

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R SA.1626-1
(2013/12)

**جدول التقاسم بين خدمة الأبحاث الفضائية
(فضاء-أرض) والخدمات الثابتة والمتنقلة
في النطاق GHz 15,35-14,8**

السلسلة SA
التطبيقات الفضائية
والأرصاد الجوية

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 المدى 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 الكهروتقنية 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>)

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2014

© ITU 2014

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.1626-1*

جدوى التقاسم بين خدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض)
والخدمتين الثابتة والمتنقلة في النطاق GHz 15,35-14,8

(2013-2003)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية خصائص أنظمة الأبحاث الفضائية ونتائج تحليل بشأن جدوى التقاسم بين خدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض) والخدمتين الثابتة والمتنقلة في النطاق GHz 15,35-14,8.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الخدمتين الثابتة والمتنقلة موزعتان على أساس أولي وخدمة الأبحاث الفضائية (SRS) موزعة على أساس ثانوي في النطاق GHz 15,35-14,8؛

ب) أن خدمة الأبحاث الفضائية (المنفصلة) وخدمة استكشاف الأرض الساتلية (EESS) (المنفصلة) موزعتان على أساس ثانوي بموجب الرقم 339.5 من لوائح الراديو (RR)، طبعة 2012 في النطاق GHz 15,35-15,20؛

ج) أن هناك متطلبات من أجل الوصلات الهابطة عريضة النطاق لخدمة الأبحاث الفضائية من أجل إرسال بيانات علمية في المستقبل بمعدلات وبيانات عالية؛

د) أنه في ظل ظروف مؤاتية، تقل نسبياً مسافات الفصل اللازمة بين محطات الاستقبال الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية ومحطات الإرسال الثابتة (أقل من 30 km) وفي ظل ظروف أقل مناسبة قد تزيد هذه المسافات نسبياً (حتى 200 km)؛

هـ) أن مسافات الفصل يمكن أن تقل كثيراً نتيجة لتحديد قنوات الترددات والحجب الطبيعي للموقع وجلب التضاريس وخصائص الأرض،

وإذ تشير

أ) إلى أنه نتيجة للعدد القليل المتوقع نشره من المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (10-40 محطة)، فإن التنسيق بين الأنظمة الثابتة والبرية المتنقلة ومحطات خدمة الأبحاث الفضائية لن يفرض قيوداً لا داعي لها على أي من هذه الخدمات،

توصي

1) بأن التقاسم بين سواتل خدمة الأبحاث الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تقوم بالإرسال في الاتجاه فضاء - أرض وسواتل ترحيل البيانات (DRS) المستقرة بالنسبة إلى الأرض العاملة بالقرب من 15 GHz يكون ممكناً إذا كانت مسافة الفصل بين السواتل 12 km (هذه المسافة تعادل مبادعة مدارية مقدارها 0,02°) أو أكبر؛

2) بأن يؤخذ في الاعتبار، عند تصميم أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية، احتمال استقبال فترات تداخل قصيرة من سواتل مستعملي السواتل DRS. وينبغي وجود هذا التداخل لأقل من 0,1% من الوقت؛

3) بأن تعمل أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض ضمن حدود قيم كثافة تدفق القدرة (pdf) التالية عند سطح الأرض في ظل ظروف الانتشار في الفضاء الحر في النطاق GHz 15,35-14,8:

* ينبغي رفع هذه التوصية إلى اللجنة 5 لقطاع الاتصالات الراديوية.

الحد (dB(W/m ²)) في عرض نطاق 1 MHz لزاوية وصول، δ، فوق المستوى الأفقي		
°90-°25	°25-°5	°5-°0
116-	0,5(δ - 5)+126-	126-

4 بأن تعمل أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض ضمن حدود الكثافة pfd التالية عند سطح الأرض في ظل ظروف الانتشار في الفضاء الحر في النطاق 14,8-15,35 GHz؛

الحد (dB(W/m ²)) في عرض نطاق 1 MHz لزاوية وصول، δ، فوق المستوى الأفقي		
°90-°25	°25-°5	°5-°0
114-	0,5(δ - 5)+124-	124-

5 بأنه يمكن اشتقاق مسافات الفصل اللازمة لمحطات الاستقبال الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية للحماية من محطات الإرسال الثابتة والمتنقلة، باستعمال المنهجية الواردة في الملحق 1، ومن معيار حماية وصلات خدمة الأبحاث الفضائية في الاتجاه فضاء-أرض، الواردة في التوصية ITU-R SA.609؛

6 بأنه قد يتعين تحديد تدابير مناسبة بخصوص نشر المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية من أجل تقييد استعمال الخدمة الثابتة للنطاق 14,8-15,35 GHz؛

الملحق 1

جدوى التقاسم بين خدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض) والخدمتين الثابتة والمتنقلة في النطاق 14,8-15,35 GHz

1 مقدمة

تخطط وكالات الفضاء الدولية حالياً من أجل تنفيذ مهام أبحاث فضائية بمعدلات بيانات عالية باحتياجات من عرض النطاق تصل إلى 400 MHz. وستحمل السواتل المخصصة لهذه المهام تليسكوبات و/أو معدات متنقلة أخرى لقياس ظواهر مثل الغلاف المغنطيسي للأرض والتوهجات الشمسية. وفي طبعة 2012 من لوائح الراديو، يعد النطاق 450-8 500 MHz النطاق الوحيد تحت 37-38 GHz المتاح على أساس أولي لخدمة الأبحاث الفضائية لإرسال بيانات بمعدلات بيانات من متوسطة إلى عالية مباشرة من سواتل في مدارات أرضية إلى محطات أرضية. ونظراً إلى أن هذا النطاق لن يفي باحتياجات مهام الأبحاث الفضائية ذات معدلات البيانات العالية، يحتاج الأمر إلى توزيع أولي جديد.

