الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R SA.1016-1

(2019/08)

اعتبارات التقاسم فيما يتعلق بخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق)

السلسلة SA

التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية

الاتحاد الدولي للاتصالات

تمهيد

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 القرار 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، 2020

© ITU 2020
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 SA.1016-1

اعتبارات التقاسم فيما يتعلق بخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق)

(2019-1994)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية اعتبارات تتعلق بتقاسم الترددات المتصلة بخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) في نطاقات التردد GHz 2 وGHz 7 وGHz 34.

مصطلحات أساسية

تقاسم الترددات، فضاء سحيق، محطات أرضية لخدمة الأبحاث الفضائية، محطات فضائية لخدمة الأبحاث الفضائية

توصيات وتقارير قطاع الاتصالات الراديوية ذات الصلة

التوصيات ITU-R SA.509 وITU-R SA.684 وITU-R SA.1014 وITU-R SA.1015 وITU-R SA.1157

التقرير ITU-R SA.2066

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الملحقين 1 و2 يعرضان إمكانية تقاسم الترددات بين محطات خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) ومحطات تابعة لخدمات أخرى؛

ب) أن المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) يمكن أن تتسبب في تداخل ضار لمحطات الاستقبال للخدمة المتنقلة للطيران، ومحطات الاستقبال الفضائية وأجهزة الاستشعار المنفعلة بالموجات الصغرية عند خط البصر؛

ج) أن المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) يمكن أن تتسبب في تداخل ضار لمحطات الاستقبال للخدمة المتنقلة غير المتباعدة بمسافة كافية؛

د) أن الإرسالات عالية القدرة لمحطات الأرض يمكن أن تتداخل مع المحطات الفضائية لخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق)، لا سيما أثناء تشغيل المحطات الفضائية على مقربة من الأرض؛

هـ) أن المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) يمكن أن تتعرض لتداخلات ضارة من محطات الإرسال للخدمة المتنقلة للطيران، ومحطات الإرسال الفضائية، وأجهزة الاستشعار النشطة بالموجات الصغرية عند خط البصر؛

و) أن المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) يمكن أن تتعرض لتداخلات ضارة من محطات الإرسال للخدمة المتنقلة غير المتباعدة بمسافة كافية؛

ز) أن المحطات الفضائية لخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) يمكن أن تؤثر سلباً على محطات خدمة الفلك الراديوي،

توصي

1 بأنه رهناً بالتنسيق التشغيلي الناجح، ينبغي أن تكون خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) قادرة على تقاسم نطاقات التردد في الاتجاه أرض–فضاء مع محطات في خدمات لديها توزيع بالفعل في نفس النطاق، باستثناء المحطات التالية التي يتعذر التقاسم معها:

– محطات الاستقبال للخدمة المتنقلة للطيران، ومحطات الاستقبال الفضائية، والسواتل ذات أجهزة الاستشعار بالموجات الصغرية، عند احتمال تواجد أيّ من من هذه المحطات أو هذه السواتل عند خط البصر؛

– محطات الاستقبال للخدمة المتنقلة التي تقع ضمن مسافة الفصل المطلوبة للحماية من التداخل؛

– محطات الإرسال للأرض ذات القدرة e.i.r.p. المتوسطة الأعلى من 82 dBW في النطاقات القريبة من 2 GHz، ومن 85 dBW في النطاقات القريبة من 7 GHz، ومن 84 dBW في النطاقات القريبة من 34 GHz (انظر الملاحظة 1)؛

2 بأنه رهناً بالتنسيق التشغيلي الناجح، ينبغي أن تكون خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) قادرة على تقاسم نطاقات التردد في الاتجاه فضاء–أرض مع محطات في خدمات لديها توزيع بالفعل في نفس النطاق، باستثناء المحطات التالية التي يتعذر التقاسم معها:

– محطات الإرسال للخدمة المتنقلة للطيران، ومحطات الإرسال الفضائية، والسواتل ذات أجهزة الاستشعار بالموجات الصغرية، عند احتمال تواجد أيّ من من هذه المحطات أو هذه السواتل عند خط البصر؛

– محطات الإرسال للخدمة المتنقلة التي تقع ضمن مسافة الفصل المطلوبة للحماية من التداخل؛

– خدمة الفلك الراديوي؛

3 بأن تُعتبر الملاحظة التالية جزءاً من هذه التوصية.

ملاحظة – فيما يتعلق بأجهزة الإرسال في الخدمتين الثابتة والمتنقلة، تحدد المادة **21** من لوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد حدوداً أدنى بكثير للقدرة e.i.r.p.

الملحق 1

اعتبارات التقاسم فيما يتعلق بخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق)

1 اعتبارات التقاسم في نطاقات التردد الموزعة لخدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) في الاتجاه أرض–فضاء

تحدد لوائح الراديو (RR) الصادرة عن الاتحاد نطاقات التردد 110 2-120 2 MHz و145 7-190 7 MHz و34,2-34,7 GHz لكي تستعملها خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) في الاتجاه أرض–فضاء. وبالإضافة إلى ذلك، يُحدد نطاق التردد 16,6-17,1 GHz كتوزيع على أساس ثانوي لكي تستعمله خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق). ويتناول الجدول 1 والأقسام الفرعية التالية احتمال التداخل الذي تتعرض له خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) في نطاقات التردد هذه.

الجدول 1

احتمال التداخل في النطاقات أرض–فضاء

المصدر	المستقبِل
محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق	محطة للأرض أو محطة أرضية
محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق	ساتل في مدار حول الأرض
محطة للأرض أو محطة أرضية	محطة لمهمات الفضاء السحيق
ساتل قريب من الأرض	محطة لمهمات الفضاء السحيق

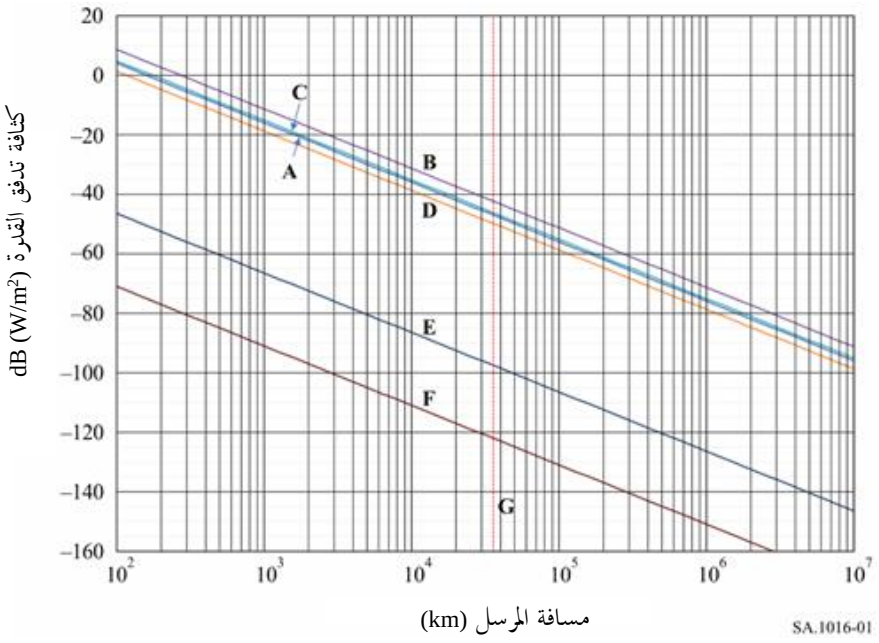
1.1 احتمال التداخل في مستقبِلات الأرض/الطائرات أو مستقبِلات المحطات الأرضية الصادر من مرسلات المحطات الأرضية لمهمات الفضاء السحيق

