**السلسلة SA**

**التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية**

**منهجيات مبادئ توجيهية من أجل الاستعمال الفعّال للنطاق GHz 27,0-25,5 من جانب خدمة استكشاف الأرض الساتلية )فضاء-أرض(   
وخدمة الأبحاث الفضائية )فضاء-أرض(**

**التوصيـة ITU-R  SA.1862  
(2010/01)**

**تمهيـد**

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** | **العنـوان** |
| **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 | |
| **S** الخدمة الثابتة الساتلية | |
| **RS** أنظمة الاستشعار عن بعد | |
| **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، 2010

© ITU 2010

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).

التوصيـة ITU‑R  SA.1862

منهجيات مبادئ توجيهية من أجل الاستعمال الفعّال للنطاق GHz 27,0-25,5  
من جانب خدمة استكشاف الأرض الساتلية (فضاء-أرض)  
وخدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض(

(2010)

مجال التطبيق

تضم هذه التوصية مبادئ توجيهية من أجل الاستخدام الأمثل لنطاق الترددات GHz 27,0-25,5 بين عدد من أنظمة علوم الفضاء المختلفة مثل شبكات الأبحاث القريبة من الأرض وتلك الموجودة في الفضاء السحيق وأنظمة استكشاف الأرض والأنظمة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض والشبكات الساتلية ذات مرحّلات البيانات. وتحدد التوصية كذلك حدود كثافة تدفق القدرة للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض من أجل توفير حماية أفضل لمهمات الأبحاث الفضائية ذات الوصلات فضاء-أرض الحساسة. وتحدد التوصية أيضًا حدًا لكثافة تدفق القدرة على المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض لحماية سواتل أنظمة مرحلات البيانات.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ ) أن النطاق GHz 27,0-25,5 موزع على خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (فضاء-أرض) وخدمة الأبحاث الفضائية (SRS) (فضاء-أرض)، والنطاق GHz 27,50-25,25 موزع على الخدمة ما بين الساتلية[[1]](#footnote-1) (ISS)؛

ب) أنه ربما تتوافق مهمات خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية القريبة من الأرض في النطاق GHz 27,0-25,5 تحت ظروف معينة؛

ج) أن كثافات تدفق القدرة على سطح الأرض من مهمات خدمة الأبحاث الفضائية منخفضة جدًا للمهمات القمرية وفي غاية الانخفاض لمهمات لاغرانج (Lagrange) شمس-أرض ومهمات الفضاء السحيق؛

د ) أنه نظرًا لانخفاض كثافة تدفق القدرة، تكون مهمات الفضاء السحيق معرضة إلى حد كبير للتداخل ولها معايير حماية صارمة؛

ﻫ ) أن إدارات متعددة تخطط لإرسال مهمات مسكونة إلى البيئة القمرية وما بعدها؛

و ) أن للمهمات المسكونة معايير حماية أكثر صرامة من المهمات غير المسكونة؛

ز ) أنه نظرًا للتوهين الجوي، خاصة التوهين بالمطر وحدود كثافة تدفق القدرة المحددة في المادة 21 من لوائح الراديو، ربما يصعب توفير وصلات متاحة بنسبة أعلى من 9, %99 في النطاق GHz 27,0-25,5؛

ح) أنه من المرجح ألا يتوافق الاستخدام المخطط للنطاق GHz 27-25,5 من قِبل مهمات خدمة الأبحاث الفضائية وخدمة استكشاف الأرض الساتلية مع معايير حماية مهمات خدمة الأبحاث الفضائية المسكونة المحددة في التوصية ITU‑R SA.609؛

ط ) أنه من المخطط استخدام النطاق GHz 27,0-25,5 من قِبل مهمات خدمة استكشاف الأرض الساتلية من أجل مهمات متنوعة لرصد الأرض واستكشاف الأرض ومراقبة المناخ؛

ي) أن إتاحة النطاق GHz 27,0-25,5 تمثل أهمية حيوية بالنسبة إلى مهمات خدمة الأبحاث الفضائية القريبة من الأرض وخدمة استكشاف الأرض الساتلية ذات متطلبات عالية من حيث معدلات البيانات؛

ك) أن من شأن التداخل الناتج عن السواتل المرسلة المستقرة بالنسبة إلى الأرض أن يؤدي إلى تدهور معتبر في هوامش الوصل بل وربما يسبب فقدًا في وصلات حساسة لمهمات الأبحاث الفضائية إذا عملت هذه السواتل قريبًا من حدود كثافة تدفق القدرة السارية حاليًا (انظر الملحق 1)؛