ويعرض الجدول 1 التوزيعات الحالية في النطاق 14,8-15,35 GHz (طبعة 2012 من لوائح الراديو). وهي تتضمن توزيعات أولية للخدمتين الثابتة والمتنقلة وتوزيعاً ثانوياً لخدمة الأبحاث الفضائية. كما يوزع الرقم 339.5 الجزء 15,35-15,20 GHz من هذا النطاق لخدمة الأبحاث الفضائية (المتنقلة) وخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفصلة) على أساس ثانوي.

الجدول 1

التوزيعات في النطاق 14,8-15,35 GHz (من طبعة 2012 للوائح الراديو)

التوزيع على الخدمات		
الإقليم 1	الإقليم 2	الإقليم 3
14,8-15,35	ثابتة متنقلة أبحاث فضائية 339.5	

339.5 توزع النطاقات MHz 1 400-1 370 و MHz 2 655-2 640 و MHz 4 990-4 950 و GHz 15,35-15,20 أيضاً على خدمة الأبحاث الفضائية (المنفصلة) وخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفصلة) على أساس ثانوي.

وطبقاً لهذه التوزيعات، يتطلب منح توزيع أولي لخدمة الأبحاث الفضائية في هذا النطاق دراسة مختلف سيناريوهات التداخلات، كما يرد تفصيلها في الجدول 2. وقد أجري تحليل لهذه البيئات من أجل تسهيل تحديد شروط التقاسم المناسبة ويرد هذا التحليل بهذه التوصية. ويقدم القسم 2 معلومات عن خصائص أنظمة خدمة الأبحاث الفضائية المستعملة في هذا التحليل. ويقدم القسم 3 خصائص مثال لنظام في الخدمة الثابتة من أجل النطاق 14,8-15,35 GHz. فيما يقدم القسم 4 الخصائص الرئيسية للنظام الساتلي لترحيل البيانات الذي يعمل في هذا النطاق. وتشتق في القسم 5 معايير الحماية لمحطات الخدمة الثابتة أو المتنقلة من إرسالات خدمة الأبحاث الفضائية. ويتناول القسم 6 التداخلات على محطات الاستقبال الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية من إرسالات أي من الخدمتين الثابتة أو المتنقلة. وتشتق في القسم 7 شروط التقاسم لخدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض) وعمليات سواتل الاستقبال الخاصة بترحيل البيانات. ولم يتم التعرض لحماية وصلات خدمة الأبحاث الفضائية (المنفصلة) وخدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفصلة) في هذه المرة نظراً إلى أنه لا يعرف وجود أي من هذه الأنظمة في هذا النطاق.

الجدول 2

سيناريوهات التداخلات المطبقة

مصدر التداخل	المتأثر بالتداخل	تعليقات
ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض على مدار منخفض في خدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض)	محطة استقبال للخدمة الثابتة/المتنقلة	بغرض الانتشار في خط البصر
محطة إرسال للخدمة الثابتة/المتنقلة	محطة استقبال أرضية لخدمة الأبحاث الفضائية	يفترض في مسافات الفصل المحددة باستعمال الطرائق الخاصة بالتوصية ITU-R SM.1448 أسلوب الانتشار (1) عبر مسير داخلي للدائرة العظمى (المنقطة A2)
ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض على مدار منخفض في خدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض)	ساتل استقبال خاص بترحيل البيانات مجاور بالقرب من النقطة المقابلة	بغرض الانتشار في خط البصر
ساتل مستقر بالنسبة إلى الأرض على مدار منخفض في خدمة الأبحاث الفضائية (فضاء-أرض)	خدمة الأبحاث الفضائية (المتنقلة)/خدمة استكشاف الأرض الساتلية (المنفصلة)	لم يعرف استعمال للنطاق 14,8-15,35 GHz بموجب أحكام الرقم 339.5 من لوائح الراديو

2 خصائص مهام خدمة الأبحاث الفضائية المستقبلية ذات معدلات البيانات العالية

ستكون هذه المهام محدودة العدد وتقدر بثلاثة على خمسة سواتل في السنة في العالم وستكون عادة إما في مدار قطبي منخفض أو مدار استوائي ويكون البعض منها على ارتفاعات مستقرة بالنسبة إلى الأرض والآخر عند نقطتي لاغرانج L1 أو L2. تنعكس خصائص السواتل الخاصة بخدمة الأبحاث الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض منخفضة المدار والتي ترسل في الاتجاه فضاء-أرض في ميزانيات الوصلات الواردة في الجدول 3. ويفترض أن هذه الوصلات تدعم معدل بيانات مقداره 400 Mbit/s على الوصلة فضاء-أرض. وتم ضبط الكثافة الطيفية للقدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) بحيث تستوفي حدود كثافة القدرة الخاصة بالتوصية ITU-R SA.510 عند زوايا ارتفاع منخفضة. ويفترض أن يتطابق مخطط إشعاع هوائي استقبال خدمة الأبحاث الفضائية مع التوصية ITU-R SA.509. وقد افترضت إمكانية التقاسم على أساس معايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R SA 609.