تبلغ القدرة الكلية لمرسِلات المحطات الأرضية لمهمات الفضاء السحيق dBW 43 عموماً في النطاقين GHz 2 وGHz 7، وdBW 30 في النطاق GHz 34 (انظر التوصية ITU-R SA. 1014). وبالنسبة لزاوية ارتفاع دنيا تبلغ 10 درجات، لا تتجاوز القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) باتجاه الأفق، dB (W/4 kHz) 50 في النطاقين GHz 2 وGHz 7، وdB (W/4 kHz) 37 في النطاق GHz 34، مع افتراض مخطط الإشعاع المرجعي الوارد في التوصية ITU-R SA. 509 لهوائي محطة أرضية. وبالتالي، فإن القدرة e.i.r.p. باتجاه الأفق تفي بالمتطلبات المحددة في الرقمين **10.21** و**11.21** من لوائح الراديو. وبالنسبة لقدرات الإرسال الأعلى للمحطات الأرضية في خدمة الأبحاث الفضائية، يجب زيادة زوايا الارتفاع تبعاً لذلك للوفاء بحدود القدرة e.i.r.p. باتجاه الأفق المنصوص عليها في لوائح الراديو.

عند خط البصر لمحطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق، يمكن أن تكون كثافة تدفق القدرة الكلية لمحطات الطائرات هي تلك المبينة في الشكل 1 أدناه. وبالنسبة إلى طائرة تحلق عند ارتفاع يبلغ Km 12، فإن المسافة القصوى لخط البصر إلى محطة أرضية تبلغ Km 391. وفي هذه الحالة، وبافتراض أن قدرة الإرسال للمحطة الأرضية تبلغ kW 100 وأن كسب هوائي الإرسال يبلغ dBi 10− (التوصية ITU-R SA. 509)، فإن كثافة تدفق القدرة (pfd) الكلية عند مستوى الطائرة لا يمكن أن يكون أبداً أقل من dB (W/m^2) 83−. ومع تغير مسافة الفصل واتجاه هوائي المحطة الأرضية، فإن مستويات كثافة تدفق القدرة والتداخل عند محطة الطائرة يمكن أن تكون أعلى بكثير. وبالتالي، فإن التنسيق مع محطات الطائرات ليس ممكناً من الناحية العملية بشكل عام.

الشكل 1

كثافة تدفق القدرة بدالة المسافة بالنسبة للمحطة الأرضية في خدمة الأبحاث الفضائية



المرسل: محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق، قطر الهوائي يبلغ m 70
A: الحزمة الرئيسية، GHz 34,5، kW 1
B: الحزمة الرئيسية، GHz 17، kW 10
C: الحزمة الرئيسية، MHz 7 170، kW 20
D: الحزمة الرئيسية، MHz 2 115، kW 100
E: 5 درجات خارج المحور (كسب يبلغ dBi 14,5، التوصية ITU-R SA.509)، MH 2 115، kW 100
F: > 48 درجة خارج المحور (كسب يبلغ dBi 10−، التوصية ITU-R SA.509)، MH 2 115، kW 100
G: ارتفاع المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض: Km 35 800

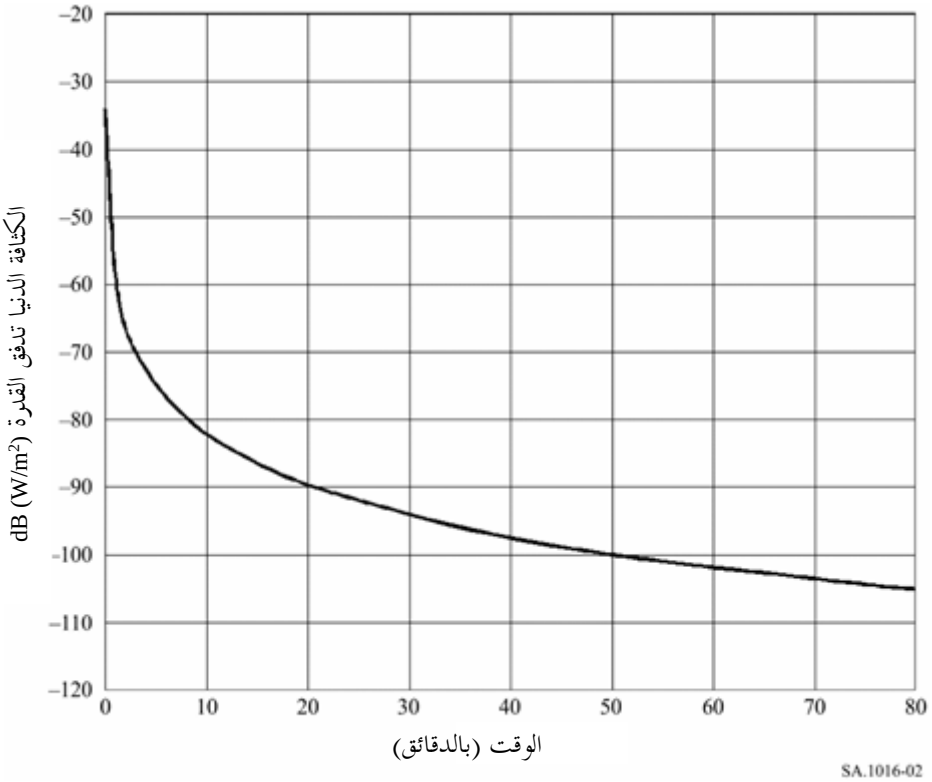
وعلاوة على ذلك، يمكن أن تؤدي آليات الانتشار المتصلة بالانكسار فوق المعياري والانتشار عبر مجارٍ والانتثار بالهواطل، إلى أن تصل الإشارات الصادرة من مرسِلات محطات أرضية لمهمات الفضاء السحيق إلى مستقبِلات للأرض ومستقبِلات محطات أرضية أخرى. ومع ذلك، وباستثناء مستقبِلات الأرض على متن الطائرات، يكون التنسيق في هذه الحالات ممكناً بشكل عام. وفيما يتعلق بالتداخل الصادر عن مرسِلات الطائرات، انظر الفقرة 3.2 وفيما يتعلق باعتبارات التنسيق، انظر الفقرة 3.

2.1 احتمال التداخل على مستقبِلات ساتلية من مرسِلات محطات أرضية لمهمات الفضاء السحيق

سيكون لكثافة تدفق القدرة على مستوى السواتل التي تقع ضمن حزمة محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق القيم المبينة في الشكل 1. عندما تقوم محطة أرضية بتتبع مركبة فضائية يكون اتجاهها على نحو بحيث أن حزمة الهوائي تمر عبر مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO)، فإن كثافة تدفق القدرة عند تلك النقطة من المدار ستتغير مع الوقت على النحو المبين في الشكل 2. فعلى سبيل المثال، سيبلغ إجمالي كثافة تدفق القدرة –95 dB (W/m^2) أو أكثر لمدة 32 دقيقة. ويفترض الشكل قدرة مرسِل تبلغ 50 dBW، وقطر هوائي يبلغ 70 m، ومخطط الإشعاع المرجعي الوارد في التوصية ITU-R SA.509 لهوائي المحطة الأرضية. وجدير بالملاحظة أن الكثافة الدنيا لتدفق القدرة عند مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض عند خط البصر لمحطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق تبلغ –122 dB (W/m^2) على الأقل، بغض النظر عن اتجاه تسديد الهوائي.