ل) أن المادة 21 من لوائح الراديو تقيد كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض على مستويات تتراوح بين  
-115 و W/(m2 . MHz)) 105–)dB حسب زاوية الوصول؛

م ) أن من شأن خفض حدود كثافة تدفق القدرة إلى ما دون الحدود المنصوص عليها في المادة 21 من لوائح الراديو للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض أن يوفر الحماية اللازمة لمهمات خدمة الأبحاث الفضائية إلى القمر وإلى نقاط لاغرانج شمس-أرض؛

ن) أن الوصلات من الفضاء إلى الأرض للسواتل التقليدية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض تستطيع دائمًا الوفاء بحد كثافة تدفق القدرة المطلوب لحماية ساتل بمرحل بيانات، بينما يحتمل احتياج السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض ذات المدارات التي تبعد أكثر من 1 370 km إلى شيء من السماح بتجاوزه لنسبة ضئيلة من الوقت،

وإذ تدرك

أ ) تزايد أهمية جمع بيانات الطقس والمناخ من خلال الفضاء دعمًا للمنظومة العالمية لنظام رصد الأرض (GEOSS) بالنسبة إلى المجتمع العالمي؛

ب) أنه المخطط استخدام النطاق GHz 27,0-25,5 من قِبل مهمات مسكونة لخدمة الأبحاث الفضائية في عمليات إرسال بيانات غير متعلقة بسلامة رواد الفضاء والمركبات؛

ج) أنه ينبغي امتثال السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض كذلك للتوصية ITU-R SA.1155 - معايير الحماية ذات الصلة بتشغيل الأنظمة الساتلية ذات مرحلات البيانات،

توصي

**1** بأنه ينبغي ألا تستخدم مهمات الفضاء السحيق النطاق GHz 27,0-25,5 (فضاء-أرض) ما لم تتعذر تلبية متطلبات المهمة في نطاقات أخرى موزعة على وجه التعيين على عمليات الفضاء السحيق؛

**2** بأنه في حالة اضطرار مهمة فضاء-سحيق ما إلى استخدام النطاق GHz 27,0-25,5 لسبب قاهر، فينبغي ألا تطالب المهمة بحماية من التداخل من المهمات القريبة من الأرض بما يتجاوز معايير الحماية المنصوص عليها في التوصية  
ITU-R SA.609 السارية على المهمات غير المسكونة في النطاق GHz 27,0-25,5؛

**3** بأنه ينبغي ألا تطالب مهمات خدمة الأبحاث الفضائية المسكونة بحماية من التداخل من مهمات خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية غير المسكونة بما يتجاوز معايير الحماية المنصوص عليها في التوصية  
ITU-R SA.609 السارية على المهمات غير المسكونة في النطاق GHz 27,0-25,5؛

**4** بأن توفير حماية إضافية لمهمات خدمة الأبحاث الفضائية إلى القمر وإلى نقاط لاغرانج يتطلب من مهمات خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية الواقعة في المدارات المستقرة بالنسبة إلى الأرض تقييد مستويات كثافة تدفق القدرة الخاصة بها إلى  dB(W/(m2 .MHz)) 115–في النطاق GHz 27,0-25,5 لكل زوايا الوصول عند سطح الأرض (انظر الملحق 1)؛

**5** بأنه ينبغي ألا يصدر عن سواتل خدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية في المدارات غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض ذات الوصلات الساتلية فضاء-أرض كثافة تدفق قدرة أعلى من  133–(W/(m2 .MHz))dB في أيٍ من مواقع السواتل ذات مرحلات البيانات على المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض. ويجوز تجاوز هذا الحد لما لا يزيد عن %0,1 من الوقت للأنظمة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي يزيد ارتفاعها على 1 370 km (انظر الملحق 2).

الملحق 1

الأثر المحتمل للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلات الحساسة  
لمهمات خدمة الأبحاث الفضائية