الجدول 3

مثال على ميزانيات وصلات مهام خدمة الأبحاث الفضائية ذات معدلات البيانات العالية

15	15	التردد (GHz)
⁽¹⁾ 300 000	35 785 800	ارتفاع الساتل (km)
400		معدل البيانات (Mbit/s)
QPSK		طريقة التشكيل
20,0	5,0	قدرة المرسل
13,0	7,0	
0,5-		خسارة المرشاح والكبل (dB)
1,5	0,86 0,38	قطر هوائي الإرسال (m)
45,2	40,0 33,0	كسب هوائي الإرسال (dBi)
1,06	1,64 3,68	عرض حزمة الهوائي عند 3 dB (بالدرجات)
57,7	52,5 39,5	القدرة المشعة المكافئة المتناحية (dBW)
⁽³⁾ 4,0-	3,0-	تسامح حافة الحزمة (dB)
	-	خسارة الجو والمطر (dB)
225,65-	208,1- 183,4-	خسارة المسير (dB)
⁽²⁾ 146,0-<	157,6- 146,0-	الكثافة الطيفية لتدفق القدرة ((dB(W/m ² . 4 kHz))
67,0	55,0 45,0	كسب هوائي الاستقبال (dBi)
100,0		درجة حرارة ضوضاء المستقبل (K)
10,0		زاوية الارتفاع (بالدرجات)
50,0		درجة حرارة ضوضاء الهوائي (K)
150,0		درجة حرارة نظام الاستقبال (K)
0,5-		خسارة مرشاح التشكيل (dB)
0,5-		خسارة مزيل التشكيل (dB)
14,8	17,2 18,9	النسبة E_b/N_o (dB) المتوسطة المستقبلية
10,5		النسبة E_b/N_o النظرية (معدل أخطاء بتات = 10^{-6}) (dB)
11,5		النسبة E_b/N_o اللازمة (معدل أخطاء بتات = 10^{-6}) (dB)
3,3	5,7 7,4	الهامش (dB)

⁽¹⁾ مدار إهليلجي شديد الانحناء (HEO) بأوج 300 000 km وحضيض 500 km والمسافة الدنيا لإرسال البيانات 15 000 km.

⁽²⁾ للمسافة الدنيا لإرسال البيانات.

⁽³⁾ مجموع تسامح حافة الحزمة وخسارة الجو والمطر.

3 خصائص أنظمة الخدمة الثابتة العاملة في النطاق GHz 15,35-14,8

يعرض الجدول 4 أمثلة على خصائص أنظمة الخدمة الثابتة النمطية العاملة في النطاق GHz 15,35-14,8. وقيم معلمات النظامين A و B مأخوذة من التوصية ITU-R F.758. والنظامان C و D صورة طبق الأصل من الكثير من أنظمة الخدمة الثابتة الأخرى المستخدمة حالياً.

الجدول 4

أمثلة لخصائص الخدمة الثابتة للنطاق GHz 15,35-14,8

نطاق الترددات GHz 15,35-14,8				التشكيل
4-FSK (D)	4-FSK (C)	QPSK (B)	64-QAM (A)	
12,6	6,3	4	140	السعة (Mbit/s)
10	5	10,5	28	مباعدة القنوات (MHz)
1,2	0,6	1,8	2,4	قطر الهوائي (m)
42,5	36,5	45,0	49,0	كسب الهوائي (الأقصى) (dBi)
2	2	0	2	خسارة المغذي/معدّل الإرسال (الدينا) (dB) (minimum)
10	5	3,5	40	عرض النطاق IF للمستقبل (MHz)
7	5	4	4	معامل ضوضاء المستقبل (dB)
129-	132-	136-	124-	الضوضاء الحرارية للمستقبل (dBW)
139-	142-	146-	134-	التداخل الإسمي طويل الأجل (dBW)
149,0-	149,0-	149,8-	150,0-	الكثافة الطيفية ((dB(W/MHz))
142,0-	136,0-	147,0-	149,0-	زاوية الوصول المنخفضة القصوى لمصدر وحيد pd ⁽¹⁾ (dB(W/m ² /MHz))

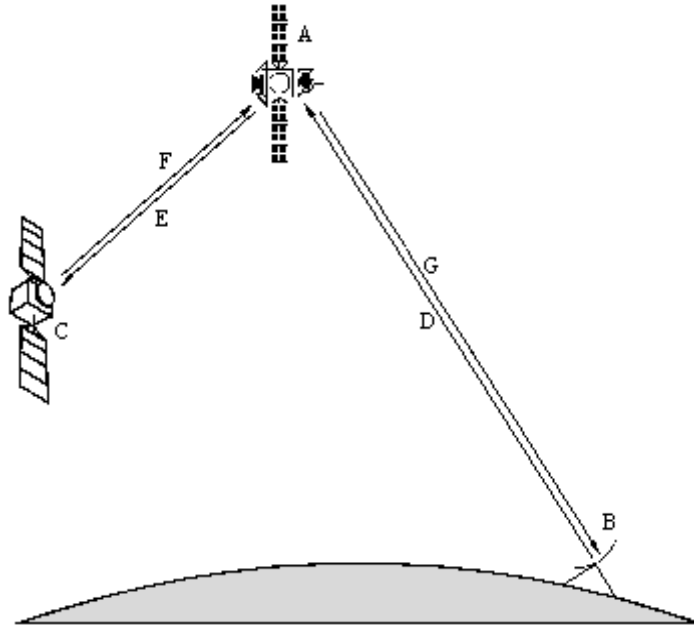
⁽¹⁾ pd = الكثافة الطيفية للتداخل + خسارة المغذي - كسب الهوائي - الكسب (1 m²) + التمييز بين الاستقطابين الخطي والدائري عند 3 dB.