الشكل 2

المدة الزمنية التي يمكن فيها لكثافة تدفق القدرة أن تتجاوز القيمة الدنيا عند نقطة على مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض،



المرسِل: محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق، 100 kW، يبلغ قطر الهوائي 70 m، 34,5 GHz

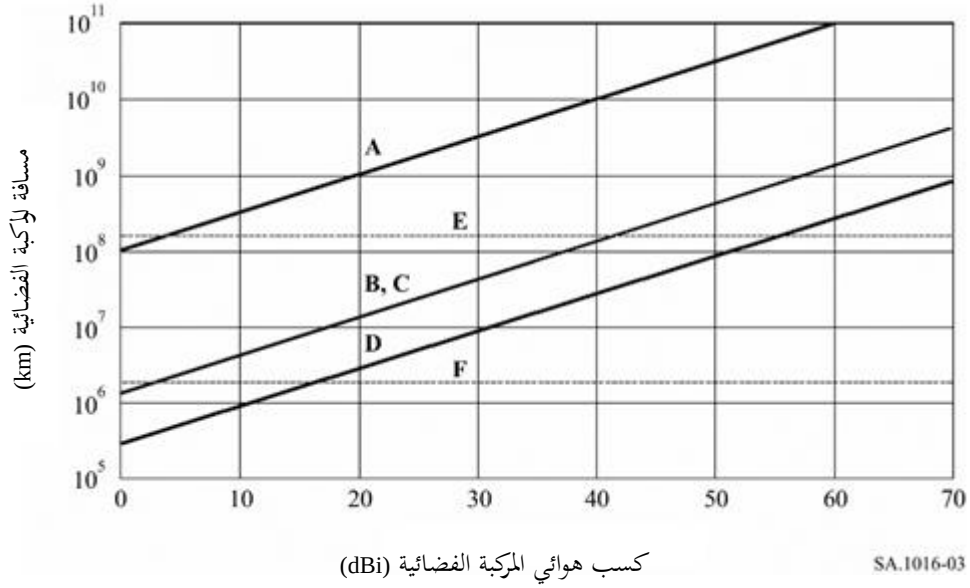
وعلاوة على ذلك، تتوقف مدة وحجم الإشارات الصادرة من مرسِلات المحطات الأرضية لمهمات الفضاء السحيق التي قد تتداخل مع سواتل في مدارات غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض، على مدارات هذه السواتل واتجاه تسديد هوائي المحطة الأرضية.

3.1 احتمال التداخل الناجم عن مرسِلات محطات للأرض أو محطات أرضية الذي تتعرض له مستقبِلات المحطات لمهمات الفضاء السحيق

تشكل مرسِلات الأرض أو مرسِلات المحطات الأرضية عند خط البصر لمحطة فضائية لمهمات الفضاء السحيق مصادر محتملة للتداخل. ويبين الشكل 3 مسافة المحطة الفضائية التي تكون فيها كثافة قدرة التداخل لهذا المرسِل مساوية لكثافة قدرة الضوضاء للمستقبِل.

الشكل 3

مسافة المركبة الفضائية بالنسبة إلى مرسِل الأرض التي تكون من أجلها قدرة الإشارة المسببة للتداخل مساوية لقدرة ضوضاء المستقبِل



A: المرسِل عبر الأفق، 115 2 MHz، القدرة e.i.r.p: 93 (W/10 kHz) dB قدرة ضوضاء المستقبِل: −191 (W/20 Hz) dB

B: مرسِل خدمة التحديد الراديوي للموقع: 34,5 GHz القدرة .e.i.r.p: 48,8 (W/Hz) dB قدرة ضوضاء المستقبِل: −182,6 (W/20 Hz) dB

C: مرسِل خدمة التحديد الراديوي للموقع: 17 GHz القدرة .e.i.r.p: 40,9 (W/Hz) dB قدرة ضوضاء المستقبِل: −186 (W/20 Hz) dB

D: مرسِل المرحل الراديوي: 170 7 MHz القدرة .e.i.r.p: 55 (W/Hz) dB قدرة ضوضاء المستقبِل: −189 (W/20 Hz) dB

E: $1\ \text{AU} = 1{,}5 \times 10^{8}\ \text{km}$

F: الحد الداخلي للفضاء السحيق: $2 \times 10^{6}\ \text{km}$

فعلى سبيل المثال، يمكن لمحطة عبر الأفق ذات قدرة .e.i.r.p تبلغ 93 (W/10 kHz) dB في النطاق 2,1 GHz أن تتداخل مع مستقبِل محطة فضائية عند مسافات تصل إلى $4{,}1 \times 10^{9}\ \text{km}$ (درجة حرارة الضوضاء تساوي 600 K، هوائي المركبة الفضائية 3,7 m). وواقع أن التداخل ممكن في هذه المسافة الكبيرة يطرح مشاكل للمهمات الفضائية في المناطق البعيدة مثل كوكب أورانوس. والمحطات ذات قدرة .e.i.r.p أدنى أو ذات هوائيات مسددة بعديداً عن المستوي الإهليلجي، تنطوي على احتمال أقل للتداخل.

4.1 احتمال التداخل الناجم عن مرسِلات ساتلية في مدار حول الأرض الذي تتعرض له مستقبِلات المحطات الفضائية لمهمات الفضاء السحيق

تُسدد هوائيات السواتل في مدار حول الأرض نحو الأرض أو نحو سواتل أخرى عموماً. وقد تتعرض مستقبلات المحطات الفضائية لمهمات الفضاء السحيق للتداخل خلال فترات وجيزة عندما يكون هوائي الساتل موجهاً بطريقة تسمح باقتران الحزمة الرئيسية. وستكون الإشارات التي تستقبلها المحطات الفضائية لمهمات الفضاء السحيق من السواتل أضعف دائماً تقريباً من تلك الصادرة من محطات أرضية.

2 اعتبارات التقاسم في النطاقات فضاء–أرض

تحدد لوائح الراديو نطاقات التردد 190 2-300 2 MHz و400 8-450 8 MHz و32,3-31,8 GHz لكي تستعملها خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) في الاتجاه فضاء–أرض. وبالإضافة إلى ذلك، يُحدد نطاق التردد 37-38 GHz لكي تستعمله خدمة الأبحاث الفضائية دون قصر هذا الاستخدام على الفضاء السحيق أو على مقربة من الأرض، ويُحدد النطاق 13,25-12,75 GHz كتوزيع على أساس ثانوي لكي تستعمله خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق). ويتناول الجدول 2 والأقسام الفرعية التالية احتمال التداخل على خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) في نطاقات التردد هذه.

