الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R S.1003-2

(2010/12)

الحماية البيئية لمدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض

السلسلة S

الخدمة الثابتة الساتلية

الاتحاد الدولي للاتصالات

تمهيـــد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنـــوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
S	**الخدمة الثابتة الساتلية**
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2011

© ITU 2011

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصيـــة ITU-R S.1003-2*

الحماية البيئية لمدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض

(المسألة ITU-R 34/4)

(2010-2003-1993)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية إرشادات بشأن مدارات النفايات الخاصة بالسواتل في مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض وتعليقات على زيادة المخلفات نتيجة القطع الناتجة عن الأعداد المتزايدة من السواتل وعمليات الإطلاق المرتبطة بها.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (انظر الشكل 1) مورد فريد من نوعه يوفر منافع كبيرة للمشغلين من حيث متطلبات الحفاظ على الموقع، والرؤية من الأرض والتغطية، وعدم الحاجة إلى تسهيلات تتبع في هوائيات المحطات الأرضية الصغيرة، وبيئة مدارية مؤاتية نسبياً؛

ب) أن مقدرة السواتل على البقاء ضعيفة في حالة حدوث تصادم في المدار؛

ج) أن من شأن تصادم في المدار أن يؤدي إلى فقدان وظائف الاتصالات للساتل أو انحطاطها على الأقل؛

د) أن تدمير ساتل جراء تصادم او انفجار قد يسفر عن سحابة من المخلفات المدارية التي قد تنتشر حول المدار، مما يزيد من احتمال التصادم داخل تلك المنطقة المدارية؛

هـ) أن انسياق ساتل على مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض بعد انتهاء عمره التشغيلي قد يؤدي إلى سد وصلات التردد الراديوي للسواتل الفعالة،

توصـــي

1 بالإقلال قدر الإمكان من المخلفات التي تترك في منطقة مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض خلال وضع ساتل في المدار؛

2 بالسعي إلى بذل كل جهد ممكن لتقصير مدة بقاء المخلفات في مدارات نقل إهليلجية ذات نقاط أوج في ارتفاع مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض أو بالقرب منه؛

3 بأن يُنقل الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض عند انتهاء عمره التشغيلي وقبل أن ينفد وقوده بالكامل، من منطقة مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض لكي يبقى بالتالي في حالة تأثير قوى مسببة للاضطراب في مساره على مدار ذي حضيض لا يقل عن 200 km فوق ارتفاع السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (انظر الملحق 1)؛

4 بضرورة إجراء النقل إلى مدار مقبرة المخلفات بحذر شديد من أجل تجنب تداخل الترددات الراديوية مع السواتل الفعالة.

* ينبغي إحاطة لجان دراسات الاتصالات الراديوية 5 و6 و7 علماً بهذه التوصية. ويرجى من لجنة للاتصالات الراديوية أن تبحث موضوع منع ترك عناصر خلفتها مركبة فضائية أو مرحلة النقل في القوس المستقرة بالنسبة إلى الأرض حيث تشكل هذه العناصر خطورة على المركبات الفضائية في الخدمة.

الملحق 1

الحماية البيئية لمدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض

كانت توجد في 2010 مركبات فضائية وأجسام صاروخية معروفة يبلغ عددها 100 1 تقريباً بالقرب من مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، ويشغَّل حالياً قرابة الثلث منها.

والمعرفة ببيئة المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض تتوقف على مقدار استبانة عمليات الرصد التي تجري على الأرض. ويمكن في الوقت الحالي الكشف عن جسم أو تتبعه على هذا المدار إذا كان أصغر قطر لهذا الجسم أقل بقليل من متر واحد (في أفضل الأحوال)؛ وعلى سبيل المقارنة، ففي المدار الأرضي المنخفض تكون مجموعة الأجسام التي تتعدى أقطارها 30 cm حتماً معروفة ومسجلة، أما الأجسام التي تقل أقطارها حتى 5 mm، فتحدَّد خصائصها إحصائياً من حيث الارتفاع والميل. وتكون المعرفة بمواقع المركبات الفضائية أو الأجسام غير الخاضعة للتحكم بواسطة التردد الراديوي أقل جودة من معرفة المشغل بمواقع المركبات الفضائية الفعالة.