4 خصائص النظام الساتلي لترحيل البيانات العامل في النطاق GHz 15,35-14,8

تتألف شبكة النظام DRS من العديد من السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تستعمل من أجل ترحيل الإشارات بين محطات أرضية مركزية وسواتل مستعملين منخفضة المدار. وتستعمل الشبكة DRS ترددات موزعة لخدمة الأبحاث الفضائية في النطاقين GHz 2 و GHz 15-13 ونطاقات موزعة لخدمة ما بين السواتل في النطاقين GHz 26/23. ويعرض الشكل 2 خطة ترددات جزء النطاق GHz 15,35-14,8. وكما يتبين من الشكل يستقبل النظام DRS في هذا النطاق. والإرسالات أرض-فضاء تتضمن تردداً إرشادياً، إشارة نفاذ متعدد (MA) لكي يعاد إرسالها في النطاق 2 025-2 110 MHz وإشارة نفاذ وحيد (KSA2) لكي ترسل في نطاق مركزه GHz 13,775. وتصدر الإرسالات أرض-فضاء هذه من محطات أرضية موجودة في الولايات المتحدة الأمريكية وعلى جزيرة غوام. ويبين الشكل 2 أيضاً أن النظام DRS يستقبل إرسالات فضاء-فضاء من السواتل منخفضة المدار. وتتمركز هذه الإرسالات بالقرب من GHz 15 وتشغل عرض نطاق يصل إلى 225 MHz.

الشكل 1

معمارية شبكة DRS (التوصية ITU-R SA.1018)

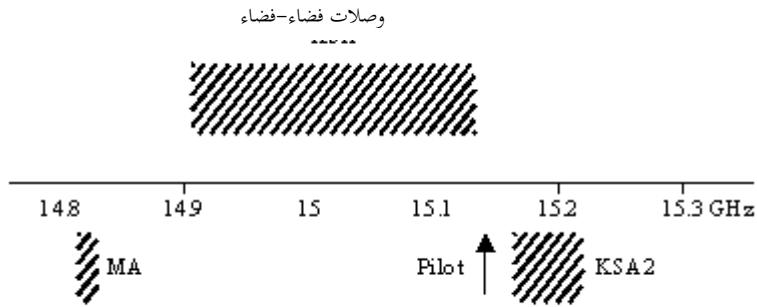


- A : نظام DRS
- B : محطة أرضية للنظام DRS
- C : مركبة فضائية لمستعمل النظام DRS
- D : وصلة تغذية أمامية
- E : وصلة مدارية (IOL) أمامية
- F : وصلة IOL للعودة
- G : وصلة تغذية للعودة

SA 1626-0

الشكل 2

استخدام الترددات لشبكة DRS في النطاق 14,8-15,3 GHz



SA.1626-0:

وصلات أرض-فضاء

5 حماية محطات الخدمة الثابتة/الخدمة المتنقلة من التداخل الصادر عن محطات فضائية لخدمة الأبحاث الفضائية

يؤخذ معيار حماية الخدمة الثابتة من التداخل الإجمالي المتغير مع الزمن، وهو كالذي يصدر عن سواتل في خدمة الأبحاث الفضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض من التوصية ITU-R F.1494. وتنطبق هذه التوصية على النطاق 12,7-10,7 GHz، بيد أن تطبيقات الخدمة الثابتة في النطاق 15,35-14,8 GHz لها خصائص مشابهة تماماً. لذا، يمكن أيضاً تطبيق هذه التوصية في هذه الحالة. وبناءً على ذلك، تكون معايير التداخل من سواتل غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض كالتالي:

- الأجل القصير: ينبغي عدم تجاوز النسبة I/N للمقدار $+20$ dB (حد صارم)؛
- الأجل الطويل: ينبغي عدم تجاوز الانحطاط الجزئي في الأداء (FDP) بنسبة 10% وبالنسبة للسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، تطبق معايير التداخل التالية:
- ينبغي عدم تجاوز الانحطاط FDP للمسير بنسبة 10% في أكثر من 10% من مسيرات الخدمة الثابتة.
- ينبغي عدم تجاوز النسبة I/N للمحطة -10 dB في أكثر من 10% من محطات استقبال الخدمة الثابتة.

ونائج عمليات المحاكاة للتداخل الاحتمالي من خدمة الأبحاث الفضائية على أساس افتراضي نشر 24 ساتلاً في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض، تبث تجاه أنظمة رقمية من نقطة إلى نقطة في الخدمة الثابتة تبين أنه يتعين وضع حدود لكثافة تدفق القدرة (pfd) في النطاق 11,7-10,7 GHz لحماية الخدمة الثابتة في النطاق 15,35-14,8 GHz. وتعطى هذه الحدود كالتالي:

-126 dB(W/(m ² · MHz))	for	$0^\circ < \delta \leq 5^\circ$
$-126 + 0,5(\delta - 5)$ dB(W/(m ² · MHz))	for	$5^\circ < \delta \leq 25^\circ$
-116 dB(W/(m ² · MHz))	for	$25^\circ < \delta \leq 90^\circ$

حيث δ زاوية الوصول فوق المستوى الأفقي (بالدرجات).