# 1 مقدمة

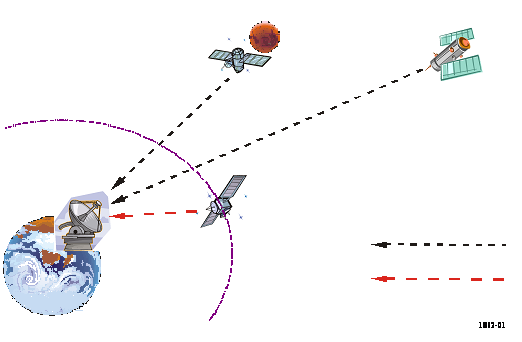
النطاق GHz 27,0-25,5 نطاق وصلة هابطة مهم لخدمة استكشاف الأرض الساتلية وخدمة الأبحاث الفضائية. ومن المخطط استخدام هذا النطاق لمهمات خدمة استكشاف الأرض الساتلية إضافة إلى خدمة الأبحاث الفضائية. ومن الممكن أن تعمل هذه الأخيرة على أي مسافة من مدار أرضي منخفض إلى نقاط لاغرانج شمس-أرض. وقد تناول عدد من الدراسات المستفيضة مسألة التوافق بين مختلف أنواع المهمات، وخلصت إلى أنه من الممكن تقاسم النطاق GHz 27,0-25,5 بين كل التطبيقات المحتملة دون مشاكل إلا السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تعمل قريبًا من حدود كثافة تدفق القدرة المنصوص عليها في المادة 21 من لوائح الراديو. ويقدم هذا الملحق ملخصًا لنتائج الدراسات المختلفة والخلفية لحدود كثافة تدفق القدرة المخفضة المناظرة للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

# 2 خصائص أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية المعرضة للتأثر بالتداخل

أكثر مهمات خدمة أبحاث فضائية حساسيةً هي السواتل القريبة من نقطتي لاغرانج L1/L2 والقريبة من القمر. ويبين   
الشكل 1 مثل هذه التطبيقات العلمية وكوكبة التداخل المناظرة.

الشـكل 1

أنواع المهمات المختلفة المحتمل نشرها في النطاق GHz 27,0-25,5



القمر

ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض

إشارة مرغوبة

إشارة مسببة للتداخل

**محطات أرضية**

نقاط لاغرانج

1862-01

يبين الجدول 1 خصائص لأنظمة قمرية حللت في إحدى الدراسات التفصيلية. وكما هو مبين في هذا الجدول، فإن هامش الوصل يساوي *C*0/*N*0 − *C*0/*N*0 مطلوب. وتحسب هذه الهوامش من بيانات النظام باستخدام افتراضات معيارية متعلقة بمعدل البيانات والتشفير والإتاحة.

الجـدول 1

الخصائص الأساسية لأنظمة تمثيلية عن أنظمة خدمة أبحاث فضائية قمرية معرضة للتأثر بالتداخل

| المعلمات | أنظمة ساتلية تمثيلية تستخدم التردد GHz 26 معرضة للتأثر بالتداخل | |
| --- | --- | --- |
| LRO Lunar | Cx Lunar, MHz 50 |
| التردد (MHz) | 25 650 | 26 000 |
| المسافة المائلة (km) | 401 427 | 404 943 |
| قدرة الإرسال dB(W))) | 16,0 | 17,0 |
| انقسام قدرة الاستقبال (dB) | 3,0− | 0,0 |
| كسب الإرسال (dBi) | 42,9 | 43,5 |
| أقصى كثافة تدفق للقدرة عند سطح الأرض dB(W/(m2 . MHz)))) | 143,0− | 141,4− |
| معدل البيانات (Mbit/s) | 50,0 | 25,0 |
| كسب الاستقبال (dBi) | 71,3 | 70,4 |
| فقد الوصل (dB) | 7,5− | 9,7− |
| فقد الأمطار/الجو (dB) | 1,25− | 2,8− |
| درجة الحرارة (K) | 510,0 | 446,7 |
| *C*0/*N*0 (dB) | 10,3 | 13,6 |
| *C*0/*N*0 مطلوب (dB) | 2,9 | 2,2 |
| الهامش (dB) | 7,4 | 11,4 |

وقد استخدمت دراسة تفصيلية أخرى تلسكوب جيمس ويب الفضائي (JWST) كمثال تعبيري عن مهمات لاغرانج. وقد أخذ في الاعتبار معدلا بيانات مختلفان على 14 و56 Ms/s. ويساعد معدل البيانات القابل للضبط في الحفاظ على وصلة في حالات الأمطار الغزيرة. ويبين الجدول 2 ملخصًا للافتراضات المتعلقة بمهمات خدمة أبحاث فضائية لاغرانج متأثرة بالتداخل.

الجـدول 2

الخصائص الأساسية لأنظمة خدمة أبحاث فضائية لاغرانج متأثرة بالتداخل

|  | JWST-14 | JWST-56 |
| --- | --- | --- |
| ارتفاع مدار ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (km) | 1 500 000 | |
| قدرة ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (dBW) | 13,1 | |
| عرض نطاق الفص الرئيسي مع QPSK (MHz) | 14 | 56 |
| قطر هوائي ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (m) | 1,05 | |
| أقصى كسب لهوائي ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (dBi) | 46,2 | |
| قطر هوائي المحطة الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (m) | 34,0 | |
| درجة حرارة ضوضاء نظام خدمة الأبحاث الفضائية (K) | 200 | |
| فقد المستقبل التقني والتسديد (dB) | 3,0 | |
| *Es*/*N*0 المطلوب من أجل QPSK مع تشفير القناة (dB) | 2,5 | |
| الهامش للتوهين الجوي (dB) | 20,0 | 13,9 |

وقد أخذت معايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R SA.609 لتمثل خط القاعدة لكل التقييمات. وهي تحدد مستوى كثافة تداخل 156– (W/MHz)dB لا يمكن تجاوزه لما يزيد على %0,1 من الوقت.