الجدول 2

احتمال التداخل في النطاقات فضاء–أرض

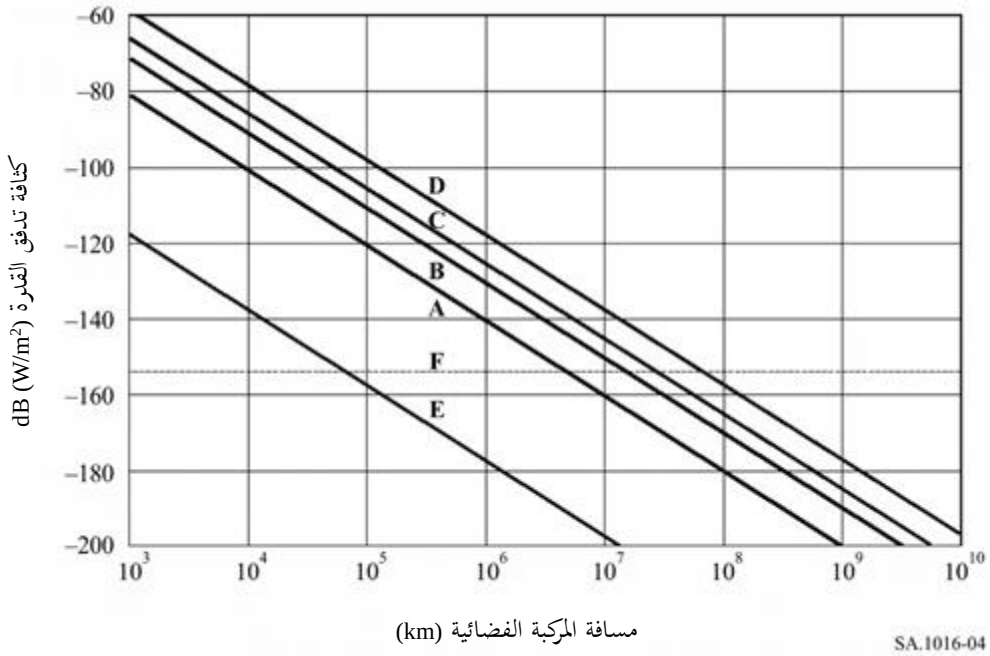
المصدر	المستقبِل
محطة لمهمات الفضاء السحيق	محطة للأرض أو محطة أرضية
محطة لمهمات الفضاء السحيق	ساتل يدور حول الأرض
محطة للأرض أو محطة أرضية	محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق
ساتل يدور حول الأرض	محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق

1.2 احتمال التداخل الناجم عن مرسِلات محطات فضائية لمهمات الفضاء السحيق الذي تتعرض له مستقبِلات محطات للأرض أو محطات أرضية

يبين الشكل 4 كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض الناتجة عن محطات فضائية نمطية لمهمات الفضاء السحيق. وغالباً ما تستخدم هذه المحطات هوائيات ذات حزم واسعة وكسب منخفض عندما تكون قريبة من الأرض. ومن ثم، فإنها تكون عادة، في غضون ست ساعات من الإطلاق، عند مسافة كافية لتكون كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض أقل من الحد الأقصى الذي تسمح به أحكام لوائح الراديو من أجل حماية أنظمة الترحيل الراديوي عند خط البصر.

الشكل 4

كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض بدالة مسافة المركبة الفضائية



A: المرسل 13 dBW، كسب الهوائي، 37 dBi، 2 295 MHz
B: المرسل 13 dBW، كسب الهوائي، 48 dBi، 8 425 MHz
C: المرسل 13 dBW، كسب الهوائي، 52 dBi، 13 GHz
D: المرسل 13 dBW، كسب الهوائي، 60 dBi، 32 GHz
E: المرسل 13 dBW، كسب الهوائي، 0 dBi
F: كثافة تدفق القدرة، −154 dB (W/m²)، النطاق 2 GHz، الرقم **16.21** من لوائح الراديو (الجدول **4-21**)

ملاحظة: وفقاً للجدول **4-21** من لوائح الراديو، تبلغ حدود كثافة تدفق القدرة −154 dB (W/m²) في النطاق 2,2-2,3 GHz، و−150 dB (W/m²) في النطاق 8,4-8,5 GHz، و−120 dB (W/m²) في النطاق 31,8-32,5 GHz والنطاق 37-38 GHz فيما يخص السواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض لخدمة الأبحاث الفضائية، و−125 dB (W/m²) في النطاق 37-38 GHz فيما يخص السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض لخدمة الأبحاث الفضائية.

عندما تستخدم محطة الإرسال الفضائية هوائياً اتجاهياً عالي الكسب، هناك احتمال حدود تداخل مع مستقبِلات الأرض عالية الحساسية إذا كانت هوائياتها موجهة بطريقة تسمح باقتران الحزمة الرئيسية. ويمكن لمحطة فضائية تعمل عند 2,3 GHz بقدرة e.i.r.p. تبلغ 51 dBW على مسافة تبلغ 5×10^8 km أن تنشئ مدخلاً قدره −168 dBW لمستقبل عبر الأفق (يبلغ قطر الهوائي 27 m، حزمة رئيسية). وستبلغ مدة هذا التداخل بضع دقائق، مرة واحدة في اليوم، نظراً لدوران الأرض.

2.2 احتمال التداخل الناجم عن مستقبلات محطات فضائية لمهمات الفضاء السحيق الذي تتعرض له مستقبِلات ساتلية في مدار حول الأرض

إن الاعتبارات المتعلقة بهذا التداخل مماثلة لتلك المتعلقة بحالة التداخل الذي تسببه محطة فضائية لمستقبِل للأرض ويمكن الاطلاع على هذه الاعتبارات في الفقرة 1.2، باستثناء ما يتعلق بهندسة المسير. ويمكن أن يحدث تداخلاً عرضياً لمدة قصيرة تبعاً لتغير هذه الهندسة.

3.2 احتمال التداخل الناجم عن مستقبلات للأرض أو مستقبلات محطات أرضية الذي تتعرض له مستقبِلات محطات أرضية لمهمات الفضاء السحيق

يمكن لمستقبلات محطات أرضية لمهمات الفضاء السحيق أن تتعرض للتداخل من محطات للأرض أو محطات أرضية عبر مسيرات خط البصر أو بواسطة ظواهر التروبوسفير أو عن طريق الانتثار بالمطر. انظر الفقرة 3 للاطلاع على اعتبارات التنسيق.

تعد خدمات الأرض التي تستعمل مرسِلات عالية القدرة وهوائيات عالية الكسب مصادر محتملة للتداخل. وتعد مرسِلات المحطات الأرضية مصادر تداخل أقل احتمالاً، تبعاً للقدرة e.i.r.p. باتجاه المحطة الأرضية لمهمات الفضاء السحيق. وينبغي أن يسمح التنسيق بضمان الحماية الكافية من محطات الترحيل الراديوي.

ويمكن لمرسلات الطائرات عند خط البصر لمحطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق أن تتسبب في تداخلات ضارة. فعلى سبيل المثال، يبين الجدول 3 مستويات لتجاوز التداخل المستقبَل لمستويات الكثافة الطيفية القصوى للقدرة (PSD) المسموح بها لمحطة أرضية مرجعية لمهمات الفضاء السحيق. وفي الحسابات المبينة في هذا الجدول، يُفترض أن طائرة تحلق على ارتفاع 12 Km مع مسافة قصوى عند خط البصر تبلغ 391 Km، وترسل قدرة e.i.r.p. تبلغ –26 dB (W/Hz)، يتم حسابها باستعمال 10 dB (W/4 kHz) وكسب هوائي قدره 0 dBi. وفي هذه الحسابات، يُفترض أن كسب هوائي المحطة الأرضية المرجعية يبلغ –10 dBi ولا يُؤخذ في الحسبان إلا الخسائر في الفضاء الحر.

