

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R F.1249-4
(2015/09)

المتطلبات التقنية والتشغيلية التي تيسر التقاسم
بين أنظمة الاتصالات من نقطة-إلى-نقطة
في الخدمة الثابتة والخدمة بين السواتل
في النطاق GHz 27,5-25,25

السلسلة F
الخدمة الثابتة

تمهيد

يوظف 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 مدى 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 الكهترقنية 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 بُعد	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، 2017

*التوصية ITU-R F.1249-4

المتطلبات التقنية والتشغيلية التي تيسر التقاسم بين أنظمة الاتصالات من نقطة-إلى-نقطة في الخدمة الثابتة والخدمة بين السواتل في النطاق GHz 27,5-25,25

(المسألة ITU-R 118/7)

(1997-2000-2009-2013-2015)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية الحدود القصوى لكثافة القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) للإرسال في محطات الخدمة الثابتة (FS) من نقطة-إلى-نقطة باتجاه مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض بهدف إتاحة التقاسم مع الخدمة بين السواتل في النطاق GHz 27,5-25,25. وتراعي القيمة المرجعية للقدرة e.i.r.p. في هذه التوصية ضرورة الإرسال في أقل مستوى لازم نظراً لأنها تأخذ في الاعتبار استعمال التحكم الأوتوماتي بقدرة المرسل (ATPC) في محطات الخدمة الثابتة من أجل إجراء عمليات التسريع.

مصطلحات أساسية

سواتل ترحيل البيانات مواقع مدارية، القدرة المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.)، الكثافة الطيفية

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن النطاق GHz 27,5-25,25 موزع على الخدمة بين السواتل والخدمة الثابتة على أساس أولي؛
- ب) أن نطاق التردد هذا مستعمل لتطبيقات خدمة الأبحاث الفضائية واستكشاف الأرض المتعلقة بوصلات العودة لخدمة بين السواتل إلى سواتل ترحيل البيانات (DRS) في المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO)؛
- ج) أن بعض محطات الإرسال في الخدمة الثابتة (FS) قد تستطيع استعمال التحكم الأوتوماتي في قدرة الإرسال (ATPC) بخفض قدرتها المشعة المكافئة المتناحية (e.i.r.p.) في ظروف الجو الصافي؛
- د) أن التداخل المجمع من الفصوص الجانبية لهوائيات عدد كبير من محطات الإرسال في الخدمة الثابتة غير المسددة باتجاه سائل DRS تبدو مسموحة. لكن اقتتان الحزمة الرئيسية من محطة إرسال واحدة في الخدمة الثابتة مسددة باتجاه سائل DRS يمثل احتمال حدوث حالة تداخل شديد (انظر الملحق 1)؛
- هـ) أنه حتى إذا تطلبت بعض الوصلات الطويلة جداً للخدمة الثابتة تشغيلاً بكثافة مرتفعة للقدرة e.i.r.p. فإن المحطات المستعملة على هذه الوصلات تعمل عموماً عند زوايا ارتفاع معدومة أو شبه معدومة، مما يحد كثيراً من احتمالات التداخل بسبب التوهين في الجو؛
- و) أن التضاريس الطبيعية والمباني تعيق في بعض الحالات إرسالات الخدمة الثابتة في الجو أو تسبب توهيناً شديداً في مسارات التداخل المحتملة؛
- ز) أنه يمكن استعمال تقنيات تخفيف التداخل في الخدمتين على حد سواء من أجل التخفيف إلى أبعد حد من التداخل الناجم عن أنظمة الخدمة الثابتة في أنظمة السواتل DRS،

* اشتركت لجننا الدراسات 7 و5 للاتصالات الراديوية في وضع هذه التوصية، وينبغي أن تظطلعان معاً بإجراء المراجعات المستقبلية.

وإذ تدرك

(أ) أن التوصية ITU-R SA.1155 تنص على أن الحد الأقصى لمستويات الكثافة الطيفية لقدرة التداخل المجمع الذي يصل إلى السواتل DRS المستقرة بالنسبة إلى الأرض والعاملة في خدمة ما بين السواتل في النطاق 27,5-25,25 GHz ينبغي ألا يتجاوز -178 dB (W/kHz) لمدة تزيد عن 0,1% من الوقت؛

(ب) أن عدداً محدوداً من شبكات سواتل ترحيل البيانات يستعمل في المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض، على النحو الوارد في التوصية ITU-R SA.1276 (انظر الملاحظة 1)؛

(ج) أن التوصية ITU-R F.758 توفر مجموعة واسعة التنوع من معلمات الأنظمة اللاسلكية الثابتة تم الحصول عليها عن طريق أنظمة تمثيلية لبعض مديات التردد،

توصي

1 بأن يكون أقصى قدرة مشعة مكافئة متناحية داخل عرض النطاق القناة، لمحطة خدمة ثابتة من هذا القبيل وحسب الاقتضاء، هو أدنى قدر لازم للتشغيل السليم؛

2 بما يلي، فيما يتعلق بمواقع مدار الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض المحدد في التوصية ITU-R SA.1276 (انظر الملاحظة 1):

1.2 ألا تتجاوز كثافة القدرة e.i.r.p. لمحطة خدمة ثابتة في اتجاه المواقع المذكورة أعلاه، وفي الحدود الممكنة، القيمة +24 dBW في أي نطاق قدره 1 MHz (انظر الملاحظة 2)؛

2.2 إمكانية أن تستعمل محطة الإرسال في حالات التوهين الناجم عن الهواطل بين محطتي الإرسال والاستقبال في الخدمة الثابتة، التحكم ATPC من أجل زيادة قدرة إرسالها بمقدار لا يتعدى توهين الهواطل، أي أن كثافة القدرة e.i.r.p. في اتجاه مواقع مدار الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض المذكور آنفاً لا تتجاوز +33 dBW في أي نطاق قدره 1 MHz؛