# 3 الخصائص المفترضة للأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض المسببة للتداخل

يبين الجدول 3 خصائص موازنة الوصلة ذات الصلة لبعض الأنظمة المحتملة المستقرة بالنسبة إلى الأرض. ويمثل GSO-1 مهمة Alpha-Sat بعرض نطاق قناة يبلغ 405 MHz. وتصميم الساتل مبني على أساس هوائي مُكَافِئي قياس 0,7 m. وقد افترض لأغراض المحاكاة أن محطة أرضية في مدريد تمثل أسوأ حالة. ومن المتوقع أن يكون GSO-1 ممثلاً إلى حد بعيد عن عدة أنماط من الأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض المخطط نشرها في هذا النطاق. أما GSO-2 فهو نظام افتراضي ويمكن أن يمثل نظام منخفض الارتفاع بمستوى عال من الإتاحة لمحطة أرضية. وقد افترض وجود الساتل على موقع مداري مستقر بالنسبة إلى الأرض عند º48 شرقاً. وزاوية الارتفاع تجاه وسط إسبانيا هي º20. ويمكن اعتبار GSO-3 ممثلاً عن نظام بمستوى عال من الإتاحة مع عدة محطات أرضية أصغر ضمن منطقة فرعية. ومن أمثلة ذلك نظام يرسل إلى عدد من محطات قراءة بيانات مباشرة. وقد افترض أن GSO-3 موجود على º14 شرقاً ويخدم عدد من محطات الاستخدام الأصغر في إسبانيا. وحتى في حالة استخدام هوائي مُكَافِئي محمول قياس 1,4 m، فإن الحزمة الرئيسية تغطي منطقة كبيرة، كما يبين الشكل 2. وفد توجد أوضاع مشابهة في مواقع محطات أرضية حساسة تابعة لخدمة الأبحاث الفضائية.

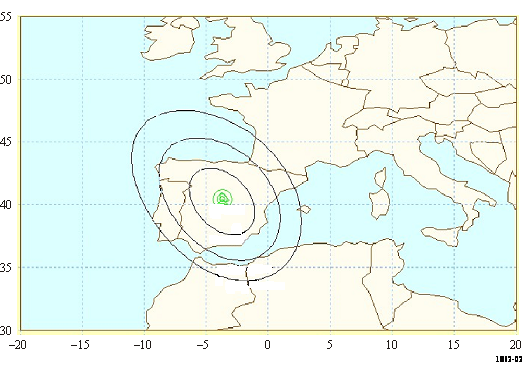
الجـدول 3

المعلمات الرئيسية للأنظمة الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | GSO-1 | GSO-2 | GSO-3 |
| قدرة الإرسال (dBW) | 14,0 | 20,0 | 23,0 |
| كسب هوائي الساتل (dBi) | 43,1 | 46,2 | 49,7 |
| القدرة المشعة المكافئة المتناحية للساتل (dBW) | 57,3 | 66,2 | 72,7 |
| عرض نطاق الفص الرئيسي من أجل 600 Mbit/s وQPSK (MHz) | 600 | | |
| أقصى كثافة تدفق قدرة عند موقع الاستقبال dB(W/(m2 . MHz)))) | 130,2− | 121,5− | 114,6− |
| الإتاحة المفترضة للوصلة (%) | 99,90 | 99,98 | |
| توهين الإشارة للإتاحة المفترضة (dB) | 8,4 | 21,5 | 15,0 |
| قطر هوائي المحطة الأرضية (m) | 7,3 | 10,0 | 2,0 |

الشـكل 2

أكفة الرقعة تجاه مدريد، لساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض على º14 شرقاً



**مدريد**

**كفاف dB 3**

**كفاف dB 16**

1862-02

# 4 تقييم التداخل على مهمات خدمة الأبحاث الفضائية

يُستخدم نهج قائم على معيار *I/N* (التداخل/الضوضاء) عادةً لتبين إذا ما كان التداخل بين الأنظمة سينتج عنه تداخل غير مقبول على أيٍ من أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية أو خدمة استكشاف الأرض الساتلية المتاحة.