ويأتي الخطر بالنسبة للمركبات الفضائية المشغَّلة من قطع مخلفات الانفجارات التي تُعزى إلى بقايا الوقود والغازات في الأجسام الصاروخية وإلى الطاقة المخزَّنة في البطاريات في حالات أقل. وقد يأتي الخطر أيضاً من القطع الناتجة عن تصادمات بين مركبات فضائية سليمة. وعلاوة على هذا، تنجم قطع إضافية أيضاً عندما تتصادم قطعة مع مركبة فضائية سليمة أو مع قطعة أخرى. وقد زاد هذا الخطر الأخير بشكل كبير في السنوات الأخيرة على بعض الارتفاعات كنتيجة لعدد صغير من الحوادث. وإن حوالي 60% من الأجسام المدرجة في كتالوج المراقبة الفضائية هي أجسام ناتجة عن تكسر المخلفات. وجرى تحديد حادثي تكسر في منطقة المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض ووُصفاً معاً كحادثي انفجار. ومن المحتمل جداً أن أحداثاً أخرى قد وقعت و لم يُكشف عنها بسبب قصور طرائق الرصد على هذا الارتفاع.

وفي حين أن التصادمات في المدار المتزامن مع الأرض لا تسفر عن النتائج الكبيرة التي تسفر عنها التصادمات في المدار الأرضي المنخفض، إذ تبلغ سرعات الارتطام النمطية نحو 500 m/s، فقد تلحق هذه التصادمات رغم ذلك أضراراً كبيرة بالأنظمة المدارية.

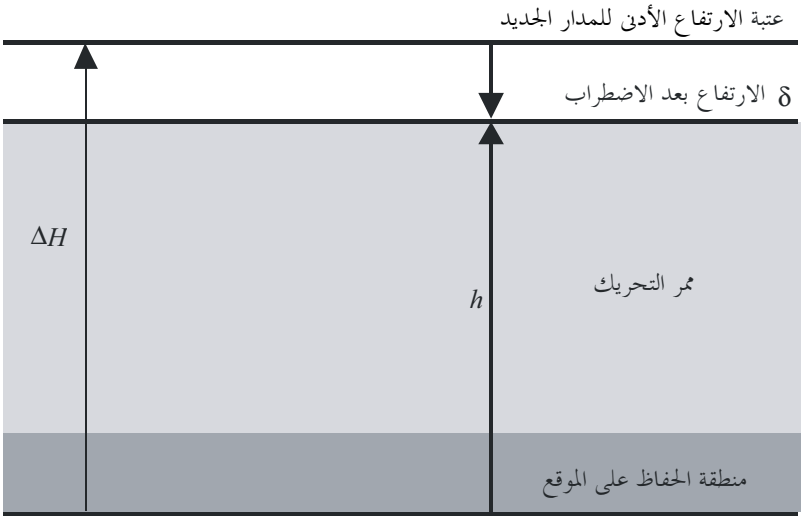
ونظراً للقيود الحالية (النبضة المحددة أساساً) التي تعرفها أنظمة الدفع الفضائية، ليس من العملي استرداد أجسام من ارتفاعات المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض أو إعادتها إلى الأرض عند نهاية عمرها التشغيلي. ولهذا، يجب إقامة منطقة محمية فوق المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض وتحته وحوله، تحدد النظام المداري الاسمي الذي سوف تبقى وتتحرك داخله السواتل المشغَّلة. ولتفادي تراكم أجسام غير عاملة في هذه المنطقة وما يتصل بذلك من زيادة في كثافة تجمع الأجسام وخطر التصادم المحتمل الذي يمكن أن يؤدي إليه هذا، ينبغي تحريك السواتل خارج هذه المنطقة في نهاية عمرها التشغيلي. ولضمان أن هذه الأجسام لا تنطوي على خطر تصادم مع السواتل التي توضع في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، ينبغي تحريكها إلى ارتفاعات أعلى من منطقة هذا المدار، وليس إلى ارتفاعات أدنى منها. وينبغي أن يكون الارتفاع المستهدف الخاص بالنفايات عالياً بما يكفي لكي لا يتداخل الساتل مع السواتل المشغَّلة الحالية في منطقة المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، في حالة تأثير قوى مسببة للاضطراب. وتدمج هذه المنطقة المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض (منطقة تشغيلية للحفاظ على الموقع) وممر التحريك فوق هذا المدار مباشرة وتصل إلى ارتفاع 200 km فوق ارتفاع هذا المدار (مثلما يبين الشكل 1).

