الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R
قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R RS.2065-0

(2014/12)

حماية وصلات خدمة الأبحاث الفضائية في الاتجاه فضاء–أرض في النطاقين MHz 8 450-8 400 و MHz 8 500-8 450 من الإرسالات غير المرغوبة للرادارات ذات الفتحات التركيبية العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) حول MHz 9 600

السلسلة RS

أنظمة الاستشعار عن بُعد

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

150 ITU 1865-2015

تمهيد

يتمثل دور قطاع الاتصالات الراديوية في تأمين الاستعمال الرشيد والمنصف والفعال والاقتصادي لطيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات يُستند إليها في اعتماد التوصيات.

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	العنوان
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 الاستدلال الراديوي وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	**أنظمة الاستشعار عن بُعد**
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، 2015

© ITU 2015

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).

التوصية ITU-R RS.2065-0

حماية وصلات خدمة الأبحاث الفضائية في الاتجاه فضاء–أرض في النطاقين 400 8-450 8 MHz و450 8-500 8 MHz من الإرسالات غير المرغوبة للرادارات ذات الفتحات التركيبية العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) حول 600 9 MHz

(2014)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية تقنيات التخفيف التي يمكنها الحد من الإرسالات غير المرغوبة لأنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشيطة) في نطاق خدمة الأبحاث الفضائية (SRS) وتوصي بأن توفر أنظمة EESS (النشيطة) هذه حماية تامة لعمليات رحلات خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) أثناء أحداثها الحرجة وأن تمنع إلحاق الضرر بمستقبلات المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية في جميع الأوقات.

الكلمات الرئيسية

الأحداث الحرجة، الضرر، الفضاء السحيق، المحطات الأرضية، خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة)، التداخل، التخفيف، الحماية، معيار، مستقبِل، رادار ذو فتحة تركيبية، التشبع، فضاء–أرض، خدمة الأبحاث الفضائية، الإرسالات غير المرغوبة.

المختصرات/مسرد المصطلحات

EESS خدمة استكشاف الأرض الساتلية *(Earth exploration satellite service)*

LFM التشكيل الخطي للترددات *((Linear FM (frequency modulation))*

SAR رادار ذو فتحة تركيبية *(Synthetic aperture radar)*

SRS خدمة الأبحاث الفضائية *(Space research service)*

TR الإرسال والاستقبال *(Transmit and receive)*

توصيات وتقارير قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة

التوصية ITU-R RS.2043 خصائص الرادارات ذات الفتحة التركيبية العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) حول 600 9 MHz

التوصية ITU-R SA.609 معايير الحماية لوصلات الاتصالات الراديوية بسواتل البحث المأهولة أو غير المأهولة القريبة من الأرض

التوصية ITU-R SA.1014 متطلبات الاتصالات لمركبات أبحاث الفضاء البعيد المأهولة وغير المأهولة

التوصية ITU-R SA.1157 معايير الحماية بشأن أبحاث الفضاء السحيق

التوصية ITU-R SM.1541 البث غير المطلوب في مجال البث خارج النطاق

التقرير ITU-R RS.2308 التوافق من حيث الترددات الراديوية بين الإرسالات غير المرغوبة الصادرة عن الرادارات ذات الفتحات التركيبية لخدمة استكشاف الأرض الساتلية العاملة في النطاق 9 GHz وخدمات استكشاف الأرض الساتلية (المنفعلة) والأبحاث الفضائية (المنفعلة) والأبحاث الفضائية والفلك الراديوي العاملة في نطاقي التردد 400 8-500 8 MHz و10,7-10,6 GHz، على التوالي.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن نطاق التردد 300 9-800 9 MHz موزع على أساس أولي للخدمة EESS (النشيطة)؛

ب) أن نطاق التردد 800 9-900 9 MHz موزع على أساس ثانوي للخدمة EESS (النشيطة)؛

ج) أن نطاق التردد 400 8-450 8 MHz موزع على أساس أولي للوصلات فضاء–أرض في الخدمة SRS (الفضاء السحيق)؛

د) أن نطاق التردد 450 8-500 8 MHz موزع على أساس أولي للوصلات فضاء–أرض في الخدمة SRS؛