وبناءً على التوصية ITU-R SA.609، ينبغي ألا يتجاوز مستوى التداخل المستقبل من كل المصادر المستوى المجمع التالي:

*I*0/*N*0 لا تتجاوز -6 dB أكثر من %0,1 من الوقت

وقد تقدم هذا التحليل متجاوزًا معيار *I*0/*N*0 للتداخل الأساسي وراعى هوامش الوصل الكبيرة نسبيًا التي يتسم بها الكثير من أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية وخدمة استكشاف الأرض الساتلية. وقد نظر في هامش الوصل المتدهور، مما يشار إليه ببساطة باسم "الهامش":

الهامش  =  *C0/(N0  +  I0)measured   −  C0/N0required*

وقد كان المعيار الأساسي لتبين إذا ما كان التداخل واقعًا ضمن المستويات المقبولة كما يلي:

لا يقل الهامش عن  dB لأكثر من %0,1من الوقت

حيث تمثل  قيمة يتناولها نقاش أدناه. من قيم  المحتملة الصفر، وهو المستوى الذي لا يمكن إقفال الوصلة تحته.

ومع ذلك، لم يُعتبر من الحصافة السماح باستهلاك التداخل من أنظمة مدار مستقر أو غير مستقر بالنسبة إلى الأرض لهامش الوصل بأكمله، لذا ربما تكون قيمة  في الواقع أكبر من الصفر. وينبغي التشديد على أن استخدام هذا النمط من معايير التداخل يسمح بتقدم الدراسة إلى أبعد من نهج تحليل التداخل *I/N* التقليدي لتحليل التدهور في هوامش وصل النظام.

ومن الافتراضات الرئيسية التي استخدمت للمحاكاة افتراض عمل المصدر المتأثر بالتداخل والمصدر المتسبب فيه على نفس التردد المركزي. وعلاوة على ذلك، فإن متوسط القدرة الإجمالية للمتداخل يُحسب نسبة إلى عرض نطاقه ويضاف 3 dB مقابل كثافة الذروة، مع افتراض تشكيل PSK. وتتبع مخططات هوائيات السواتل عالية الكسب مخطط الإشعاع المرجعي الوارد في التوصية ITU-R S.672. وتتبع مخططات هوائيات المحطات الأرضية المخطط الوارد في التوصية ITU-R F.1245.

يوجد في وسط إسبانيا موقعان يدعمان مهمات خدمة الأبحاث الفضائية الحساسة وهما روبليدو وسيبريروس، ومن أمثلة ذلك المهمات الموجهة إلى نقاط لاغرانج أو المحتمل توجيهها إلى القمر. ونظرًا لطول المسافات إلى L1 وL2، فإن كثافة تدفق قدرة الإشارات المستقبلة منخفضة إلى حد بعيد، مما يتطلب محطات أرضية كبيرة تصل إلى 35 m ونسبة درجة حرارة الكسب إلى الضوضاء *(G/T)* عالية. وأما عن إحصائيات التداخل، فإن كل المحطات الأرضية على ارتفاعات متشابهة ستؤدي إلى نتائج متشابهة. ولا يوجد فرق معتبر إلا التوهين الجوي، والذي يمكن أن يختلف إلى درجة كبيرة بين مختلف المواقع المحتملة.

وفيما يتعلق بالتداخل المحتمل على مهمات خدمة الأبحاث الفضائية الموجهة إلى لاغرانج الذي تتسبب فيه سواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض بالخصائص المبينة في الجدول 3، فقد خلصت بعض الدراسات إلى أن من شأن تطبيق تقليدي مثل AlphaSat أن يلبي بالكاد معيار التوصية ITU-R SA.609، على افتراض وجود محطته الأرضية في وسط إسبانيا. وأما عن النظامين GSO-2 وGSO-3، فسيحدث تجاوز لمعيار التوصية ITU-R SA.609 بما يتراوح بين 8 و15 dB حتى مع حد كثافة تدفق قدرة مخفض إلى 115– W/(m2 .MHz))) dB. ومع ذلك، فإن عدم الامتثال للتوصية ITU-R SA.609 لا يعني بالضرورة حدوث تداخل ضار. وتحتاج الوصلات حولGHz 26 هوامش معتبرة لتحقيق إتاحة وصل تزيد على %99 تنخفض زوايا ارتفاعها لتتراوح بين 5 و10 درجات. فتحتاج روبليدو وسيبريروس، على سبيل المثال، إلى هوامش في حدود 10 dB لإقفال وصلة تنخفض زوايا ارتفاعها إلى 5 درجات طيلة %99 من الوقت. وللتشغيل على 10 درجات تبقى الحاجة إلى هامش قدره 5,4 dB، وينتج عن هذا وضع عملي حيث لا تؤدي وقائع التداخل التي تتجاوز معيار التوصية ITU‑R SA.609 في كثير من الحالات إلا إلى خفض الهامش دون التسبب في فقد الوصلة. ويزيد تعطل الوصلة الناتج عن التوهين الجوي بكثير عما يسببه التداخل. وعند النظر في فقد البيانات الفعلي الناتج عن التداخل، فيمكن تلبية *Es*/(*N*0+ *I*0) المطلوب %99,98 من الوقت حتى في حالة السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تعمل بحد كثافة تدفق القدرة مخفض إلى   
W/(m2 . MHz)) 115–)dB. ومع ذلك، فإن من شأن ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض يعمل على حدود كثافة تدفق القدرة الواردة في البند 16.21 من لوائح الراديو أن يسبب تداخلاً ضارًا يؤدي إلى فقد الوصلة. ويتساوى مع ذلك حجمًا التداخل المحتمل على مهمات خدمة الأبحاث الفضائية القمرية الذي تسببه نفس السواتل.