الجدول 3

تداخل ناجم عن مرسلات طائرات افتراضية

التردد (GHz)	الكثافة الطيفية لقدرة التداخل الأقصى المسموح به (W/Hz) dB	الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المستقبَل الصادر من الطائرة (W/Hz) dB	الكمية التي يتجاوز بها التداخل القدرة PSD[1] القصوى المسموح بها (dB)
2,3	222–	187,5–	334,5
8,4	221–	198,8–	222,2
13	220–	202,6–	117,4
32	217–	210,4–	66,6
37	217–	211,7–	5,3

[1] الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المستقبَل الصادر من الطائرة ناقصاً الكثافة الطيفية للقدرة القصوى للتداخل للمحطة الأرضية لمهمات الفضاء السحيق.

ومرسلات الملاحة الراديوية على متن الطائرات التي يمكن أن تعمل في المنطقة 32 GHz بمثابة مثال خاص للمصادر المحتملة للتداخل الضار الذي يلحق بمستقبلات المحطات الأرضية لمهمات الفضاء السحيق. وتشمل هذه الفئة من المرسلات مجموعة متنوعة من الخصائص من حيث قدرة الخرج، وتشكيل الموجة المستمرة/النبضة/الزقزقة، والهوائيات الثابتة/هوائيات المسح بمخططات حزمة واسعة أو ضيقة. ويمكن تحديد احتمال ودرجة التداخل من مرسِل محدد على أساس كل حالة على حدة. ومع ذلك، من الصحيح عموماً أنه إذا كان مرسِل الملاحة الراديوية على متن طائرة عند خط البصر لمستقبِل محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق، يمكن أن يكون تجاوز مستوى التداخل الأقصى المسموح به لبعض الوقت كافياً للتسبب في انحطاط الخدمة بل والأسوأ من ذلك، انقطاع الخدمة.

ونتيجة لذلك، فإن التنسيق مع محطات الطائرات ليس ممكناً من الناحية العملية بشكل عام.

4.2 احتمال التداخل الناجم عن مرسِلات ساتلية في مدار حول الأرض الذي تتعرض له مستقبِلات محطات أرضية لمهمات الفضاء السحيق

يمكن الاطلاع في الملحق 2 على تحليل لاحتمال التداخل في النطاق 290 2-300 2 MHz الصادر من سواتل في مدارات ذات اختلاف مركزي. والاستنتاج المستخلص هو أن التقاسم غير ممكن من الناحية العملية. وهذا الاستنتاج صالح أيضاً للسواتل في المدارات الدائرية وذات الاختلاف المركزي المعتدل.

5.2 احتمال التداخل في مستقبِلات محطات أرضية لمهمات الفضاء السحيق الناجم عن سواتل في مدار حول الأرض تقوم بالإرسال إلى ساتل ترحيل مستقر بالنسبة إلى الأرض

يعرض الجدول 4 المعلمات المتعلقة بوصلة بين مركبة فضائية للمستعمل وساتل لترحيل البيانات (DRS) مستقر بالنسبة إلى الأرض يمس سطح الأرض بالقرب من موقع محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق. ويُفترض أن الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية موجهة نحو زوايا ارتفاع مختلفة وأن ساتل المستعمل يمر عبر الحزمة الرئيسية.

الجدول 4

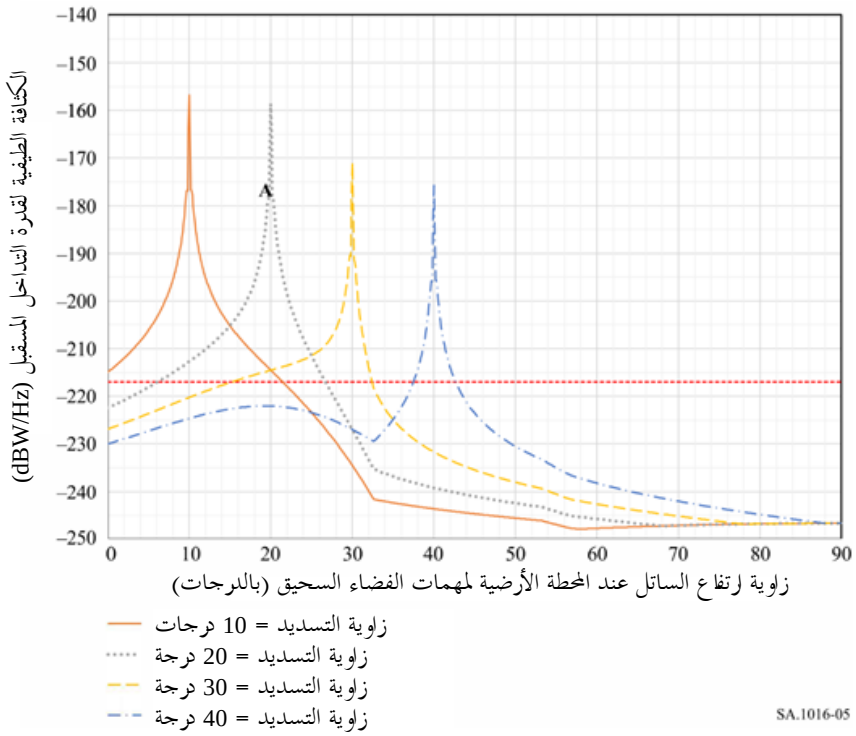
معلمات تتعلق بوصلة بين ساتل ترحيل ومحطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق

ارتفاع ساتل مستعمل DRS (km)	1 000
قدرة المرسِل (dBW)	7,0-1
عرض نطاق المرسِل (MHz)	10
قطر هوائي المرسِل (m)	1
كسب هوائي المرسِل	التوصية ITU-R S.672
قطر هوائي المحطة الأرضية (m)	70
كسب هوائي المحطة الأرضية	التوصية ITU-R SA.509
معيار التداخل الضار (dB (W/Hz))	217−

يبين الشكل 5 الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المستقبَل من هوائي المحطة الأرضية لمهمات الفضاء السحيق المسدد نحو زوايا ارتفاع مختلفة. ويبين الشكل أن هناك، في جميع الحالات، مديات لزاوية ارتفاع الساتل التي يتجاوز من أجلها التداخل المستقبَل معيار الحماية لمستقبِل المحطة الأرضية.

الشكل 5

الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المستقبَل فيما يتعلق بتسديد هوائي المحطة الأرضية لمهمات الفضاء السحيق عند زوايا ارتفاع تبلغ 10 و20 و30 و40 درجة



لتقليل الكثافة الطيفية لقدرة التداخل إلى ما دون مستوى الحماية لمستقبل المحطة الأرضية لمهمات الفضاء السحيق، يجب أن يظل ساتل مستعمل DRS بعيداً بما لا يقل عن 2,6 درجة عن محور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية، علماً أن زاوية الفصل الفعلية المطلوبة تعتمد على زاوية ارتفاع التسديد للمحطة الأرضية لمهمات الفضاء السحيق. فعلى سبيل المثال، إذا كانت المحطة الأرضية لمهمات الفضاء السحيق تتعقب مركبة فضائية على مستوى المريخ، فإن ساتل المستعمل DSR مع معلماته المبينة في الشكل 4 سيمر عبر الحزمة عند أقل من 2,6 درجة من محور الحزمة بتواتر يتراوح بين مرتين في اليوم إلى مرة واحدة كل 3 أيام. وفي هذه الحالة، تبلغ المدة المدارية للساتل 105 دقائق ويمكن لهذا الأخير أن يتسبب في تداخل يتجاوز معيار الحماية للمحطة الأرضية خلال فترة تتراوح بين 0,6 دقيقة و4,6 دقائق. ويتوقف تواتر التداخل ومدته على المعلمات المدارية للساتل.