وينبغي لحدود الكثافة pfd أن تسمح بتشغيل وصلات فضاء-أرض ذات المعدل 400 Mbit/s كما هو مطلوب. ومع ذلك، يمكن لعدد محدود من وصلات الخدمة الثابتة القائمة أن يتأثر بالسلب إذا تراصفت هوائيات هذه المحطات مع مواقع مدارية محددة لسواتل خدمة الأبحاث الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض مع إرسالات في قناة مشتركة:

ونائج دراسات المحاكاة للتداخل من أنظمة ساتلية لخدمة الأبحاث الفضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض تجاه أنظمة من نقطة إلى نقطة في الخدمة الثابتة تبين أن التقاسم بين هذه الخدمات ممكن في النطاق 15,35-14,8 GHz باستعمال حدود للكثافة pfd تزيد عن الحدود المطبقة في النطاق 11,7-10,7 GHz بمقدار 2 dB، أي:

-124 dB(W/(m ² · MHz))	for	$0^\circ \leq \delta \leq 5^\circ$
$-124 + 0,5(\delta - 5)$ dB(W/(m ² · MHz))	for	$5^\circ < \delta \leq 25^\circ$
-114 dB(W/(m ² · MHz))	for	$25^\circ < \delta \leq 90^\circ$

حيث δ زاوية الوصول فوق المستوى الأفقي (بالدرجات).

6 حماية محطات الاستقبال الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية من إرسالات محطات الخدمتين الثابتة والمتنقلة

ترد خصائص إضافية لأنظمة الخدمة الثابتة في هذا النطاق في الجدول 5 وهي تستعمل لتقدير مسافات الفصل المناسبة للوفاء بمعايير حماية المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية استناداً إلى التوصية ITU-R SA.609، أي أنه لا ينبغي التداخل أن يتجاوز المقدار -216 dB(W/Hz) لأكثر من 0,1% من الوقت بالنسبة للرحلات الفضائية غير المأهولة. ونظراً لمعدلات البيانات العالية نسبياً للوصلات فضاء-أرض، سيستخدم عرض نطاق مرجعي مقداره 4 kHz. ويبلغ معيار مستوى قدرة التداخل الناتج -180 dB(W/Hz).

وقد استعملت المنهجية التالية من أجل تقدير مدى مسافات الفصل اللازم لحماية محطات الاستقبال الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية:

- تحديد الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. لأسوأ نطاق 4 kHz لمحطات إرسال الخدمة الثابتة المدرجة في الجدول 4؛
- تحديد الكسب الأقصى لهوائي استقبال المحطة الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية في اتجاه محطة إرسال الخدمة الثابتة باستعمال التوصية ITU-R SA.509؛
- حساب الحد الأدنى لخسارة الإرسال الأساسية المسموح بها للإرسالات القصوى وللإرسالات المتناحية لمحطات الخدمة الثابتة في اتجاه المحطات الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية؛
- باستعمال الإجراء الوارد في التوصية ITU-R SM.1448، حساب مسافة الفصل اللازمة لتحقيق الحد الأدنى لخسارة الإرسال الأساسية المسموح بها بفرض أسلوب الانتشار (1) عبر مسير داخلي (محدد بالمنطقة A2 في التوصية؛

1.6 الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. لمحطات إرسال الخدمة الثابتة

الكثافة الطيفية للقدرة (psd) لموجة حاملة M-PSK وموجة حاملة M-QAM المشكلة بقطار بيانات عشوائي تبلغ قيمتها القصوى حول تردد الموجة الحاملة وعندما يكون معدل الرموز كبيراً بالنسبة لعرض النطاق، فإنه يتحصل عليها كالتالي:

$$(1a) \quad psd = P_{avg} T_S b_{ref}$$

$$(1b) \quad T_S = \frac{\log_2 M}{R_b}$$

حيث:

psd : الكثافة في عرض النطاق المرجعي، b_{ref} ، عند دخل هوائي الإرسال (W/b_{ref})

P_{avg} : متوسط القدرة عند خرج المرسل (W)

T_S : مدة رمز واحد (s)

M : عدد الحالات المختلفة لمدى الإشارة للإشارة المرسل (رقم)

R_b : معدل البتات المشترك للمعلومات والشفرة للإشارة المرسل (bit/s)

2.6 مسافات الفصل النموذجية

يتحصل على الحد الأدنى لخسارة الإرسال الأساسية المسموح بها من:

$$(2) \quad L_B = psd + G_T(\theta_{FS}) + G_R(\theta_{Rmin}) - I_{PC}$$

حيث:

L_B : الحد الأدنى لخسارة الإرسال الأساسية المسموح بها (dB)

I_{PC} : معايير الحماية (dBW/ b_{ref})

psd : الكثافة للمرسل عند دخل هوائي الإرسال (dBW/ b_{ref})

b_{ref} : عرض النطاق المرجعي (4 kHz)

$G_T(\theta_{FS})$: كسب هوائي إرسال الخدمة الثابتة في اتجاه محطة استقبال خدمة الأبحاث الفضائية (dB)

$G_R(\theta_{Rmin})$: الكسب الأقصى لهوائي استقبال خدمة الأبحاث الفضائية في اتجاه محطة الخدمة الثابتة (dB).