هـ) أن الأنظمة العاملة برادارات نشيطة في نطاق التردد 300 9-900 9 MHz تستعمل إرسالات عالية القدرة في الاتجاه فضاء–أرض؛

و) أن المحطات الأرضية للخدمة SRS (الفضاء السحيق) العاملة في نطاق التردد 400 8-450 8 MHz على النحو المبين في التوصية ITU-R SA.1014 هي مستقبلات شديدة الحساسية؛

ز) أن هذه المحطات الأرضية تدعم أيضاً رحلات الخدمة SRS، من قبيل الرحلات إلى نقاط لاغرانج وإلى القمر، في نطاق التردد 450 8-500 8 MHz؛

ح) أن معايير حماية رحلات الخدمة SRS (الفضاء السحيق) في نطاق التردد 400 8–450 8 MHz محددةٌ في التوصية ITU-R SA.1157 ومعايير حماية الخدمة SRS في نطاق التردد 450 8-500 8 MHz محددةٌ في التوصية ITU-R SA.609؛

ط) أن الإرسالات غير المرغوبة للخدمة EESS (النشيطة) العاملة في نطاق التردد 300 9-900 9 MHz قد تتجاوز معيار حماية الخدمة SRS (الفضاء السحيق) في النطاق 400 8-450 8 MHz؛

ي) أن نطاق التردد 400 8-450 8 MHz مستعملٌ في معظم رحلات الخدمة SRS (الفضاء السحيق) لدعم أحداثها الروتينية والحرجة وأن نطاق التردد 450 8-500 8 MHz مستعملٌ في معظم رحلات الخدمة SRS إلى نقاط لاغرانج وإلى القمر؛

ك) أن نجاح رحلات الفضاء السحيق غالباً ما يتوقف على الأحداث الحرجة للخدمة SRS (الفضاء السحيق)، من قبيل الإطلاق والوضع في المدار والتحليق فوق الكواكب والدخول والنزول والهبوط، بما في ذلك عودة العينة؛

ل) أن التداخل المواكِب للأحداث الحرجة لرحلات الخدمة SRS (الفضاء السحيق) يمكن أن يؤدي إلى خسارة بيانات بالغة الأهمية أو قد يعرض سلامة المركبة الفضائية للخطر؛

م) أن من الممكن، أثناء العمليات الروتينية لرحلات الخدمة SRS (الفضاء السحيق)، قبول الإرسالات غير المرغوبة للخدمة EESS (النشيطة)، التي يكون احتمال تجاوزها لمعيار حماية الخدمة SRS (الفضاء السحيق) ضئيلاً جداً؛

ن) أن الإرسالات غير المرغوبة للخدمة EESS (النشيطة) قد تتجاوز مستويات تشبع مستقبلات المحطات الأرضية للخدمة SRS الوارد وصفها في الملحق 1 وقد تتجاوز أيضاً مستويات إلحاق الضرر بهذه المستقبلات،

توصي

1 بأن أنظمة الرادارات ذات الفتحات التركيبية (SAR) العاملة في خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) ينبغي أن تستعمل الطرائق الوارد وصفها في الملحق 2 للحد من إرسالاتها غير المرغوبة في نطاق التردد 400 8–500 8 MHz من أجل يلي:

أ) تفادي إلحاق الضرر في جميع الأوقات بمستقبلات المحطات الأرضية للخدمة SRS؛

ب) الحد من احتمال تشبع مستقبلات المحطات الأرضية للخدمة SRS؛

ج) تفادي التسبب في تداخل يتجاوز معايير حماية المحطات الأرضية للخدمة SRS (الفضاء السحيق) أثناء الأحداث الحرجة؛

2 كملاذ أخير، في حالة عدم الامتثال التام لما ورد في الفقرة **1** من *توصي* من خلال تطبيق الطرائق الوارد وصفها في الملحق 2، بأن يتنبأ مشغلو أنظمة SAR العاملة في الخدمة EESS بأيّ أحداث تداخل محتمل متبقية وأن يخففوا منها بتنسيق عملياتهم مع مشغلي رحلات الخدمة SRS قبل موعد أيّ حدث بمدة لا تقل عن سبعة أيام بالنسبة للعمليات الروتينية للرادارات SAR العاملة في الخدمة EESS وبمدة لا تقل عن 24 ساعةً بالنسبة لحيازة صور الرادارات SAR العاملة في الخدمة EESS في حالات الطوارئ مثل إدارة الكوارث؛