يعرض الجدول 4 ملخصًا لنتائج تحليلات أخرى بشأن التداخل من مهمة ساتلية افتراضية في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض على عدد من المهمات المتأثرة بالتداخل شبيهة بتلك الواردة في الجدول 1. ويبين الجدول 4 الهامش دون تداخل إضافة إلى الهوامش المتدهورة على مهمات خدمة الأبحاث الفضائية نتيجةً لتداخل من مهمة في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض على   
º107 غرباً مع مستويات كثافة تدفق قدرة 105– إلى 125– dB(W/(m2 .MHz)). وترسل المهمة GSO-107W إلى  
WSC (White Sands) بزاوية ارتفاع إلى المحطة الأرضية تزيد على º25.

من شأن مهمة افتراضية في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض تعمل على حد كثافة تدفق القدرة 105– W/(m2 . MHz)))dB أن تسبب مستويات من التداخل تتجاوز معيار التداخل، حيث يحتمل وجود مهمة في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض دائمًا في مجال رؤية محطة أرضية متأثرة بالتداخل بينما لا يتحقق ذلك لمهمة ليست في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض. ومع ذلك،   
فلا يكون مثل هذا المستوى المرتفع من كثافة تدفق القدرة ضروريًا إلا في حالة استخدام محطات أرضية صغيرة جدًا (1 أو 2 m مثلاً) وكانت الإتاحة العالية مطلوبة.

وبناءً على النتائج المبينة في الجدول 4، يمكن ملاحظة أن الهامش على مستوى %0,1 سلبي أو متدهور بشكل كبير للمهمتين القمريتين LRO وCx Lunar إذا كان الساتل الموجود في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض المسبب في التداخل يستخدم كثافة تدفق قدرة تلبي بالكاد الحدود الواردة في المادة 21 من لوائح الراديو. وينخفض الهامش بالنسبة إلى التداخل على LRO من 7,4 إلى 0,1- dB، بينما ينخفض بالنسبة إلى Cx Lunar من 11,4 إلى 3,0 dB. وفي كلتا هاتين الحالتين تنخفض الهوامش إلى قيم يمكن اعتبارها أصغر من اللازم. يبين الشكلان 3 و4 إحصائيات التداخل المناظرة للمهمتين LRO وCx Lunar.

ومع ذلك، فإذا قيدت كثافة تدفق القدرة بقيمة قصوى قدرها 115– W/(m2 . MHz)))dB لكل زوايا الوصول، فإن التدهور الناجم عن التداخل ينخفض بشكل كبير. ولا يؤدي مزيد من الخفض في كثافة تدفق القدرة إلى قيمة قصوى قدرها  
125– W/(m2 . MHz)))dB لكل زوايا الوصول إلى تحقيق تحسن إضافي كبير.

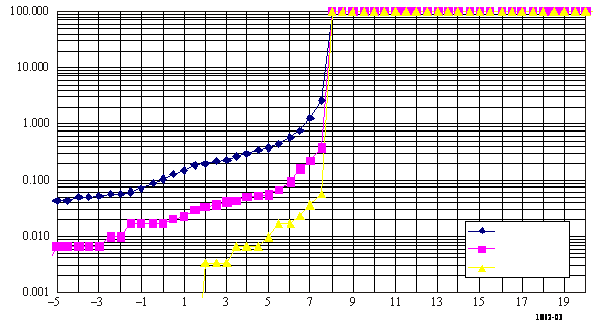
الجـدول 4

نتائج هامش تداخل من مصدر واحد لحالة مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض على مستوى %0,1

| المهمة المتأثرة بالتداخل | محطة الاستقبال | *هامش C*/*N* (dB) دون تداخل | الهوامش على مستوى %0,1 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| GSO-107W؛  كثافة تدفق  القدرة = -105  @ 90 EL | GSO-107W؛  كثافة تدفق  القدرة = -115  @ 90 EL | GSO-107W؛  كثافة تدفق  القدرة = -125  @ 90 EL |
| LRO | WSC | 7,4 | 0,1− | 6,1 | 7,4 |
| MHz 50 ،Cx Lunar | WSC | 11,4 | 3,0 | 9,7 | 11,4 |