وهوائي استقبال خدمة الأبحاث الفضائية الذي يتطابق مع مخطط الإشعاع المرجعي للتوصية TUI-R SA.506، له كسب أقصى يبلغ +7 dB في اتجاه الأفق عندما يتم توجيهه على زاوية ارتفاع مقدارها 10°.

ويحدد الحد الأدنى لخسارة الإرسال الأساسية المسموح بها باستعمال الإجراءات الواردة في التوصية ITU-R SM.1448، بالنسبة إلى:

- تردد تشغيل 15 GHz؛

- الانتشار فوق أرض منبسطة على مسير داخلي (المنطقة A2)؛

- أسلوب الانتشار (1)، وأن يتم تجاوز الحد الأدنى لخسارة الإرسال المسموح بها لأطول من 0,1% من الوقت؛

- ارتفاع هوائي استقبال المحطة الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية 10 m فوق سطح الأرض؛

- ارتفاع هوائي إرسال محطة الخدمة الثابتة 30 m فوق سطح الأرض.

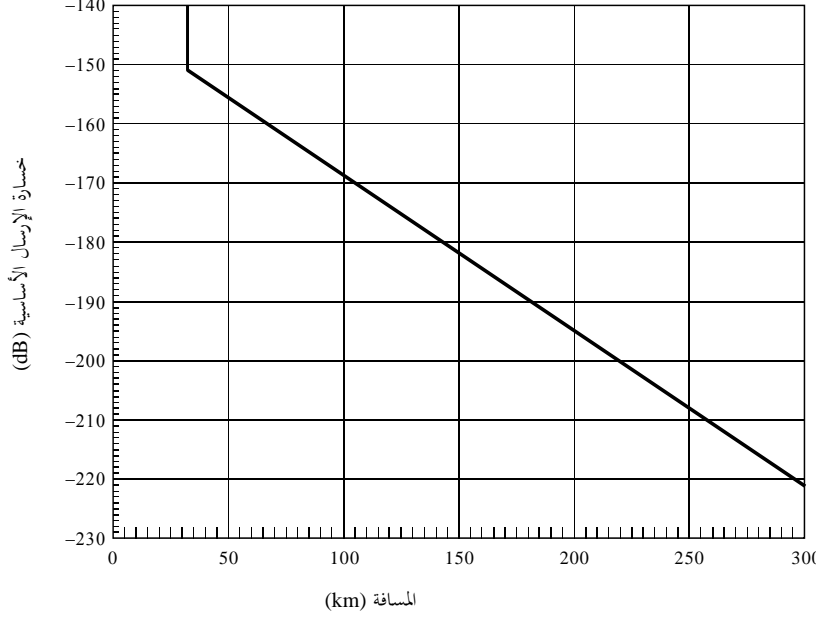
وباستعمال الافتراضات أعلاه وإجراءات التوصية ITU-R SM.1448، تكون خسارة الإرسال الأساسية الناتجة للأسلوب (1) بدلالة مسافة الفصل على النحو المبين في الشكل 3.

ويقدم الجدول 5 ملخصاً لحسابات تحديد مسافات الفصل. ويمكن توفير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية من إرسالات الأنظمة الثابتة الوارد خصائصها في التوصية ITU-R F.758، عند مسافات فصل صغيرة تتراوح بين 18 و30 km في ظل ظروف مؤاتية وتصل إلى 200 km في ظل ظروف أقل ملائمة. وحددت هذه المسافات لأسلوب الانتشار (1) لمسير دائرة عظمى داخلي فوق أرض منبسطة (المنطقة A2) باستعمال المنهجية الواردة في التوصية ITU-R SM.1448. ويتوقع أن مسافات الفصل هذه يمكن أن تقل عندما تراعي عوامل مثل خطط ترتيب القنوات الترددية والحجب الطبيعي للموقع وحلبة التضاريس والخصائص الأخرى للأرض.

الشكل 3

خسارة الإرسال الأساسية التي لا يتم تجاوزها لأطول من 0.1% من الوقت
 لأسلوب الانتشار (1) لمسير داخلي فوق أرض منبسطة:

$$f = 15 \text{ GHz}; h_1 = 10 \text{ m}; h_2 = 30 \text{ m}$$



GHz 15 = f
 ارتفاع هوائي الإرسال = m 10
 ارتفاع هوائي الاستقبال = m 30
 لا يتم تجاوز خسارة الإرسال لأطول من 0,1% من الوقت
 المنطقة المناخية A2

SA. 1862-03

الجدول 5

مسافات الفصل النموذجية بين محطة استقبال أرضية لخدمة الأبحاث الفضائية ومحطات إرسال الخدمة الثابتة
 للوفاء بمعايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R SA.609: يبلغ ارتفاع هوائي استقبال خدمة الأبحاث الفضائية 10 m
 فوق أرض منبسطة ويبلغ ارتفاع هوائي إرسال الخدمة الثابتة 30 m فوق أرض منبسطة

التشكيل	64-QAM	8-PSK
السعة (Mbit/s)	140	156
القدرة القصوى لخرج المرسل (dBW)	5	0
نسبة قدرة الذروة للقدرة المتوسطة (dB)	3,7-	0
ارتجاع قدرة الخرج (dB)	1,3-	0
خسارة المغذي/معدد الإرسال (dB)	2-	5-
الكثافة الطيفية للقدرة (dB(W/4 kHz))	39,7-	46-