3 تيسيراً لاستخدام بعض تقنيات التخفيف وكذلك التنسيق التشغيلي، بأن يتقاسم كلٌّ من مشغلي أنظمة SAR العاملة في الخدمة EESS وأنظمة الخدمة SRS خصائص عملياتهم المتعلقة بالمدارات والاتصالات، بما في ذلك المسار المحدَّث للرحلات وتسديد الهوائي وتحديد مواعيد الأحداث الحرجة؛

4 بأن مستويات إلحاق الضرر والتشبع الواردة في الجدول 1 من الملحق 1 تنطبق في حالة تطبيق الفقرات **1** و**2** و**3** من *توصي*؛

5 بأن الفقرات **1** و**2** و**3** و**4** من *توصي* ينبغي ألاّ تنطبق سوى على المحطات الأرضية للخدمة SRS المدرجة في التوصية ITU-R SA.1014.

الملحق 1

إلحاق الضرر بالطرف الأمامي لمستقبلات المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية في الفضاء السحيق والتسبب في تشبع هذا الطرف

يرد في التوصية ITU-R SA.1014 وصف لمواقع وخصائص مستقبلات خدمة الأبحاث الفضائية (SRS) للفضاء السحيق. وقد حددت وكالة الفضاء المدني الأمريكية، والإدارة الوطنية للملاحة الجوية والفضاء (NASA)، ووكالة الفضاء الأوروبية (ESA) خصائص مستويات التشبع ومستويات الضرر المحتملة في مستقبلات محطاتها الأرضية للفضاء السحيق. وتُلخص هذه المستويات في الجدول 1-A1 أدناه.

الجدول 1-A1

مستويات التشبع وإلحاق الضرر في مستقبلات المحطات الأرضية للخدمة SRS (الفضاء السحيق)

المعلمة	الوحدة	NASA	ESA
نطاق التردد	MHz	8 700–8 200	8 500–8 400
مستوى التشبع	dBW	115–	117–
مستوى إلحاق الضرر	dBW	105–	107–

وتقاس مستويات التشبع وإلحاق الضرر مباشرةً عند مطراف دخل الأطراف الأمامية للمستقبلات. وقد صُممت مستقبلات المحطات الأرضية للخدمة SRS في الفضاء السحيق لوكالة NASA لكي تدعم أيضاً رادارات المنظومة الشمسية التابعة للوكالة والعاملة في النطاق 500 8-700 8 MHz الموزع لخدمة التحديد الراديوي للموقع.

وصُممت المحطات الأرضية للخدمة SRS، كما ورد وصفها في التوصية ITU-R SA.1014، أيضاً لدعم رحلات الخدمة SRS، مثل الرحلات إلى نقاط لاغرانج والرحلات إلى القمر في النطاق 450 8-500 8 MHz. وينبغي عدم تجاوز مستويات إلحاق الضرر المذكورة في أيّ وقت من الأوقات. وينبغي أن تظل الإرسالات غير المرغوبة الصادرة عن الخدمة EESS (النشيطة) دون مستوى التشبع أثناء الأحداث الحرجة لرحلات الفضاء السحيق للخدمة SRS. وعادةً ما تستخدم المحطات الأرضية للخدمة SRS، التي لا يرد وصفها في التوصية ITU-R SA.1014، تكنولوجيات مختلفة للطرف الأمامي للترددات الراديوية. وهي عادةً أقل تعرضاً للتشبع والضرر الناجمين عن الإرسالات غير المرغوبة للخدمة EESS (النشيطة).

الملحق 2

تقنيات التخفيف للحد من الإرسالات غير المرغوبة من أنظمة الخدمة EESS (النشيطة) حول MHz 9 600 إلى الخدمة SRS العاملة في نطاقي الترددات MHz 8 450-8 400 وMHz 8 500-8 450

يعرض هذا الملحق حسابات الإرسالات غير المرغوبة النظرية لأنظمة الخدمة EESS (النشيطة) حول MHz 9 600 باستخدام المعلمات الخاصة بالرادارات ذات الفتحات التركيبية SAR-1 وSAR-2 وSAR-3 الواردة في التوصية ITU-R RS.2043. ويتناول تقنيات تخفيف عديدة للحد من الإرسالات غير المرغوبة من نظام الخدمة EESS (النشيطة) إلى الخدمة SRS في الفضاء السحيق في النطاق MHz 8 450-8 400 وإلى الخدمة SRS في النطاق MHz 8 500-8 450.

