度为+8 dB(W/MHz)/中心的系统可提供37 dB的链路余量。ITU-R. F.755建议书，特别是表8指出，5公里距离上的37 dB链路余量足以在雨区K提供0.9999的链路可用性。在降雨率超过雨区K的雨区，37 dB的链路余量足以提供0.9999的链路可用性。可暂时做出结论，在降雨率小于雨区K的雨区，LMDS系统可在5公里的距离上按照低于8 dB(W/MHz)的中心e.i.r.p.进行操作，并可降低对DRS的干扰。也可得出结论，在降雨率大于雨区K的雨区，对于某些部署，如果中心e.i.r.p.密度要限制在8 dB(W/MHz)以便于与DRS共用，那么系统的操作要受到限制。

表1

ITU-R SA.1279建议书中给定的、在DRS轨道位置上、DRS视场内的峰值干扰摘要  
（假定全球431个城市的944个中心站按照+8 dB(W/MHz)进行操作）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 卫星东经轨道位置（度） | 主要干扰源的北纬纬度（度） | 主要干扰源的东经经度（度） | 主要干扰源中心/雨区 | | 主要干扰源区域朝向DRS的e.i.r.p. (dB(W/MHz)) | 主要干扰源朝向DRS观测到的仰角（度） | 来自主要干扰源的干扰 (dB(W/MHz)) | 当指向主要干扰源时的峰值总干扰 (dB(W/MHz)) | 集总增益 (dB) |
| –174 | 32.833 | –96.833 | 10 | M | 17.7 | 2.4 | –144.6 | –144.3 | 0.3 |
| –171 | 32.833 | –96.833 | 10 | M | 16.8 | 4.8 | –143.0 | –142.8 | 0.2 |
| –170 | 39.133 | 117.200 | 5 | H | 13.8 | 4.8 | –146.0 | –142.0 | 4.0 |
| –160 | 41.830 | –87.750 | 16 | K | 18.9 | 4.6 | –143.1 | –141.1 | 2.0 |
| –139 | 40.750 | –74.000 | 35 | K | 17.9 | 10.2 | –143.1 | –140.9 | 2.2 |
| –62 | 51.467 | 6.983 | 3 | E | 11.7 | 4.4 | –148.3 | –142.7 | 5.6 |
| –49 | 34.000 | –118.167 | 29 | E | 18.6 | 8.6 | –140.2 | –139.3 | 0.9 |
| –46 | 34.000 | –118.167 | 29 | E | 20.6 | 6.2 | –140.3 | –139.0 | 1.3 |
| –44 | 34.000 | –118.167 | 29 | E | 21.5 | 4.6 | –140.2 | –139.3 | 0.9 |
| –41 | 34.000 | –118.167 | 29 | E | 22.4 | 2.2 | –140.3 | –139.0 | 1.3 |
| –32 | 40.750 | –74.000 | 35 | K | 13.0 | 26.5 | –145.7 | –145.4 | 0.3 |
| –16 | 42.330 | –83.080 | 10 | K | 14.4 | 8.2 | –145.7 | –140.8 | 4.9 |
| 16.4 | 23.700 | 90.367 | 7 | N | 14.4 | 6.1 | –146.6 | –145.0 | 1.6 |
| 21.5 | 23.700 | 90.367 | 7 | N | 10.2 | 10.8 | –149.3 | –147.7 | 1.6 |
| 47 | 31.250 | 121.500 | 7 | M | 15.3 | 4.7 | –145.6 | –143.4 | 2.2 |
| 59 | 34.400 | 135.270 | 4 | M | 13.6 | 2.9 | –151.1 | –145.6 | 5.5 |
| 85 | 48.130 | 16.220 | 1 | K | 6.4 | 5.5 | –153.9 | –146.7 | 7.3 |
| 90 | 52.250 | 18.983 | 2 | H | 10.3 | 3.6 | –150.2 | –147.8 | 2.4 |
| 95 | 41.033 | 28.950 | 5 | K | 10.3 | 9.3 | –151.6 | –149.3 | 2.3 |
| 113 | 36.200 | 44.017 | 2 | K | 7.3 | 8.3 | –154.9 | –150.1 | 4.8 |
| 121 | 36.200 | 44.017 | 2 | K | 10.8 | 2.1 | –151.4 | –148.4 | 3.0 |
| 160 | 37.750 | –122.500 | 10 | D | 17.9 | 1.5 | –145.3 | –143.8 | 1.5 |
| 177.5 | 34.000 | –118.167 | 29 | E | 14.2 | 12.6 | –146.4 | –145.3 | 1.1 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 最大 |  |  |  |  | 14.2 | 26.5 | –140.2 | –139.0 | 7.2 |
| 平均值 |  |  |  |  | 14.7 | 6.7 | –146.4 | –144.3 | 2.5 |
| 标准 偏差 |  |  |  |  | 4.4 | 5.3 | 4.4 | 3.4 | 1.9 |
| 最小 |  |  |  |  | 6.4 | 1.5 | –154.9 | –150.1 | 0.2 |