3.2 إمكانية رفع قيمة كثافة القدرة e.i.r.p. لمحطة الخدمة الثابتة، عندما يكون التوهين الجوي في اتجاه مواقع المدار الساتلي المستقر المذكور آنفاً والذي يتم حسابه باستعمال إجراءات الملحق 1 بالتوصية ITU-R P.676، مع مراعاة زاوية الارتفاع باتجاه مواقع المدار وارتفاع هوائي إرسال الخدمة الثابتة والمعلومات المتوفرة محلياً عن متوسط مقدار بخار الماء في الشهر الأكثر جفافاً وغيرها من المعلمات الجوية (انظر الملاحظة 3)، أعلى من 3 dB؛

4.2 إمكانية زيادة كثافة القدرة e.i.r.p. في هذا الاتجاه بمقدار بحسب باستعمال طرائق التوصية ITU-R P.526 مع مراعاة ظاهرة الانكسار الجوي على هذا المسار (انظر التوصية ITU-R F.1333)، عندما تكون مناطق فرينل في المسار الذهاب من محطة إرسال خدمة ثابتة في اتجاه مواقع المدار المذكورة آنفاً مسدودة كلياً أو جزئياً؛

5.2 إمكانية استخدام الطريقة الواردة في الملحق 2 في حساب زوايا الفصل اعتباراً من المواقع المحددة في المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض؛

3 بما يلي، فيما يتعلق بجميع المواقع الأخرى في المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض:

1.3 ألا تتجاوز كثافة القدرة e.i.r.p. لمحطة خدمة ثابتة من هذا القبيل في اتجاه المدار الساتلي المستقر القيمة +33 dBW في أي نطاق قدره 1 MHz؛

2.3 إمكانية استخدام الطريقة الواردة في الملحق 2 بالتوصية ITU-R SF.765 في حساب زوايا الفصل اعتباراً من المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض (انظر الملاحظة 4)؛

4 باعتبار الملاحظات الأربع التالية 1 و 2 و 3 و 4 جزءاً أساسياً من هذه التوصية:

الملاحظة 1 - تحدد التوصية ITU-R SA.1276-4 المواقع التالية في مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض:

10,6° شرقاً، 16,4° شرقاً، 16,8° شرقاً، 21,5° شرقاً، 47° شرقاً، 59° شرقاً، 77° شرقاً، 80° شرقاً، 85° شرقاً،
89° شرقاً، 90,75° شرقاً، 95° شرقاً، 113° شرقاً، 121° شرقاً، 133° شرقاً، 160° شرقاً، 167° شرقاً، 171° شرقاً،
176,8° شرقاً، 177,5° شرقاً،
12° غرباً، 16° غرباً، 32° غرباً، 41° غرباً، 44° غرباً، 46° غرباً، 49° غرباً، 62° غرباً، 139° غرباً، 160° غرباً،
164,2° غرباً، 167,5° غرباً، 170° غرباً، 171° غرباً، 174° غرباً.

وعند مراجعة التوصية ITU-R SA.1276 ومن ثم إضافة مواقع مدارية DRS جديدة، فإن حماية المحطات الفضائية في المواقع المدارية الجديدة الواردة في مراجعة هذه التوصية لا تنطبق إلا على محطات الخدمة الثابتة التي تم تركيبها بعد تاريخ سريان التوصية ITU-R SA.1276 المراجعة.

الملاحظة 2 - يمكن خفض التداخل في سواتل DRS الذي قد تسببه أنظمة ساتلية ثابتة من نقطة-إلى-نقطة تتجاوز كثافة قدرتها e.i.r.p. الحدود التي ينص عليها البند 1.2 من توصي، من خلال تجنب استعمال الترددات المركزية المخصصة لهذه السواتل، وفي حدود الإمكان. وتتطلب تقنية التخفيف هذه مزيداً من الدراسة.

الملاحظة 3 - تقترح التوصية ITU-R F.1404 تقدير التوهين الجوي باستعمال معلومات تفصيلية عن المعالم الجوية المحلية للنطاق 25,5-27,5 GHz. وفي حال عدم توفرها يقترح بصفة مؤقتة اتباع إجراء بسيط يستند إلى نماذج مناخية مبسطة. غير أن هذه الطريقة تتطلب مزيداً من الدراسة. ويرجى من الإدارات التي تتوفر لديها معلومات أرصاد جوية محلية تستعمل لتقدير ظواهر التوهين الناجم عن الغاز أن ترسل هذه المعلومات إلى قطاع الاتصالات الراديوية (تحديداً إلى لجنتي الدراسات 3 و 5 لقطاع الاتصالات الراديوية).

الملاحظة 4 - أعدت التوصية ITU-R SF.765 أصلاً من أجل حساب قيم فصل دقيقة تصل حتى 2°. ويجدر بالذكر أن الخوارزمية المستعملة في هذه التوصية قابلة أيضاً للتمديد حتى 10 درجات باستعمال المعادلة $B = 10^\circ$ الواردة في الفقرة 1 من الملحق 2 بالتوصية ITU-R SF.765.

الملحق 1

**أقصى كثافة قدرة e.i.r.p. لمرسلات نظام ثابت راديوي من نقطة-إلى-نقطة
تعمل في النطاق GHz 27,5-25,25 المتقاسم مع الخدمة بين السواتل**

1 مقدمة

يلخص هذا الملحق الدراسات التي تبين إمكانية الوفاء بمعايير الحماية الواردة في التوصية ITU-R SA.1155 والخاصة بسواتل ترحيل بيانات (DRS)، باستثناء حالة اقتران الحزم الرئيسية الناتج عن إرسالات محطات راديوية من نقطة-إلى-نقطة.