1 حماية وصلات خدمة الأبحاث الفضائية في الاتجاه فضاء–أرض

تحدد التوصية ITU-R SA.1157 معيار حماية المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (SRS) في الفضاء السحيق بقيمة –221 dB (W/Hz) في نطاق التردد MHz 8 450-8 400. وينبغي أن يستند حساب التداخل خارج خط البصر الناجم عن الانتشار عبر الأفق إلى إحصاءات الأحوال الجوية التي تطبق في 0,001% من الوقت. وتحدد هذه التوصية معيار حماية المستقبلات في أنظمة الخدمة SRS في الفضاء السحيق. ويتوقف نجاح رحلات الخدمة SRS في الفضاء السحيق على مدى الامتثال لمعيار حماية هذه الأصول. ومن شأن التداخل الضار أثناء الأحداث الحرجة للرحلات، مثل عمليات الوضع في المدار والتحليق فوق الكواكب ومراحل الدخول والنزول والهبوط (EDL)، أن يتسبب في خسارة محتملة للمركبة الفضائية أو فقدان بيانات لا تعوّض. وتوجد أيضاً أحداث حرجة من قبيل عمليات الرصد العلمية غير المتكررة حيث تخترق مركبة فضائية الغلاف الجوي لكوكب أو قمر، أو تصطدم بقمر أو كوكب أو كُوَيْكِب أو مذنّب. ويمكن أن تُدمَّر المركبة الفضائية في هذه العملية. ويتوقف نجاح الرحلات على البيانات المرسَلة عند الاقتراب أو أثناء الاصطدام أو في اللحظات التي تسبقه. ولذلك فإن حماية المحطات الأرضية ومحطات المركبات الفضائية للخدمة SRS في الفضاء السحيق أثناء الأحداث الحرجة للرحلات تكتسي، بالقدر المطلوب في التوصية ITU-R SA.1157، أهمية حاسمة لنجاح رحلات الخدمة SRS في الفضاء السحيق.

وإضافةً إلى ذلك، ينبغي اعتبار حالات الطوارئ في المركبة الفضائية لأنظمة الفضاء السحيق أحداثاً حرجة.

وعلاوةً على ذلك، تحدد التوصية ITU-R SA.609 معيار حماية المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية بقيمة –216 dB (W/Hz) في نطاق التردد MHz 8 500-8 450. وينبغي أن يستند حساب التداخل الذي قد ينتج عن الأحوال الجوية والأمطار إلى إحصاءات الأحوال الجوية المطبقة في 0,1% من الوقت في حالة الرحلات غير المأهولة من قبيل الرحلات إلى نقاط لاغرانج وإلى القمر.

2 خصائص أنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) حول MHz 9 600

تَستعمل أنظمة الرادارات ذات الفتحة التركيبية (SAR) النطاق MHz 9 900-9 300 الذي يحدد عادة بالنسبة لخدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشيطة) أنه النطاق MHz 9 600. وتحدد التوصية ITU-R RS.2043 خصائص ثلاثة أنظمة من الأنظمة SAR العاملة في هذا النطاق.

الجدول 1-A2

خصائص الأنظمة SAR-1 وSAR-2 وSAR-3

المعلمة	SAR-1	SAR-2	SAR-3
الارتفاع المداري (km)	400	619	506
الميل المداري (بالدرجات)	57	98	98
التردد المركزي للتردد الراديوي (GHz)	9,6	9,6	9,6
القدرة المشعة القصوى (W)	1 500	5 000	25 000
التشكيل النبضي	زقزقة التشكيل الخطي للتردد	زقزقة التشكيل الخطي للتردد	زقزقة التشكيل الخطي للتردد
عرض نطاق الزقزقة (MHz)	10	400	450
مدة النبضة (µs)	33,8	80–10	10–1
معدل تكرار النبضات (pps)	1 736	4 500–2 000	515–410
دورة التشغيل (%)	5,9	28,0–2,0	0,5–0,04
نسبة انضغاط المدى	338	12 000 >	4 500–450
نمط الهوائي	دليل موجات ذو فتحات	صفيف مستوي	صفيف مستوي متطاور
الكسب الأقصى للهوائي (dBi)	44,0	46,0–44,0	42,5–39,5
القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW)	75,8	83,0	88,5–83,5
توجيه الهوائي من نظير السمت	20° إلى 55°	34 درجة من النظير	20° إلى 44° من النظير
عرض حزمة الهوائي	5,5° (ارتفاع) 0,14° (سمت)	2,3–1,6° (ارتفاع) 0,3° (سمت)	2,3–1,1° (ارتفاع) 1,15° (سمت)
استقطاب الهوائي	خطي رأسي	خطي أفقي أفقي أو رأسي رأسي	خطي أفقي/رأسي
درجة حرارة ضوضاء النظام (K)	551	500	600