الشـكل 3

مخطط هوامش تداخل GSO-107W؛ على LRO



تداخل GSO-107غرباً؛ على LRO

كثافة تدفق القدرة= 105-

كثافة تدفق القدرة= 115-

كثافة تدفق القدرة= 125-

هامش الوصل (dB)

CDF (%)

1862-03

الشـكل 4

مخطط هوامش تداخل GSO-107W على Cx Lunar

1862-04

تداخل GSO-107غرباً على Cx Lunar

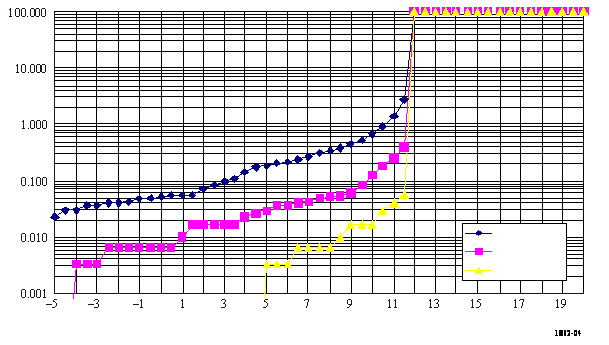
هامش الوصل (dB)

كثافة تدفق القدرة= 105-

كثافة تدفق القدرة= 115-

كثافة تدفق القدرة= 125-

CDF (%)



وتلخيصًا، فقد خلصت كل الدراسات إلى أنه من شأن التداخل من السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة على نفس كثافة تدفق القدرة لسواتل استكشاف الأرض أن يسبب مستويات تداخل تزيد بمقدار أسي واحد على الأقل فوق معايير التوصية ITU-R SA.609، وأعلى بقدر معتبر مقارنةً بمهمات خدمة استكشاف الأرض الساتلية في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض نظرًا للزيادة في قابلية الرؤية. وبالرغم من ذلك فلا يؤدي تجاوز معايير كثافة التداخل الواردة في التوصية  
ITU-R SA.609 إلى ظروف *Es*/(*N*0+ *I*0) غير مقبولة إذا عملت السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض على مستوى أقل من  
W/(m2 . MHz)) 115–)dB. ومع ذلك فمن شأن السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة على حدود كثافة تدفق القدرة الواردة في البند 16.21 من لوائح الراديو أن تسبب تداخلاً كبيرًا. ويمكن نشر السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض في كثير من مناطق العالم ذات التوهين المطري القليل أو المتوسط دون حاجة حتى إلى التشغيل قرب حدود كثافة تدفق القدرة الحالية.

وعلى ذلك فمن شأن تطبيق حد كثافة تدفق قدرة قريب من W/(m2 . MHz)) 115–)dB لأنظمة السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض على كل زوايا الوصول أن يوفر حماية كافية لمهمات خدمة الأبحاث الفضائية دون وضع قيود غير مبررة على السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

الملحق 2

حدود كثافة تدفق القدرة على المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض  
للسواتل في مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض

تحدد التوصية ITU-R SA.1155 حد أقصى للكثافة الطيفية لقدرة التداخل (*Psd*) يساوي 178– (W/kHz)dB والذي يمكن تحويله إلى 148– (W/kHz)dB في ظل اتساع عرض نطاق مستقبلات السواتل بمرحلات بيانات اتساعًا كبيرًا. ويمكن حساب قيمة كثافة تدفق القدرة المناظرة عن طريق أخذ مساحة الهوائي الفعالة في الاعتبار:



ويبلغ قطر أكبر هوائي للسواتل ذات مرحلات البيانات الحالية 4,9 m. ويمكن افتراض الكفاءة η بنسبة %50. وتكون قيمة كثافة تدفق القدرة المناظرة dB(W/(m2 . MHz)) 157,7–. ولا يمكن تطبيق نسبة %0,1 للوقت المسموح به المحددة في التوصية ITU-R SA.1155 على حد كثافة تدفق القدرة، لأن من شأن ذلك أن يؤدي إلى إهمال تحرك كلا الهوائيين نسبة إلى بعضهما البعض، وأن تعرض موقع المدار المستقر بالنسبة للأرض للساتل ذي مرحل البيانات بحد كثافة تدفق القدرة المحدد   
لا يؤدي إلى أقصى تداخل مسموح به إلا عند تسديد هوائي الساتل ذي مرحل البيانات مباشرة إلى ساتل خدمة استكشاف الأرض الساتلية.