والشرط الأساسي هو أنه بعد ترك النفايات في مدار ذي ارتفاع أعلى، يجب ألا تعود المركبة الفضائية التي ستكون تحت تأثير قوى مسببة للاضطراب إلى منطقة المدار المستقر بالنسبة للأرض:

$$\Delta H > h + \delta \quad (1)$$

الشـــكل 1

مثال توضيحي على منطقة المدار المستقر بالنسبة للأرض (المناطق المظللة) والارتفاع الأدنى للمدار الجديد



ارتفاع المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض

ΔH: الزيادة الدنيا للارتفاع فوق ارتفاع المدار المستقر بالنسبة للأرض للمركبة الفضائية التي توضع في مدار جديد

δ: الهبوط الأقصى في ارتفاع المركبة الفضائية في المدار الجديد بسبب الاضطرابات

h : الارتفاع الأدنى لمنطقة المدار المستقر بالنسبة للأرض المحمية فوق ارتفاع هذا المدار

S.1003-02

1 اضطرابات تلحق بساتل في مدار فوق المتزامن

ستتعرض حركة ساتل يُدخل في مدار ذي ارتفاع يعلو تماماً على المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض للاضطرابات بشكل دوري جراء تأثير:

- أثر الجاذبية الذي يحدثه الطابع اللادائري للأرض؛
- أثر الجاذبية بفعل الشمس والقمر؛
- ضغط إشعاع الشمس.

ومن الناحية العملية يمكن تمثيل الاضطراب المداري العام، δ، بمكونين. وينبغي ألا يتعدى تأثير مجموعة الاضطرابات الدورية التي تسببها الجاذبية 35 km بالنسبة لأي ساتل في مدار دائري (اختلاف مركزي أقل من 0,003)، أو:

$$\delta_{grav} < 35 \text{ km} \quad (2)$$

وبالنسبة لمدارات النفايات ذات اختلاف مركزي أكبر، يمكن أن يتعدى أثر الاضطراب 35 km.

وسيعتمد أقصى مدى للاضطراب الناجم عن ضغط إشعاع الشمس على الخصائص الفردية للساتل ويُحصل عليها (km) بما يلي:

$$\delta_{SRP} < 1\,000\, C_r\, A/M \quad (3)$$

حيث تكون:

$$\delta = \delta_{grav} + \delta_{SRP}$$

C_r: معامل الانعكاسية للساتل في بداية عمره التشغيلي وسيختلف بين 1 و2 حسب خصائص سطح الساتل

A: المنطقة الباعية للساتل المعرض للشمس (m^2)

M: كتلة الساتل فارغاً (kg).

(ستأخذ النسبة A/M بصفة عامة قيمة تتراوح بين 0,01 و0,1 حسب خصائص الساتل.)

وإن جمع المعادلات (1) و(2) و(3) يعطي الارتفاع الأدنى المطلوب لحضيض المدار الجديد فوق ارتفاع المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض لضمان ألا يعود الساتل بعد نهاية عمره التشغيلي إلى منطقة المدار المستقر بالنسبة للأرض المحمية التي تمتد إلى 200 km فوق ارتفاع هذا المدار:

$$\Delta H > 235 + 1\,000\, C_r\, A/M \tag{4}$$

وذلك بالنسبة للاختلافات المركزية الأقل من 0,003.

ومن الممكن في بعض الأحيان أن تكون هناك ارتفاعات أدنى لحضيض مدار النفايات، الذي ينبغي مع ذلك أن يتجنب منطقة المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض لمدة 100 سنة على الأقل، عندما يكون مستوى المدار وخط النقاط القبوية متسقين بشكل مؤات.

2 موازنة الوقود وهامشه

يُشجَّع مشغلو المركبات الفضائية على مراقبة استعمال الوقود على متن المركبات للتأكد من توافر الوقود الكافي لإنجاز التحريك اللازم في نهاية العمر التشغيلي. ومن المسلم به أن بعض السواتل المشغَّلة الحالية في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض قد تواجه صعوبة في تحقيق هذا الهدف وأن هذا قد يزيد من خطر حدوث التصادمات. كما يُوصى بإضافة هامش للوقود في الموازنة تحسباً لأثر عدم الدقة في تحديد المدار وأخطاء التنفيذ الممكنة.

ويُوصى باتباع استراتيجية للتحريك المتعدد لرفع حضيض المدار إلى الارتفاع الأدنى المخطط له، ومن ثم التقليل إلى أدنى حد من نتائج عطل نظام الدفع بسبب سوء الأداء أو هامش الوقود غير الكافي.

وبمجرد بلوغ الارتفاع الأدنى للحضيض، ينبغي مواصلة اتباع استراتيجية للتحريك المتعدد، لرفع حضيض المدار تدريجياً، باستخدام كل ما تبقى من الوقود ومواد الضغط إلى أقصى حد ممكن، إذا كان ذلك ممكناً. وعندما تُستنفد أي بقايا من الوقود ومواد الضغط، ينبغي إبطال مفعول جميع مصادر الطاقة المخزَّنة الأخرى على المركبات (مثل البطاريات والجيروسْكوبات) لتفادي احتمال التكسر.