وعلى الرغم من أن مدة تداخل لأقل من دقيقة واحدة ليست ذات أهمية بالنسبة لبعض الخدمات الراديوية، فإن هذه المدة يمكن أن تسبب في خدمة الأبحاث الفضائية خسارة للبيانات العلمية خلال عدة دقائق لا يمكن تعويضها (انظر الفقرة 1.1).

لا يتناول التحليل المقدم أعلاه إلا حالة ساتل مستعمل واحد ومحطة أرضية واحدة لمهمات الفضاء السحيق. وإن عدداً أكبر من السواتل من شأنه أن يزيد من احتمال التداخل. ومن ثم، يمكن استنتاج أن تقاسم النطاقات بين خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) والوصلات بين مركبات فضائية وسواتل الترحيل الراديوي غير ممكن.

3 مناقشة

1.3 تقاطع المدارات الساتلية وحزم هوائيات المحطات الأرضية لمهمات الفضاء السحيق

إن احتمال وجود ساتل في الحزمة الرئيسية لهوائي محطة أرضية لمهمات الفضاء السحيق يؤثر بشدة على إمكانية تقاسم النطاقات بين الوصلات المعنية.

وقد تم تحليل الإحصاءات المتعلقة بتسديد الهوائيات لمجموعة شاملة من المهمات في الفضاء السحيق. وتَبيّن أن كسب هوائي المحطة الأرضية في اتجاه المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض سيبلغ 10 dBi أو أكثر خلال 20% من الوقت.

ويمكن للسواتل غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض أن تمر كل يوم عبر حزمة أو أكثر من حزم التتبع في الفضاء السحيق. ويرد في التقرير ITU-R SA.2066 تفاصيل عن إحصاءات الرؤية والفترات الزمنية التي تقضيها السواتل في مدارات منخفضة داخل الحزمة.

2.3 التنسيق والتقاسم

نظراً إلى القدرة e.i.r.p. المرتفعة جداً والحساسية القصوى للمحطات الأرضية لمهمات الفضاء السحيق، تكون مناطق التنسيق كبيرة بشكل استثنائي.

والتقاسم مع محطات عند خط البصر (LoS) لمحطات أرضية لمهمات الفضاء السحيق غير ممكن. وستتسبب المحطات عند خط البصر في تداخل ضار لمستقبلات المحطات الأرضية لمهمات الفضاء السحيق، أو ستتعرض لتداخل ضار من مرسِلات هذه المحطات. وجدير بالملاحظة أن المحطات المتنقلة للطيران والسواتل في مدار حول الأرض كثيراً ما تتواجد عند خط البصر لمحطات أرضية لمهمات الفضاء السحيق.

وإن تقاسم النطاقات الموزعة في الاتجاه أرض–فضاء للبحث في الفضاء السحيق مع محطات تستعمل قدرة e.i.r.p. متوسطة مرتفعة غير ممكن بسبب احتمال التداخل في محطات في الفضاء السحيق. ويُعتبر حالياً أن المحطات ذات القدرة e.i.r.p. التي تقل عن 30 dB على الأقل بالنسبة لتلك المطبقة أو المخططة للمحطات الأرضية للبحث في الفضاء السحيق لا تطرح مشاكل كبيرة. وهذا يعني عموماً أن متوسط القدرة e.i.r.p. لا يتجاوز 82 dBW في النطاق 2 GHz، و85 dBW في النطاق 7 GHz، و84 dBW في النطاق 34 GHz، علماً أن القدرة e.i.r.p. عند الإرسال للمحطة الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية تبلغ 112 dBW في النطاق 2 GHz و115 dBW في النطاق 7 GHz و114 dBW في النطاق 34 GHz (انظر التوصية ITU-R SA.1014).

4 خلاصة

تسمح المعايير والاعتبارات المقدمة في هذا الملحق باستخلاص الاستنتاجات التالية.

1.4 تقاسم النطاقات في الاتجاه أرض–فضاء

من خلال التنسيق الناجح، ينبغي أن تكون خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) قادرة على تقاسم النطاقات في الاتجاه أرض–فضاء مع محطات في الخدمات التي لديها توزيع بالفعل في نفس النطاق، باستثناء المحطات التالية التي يتعذر التنسيق معها:

- المحطات المتنقلة للطيران المستقبلة، ومحطات الاستقبال الفضائية، والسواتل ذات أجهزة الاستشعار بالموجات الصغرية، عند احتمال تواجد أيّ من هذه المحطات أو هذه السواتل عند خط البصر؛
- محطات الاستقبال للخدمة المتنقلة التي قد تقع ضمن مسافة الفصل المطلوبة للحماية من التداخل؛
- محطات الإرسال للأرض التي تستعمل قدرة e.i.r.p. متوسطة تتجاوز 82 dBW في نطاقات التردد القريبة من 2 GHz، و85 dBW في نطاقات التردد القريبة من 7 GHz، 84 dBW في نطاقات التردد القريبة من 34 GHz.

وجدير بالملاحظة أنه بالنسبة إلى المرسِلات في الخدمتين الثابتة والمتنقلة، تحدد المادة **21** من لوائح الراديو حدوداً أدنى بكثير للقدرة e.i.r.p.

2.4 تقاسم النطاقات في الاتجاه فضاء–أرض

من خلال التنسيق الناجح، ينبغي أن تكون خدمة الأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق) قادرة على تقاسم النطاقات في الاتجاه فضاء–أرض مع محطات في الخدمات التي لديها توزيع بالفعل في نفس النطاق، باستثناء المحطات التالية التي يتعذر التنسيق معها:

- المحطات المتنقلة للطيران المرسلة، ومحطات الإرسال الفضائية، والسواتل ذات أجهزة الاستشعار النشطة، عند احتمال تواجد أيّ من هذه المحطات أو هذه السواتل عند خط البصر؛
- محطات الإرسال للخدمة المتنقلة التي قد تقع ضمن مسافة الفصل المطلوبة للحماية من التداخل؛
- خدمة الفلك الراديوي.

الملحق 2

إمكانية التقاسم بين سواتل خدمة الأبحاث الفضائية في مدارات ذات اختلاف مركزي ومحطات أرضية للأبحاث الفضائية (الفضاء السحيق)

1 مقدمة

الغرض من هذا الملحق وصف حالات التداخل المحتمل بين مركبات فضائية تعمل في مدارات شديدة الإهليلجية ومحطات أرضية لخدمة الأبحاث الفضائية تتقاسم نطاق التردد 290 2-300 2 MHz.

ويرد في التوصية ITU-R SA.1014 قائمة كاملة بمواقع المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية وخصائص الأنظمة ذات الصلة لهذه المحطات. وتوفر هذه المحطات الأرضية اتصالات ثنائية الاتجاه بين الأرض ومركبات فضائية على مسافات قمرية أو كوكبية. وتشمل متطلبات الاتصالات هذه التتبع والتحكم عن بعد والقيادة والرصد ومراقبة العمليات.

ويبين الجدول 5 مواقع ثلاث محطات أرضية رئيسية تنتمي لشبكة البحث في الفضاء السحيق (DSN)، تُستخدم كأمثلة في هذه الدراسة. ولضمان اتصال راديوي مستمر مع المركبة الفضائية، وُضعت هذه المحطات الأرضية الثلاث بحيث تبلغ المباعدة بينها حوالي 120 درجة عند خط الطول، ومن ثم ضمان أن تكون محطة واحدة على الأقل ضمن مجال الرؤية للمركبة الفضائية في جميع الأوقات.