2 نماذج الأنظمة

1.2 نشر أنظمة ثابتة من نقطة-إلى-نقطة في النطاق GHz 27,5-25,25

تستنتج الفرضيات التالية المتعلقة بالخصائص التقنية والتشغيلية لمحطات الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-نقطة من الأنظمة القائمة في النطاق GHz 23:

- يفترض وجود 100 000 مرسل على الصعيد العالمي في النطاق GHz 27,5-25,25 (نطاق الترددات 26 GHz).
- تقدير توزيع مستويات كثافة القدرة e.i.r.p. للمرسلات:
- يقدر أن أكثر من 70% من مجموع وصلات الخدمة الثابتة في النطاق GHz 27,5-25,25 يعمل تحت $24+ \text{dB(W/MHz)}$
- يقدر أن أقل من 25% منها يعمل في المدى بين $24+ \text{dB(W/MHz)}$ و $33+ \text{dB(W/MHz)}$
- يقدر أن أقل من 5% يعمل فوق $33+ \text{dB(W/MHz)}$.
- يفترض تردد واحد لكل مرسل. وتعمل نصف المرسلات في اتجاه "الذهاب" ونصفها الآخر في اتجاه "الإياب".
- يفترض أن يكون توزيع الترددات بدلالة القنوات مطابقاً لأحكام التوصية ITU-R F.748 (يتراوح مدى عروض النطاق الموصى بها للقناة بين 112 MHz و 3,5 MHz و 2,5 MHz وهناك إمكانية إضافة عروض نطاق قدرها 1,75 MHz و 1,25 MHz مستقبلاً).
- تتوزع قنوات التشغيل في كامل النطاق.
- تقع زوايا الارتفاع في المدى بين 0° و 5° .
- يتراوح طول المسار عادةً بين 2 و 5 km.
- يشترط افتراض هوامش خبو ناجم عن الأمطار كبيرة في النطاق GHz 26 وتحقيق تيسر بنسبة 99,999%.
- يتجه الموردون الرئيسيون للخدمات الثابتة إلى اختيار أضعف قدرة إرسال ممكنة بغية تقليص التباعد في تشكيلات إعادة استعمال الترددات.
- لا يتاح إلا عدد ضئيل من أنواع التجهيزات حالياً مزود بوظيفة تحكم أوتوماتي في القدرة.

2.2 تطوير السواتل DRS التي تستعمل الوصلات من الفضاء إلى الفضاء في الخدمة بين السواتل

فيما يلي ملخص الخصائص التقنية والتشغيلية للسواتل DRS التي ينبغي أن تستعملها وكالة NASA في الولايات المتحدة الأمريكية ووكالة الفضاء الأوروبية (ESA) ووكالة الفضاء الروسية والوكالة اليابانية لاستكشاف الفضاء (JAXA) والتي ستستعمل في الوصلات فضاء-فضاء في النطاق GHz 26:

- المواقع المدارية الواردة في التوصية ITU-R SA.1276.
- الخصائص النموذجية للسواتل DRS:
- هوائيان بكسب عالي ونفاذ وحيد بكسب ذروة مقداره 58 dBi؛
- عرض حزمة هوائي الاستقبال عند 3 dB أقل من $0,2^\circ$ ؛
- هوائي الاستقبال قادر على معالجة إشارة عودة واحدة في النطاق GHz 30/20؛
- درجة حرارة ضوضاء المستقبل DRS، $T = 703 \text{ K}$ (كثافة ضوضاء قدرها $13,140 \text{ dB(W/MHz)}$)؛
- معدلات بيانات عودة: 1 Mbit/s - 300 kbit/s في عرض نطاق قدره 225 MHz؛

- معدلات بيانات عودة: 1 Mbit/s-800 kbit/s في عرض نطاق قدره 650 MHz؛
 - التردد المركزي للاستقبال قابل للتوليف بمقدار 25 MHz (أو أقل) لكل درجة.
- الترددات المركزية للساتل DRS منتقاة وفقاً لتوصيات المجموعة المعنية بقابلية التشغيل البيئي للشبكات الفضائية (SNIP) المتعلقة بالترددات المشتركة للعودة في السواتل DRS ستتحذ الترددات المركزية عند الترددات التالية: 25,60 GHz أو 25,85 GHz أو 26,10 GHz أو 26,35 GHz أو 26,60 GHz أو 26,85 GHz أو 27,10 GHz أو 27,35 GHz.
- ولم تدرس تقنيات تخفيف التداخل أو تنفيذ على الجيل التالي من السواتل DRS في النطاق 26 GHz.

3 تقدير التداخل

1.3 معايير حماية السواتل DRS

توصي التوصية ITU-R SA.1155 "معايير الحماية المتصلة بتشغيل سواتل ترحيل البيانات" بألا يتجاوز أقصى مستوى للكثافة الطيفية لقوة التداخل التراكمي في جميع المصادر بما لا يزيد عن 0,1% من الوقت مقدار -178 dB(W/kHz) في النطاق GHz 27,5-25,25 (مما يعادل -148 dB(W/MHz). ويستند هذا المستوى إلى القيمة $I/N = -10$ dB وأنحطاط قدره 0,4 dB هامش الوصلة. ويوصى بعرض نطاق مرجعي أقصى قدره 1 kHz. ويتيح معيار الحماية كثافة قصوى للقدرة e.i.r.p. المسببة للتداخل قدرها 13,5 dB(W/MHz) يشعلها النظام الثابت باتجاه الساتل DRS بوجود ظاهرة اقتران حزم رئيسية، على النحو المبين في الجدول 1.