ويفترض قبول نسبة مئوية من تجاوز التداخل تناظر عرض حزمة الفص الرئيسي. وتكون زاوية الفص الجانبي الأول لهوائي قياس 4,9 أمتار حوالي º0,22 (بجانب واحد). ويكون احتمال وقوع ساتل آخر بمعلمات مدار غير متزامنة ضمن عرض حزمة هذا الفص الرئيسي حوالي 3,7×10-6، مما يقل بشكل معتبر عن 1×10-3 على النحو المحدد في التوصية  
ITU-R SA.1155. ويفترض كون كسب الفص الجانبي الأول أقل بحوالي 25 dB وفق التوصية ITU-R S.672. ويؤدي هذا إلى حد لكثافة تدفق القدرة حوالي 157,7– W/(m2 . MHz)))dB. ومن أجل الوقوف على مسافة *dNE* ملائمة، افترض تشغيل ساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض عند حد كثافة تدفق القدرة. وعلى ذلك، فيمكن النظر في الحالتين التاليتين على النحو المبين في الشكل 5.

الشـكل 5

التداخل من ساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض على سواتل أنظمة بمرحلات بيانات   
في مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض



مدار مستقر بالنسبة   
إلى الأرض

مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض

*الحالة 1:* تفترض أقصى كثافة تدفق قدرة W/(m2 . MHz)) 115–)dB تجاه زاوية ورود º5 عند سطح الأرض، وبالتالي كذلك أقصى كثافة تدفق قدرة تجاه DRSS-1. ويكون هذا هو الحال عادةً مع الهوائيات المُكَافِئية أو نتيجة لحجب من المركبة الفضائية نفسها في حالة الهوائيات القلبية وقد افترض من أجل التبسيط أن كثافة تدفق القدرة تجاه DRSS-1 مساوية لكثافة تدفق القدرة تجاه زاوية الورود 5º، إلا أنه في الواقع سيكون انخفاض المستوى أكثر من 3 dB نظرًا للزيادة الطفيفة في المسافة وحجب الأرض لنصف الفص الرئيسي من الهوائي.

*الحالة 2:* تفترض أقصى كثافة تدفق قدرة W/(m2 . MHz)) 105–)dB تجاه زاوية ورود 90º عند سطح الأرض وكذلك أقصى كثافة تدفق قدرة تجاه DRSS-2 عبر الفصوص الخلفية من الهوائي. وقد يتحقق هذا الوضع لعمليات الإرسال عبر هوائيات شاملة الاتجاهات.

ويمكن اشتقاق المسافات ذات الصلة من المعادلات التالية:



حيث:

*dNE*1: المسافة من الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى زاوية º0 لموقع الوصول

*dNG*1: المسافة من الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى DRSS-1 (*dNG*1 = *dNE*1 + 41 680 km)

*dNE*2: المسافة من الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى نقطة مسقطه على سطح الأرض (زاوية وصول º90)

*dNG*2: المسافة من الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض إلى DRSS-2  
(*dNG*2 = km 35 787 - *dNE*2)

*hO*: ارتفاع مدار الساتل في مدار غير مستقر بالنسبة إلى الأرض

*R*: نصف قطر الأرض (6 378 km).

بالنسبة للحالة 1، *PFD*1 = W/(m2 . MHz)) 115–)dB و*PFD*2= W/(m2 . MHz)) 133–)dB ويكون الحد الأدنى المناظر لارتفاع المدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض 2 380 km.

بالنسبة للحالة 2، *PFD*1 = W/(m2 . MHz)) 105–)dB و*PFD*2= W/(m2 . MHz)) 133–)dB ويكون الحد الأدنى المناظر لارتفاع المدار غير المستقر بالنسبة إلى الأرض 1 370 km.

وبما أن مسافة 1 370 km كحد أدنى لارتفاع المدار تمثل أسوأ حالة، فقد أخذت كأساس للتوصية.

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

1. استخدام الخدمة ما بين الساتلية للنطاقGHz 27,5-25,25 مقيد على تطبيقات أبحاث الفضاء واستكشاف الأرض الساتلية. [↑](#footnote-ref-1)