وعلاوة على ذلك، بما أن معظم المركبات الفضائية تتبع، أثناء المهمات في الفضاء السحيق، مدارات ضمن 30 درجة من مستوي خط الاستواء، فإن هذه المحطات DSN الثلاث تقع ضمن 45 درجة شمالاً أو جنوباً بالنسبة إلى خط الاستواء.

الجدول 5

المواقع الرئيسية للمحطات الأرضية لشبكة البحث في الفضاء السحيق (DSN)

الموقع	قطر عاكس الهوائي (m)	نصف قطر بالنسبة لمركز الأرض (km)	خط العرض بالنسبة لمركز الأرض (بالدرجات)	خط الطول بالنسبة لمركز الأرض (بالدرجات)
الولايات المتحدة الأمريكية (غولدستون)	70	6 371,993	35,24435	243,11408
أستراليا (كانبرا)	70	6 371,709	35,22123−	148,98128
إسبانيا (مدريد)	70	6 370,019	40,24099	355,15119

بما أن المسافات الكبيرة الخاصة بالاتصالات في الفضاء السحيق تؤدي إلى توهين الإشارة من 200 إلى 300 dB، يتطلب الأداء الجيد للشبكة DSN القدرة على استقبال وتضخيم إشارات ذات شدة مجال منخفضة جداً. ويتم ذلك باستخدام مستقبلات عالية الحساسية تتميز بقدرة ضوضاء منخفضة واستقرار كبير واستقبال ضيق النطاق وعريض النطاق.

وإن المتطلبات التشغيلية تجعل الشبكة DSN أكثر عرضة للتداخل بالمقارنة مع معظم أنظمة الاتصالات الأخرى. ويقتصر احتمال التداخل في الشبكة DSN المناقش في هذا الملحق على حالة تقاسم النطاق بين الشبكة DSN ومركبة فضائية لخدمة الأبحاث الفضائية تعمل في مدارات شديدة الإهليلجية في نطاق التردد 290 2-300 2 MHz الموزع لخدمة الأبحاث الفضائية.

2 معيار التداخل

تقابل مواقع الشبكة DSN المستعملة في الدراسة المتعلقة بالتداخل ثلاثة هوائيات يبلغ قطرها 70 تقع في غولدستون ومدريد وكانبرا. وفيما يتعلق بالتداخل في هذه المواقع، فإن أي إشارة عريضة النطاق أو طيف للضوضاء سيؤدي إلى انحطاط نسبة الإشارة إلى الضوضاء للمستقبل وسيؤثر على كل من العروة محكمة الطور لتتبع الموجة الحاملة وعلى قنوات البيانات. وفي هذه الحالة، يجب أن تقل الكثافة الطيفية للإشارة المسببة للتداخل بمقدار 6 dB على الأقل عن الكثافة الطيفية لضوضاء نظام المستقبل كي لا تؤدي إلى انحطاط لأكثر من 1 dB على مستوى المستقبِل (انظر التوصية ITU-R SA.1157). ومع درجة حرارة ضوضاء للنظام تبلغ 16 k عند 2 GHz، تُعطى الكثافة الطيفية لضوضاء المستقبل المقابلة بواسطة kT أو من خلال المعادلة التالية:

$$10 \log k + 10 \log T = -216{,}6 \text{ dB (W/Hz)} \qquad \text{at 2 GHz}$$

وباستعمال معيار إشارة التداخل البالغ 6 dB، يجب ألا تتجاوز الكثافة الطيفية لقدرة التداخل الأقصى المسموح به 222,6 dB (W/Hz)− عند 2 GHz عند الواجهة الأمامية للمستقبل.

ونظراً لطبيعة تشغيل هوائيات الشبكة DSN (التي تُستعمل عادة للتتبع من أفق إلى آخر في المستوي الإهليلجي) والوظيفة غير الخطية للسرعة النسبية للمركبة الفضائية بالنسبة للوقت، فإن أي نموذج إحصائي يحاول وصف الاقتران خارج المحور بين المركبة الفضائية وهوائيات الشبكة DSN يطغى عليه عدد الاختلافات المعلماتية. ولهذا السبب، يُفترض في هذا التحليل أن كسب هوائي الشبكة DSN تمثله استجابة متناحية تبلغ 0 dB. ويمثل هذا الافتراض حلاً توفيقياً بين كسب أعلى من 0 dBi بالنسبة للزوايا خارج المحور التي تتراوح بين 0 و19 درجة وكسب أقل من 0 dBi بالنسبة للزوايا خارج المحور التي تفوق 19 درجة (انظر التوصية ITU-R SA.509).

ومن خلال هذا الافتراض، تُعطى المساحة الفعالة للهوائي المتناحي للشبكة البالغة 0 dB بالصيغة التالية:

$$A_r = \lambda^2/4\pi \quad \text{or} \quad A_r = 0{,}08\ \lambda^2 \tag{1}$$

حيث λ هو طول الموجة المعنية.

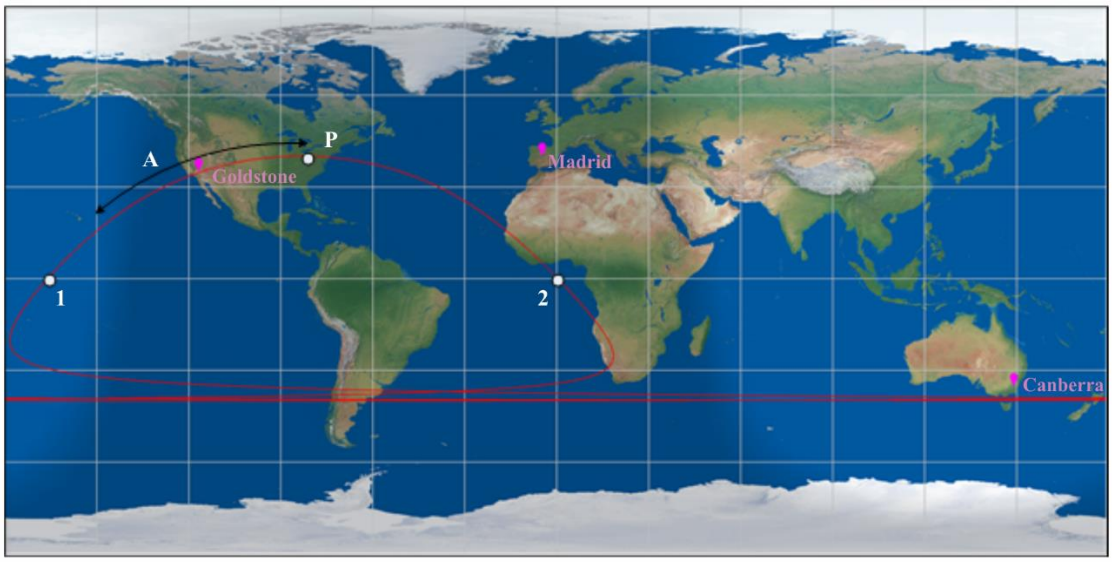
وبالنسبة للنطاق 2,3 GHz (طول الموجة = 13 cm)، يتم الحصول على مساحة فعالة للهوائي تبلغ −28,6 dB (m^2)؛ أو يتم الحصول على حد أقصى لكثافة تدفق القدرة يبلغ حوالي −149 dB ($W/(m^2 \cdot Hz)$)، في حالة الاستعمال المقترن بالواجهة الأمامية لمعيار الكثافة الطيفية للتداخل بمقدار −222,6 dB (W/Hz).