3 أنظمة الإرسالات غير المرغوبة لأنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية (النشيطة) في مدى التردد 400 8–500 8 MHz

تظهر في الجدول 2-A2 مستويات الإرسالات غير المرغوبة النظرية لأنظمة SAR الثلاثة الوارد وصفها في الجدول 1-A2 في نطاق التردد 400 8-450 8 MHz. ويفترض أن يكون وقت الصعود لأنظمة SAR ذات التشكيل الخطي للترددات (LFM) هو 10 ns ووقت الهبوط هو 10 ns مع موجات شبه منحرفة. ومدة النبضة للنظامين SAR-2 وSAR-3 هي 10 µs و1 µs على التوالي. ويبلغ كسب هوائي المحطات الأرضية للخدمة SRS في الفضاء السحيق 74 dBi.

الجدول 2-A2

الإرسالات غير المرغوبة من الأنظمة SAR-1 وSAR-2 وSAR-3 في النطاق 400 8-450 8 MHz

المعلمة	SAR-1	SAR-2	SAR-3
القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW)	76	83	86
عرض النطاق (MHz)	10	400	450
المسافة المائلة الدنيا (km)	424	654	536
الخسارة في الفضاء (dB)	164–	167–	166–
الكسب الأقصى للهوائي Rx (dBi)	74	74	74
خسارة الاستقطاب (dB)	3–	3–	3–
التناقص الطيفي (dB)	109–	86–	78–
الكثافة الطيفية لقدرة التداخل Rx ((dB(W/Hz))	196–	185–	174–
معيار حماية الفضاء السحيق ((dB(W/Hz))	221–	221–	221–
تجاوز معيار الحماية (dB)	25	36	47

يبين الجدول 2-A2 أن الإرسالات غير المرغوبة للأنظمة SAR-1 وSAR-2 وSAR-3 تتجاوز معيار حماية الفضاء السحيق بما يتراوح بين 25 dB و47 dB. وتُحسب الإرسالات غير المرغوبة من أنظمة الرادارات ذات الفتحات التركيبية (SAR) استناداً إلى التناقص النظري لإشارات هذه الرادارات. ويمكن أن تكون الإرسالات غير المرغوبة أعلى من ذلك إذا احتوت أنظمة خدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (النشيطة) على مكونات من قبيل مضخمات القدرة عالية الكفاءة التي تعمل بأساليب التشبع. ويسفر حساب الإرسالات غير المرغوبة لأنظمة SAR باستخدام الجدول 8 من التوصية ITU-R SM.1541 عن إرسالات مرغوبة أعلى، ومن ثم، تداخل أعلى في وصلات الفضاء السحيق بالاتجاه فضاء–أرض في نطاق التردد 400 8-450 8 MHz. ولحساب مستويات التوهين اللازمة لحماية عمليات الخدمة SRS (الفضاء السحيق) وحماية مستقبلات الخدمة SRS من الضرر، ينبغي استخدام الإرسالات غير المرغوبة لمعدات الخدمة EESS (النشيطة) بدلاً من القيم النظرية.

وقد يكون مستوى الإرسالات غير المرغوبة الواقعة في نطاق التردد 450 8-500 8 MHz أعلى من ذلك نظراً للفصل الترددي المنخفض. ورغم أن الدراسات تبين عدم وجود أي مسألة تتعلق بالتداخل الضار في هذا النطاق، فإن مستقبلات المحطات الأرضية قد تتعرض للتشبع أو الضرر في حالة التسليط المباشر لإشارات الرادار، وهو ما يستدعي تقنيات تخفيف محددة ينبغي تطبيقها أيضاً في هذا النطاق.