## 3.2 时间分布

已评估了ITU‑R SA.1276建议书中所列的三个轨道位置，即41° W、174° W和85° E的跟踪低轨用户卫星DRS干扰的空间特性。空基空间站被假定为低轨用户卫星，它工作在400公里的高度，相对于赤道平面的倾角为51.6°。

按照1秒的增量进行了一个轨道周期10天的动态仿真。在每个间隔时间，计算了视场内所有LMDS中心站发射的集总干扰并用来判定该特定轨道周期干扰的累积分布函数（CDF）。由于在10天的周期内有145次绕轨，每个动态仿真生成了145个CDF。对于位于41° W的一个DRS，图5显示了低轨用户卫星单个和连续轨道超出概率的曲线族。曲线对应着超出轨道周期99%、20%和0.1%的干扰电平。该超出概率曲线族是根据横坐标为干扰电平和纵坐标为卫星位于DRS视场内的开始时间绘制的。此图还显示了对应着‑148 dB(W/MHz)干扰电平的垂直线。从该图可看出，所有干扰电平超过–148 dB(W/MHz)的轨道有11条。此外，该图还指出，干扰超过–148 dB(W/MHz)范围的轨道时间从最小的7.7小时到最大的71小时不等。图6 显示了干扰超过–148 dB(W/MHz)时段的干扰的单个时间序列。如图所示，超过上述保护电平的干扰持续时间从不到10秒到不到60秒不等。

图5

位于41° W、跟踪位于国际空间站类型轨道上  
低轨用户卫星的DRS卫星干扰的时间特性

41° W的结果（10天的绕轨时间、1秒的间隔）



图6

位于41° W、跟踪位于国际空间站类型轨道上低轨用户卫星的  
DRS卫星干扰的时间特性（参见第3.2段）

41° W超过–148 dB(W/MHz)的通过时间历史



图7显示了位于174° W轨道位置的DRS的可比较结果。对于该轨道位置，在0.1%以上的轨道周期内，有12个轨道会出现干扰超出保护电平的情况。此外，该图还显示，干扰超出–148 dB(W/MHz)范围的轨道之间的时间从最小的6.1小时到最大的30.9小时不等。图8显示了每个干扰时段的时间序列。该轨道位置超过–148 dB(W/MHz)保护电平的干扰持续时间从5秒到50秒不等。

图7

位于174° W、跟踪位于国际空间站类型轨道上低轨用户卫星的  
DRS卫星干扰的时间特性

174° W的结果（10天的绕轨时间、1秒的间隔）



图8

**位于174° W、跟踪位于国际空间站类型轨道上低轨用户卫星的  
DRS卫星干扰的时间特性（参见第3.2段）**

174° W超过 –148 dB(W/MHz)的通过时间历史



图9显示了85° E轨道位置DRS干扰的时间特性。该图显示对于在国际空间站类型轨道上的卫星的每一个轨道而言，ITU-R SA.1155建议书的保护标准是可以满足的。