3 خصائص مدار ومستقبِل المركبة الفضائية

لأغراض هذه الدراسة، افتُرض أن مدار المركبة الفضائية شديد الإهليلية متزامن مع الأرض لمدة أربعة أيام، أي أن المركبة الفضائية تمر فوق نفس النقطة أربعة أيام فلكية. ولتحقيق ذلك، يُفترض أن يكون لمدار المركبة الفضائية أوج يبلغ 445 199 km وحضيض يبلغ 300 km. وبالإضافة إلى ذلك، استُعمل ميل يبلغ 40 درجة. ومن أجل تصور المدار بالنسبة إلى الأرض، يبين الشكل 6 موقع المركبة الفضائية المسقط على الأرض لعقدة صاعدة معينة تبلغ 65 درجة، وزاوية حضيض تبلغ 90 درجة. وعلى سبيل المثال، تم اختيار النظر في محطة أرضية في غولدستون (مبينة بالعلامة *). ويعرض الشكل 6 مواقع المركبة الفضائية حيث توجد المحطة عند خط البصر. ومن أجل إظهار السرعات النسبية لهذا المدار شديد الإهليلجية، يبين الشكل 6 نقطتين على جانبي نقطة الحضيض P. والوقت اللازم للانتقال من النقطة 1 إلى النقطة 2 هو حوالي 54 دقيقة. في حين أن الوقت اللازم لإكمال بقية المدار هو حوالي 690 5 دقيقة مما يؤدي إلى قضاء نسبة من الوقت فوق خط الاستواء تقل عن 1%.

الشكل 6

المسار الأرضي المداري والرؤية بالنسبة إلى محطة غولدستون
(زاوية الحضيض = 90 درجة، العقدة الصاعدة = 65 درجة)



SA.1016-01

P: الحضيض، A: الرؤية

تم افتراض أن خصائص الإرسال للمركبة الفضائية هي: قدرة إرسال تبلغ 6 W، وكسب هوائي يبلغ −2 dB، وطيف الإرسال قدره 100 kHz، وعامل ذروة طيفية قدره 10 dB. وبالإضافة إلى ذلك، تم افتراض أن المركبة الفضائية ترسل بصورة مستمرة

(أي أن البرنامج لم يحسب سوى اللحظات في حال كانت المركبة الفضائية ترسل بكسب هوائي يبلغ –2 dB في جميع الاتجاهات، فإن كثافة تدفق القدرة عند سطح الأرض ستتجاوز مستويات عتبة التداخل للشبكة DSN).

ويلخص الجدول 7 الوارد أدناه خصائص مدار ومرسل المركبة الفضائية المستعملة في الدراسة أدناه.

الجدول 7

معلمات مدار ومستقبِل المركبة الفضائية

الذروة	Km 199 455
الحضيض	Km 300
الميل	°40
زاوية الحضيض	°90 و°270 (الحضيض شمالاً والحضيض جنوباً)
خط طول العقدة الصاعدة	–°180 إلى °180
المركبة الفضائية	
القدرة	W 6
الكسب	شامل الاتجاهات –2 dB
عرض النطاق	kHz 100
عامل الذروة الطيفية	dB 10

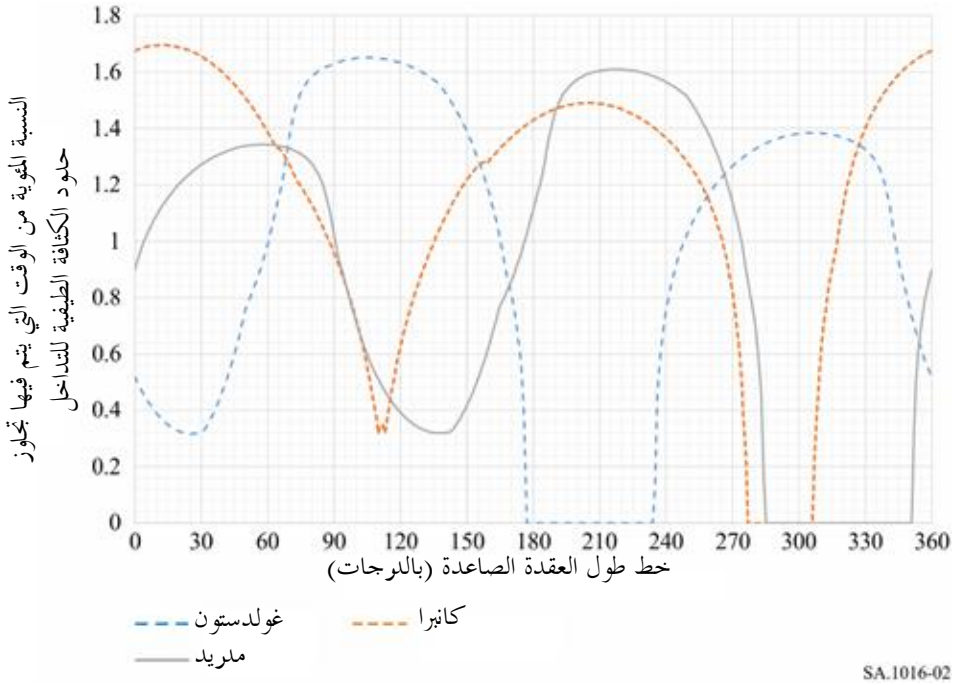
4 النتائج والاستنتاجات

يبين الشكل 7 النتائج المتعلقة بمدار مركبة فضائية مع زاوية حضيض تبلغ 90 درجة (الحضيض شمالاً)؛ ويبين الشكل 8 النتائج المتعلقة بزاوية حضيض تبلغ 270 درجة (الحضيض شمالاً). ويعطي كل من الشكلين النسبة المئوية من الوقت الذي يتم فيه تجاوز معيار الكثافة الطيفية لقدرة التداخل البالغ –222,6 dB (W/Hz) عند الواجهة الأمامية لمستقبل الشبكة DSN، بدالة خط الطول المداري للعقدة الصاعدة. وتتراوح هذه القيم بين عدم وجود التداخل في بعض المحطات على مستوى عقد صاعدة معينة وقيم مدارية تبلغ حوالي 1,6%.

والاستنتاج الذي يمكن استخلاصه من هذه البيانات على وجه التحديد هو أنه فيما يتعلق بميل يبلغ 40 درجة، ليس هناك أي عقد صاعدة يمكن أن توضع عندها مركبة فضائية في المدار، ولن تتسبب في تداخل ضار على أحد مواقع الشبكة DSN على الأقل. وفي الواقع، ستتسبب معظم العقد الصاعدة تداخلات تتجاوز المستويات المسموح بها للمحطات الأرضية الثلاث للشبكة DSN. واستناداً إلى هذه الملاحظة، وأخذاً بعين الاعتبار معلمات المدار والمركبة الفضائية المفترضة في هذا التحليل، فإن التقاسم بين الشبكة DSN ومركبة فضائية في مدار شديد الإهليلجية تعمل في نطاق التردد 290 2-300 2 MHz الموزع لخدمة الأبحاث الفضائية يعتبر غير ممكن.

الشكل 7

مستويات التداخل فيما يتعلق بزواية حضيض تبلغ 90 درجة



الشكل 8

مستويات التداخل فيما يتعلق بزواية حضيض تبلغ 270 درجة