الجدول 1

أقصى كثافة للقدرة e.i.r.p. باتجاه الساتل DRS عند اقتران الحزم الرئيسية

13,5	كثافة القدرة e.i.r.p. للخدمة الثابتة (dB(W/MHz))
3	الخسارة الجوية (dB)
3	خسارة الاستقطاب (dB)
213,5	خسارة الفضاء الحر (dB)
58	كسب هوائي استقبال ذروة الساتل DRS (dBi)
148-	أقصى كثافة للتداخل (dB(W/MHz))

2.3 تداخل الحزمة الرئيسية

تشتمل معايير الحزمة الرئيسية على ما يلي:

- حد كثافة القدرة e.i.r.p. للخدمة الثابتة المسموح به الذي يستوفي معايير حماية الساتل DRS للتوصية ITU-R SA.1155؛
 - احتمال ظهور تداخل للحزمة الرئيسية. ويحسب حد كثافة القدرة e.i.r.p. للخدمة الثابتة المسموح به مع افتراض تداخل القناة المشتركة في مدار للساتل DRS بدون انحناء. ويستند تقدير احتمال تداخل الحزمة الرئيسية إلى ظروف التشغيل للنظامين.
- تراعى حالة إشعاع المرحلة الراديوي باتجاه ساتل DRS والاقتران في حزمة رئيسية لهوائي الساتل DRS مرتفع الكسب بالنسبة إلى مدى من سويات كثافة القدرة e.i.r.p. وترد النتائج في الجدول 2. يوضح الجدول أن كثافة طيف القدرة e.i.r.p. تزيد بمقدار 13,5 dB(W/MHz) مع افتراض خسارة قدرها 3 dB بسبب الامتصاص الجوي وخسارة استقطاب 3 dB، مما يؤدي إلى سوية تداخل تزيد عن القيمة المحددة في التوصية ITU-R SA.1155 حيث يوجد تراصف مباشر.

الجدول 2

تجاوز معيار التداخل بدلالة كثافة القدرة e.i.r.p. التي يشعها النظام الساتل باتجاه الساتل DRS

33	24	13,5	كثافة القدرة e.i.r.p. للخدمة الثابتة ((dB(W/MHz))
58	58	58	كسب هوائي Rx للمركبة الفضائية للساتل DRS (dBi)
213,5	213,5	213,5	خسارة الفضاء الحر (dB)
3	3	3	الخسارة الجوية (dB)
3	3	3	خسارة الاستقطاب (dB)
128,5-	137,5-	148-	قدرة التداخل I ((W/MHz) dB)
148-	148-	148-	أقصى معايير للتداخل ((dB(W/MHz))
19,5	10,5	0	تجاوز معيار الحماية بمقدار (dB)

يلاحظ أن الخسارة الجوية قد تكون أقل من 3 dB في بعض ظروف المناخ بالنسبة إلى زوايا ارتفاع أكبر.

أجريت عمليات محاكاة لتقدير التداخل كنسبة مئوية من الزمن عندما يتعقب الساتل DRS ساتل مدار أرضي منخفض (LEO). ويلزم من أجل تمثيل التداخل في نسبة مئوية من الوقت محاكاة الطيران المداري لساتل المدار LEO. وقد استعمل عدد من زوايا الميل لساتل المدار LEO. وضبط خط طول المحطة الأرضية في كل حالة بحيث يكون الساتل DRS أمام الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية، الذي يسدد في المستوي الأفقي.

أجريت ثلاث عمليات محاكاة مختلفة. أجري كل منها لمدة 100 يوم بتزايد زمني قدره 0,1 دقيقة، وقدرت سوية التداخل المستقبل بالنسبة إلى السوية المستقبلية لاقتزان نقطة التسديد عند استقبال الساتل DRS في كل زيادة. وأجريت المحاكاة لثلاث حالات مع النتائج الواردة في الشكل 1 وهي:

- الحالة 1: ساتل مستعمل في مدار منخفض، يبلغ ارتفاع المدار 300 km وزاوية الميل 85° وعرض محطة الخدمة الثابتة 50°؛
- الحالة 2: ساتل مستعمل في مدار منخفض، يبلغ ارتفاع المدار 300 km وزاوية الميل 65° وعرض محطة الخدمة الثابتة 60°؛
- الحالة 3: ساتل مستعمل في مدار منخفض، يبلغ ارتفاع المدار 300 km وزاوية الميل 28,5° وعرض محطة الخدمة الثابتة 28,5°.

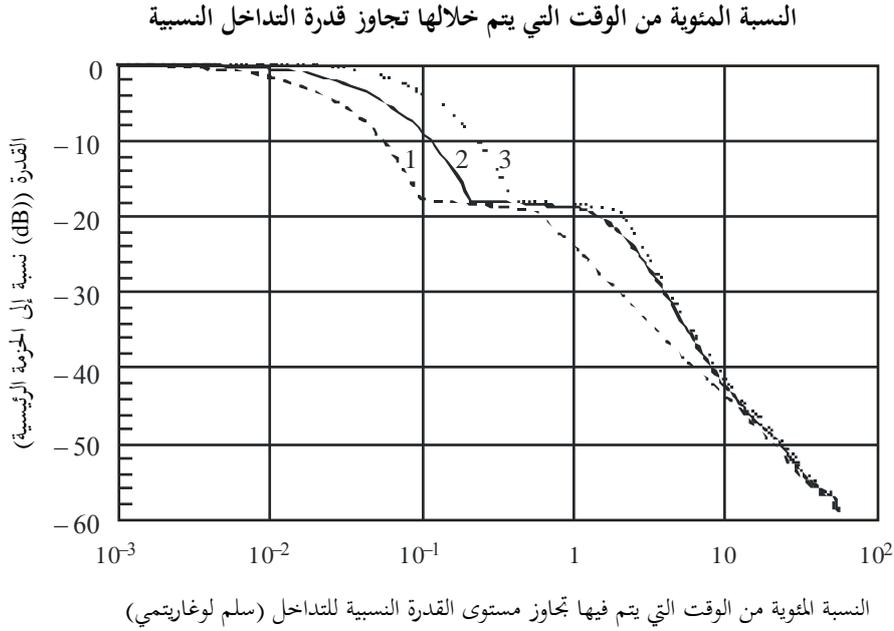
يمكن استعمال المنحنيات الواردة في الشكل 1 لتحديد كثافة طيف القدرة e.i.r.p. الناتجة في ظروف الانتشار في الفضاء الحر التي ستضمن عدم تجاوز قدرة التداخل التي يستقبلها الساتل DRS القيمة -148 dB(W/MHz) لنسبة تتعدى 0,1% من الزمن. وتلخص الحسابات في الجدول 3. يوضح الجدول أن كثافة طيف القدرة e.i.r.p. اللازمة لاستيفاء المعايير ترتبط بمعلمات المدار لساتل المدار LEO الذي يتبعه الساتل DRS وموقع محطة إرسال الخدمة الثابتة. وتتراوح السوية المقبولة لكثافة طيف القدرة e.i.r.p. من 31,5 dB(W/MHz) للحالة 1 إلى 17,5 dB(W/MHz) للحالة 3. وتقبل قيمة واحدة قدرها 24 dB(W/MHz) لأغراض هذه التوصية. ويمكن الحصول على كثافة طيف القدرة e.i.r.p. في ظروف الانتشار في الفضاء الحر.