图9

位于85° E、跟踪位于国际空间站类型轨道上低轨  
用户卫星的DRS卫星干扰的时间特性

85° E 的结果（10天的绕轨时间、1秒的间隔）



表2总结了时间的结果。

表2

时间干扰 *I* 结果摘要

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| DRS轨道位置 | 卫星轨道 总数 （~1.6小时/轨道） | 当*I* < –148  dB(W/MHz) 时的轨道之间 的期间 （小时） | 当*I* > –148 dB(W/MHz) 时卫星轨道数量 | *I* > –148 dB(W/MHz)的轨道 | | | |
|  |  |  |  | *I* > –148 dB(W/MHz)的持续时间 （秒） | *I* > –148 dB(W/MHz)的轨道 百分比 | 峰值 *I* (1) (dB(W/MHz)) | |
| 174° W | 145 | 6.1 至 30.9 | 12 | 5 至 50 | 0.1 至 0.8 | –143.8 | |
| 41° W | 145 | 7.7 至 71 | 11 | 10 至 60 | 0.2 至 1.0 | –137.8 | |
| 85° E | 145 | N/A | 0 | N/A | N/A | –148.3 | |
| (1) 空间和时间分析得出的峰值电平略有不同是由于：空间和时间分析的抽样效应、中心天线仰角模式 3 dB波束宽度的细微模型差别、上仰角旁瓣促成因素的差别以及空间模型中大气弯曲效应（ITU‑R F.1333建议书）的纳入等。 | | | | | | |

可得出结论，在为数不多的干扰电平超过–148 dB(W/MHz)的轨道中，对于位于41° W和174° W轨道位置的DRS，保护电平仅超出比0.1%略多的时间，最差情况也只有大约1%的时间。对于位于85° E的DRS，满足ITU-R SA.1155建议书的保护标准。

# 4 研究B的结果

以下章节介绍了基于另一项研究的时间和空间分析的结果。在该研究中，鉴于某些系统需要大于+8 dB(W/MHz)的e.i.r.p.谱密度，将假定每中心站的e.i.r.p.谱密度为+14 dB(W/MHz)。将考虑两颗用户卫星：国际空间站（轨道高度400公里，倾角51.6°）和EOS（轨道高度800公里，倾角98.6°）。将假定–142 dB(W/MHz)的共用标准，而不是的保护标准。

## 4.1 结果 – 时间分析

本分析中，介绍了最差情况的干扰情况，即41° W的DRS。图10显示了DRS在30天期间按照5秒增量跟踪国际空间站所接收到的LMDS中心的集总发射。图11显示了DRS跟踪EOS的一幅类似图表。

图10

对位于41º W、跟踪国际空间站的DRS卫星的干扰



图11

对位于41º W、跟踪EOS的DRS卫星的干扰



如两图所示，LMDS部署按照每中心站+14 dB(W/MHz) e.i.r.p.操作的发射明显低于的共用标准。对于跟踪国际空间站的DRS，超过共用标准的累积发射只占全部30天周期的0.1%左右。该点显示在图12中。如图13所示，跟踪EOS的DRS，收到的超过共用标准的累积发射占整个时间的0.06%左右。应注意到，这些事件源于地球上可预见的已知地点，可通过仿真轻易确定。

图12

对位于41° W、30天跟踪国际空间站的DRS卫星的累积干扰



图13

对位于41° W、30天跟踪EOS的DRS卫星的累积干扰



上述结果符合以下所讨论的空间分析结果。

## 4.2 结果 – 空间分析

给定了41° W、174° W和85° E等三个DRS轨道位置的空间分析结果。41° W和174° W 代表了最差情况，而85° E则是存在干扰的典型情况。应注意到，对于许多轨道位置，根本不存在超出共用标准的情况。

图14显示了LMDS发射对41° W DRS的空间干扰剖面图。如图所示，超过  
–142 dB(W/MHz)共用标准的发射集中于特定的可预测位置。图15和图16描述了174° W和85° E轨道位置的类似图表。

图14

41° W的DRS卫星的空间干扰曲线

同步DRS 41° W、k = 0、分辨率 = 0.2、8 dB(W/MHz)、431个LMDS业务区、全球944个中心



俯仰（度）

–136.00 至 –130.00

–142.00至–136.00

–148.00至–142.00

(dB(W/MHz))

图15

174° W的DRS卫星的空间干扰曲线

同步DRS 174° W、k = 0、分辨率 = 0.2、8 dB(W/MHz)、431个 LMDS业务区、全球944个中心



(dB(W/MHz))