4 تقنيات التخفيف

يرد في هذا القسم وصف للعديد من تقنيات التخفيف من التداخل. ويمكن الحد من التداخل المحتمل الذي تسببه الإرسالات غير المرغوبة لأنظمة الخدمة EESS (النشيطة) باستخدام تقنية أو مزيجاً من التقنيات الوارد وصفها. وعلى العموم، يمكن للتقنيات الثلاث الأولى، وهي تشكيل النبض وتسديد الهوائي والترشيح، أن تخفض إلى حد كبير من مستوى الإرسالات غير المرغوبة لأنظمة الخدمة EESS (النشيطة).

1.4 تشكيل النبض

يغيّر تشكيل النبض غلاف نبضات الزقزقة في التشكيل الخطي للترددات من أجل الحد من الإرسالات غير المرغوبة للرادار. ومقارنةً بنظام تشكيل خطي للترددات مع وقت صعود ووقت هبوط بمقدار 10 ns، يمكن نظرياً لتشكيل النبض بموجات شبه منحرفة وموجات جيب التمام المرفوع مع وقت صعود ووقت هبوط بمقدار 100 ns أن يخفض من الإرسالات غير المرغوبة للرادارات ذات

التشكيل الخطي للترددات بما يتراوح بين 17 dB و26 dB تقريباً. ويبين الجدول 3-A2 أن الموجة شبه المنحرفة مع وقت صعود ووقت هبوط بمقدار 100 ns يمكن أن يخفض الإرسالات غير المرغوبة لنظام SAR-1 ويجعلها لا تتجاوز معيار حماية الخدمة SRS في الفضاء السحيق، وإن كانت الإرسالات غير المرغوبة للنظامين SAR-2 وSAR-3 لا تزال تتجاوز معيار الحماية. وباستخدام تقنية تشكيل النبض بجيب التمام المرفوع، يظل مستوى الإرسالات غير المرغوبة لأنظمة SAR الثلاثة أدنى من معيار الحماية. وتجدر الإشارة إلى أن العيوب واللاخطية التي تنطوي عليها مختلف المكونات في سلسلة إرسال الخدمة EESS (النشيطة) ستزيد على الأرجح من مستوى الإرسالات غير المرغوبة.

الجدول 3-A2

الإرسالات غير المرغوبة للخدمة EESS (النشيطة) في النطاق 400 8-450 8 MHz
مع موجات شبه منحرفة ذات وقت صعود ووقت هبوط مقدارهما 100 ns

المعلمة	SAR-1	SAR-2	SAR-3
القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW)	76	83	86
عرض النطاق (MHz)	10	400	450
المسافة المائلة الدنيا (km)	424	654	536
الخسارة في الفضاء (dB)	164–	167–	166–
الكسب الأقصى للهوائي Rx (dBi)	74	74	74
خسارة الاستقطاب (dB)	3–	3–	3–
التناقص الطيفي (dB)	135–	106–	95–
الكثافة الطيفية لقدرة التداخل Rx ((dB(W/Hz))	222–	205–	191–
معيار حماية الفضاء السحيق ((dB(W/Hz))	221–	221–	221–
تجاوز معيار الحماية (dB)	1–	16	30

الجدول 4-A2

الإرسالات غير المرغوبة للخدمة EESS (النشيطة) في النطاق 400 8–450 8 MHz
مع موجات بجيب التمام المرفوع ذات وقت صعود ووقت هبوط بمقدار 100 ns

المعلمة	SAR-1	SAR-2	SAR-3
القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW)	76	83	86
عرض النطاق (MHz)	10	400	450
المسافة المائلة الدنيا (km)	424	654	536
الخسارة في الفضاء (dB)	164–	167–	166–
الكسب الأقصى للهوائي Rx (dBi)	74	74	74
خسارة الاستقطاب (dB)	3–	3–	3–
التناقص الطيفي (dB)	168–	147–	137–
الكثافة الطيفية لقدرة التداخل Rx ((dB(W/Hz))	255–	246–	233–
معيار حماية الفضاء السحيق ((dB(W/Hz))	221–	221–	221–
تجاوز معيار الحماية (dB)	34–	25–	12–