وتحدّ عدة ظروف للتشغيل من احتمال تداخل تسببه الخدمة الثابتة في الساتل DRS ومن آثار هذا التداخل على النحو التالي:

- توزيع سويات كثافة القدرة e.i.r.p. للخدمة الثابتة (انظر الفقرة 1.2) التي تشير إلى أن نسبة أدنى من 30% من أنظمة المحطات الثابتة تعمل فوق الحد +24 dB(W/MHz)؛
- استعمال نطاق التردد المختلف لأنظمة الخدمة الثابتة والساتل DRS (انظر الجدول 5) مما يدل على أن نسبة 4% فقط لظهور اقتزان الحزمة المباشرة يطرأ في التداخل؛
- تسديد هوائي إرسال الخدمة الثابتة بزاوية سمت عشوائية توزع بانتظام بين 0° و360°، وزاوية ارتفاع عشوائية موزعة بانتظام بين 0° و5° (انظر الفقرة 1.3 والفقرة 3.3 من هذا الملحق) مما يجد من احتمال الاقتزان المباشر للحزمة بثلاث درجات اتساع على الأقل.

يكون احتمال اقتزان الحزم المباشر أدنى من 10⁻⁵.

الشكل 1



F.1249-01

الجدول 3

ملخص حسابات تحديد الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. المقبولة لإرسالات محطة الخدمة الثابتة باتجاه الساتل DRS

كثافة القدرة المقبولة e.i.r.p. (dB(W/MHz))	كثافة القدرة e.i.r.p. dB(W/MHz) $148 - I$	القدرة نسبة إلى الحزمة الرئيسية عند مستوى النسبة المئوية 0,1 (انظر الشكل 1) (dB)	الحالة
31,5	13,5	18-	1
22,5	13,5	9-	2
17,5	13,5	4-	3

3.3 التداخل التراكمي

استنتجت أقصى كثافة للقدرة e.i.r.p. من أقصى قيمة في كل مدى لتوزيع كثافة قدرة مرسل المرحل الراديوي للخدمة الثابتة الوارد في الفقرة 1.2 من هذا الملحق. ويعطي المتوسط المقاس لأسوأ حالة من التوزيع مستوى كثافة القدرة e.i.r.p. 36,2 dB(W/MHz) كما يرد في الجدول 4.

الجدول 4

التوزيع المقدر لسويات كثافة القدرة e.i.r.p. لإرسال الخدمة الثابتة

W/MHz 398	dB(W/MHz) 26	%50
W/MHz 1 995	dB(W/MHz) 33	%40
W/MHz 31 623	dB(W/MHz) 45	%10
dB(W/MHz) 36,19		المتوسط المقاس

واستنتج عدد تداخلات القناة المشتركة من نموذج الانتشار الوارد في الفقرة 1.2 من هذا الملحق. وتقدر تواجد 100 000 من مرسلات الخدمة الثابتة في النطاق 25,25-27,5 GHz على الصعيد العالمي. ويفترض وفقاً للخطة الألمانية الواردة في التوصية ITU-R F.748 ما يلي:

- 50 000 من المرسلات في نصف النطاق السفلي (26,06-25,56 GHz)؛
- 50 000 من المرسلات في نصف النطاق العلوي (27,18-26,68 GHz).

ويرد توزيع القنوات المستعمل في عمليات محاكاة مونت كارلو في الجدول 5 وذلك فيما يخص جزء نطاق 500 MHz في الخطة الألمانية. ويمكن أن تتواجد في أي نطاق عرضه 1 MHz مرسلات للقناة المشتركة عددها 2 001 من مجموع المرسلات وعددها 100 000 في العالم.

الجدول 5

التوزيع المفترض لعروض نطاق القنوات التي تستخدمها محطات الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-نقطة

رقم القناة المشتركة	الرقم من بين 50 000	الاستعمال المقدر (%)	عرض نطاق القناة (MHz)
625	2 500	5	112
312	2 500	5	56
312	5 000	10	28
428	15 000	30	14
210	15 000	30	7
106	7 500	15	3,5
8	2 500	5	1,75
2 001	المجموع		

يحدد التوزيع الفضائي للتداخل استناداً إلى عملية محاكاة مونت كارلو بافتراض انتشار 2 000 من مرسلات المرحل الراديوي حول أهم مدن العالم. وكانت المرسلات مشتركة القناة بمتوسط كثافة القدرة 36 e.i.r.p. dB(W/MHz)، وهوائيات الخدمة الثابتة مسددة إلى زاوية سمت عشوائية منتظمة التوزيع بين 0° و 360°. ويمثل الشكلان 2 و 3 كثافة التداخل التراكمي كما يستقبلها الساتل DRS الواقع عند 41° غرباً و 174° غرباً على التوالي بالنسبة إلى زاوية تسديد هوائي المركبة الفضائية (التمايل والتموج).