–142.00至–136.00

–148.00至–142.00

–136.00至–130.00

俯仰（度）

图16

85° E的DRS卫星的空间干扰曲线

同步DRS 85° E、k = 0、 分辨率 = 0.2、8 dB(W/MHz)、431个 LMDS业务区、全球944个中心



应注意到，上述图表基于采用ITU-R F.1336建议书中天线辐射方向图中*k* = 0进行的仿真。还进行了*k* = 1（更高旁瓣）的仿真，并观察到整体干扰情况保持相对不变，意味着旁瓣的影响可忽略不计。

## 4.3 结果的讨论（第4段）

如上述分析所述，–142 dB(W/MHz)的共享标准使得两种业务可在没有过多限制一种业务的情况下实现共享。与保护标准不同，共享标准必须承认频段内各业务的具体属性并反映出满足这些业务要求的必要性。在DRS与P-MP FS系统共用25.25-27.5 GHz频段这一问题上，存在着多个支持 共用标准的缓解干扰因素，例如：

– 如前所述，采用下倾的扇形天线系统在P-MP部署中将很普遍。系统将需要很高水平的扇形分区来控制系统内的干扰并获得可支持商业应用的频率复用水平。

– 确实超出共用标准的发射来自于地球上可预见的地点，从而可采取预防措施来避免干扰。

– 各主管部门固定业务对25.25-27.5 GHz频段的使用不尽相同。在某些国家，许可运营商使用点对多点系统；而在其他国家，运营商混合使用点对点和点对多点系统（某些宽带运营商在中心站点使用多个点对点系统）。此外，当前的频率方案支持各种点对点和点对多点系统。因而，多点系统对DRS系统的集总发射电平可能远低于本研究中的描述。

# 5 向其他LMDS部署的扩展

第3和第4段中描述的结果基于LMDS小区半径的特定假设。本节描述了将结果向采用更小小区的LMDS部署扩展的简单方法。

一般而言，更小的小区尺寸将导致在城市人口中心成熟的LMDS系统部署中采用更多的小区。由于更小的小区尺寸，在假定视线传播的情况下，中心站向最外围用户提供系统链路余量所需的e.i.r.p.将随着距离的平方递减。因此，比参考小区更小的小区的e.i.r.p.谱密度相对降低由下式给定：

 (10)

其中：

Γ*i* : 第*i*个小区e.i.r.p.谱密度降低系数 (dB)

*ri* : 第*i*个小区半径（公里）

*r*0 : 参考小区的半径，如5公里。

降低系数的应用显而易见。例如，假定5公里参考小区的e.i.r.p.谱密度为+8 dB(W/MHz)，如果小区尺寸减小到2.5公里，那么e.i.r.p.谱密度将降低到+2 dB(W/MHz)。

注意到该方法的应用将倾向于将任何城市人口中心的集总e.i.r.p.谱密度限制到与小区大小无关的一个水平上。

注意到许多固定业务部署的部署目标将是保持链路可用性不变，而不是链路余量不变，因为至最外围用户的距离在变化。采用ITU-R P.530建议书的方法，对于一个给定链路可用性，必要链路余量随着链路距离降低。因此，公式(10)提供了作为小区尺寸减小函数的e.i.r.p.谱密度降低的保守估计。

# 6 对POCS的干扰

POCS的干扰情况与DRS类似，即当卫星围绕地球运行时，同信道LMDS发射进入POCS接收机天线。

## 6.1 LMDS系统的特性

对于POCS分析，假定了与第2.1段中相同的LMDS特性。

但是，假定e.i.r.p.谱密度为+14 dB(W/MHz)。

## 6.2 POCS的特性

本分析涉及两个POCS用户，包括国际空间站和航天飞机轨道飞行器。假定每个POCS采用两幅天线，一个高增益和一个低增益变体。表3提供了POCS系统特性的摘要。

表3

POCS 特性

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 用户 | 轨道 | | 接收天线 | |
|  | 高度 （公里） | 倾角 （度） | 增益 (dBi) | 指向 |
| 国际空间站 | 400 | 51.6 | 3.5  23.5 | 天底  沿着速度向量 |
| 航天飞机轨道飞行器 | 530 | 57 | 3.5  23.5 | 天底  沿着速度向量 |

对于低增益变体，假定了一个全向天线，而不是244°全锥角半功率波束带宽（HPBW）来表示最差情况。对于高增益天线，采用了固定的8° HPBW接收天线，参考辐射方向图源于ITU‑R S.672建议书（*LS* = –20 dB）。对于POCS，假定了圆极化。