الجدول 5 (تتمة)

8-PSK		64-QAM		التشكيل
52	0	49	0	كسب الهوائي في اتجاه المحطة الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (dB)
6+	46-	9,3+	39,7-	الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. في اتجاه المحطة الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية (dB(W/4 kHz))
7+		7+		الكسب الأفقي لهوائي المحطة الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية في اتجاه محطة الخدمة الثابتة (dBi)
180-				التداخل الأقصى (dB(W/4 kHz))
193-	141-	196,3-	147,3-	الحد الأدنى لخسارة الإرسال الأساسية المسموح بها (dB)
190	⁽¹⁾ 18	200	⁽¹⁾ 30	مسافة الفصل (km)

(1) هذه المسافة داخل خط البصر.

7 حماية نظام ساتلي لترحيل البيانات (DRS) من إرسالات المحطات الفضائية لخدمة الأبحاث الفضائية

هناك ثلاث حالات أساسية يستقبل فيها نظام DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض تداخلات من إرسالات صادرة عن ساتل في خدمة الأبحاث الفضائية:

الحالة 1: عندما يكون هناك ساتل إرسال في خدمة الأبحاث الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض بجوار نظام استقبال DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض؛

الحالة 2: عندما يكون هناك ساتل إرسال في خدمة الأبحاث الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض في موقع قريب من النقطة المقابلة بالنسبة لنظام استقبال DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض؛

الحالة 3: عندما يكون هناك ساتل إرسال في مدار منخفض في خدمة الأبحاث الفضائية يمر ضمن نطاق رؤية نظام استقبال DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض.

سيتم تقييم الشروط اللازمة للوفاء بمعايير حماية التوصية ITU-R SA.1155 لهذه الحالات الثلاث. بالنسبة للحالتين 1 و 2، تبلغ الكثافة psd عند دخل هوائي الإرسال لساتل خدمة الأبحاث الفضائية المستقر بالنسبة إلى الأرض -40,5 dB(W/kHz) استناداً إلى أمثلة الخصائص الواردة في الجدول 1. وبالنسبة للحالة 3، فإن الكثافة psd عند دخل هوائي إرسال ساتل خدمة الأبحاث الفضائية على ارتفاع مداري 800 km تبلغ -46,5 dB(W/kHz)، استناداً أيضاً إلى الخصائص نفسها. ويفترض الانتشار في الفضاء الحر للحالات الثلاث.

ويتحصل على الكثافة psd للتداخل المستقبل والهامش المرتبط بذلك فوق معايير الحماية كالتالي:

$$(3a) \quad I_R = psd + G_T(\theta_T) + G_R(\theta_R) - L_{bf}$$

$$(3b) \quad M = I_{PC} - I_R$$

حيث:

I_R : الكثافة psd للتداخل المستقبل (dB(W/kHz))

I_{PC} : معايير حماية النظام DRS الواردة في التوصية ITU-R SA.1155 (dB(W/kHz))

M : هامش فوق معيار التداخل (dB)

L_{bf} : خسارة الإرسال الأساسية في الفضاء الحر (dB)

psd : الكثافة psd عند دخل هوائي الإرسال (dB(W/kHz))

$G_T(\theta_T)$: كسب هوائي إرسال ساتل خدمة الأبحاث الفضائية في اتجاه النظام DRS (dBi)

$G_R(\theta_R)$: كسب هوائي استقبال النظام DRS في اتجاه ساتل خدمة الأبحاث الفضائية (dBi)

θ_T : الزاوية بين اتجاه تسديد هوائي الإرسال والنظام DRS (بالدرجات)

θ_R : الزاوية بين اتجاه تسديد هوائي استقبال النظام DRS وساتل خدمة الأبحاث الفضائية (بالدرجات)

ويلخص الجدول 6 النتائج الأساسية للمعادلة (3) بالنسبة للحالات الثلاث.

الجدول 6

مستوى التداخل وهامش تشغيلي فوق معايير حماية التوصية ITU-R SA.1155 بالنسبة لنظام DRS
مستقر بالنسبة إلى الأرض يستقبل تداخلات من إرسالات سواتل لخدمة الأبحاث الفضائية
في الاتجاه فضاء-أرض

الحالة 3	الحالة 2		الحالة 1	
46,5-	40,5-		40,5-	الكثافة psd
0	0		0	الكسب $G_T(\theta_T)$
⁽¹⁾ 53,3	⁽¹⁾ 53,3	0	0	الكسب $G_R(\theta_R)$
⁽²⁾ 34 985	83 360		11,9	المدى Range (km)
206,8	214,4		137,5	خسارة الإرسال الأساسية Basic transmission loss (dB)
200-	201,6-	254,9-	178-	I_R (dB(W/kHz))
⁽³⁾ 178-	⁽³⁾ 178-		⁽³⁾ 178-	I_{PC} (dB(W/kHz))
22,0+	23,6+	76,9+	0	هامش Margin (dB)

(1) انظر التوصية ITU-R SA.1414.

(2) ساتل على ارتفاع 800 km في المستوى الاستوائي تحت الساتل DRS مباشرة.

(3) معايير الحماية من التوصية ITU-R SA.1155.