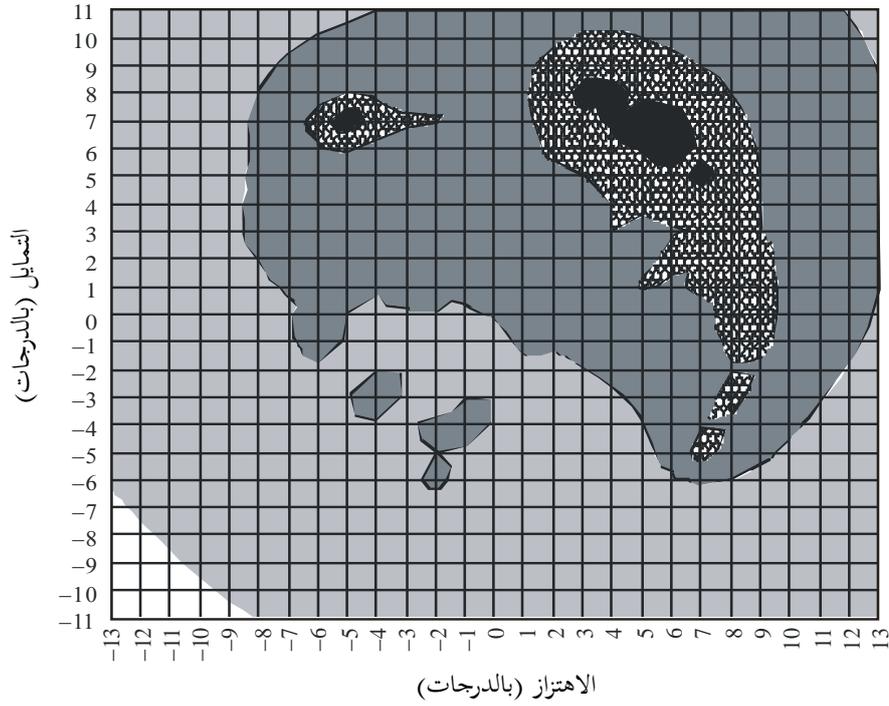
ويبلغ أقصى تداخل تراكمي -148 dB(W/MHz) عندما يكون الساتل DRS عند 41° غرباً (انظر الشكل 2)، وتستوفي معايير الحماية باستثناء حالة اقتران الحزمة الرئيسية حيث يمكن أن تؤدي مرسلات الخدمة الثابتة للقناة المشتركة إلى تداخل يتجاوز المعيار.

يوضح الشكل 3 أن أقصى سوية للتداخل المجمع -149,5 dB(W/MHz) عندما يكون الساتل DRS عند 174° غرباً. أو 1,5 dB أدنى من المعيار. ويستوفي معيار حماية الساتل DRS باستثناء حالات اقتران الحزم الرئيسية.

يوضح الشكلان 2 و 3 أن التداخل التراكمي من الانتشار العشوائي لأنظمة المرحل الراديوي على النحو المفترض في عمليات محاكاة مونت كارلو لا يبدو أنه يسبب تداخل يتجاوز المعايير الواردة في التوصية ITU-R SA.1155، وخلاصة هذه العمليات أن التداخل التراكمي الناتج عن السواتل DRS من بث المحطات عشوائية الانتشار للمرحل الراديوي من نقطة-إلى-نقطة لن يتعدى -148 dB(W/MHz) وأن الاقتران من حزمة رئيسية إلى حزمة رئيسية، كما يرد في الفقرة 2.3، سيؤدي إلى التداخل الذي يتجاوز المعايير الواردة في التوصية ITU-R SA.1155.

الشكل 2

التداخل التراكمي (dB(W/MHz)) في ساتل DRS يقع عند 41° غرباً،
بالنسبة إلى زوايا تسديد هوائي المركبة الفضائية



ذروة التداخل التراكمي = 148 dB (W/MHz)
المعيار: 148- dB (W/MHz)

145- إلى 155-	■
155- إلى 165-	■
165- إلى 175-	■
175- إلى 185-	■
185- إلى 195-	□

F.1249-02

4 تقنيات تخفيف التداخل

1.4 أنظمة الخدمة الثابتة

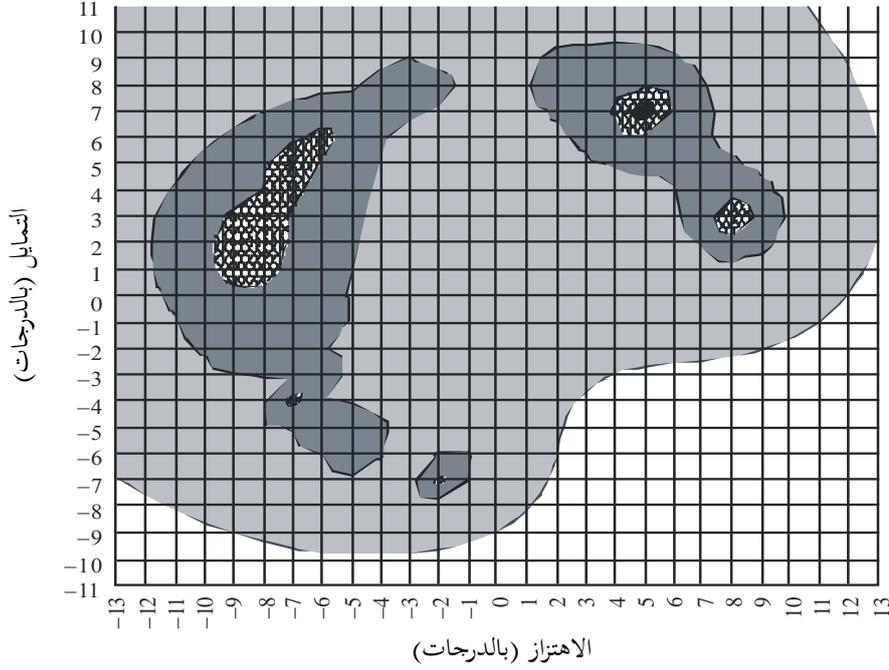
يشتمل تخفيف التداخل على ممارسات تصميم النظام الأساسي للصوت، بالإضافة إلى استعمال التقنيات المطورة للأغراض المحددة لتخفيف التداخل الذي يتضمن:

- التشغيل بأدنى كثافة لازمة للقدرة e.i.r.p، وذلك لأغراض اقتصادية وتشغيلية، مثل تكلفة التجهيزات وصيانتها الأدنى وتجهيزات أخف وأصغر والاستهلاك الأدنى للقدرة الأولية لأن الترددات الأقصر تعيد استعمال المسافات؛
- تصميم النظام الذي يأخذ أثر التوهين الجوي في الاعتبار؛

- انتقاء الموقع وتشكيله الذي يحد من الإشعاع بدرجة كبيرة بعد مدى الخدمة الثابتة الكبير سواء بواسطة السد الطبيعي أو من صنع الإنسان، أو بواسطة السد الجزئي لمنطقة فريزل الذي يؤدي إلى توهين الانعراج (انظر الملحق 3)؛
- التحكم في قدرة المرسل الأوتوماتي.

الشكل 3

التداخل التراكمي (dB(W/MHz)) في سائل DRS يقع عند 174° غرباً،
بالنسبة إلى زوايا تسديد هوائي المركبة الفضائية



ذروة التداخل التراكمي = -149,5 dB (W/MHz)
المعيار: -148 dB (W/MHz)

148- إلى 158-	■
158- إلى 168-	■
168- إلى 178-	■
178- إلى 188-	■
188- إلى 198-	□

F.1249-03

2.4 أنظمة السائل DRS

قد تتيح تقنيات تخفيف التداخل التي تستعمل في أنظمة السائل DRS خفة حركة التردد أو إطنابها، وإحداث تداخل التفرع والإلغاء التكميني للتداخل. وقد بدأ قطاع الاتصالات الراديوية دراسة لتقنيات تخفيف التداخل.

3.4 إطار التقاسم التعاوني

- يقدم التواجد المخطط له للخدمة الثابتة وخدمة الساتل DRS مجموعة جديدة من مشاكل تقاسم التردد التي تتطلب طريقة جديدة. وأهم طريقة هي إنشاء إطار تعاوني عند سوية التشغيل التي:
- تسهل التفاهم المتبادل لشروط الخدمة وظروف التشغيل؛
 - تطور ممارسات التقاسم المناسبة؛
 - تحسن تنفيذ الإجراءات المضادة للتداخل في الخدمتين.

5 الاستنتاجات

يفترض إشعاع متوسط كثافة القدرة e.i.r.p. للخدمة الثابتة قدره 36 dB(W/MHz) عند زوايا ارتفاع منخفضة وزوايا سمت عشوائية؛ ويبدو أن استعمال محطات الخدمة الثابتة والساتل DRS لكسب مرتفع وحزم ضيقة للهوائي وخطط توزيع قنوات تردد الخدمة الثابتة يمكن من استيفاء معايير حماية الساتل DRS للتوصية ITU-R SA.1155 باستثناء حالات اقتران الحزمة الرئيسية أو الاقتران بجوار الحزمة الرئيسية. ويلزم حد قدره 24 dB(W/MHz) على البث من محطات الخدمة الثابتة إلى المواقع المدارية للسواتل DRS لاستيفاء معايير الحماية للتوصية ITU-R SA.1155. وتنطبق هذه القيمة على ظروف الانتشار في الفضاء الحر. يفيد إنشاء إطار التقاسم التعاوني في التنفيذ العملي لهذه التوصية.

الملحق 2

طريقة حساب زوايا الفصل بين حزم هوائي إرسال الخدمة الثابتة والاتجاهات نحو سواتل ترحيل بيانات مستقرة بالنسبة إلى الأرض

1 مقدمة

يقدم هذا الملحق طريقة لحساب زوايا الفصل بين حزم هوائي إرسال الخدمة الثابتة والاتجاهات نحو سواتل ترحيل بيانات مستقرة بالنسبة إلى الأرض تقع في مواقع محددة في البند 2 من توصي من النص الأساسي لهذه التوصية، مع مراعاة آثار الانكسار الجوي والأفق المحلي.

2 معلمات محطة الخدمة الثابتة

تحدد معلمات محطة الخدمة الثابتة على النحو التالي:

ζ : خط عرض المحطة (قيمة مطلقة)؛

α_r : زاوية سمت حزمة الهوائي باتجاه عقارب الساعة من الشمال؛

ε_r : زاوية ارتفاع حزمة الهوائي؛

h : ارتفاع الهوائي فوق سطح البحر (km)؛

δ : اختلاف خط الطول (قيمة مطلقة) بين المحطة وأحد السواتل المحددة في البند 2 من توصي.

إذا كانت قيمة δ أكبر من 90° (بشكل أدق إذا كانت القيمة $\cos \delta < 0$) لا يكون الساتل مرئياً من محطة الخدمة الثابتة، لذا ليس من الضروري الاستمرار في الحساب. (حتى عندما تكون قيمة δ أقل بقليل من 90° ، قد لا يكون الساتل مرئياً ولكنه سيحدد فيما بعد).