2.4 تسديد الهوائي

تستعمل جميع أنظمة SAR الثلاثة المذكورة في التقرير ITU-R RS.2094 هوائيات عالية الاتجاهية. فعلى سبيل المثال، يتراوح الكسب الأقصى للهوائي في النظام SAR-2 بين 43 dBi و46 dBi. ويتناقص مخطط إشعاع الهوائي بسرعة في الاتجاه الأفقي (أو اتجاه السمت) إلى قيمة −3 dBi. وإذا كان النظام SAR-2 قادراً على تسديد الهوائي بعيداً عن المحطات الأرضية للخدمة SRS بحيث يكون كسب الهوائي −3 dBi باتجاه هذه المحطات، فإن من الممكن تخفيض إرسالاته غير المرغوبة بقيمة تتراوح بين 46 dB و49 dB. ومن شأن تقنية مماثلة أن تكون فعّالة أيضاً بالنسبة للنظامين SAR-1 وSAR-3.

3.4 الترشيح

رهناً بعمليات تنفيذ أنظمة الخدمة EESS (النشيطة)، يمكن تنفيذ تقنية مراشيح الإرسال والأدلة الموجية مع تردد قطع حاد دون نطاق الخدمة EESS (النشيطة) للحد من الإرسالات غير المرغوبة للأنظمة. وقد نجحت وصلات الخدمة EESS في الاتجاه فضاء−أرض في نطاق التردد 025 8-400 8 MHz في تنفيذ تقنيات الترشيح لتخفيض إرسالاتها غير المرغوبة بمقدار 40 dB وأكثر في نطاق التردد 400 8-450 8 MHz.

وقد تستخدم أنظمة الرادارات ذات الفتحات التركيبية (SAR) هوائيات بمصفوفة متطاورة تتألف من مئات وحدات الإرسال والاستقبال (TR)، بما في ذلك المضخمات عالية القدرة. وسيكون من اللازم تطبيق أيّ ترشيح للخرج على المراحل عالية القدرة لهذه الوحدات، مما يؤدي ذلك إلى زيادة تعقيد أنظمة الرادار وتكاليفها وخسارة أدائها.

بيد أن من الممكن، إذا اقتضت الحاجة، إضافة مرشاح قطع مناسب في سلسلة الإرسال للتخفيف بالحد الممكن عملياً من الإرسالات غير المرغوبة للرادات ذات الفتحات التركيبية، في عرض نطاق محدود.

4.4 انتقاء مدى المسح وعرض النبضة

يتغير التناقص الطيفي للإرسالات غير المرغوبة لرادار بتشكيل خطي للترددات بتغير كلٍّ من مدى مسح الترددات وعرض النبضة لإشارة زقزقة التشكيل الخطي للترددات. فالإرسالات غير المرغوبة تزيد بزيادة مدى مسح الزقزقة. كما أنها تزيد عندما ينخفض عرض نبضة إشارة الزقزقة. وقد يكون بإمكان مشغلي الخدمة EESS (النشيطة) تغيير مدى المسح ومدة النبضة في الرادارات من أجل تخفيض الإرسالات غير المرغوبة، ولا سيما عندما يكون هوائي الخدمة EESS (النشيطة) مسدَّداً بالقرب من محطة أرضية للخدمة SRS في الفضاء السحيق. فهذه التقنيات تتسم بفعالية محدودة. ومن المحتمل أن تخفض الإرسالات غير المرغوبة لنظامٍ للخدمة EESS (النشيطة) ولكن ببضع وحدات فقط من الديسيبل.

5.4 الفصل الجغرافي

من الممكن أيضاً الحد من التداخل الذي تسببه أنظمة الخدمة EESS (النشيطة) من خلال الفصل الجغرافي. ويمكن أن تحافظ هذه الأنظمة على مسافة مائلة دنيا من محطة أرضية للخدمة SRS باستخدام المعلومات الواردة في التوصية ITU-R SA.1014، وذلك للحفاظ على حد أدنى للخسارة في الفضاء الحر وإنشاء منطقة استبعاد. وفي الحالات القصوى، قد تحجم أنظمة الخدمة EESS (النشيطة) عن الإرسال حيثما يتاح خطُّ بَصَرٍ بين هذه الأنظمة وإحدى المحطات الأرضية للخدمة SRS.