ويبين هذا التحليل أنه يمكن توفير الحماية لشبكة DRS قائمة من إرسالات السواتل منخفضة المدار والسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض الواردة في الأمثلة. وقد تبين أن مسافة الفصل بين ساتل الاستقبال DRS المستقر بالنسبة إلى الأرض ومسائل إرسال في خدمة الأبحاث الفضائية مستقر بالنسبة إلى الأرض يمكن أن تقل لتصل إلى 12 km (تعادل مباعدة مدارية أقل من 0,02°). كما تبين وجود هامش حماية بمقدار +23 dB لحالة الموقع القريب من النقطة المقابلة بالنسبة لإرسالات ساتل لخدمة الأبحاث الفضائية مستقر بالنسبة إلى الأرض في اتجاه ساتل استقبال DRS. وتم التوصل إلى نتائج مماثلة لحالة ساتل في مدار منخفض لخدمة الأبحاث الفضائية يرسل في الاتجاه فضاء-أرض وموجود داخل الحزمة الرئيسية لهوائي استقبال الساتل DRS. وفي هذه الحالة، بلغ هامش التداخل بالنسبة لمعايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R SA.1155، +22 dB.

8 الاستنتاجات

تظهر نتائج عمليات المحاكاة للتداخل الاحتمالي من خدمة الأبحاث الفضائية على أساس افتراض نشر 24 ساتلاً مستقراً بالنسبة إلى الأرض، على أنظمة رقمية من نقطة إلى نقطة في الخدمة الثابتة أن حدود كثافة تدفق القدرة (pdf) في النطاق 11,7-10,7 GHz ضرورية لحماية الخدمة الثابتة في النطاق 14,8-15,35 GHz.

وهذه الحدود كالتالي:

-126 dB(W/(m ² · MHz))	for	0° < δ ≤ 5°
-126 + 0,5(δ - 5) dB(W/(m ² · MHz))	for	5° < δ ≤ 25°
-116 dB(W/(m ² · MHz))	for	25° < δ ≤ 90°

حيث δ زاوية الوصول فوق المستوى الأفقي (بالدرجات).

وينبغي لحدود الكثافة pfd أن تسمح بتشغيل الوصلات فضاء-أرض ذات المعدل 400 Mbit/s كما هو مطلوب. ومع ذلك، يمكن لعدد محدود من وصلات الخدمة الثانية القائمة أن يتأثر بالسلب إذا تراضعت هوائيات هذه المحطات مع مواقع مدارية محددة لسواتل خدمة الأبحاث الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض مع إرسالات في قناة مشتركة:

ونتائج دراسات المحاكاة للتداخل من أنظمة ساتلية لخدمة الأبحاث الفضائية غير مستقرة بالنسبة إلى الأرض تجاه أنظمة من نقطة إلى نقطة في الخدمة الثابتة تبين أن التقاسم بين هذه الخدمات ممكن في النطاق 15,35-14,8 GHz باستعمال حدود للكثافة pfd تزيد عن الحدود المطبقة في النطاق 11,7-10,7 GHz بمقدار 2 dB، أي:

-12 dB(W/(m ² · MHz))	for	0° < δ ≤ 5°
-12 + 0,5(δ - 5) dB(W/(m ² · MHz))	for	5° < δ ≤ 25°
-114 dB(W/(m ² · MHz))	for	25° < δ ≤ 90°

حيث δ زاوية الوصول فوق المستوى الأفقي (بالدرجات).

يمكن توفير الحماية لمحطات الاستقبال الأرضية لخدمة الأبحاث الفضائية من إرسالات الأنظمة الثابتة التي ترد خصائصها في التوصية ITU-R F.758 على مسافات فصل صغيرة تتراوح بين 18 و 30 km في ظل ظروف مؤاتية وعلى مسافات تصل إلى 200 km في ظل ظروف أقل ملاءمة. وقد تحددت هذه المسافات لأسلوب الانتشار (1) لمسير دائرة نمطي داخلي فوق أرض منبسطة (المنطقة A2) باستعمال المنهجية الواردة في التوصية ITU-R SM.1448. ويتوقع أن مسافات الفصل هذه يمكن أن تقل عند مراعاة عوامل مثل خطط ترتيب القنوات الترددية والحجب الطبيعي للموقع وجلبة التضاريس الأرضية والسماوات الأخرى لهذه التضاريس الأرضية.

وأظهرت الدراسة أنه يمكن حماية شبكة DRS قائمة من إرسالات السواتل منخفضة المدار والسواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض الواردة في الأمثلة. وتم التوصل إلى أن مسافة الفصل بين ساتل استقبال GRS مستقر بالنسبة إلى الأرض وساتل إرسال في خدمة الأبحاث الفضائية مستقر بالنسبة إلى الأرض يمكن أن تقل لتصل إلى 12 km (تعادل مباعدا مدارية أقل من 0,02°). كما تبين وجود هامش حماية أدنى مقداره +23 dB بالنسبة لحالة الموقع القريب من النقطة المقابلة لإرسالات سواتل خدمة الأبحاث الفضائية المستقرة بالنسبة إلى الأرض في اتجاه ساتل استقبال DRS. وتم التوصل لنتائج مماثلة بالنسبة لحالة ساتل في مدار منخفض في خدمة الأبحاث الفضائية يرسل في الاتجاه فضاء-أرض وموجود داخل الحزمة الرئيسية لهوائي استقبال الساتل DRS. وفي هذه الحالة، بلغ هامش التداخل بالنسبة لمعايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R SA.1155، +22 dB.