根据ITU‑R SA.609的规定，接收机保护标准在不超过0.1%的时间内为  
–147 dB(W/MHz)。

## 6.3 方法

仅针对POCS进行了30天的时间分析仿真。每隔5秒采集数据。

与DRS分析类似，在ITU‑R P.676建议书的基础上计算大气吸收。此外，还包括了  
3 dB的损害，以补偿不同极化之间的差别。

## 6.4 结果

以下数据显示了30天的周期内LMDS系统对两个POCS接收天线的发射电平。

图17

30天内对国际空间站POCS的累积干扰



图18

30天内对航天飞机轨道飞行器POCS的累积干扰



如上所示，对POCS任意接收天线的干扰电平任意时刻都远在保护标准–147 dB(W/MHz)之下。

# 7 附件1的摘要和结论

根据第3段研究A的结果，可预测绝大多数位于ITU-R SA.1276建议书所列轨道位置的DRS从一些LMDS部署区域接收到的峰值总干扰将要比ITU-R SA.1155建议书中给定的保护电平平均超过4 dB左右。这是基于每个中心站按照+8 dB(W/MHz)的e.i.r.p.谱密度进行操作且每个中心的业务区半径为5公里的假定。所有轨道位置的峰值总干扰为  
–139 dB(W/MHz)。

在时间基础上，绝大多数轨道满足了ITU-R SA.1155建议书给定的保护电平。对于超出保护电平的个别轨道，仅超出轨道周期的0.1%略多，在位于41° W和174° W的DRS卫星的最差情况下，也仅超出轨道周期的1%左右。而且，对于这些位置，干扰电平超出  
–148 dB(W/MHz)范围的轨道周期间的时间从6.1小时到71小时不等。对于位于85° E的DRS，干扰情况是位于国际空间站型轨道上的卫星轨道均满足ITU-R SA.1155建议书给定的保护标准。

降低系数（见公式(10)）假定引入了不变的链路余量，以便可以确定小区尺寸小于参考小区尺寸的e.i.r.p.谱密度限值。

如第3段及图2至图4所示，地球边缘或附近出现的、带有数个同频中心站的城市人口中心是DRS干扰的主要来源。但是，在采用第3段所述方法获得的预期LMDS P-MP中心站部署数量水平并按照每中心站+8 dB(W/MHz)的e.i.r.p.谱密度进行操作，仅在部分地理区域出现超出保护电平的现象且共用是可以实现的。

第4段中研究B的结果表明，根据每中心站e.i.r.p.谱密度为+14 dB(W/MHz)的假定（比研究A高6 dB），干扰电平也大约比研究A的结果高6 dB。因此，两个研究得出的结果基本相同。

附件 2  
  
计算中心站天线波束和同步DRS朝向间夹角的方法

ITU-R F.1249建议书的附件2提供了一种计算点对点FS发射天线波束和位于该建议书正文注释1所述轨道位置的同步DRS朝向间夹角的方法，并考虑了大气折射效应和视地平。P-MP FS网络中的中心站采用全向或扇形天线。在这种情况下，天线增益应视为与DRS方位角方向无关。在ITU-R F.1249建议书的附件2中，ε*r* 为中心站天线最大增益（仰角平面）的仰角（注意：如果未采用波束下倾则ε*r* = 0°，且如果采用了波束下倾，则ε*r*为负）。

DRS的仰角ε*s*由ITU-R F.1249建议书附件2的公式(8a)、(8b)和(8c)给定。当DRS可见时，ε*s* – ε*r*的绝对值为中心站天线波束和DRS位置朝向之间的夹角。

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

1. \* 本建议书是由无线电通信第7和第5研究组联合制定的且这两个研究组应共同承担进一步修订的责任。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 1 本分析中，0仰角和在中心所有方位角中，波束中心发射峰值假定为+8 dB(W/MHz)。也假定邻近天线扇形在相同频率采用正交线极化进行操作。 [↑](#footnote-ref-2)
3. 2 对于线极化发射天线（常用于固定业务中）和圆极化卫星接收机天线之间的主波束对准，*l*3假定为2。 [↑](#footnote-ref-3)