3 تحديد زاوية سمت الساتل

يستعمل نموذج إهليلجي ويتميز شكل الأرض بالقيمة $R = 6\,378,14$ km (نصف القطر المداري للأرض) و $f = 1/298,25$ (عامل سمك الأرض). يرد عندئذ نصف قطر الأرض القطبي بالمعادلة $(1-f)R$.

يوضح عندئذ الطول المركزي للأرض ζ_1 ونصف القطر الفعال للأرض R_1 عند خط الطول الجغرافي ζ وارتفاع الهوائي h بالمعادلة:

$$(1) \quad \zeta_1 = \arctan [(1 - f)^2 \tan \zeta]$$

$$(2) \quad R_1 = R(1 - f \sin^2 \zeta_1) + h$$

تحتسب بعد ذلك قيمة Ψ (قوس الدائرة الكبير بين محطة الخدمة الثابتة ونقطة تحت الساتل) كما يلي:

$$(3) \quad \Psi = \arccos (\cos \zeta_1 \cos \delta)$$

ثم تحسب زاوية سمت (α_s) الساتل كما يرى من محطة الخدمة الثابتة كما يلي:

$$(4) \quad \alpha'_s = \arccos (\tan \zeta_1 \cot \Psi)$$

$$\alpha_s = \alpha'_s + 180^\circ \quad \text{بالنسبة إلى محطة خدمة ثابتة تقع في نصف الكرة الأرضية الشمالي}$$

$$(5a) \quad \text{وتقع السواتل غرب محطة الخدمة الثابتة}$$

$$\alpha_s = \alpha'_s - 180^\circ \quad \text{بالنسبة إلى محطة خدمة ثابتة تقع في نصف الكرة الأرضية الشمالي}$$

$$(5b) \quad \text{وتقع السواتل شرق محطة الخدمة الثابتة}$$

$$\alpha_s = \alpha'_s - 360^\circ \quad \text{بالنسبة إلى محطة خدمة ثابتة تقع في نصف الكرة الأرضية الجنوبي}$$

$$(5c) \quad \text{وتقع السواتل غرب محطة الخدمة الثابتة}$$

$$\alpha_s = \alpha'_s \quad \text{بالنسبة إلى محطة خدمة ثابتة تقع في نصف الكرة الأرضية الجنوبي}$$

$$(5d) \quad \text{وتقع السواتل شرق محطة الخدمة الثابتة}$$

4 تحديد زاوية ارتفاع الساتل

يحسب ارتفاع (ε'_s) الساتل كما يظهر من محطة الخدمة الثابتة كما يلي مع افتراض عدم وجود أثر للانكسار الجوي:

$$(6) \quad \varepsilon'_s = \arctan \left(\frac{K \cos \Psi - 1}{K \sin \Psi} \right)$$

حيث:

$$K = R_s R_1$$

$$R_s = 42\,164 \text{ km (نصف قطر المدار).}$$

وتعرف زاويتا الارتفاع التاليتان لملاحظة آثار الانكسار الجوي والأفق المحلي:

ε_{m1} : زاوية الارتفاع باتجاه الأفق المحلي بأقصى انحناء جوي، كما يظهر من ارتفاع هوائي الخدمة الثابتة عند

سمت الساتل (α_s) (انظر الملاحظة 1)؛

ε_{m2} : زاوية الارتفاع باتجاه الأفق المحلي بأدنى انحناء جوي، كما يظهر من ارتفاع هوائي الخدمة الثابتة عند سمت

الساتل (α_s) (انظر الملاحظة 1).

ثم تحدد رؤية الساتل كما يلي:

- تحسب القيمة $\epsilon_1 = \epsilon_{m1} - \tau_{max}(\epsilon_{m1}, h)$ و $\epsilon_2 = \epsilon_{m2} - \tau_{min}(\epsilon_{m2}, h)$ ، حيث $\tau_{max}(\epsilon, h)$ و $\tau_{min}(\epsilon, h)$ هما أقصى وأدنى قيمة زاوية الانحناء الجوي بالنسبة إلى زاوية الارتفاع ϵ ، على التوالي، وترد القيمة الرقمية في الملاحظة 2؛
 - إذا كانت القيمة $\epsilon_2 \leq \epsilon'_s$ يكون الساتل مرئياً دائماً؛
 - إذا كانت القيمة $\epsilon_1 \leq \epsilon'_s < \epsilon_2$ يكون الساتل مرئياً لنسبة مئوية من الزمن؛
 - إذا كانت القيمة $\epsilon'_s < \epsilon_1$ لا يكون الساتل مرئياً في أي ظروف للانحناء الجوي، لذا لا توجد حاجة إلى حسابات أخرى.
- عندما تكون القيمة $\epsilon_2 \leq \epsilon'_s$ ، يمكن حساب زاويتي الارتفاع $\epsilon_{s\ min}$ و $\epsilon_{s\ max}$ للساتل لأقصى وأدنى قيمة للانحناء الجوي على التوالي بواسطة المعادلات التالية (انظر الملاحظة 3):

$$(7a) \quad \epsilon_{s\ max} - \tau_{max}(\epsilon_{s\ max}, h) = \epsilon'_s$$

$$(7b) \quad \epsilon_{s\ min} - \tau_{min}(\epsilon_{s\ min}, h) = \epsilon'_s$$

عندما تكون القيمة $\epsilon_1 \leq \epsilon'_s < \epsilon_2$ ، ليس من الضروري حل المعادلة (7b) والمعادلة (7a). ويجب عندئذ أن تستعمل القيمة $\epsilon_{s\ min} = \epsilon_{m2}$.
تحدد زاوية الارتفاع ϵ_s ، التي توفر أدنى زاوية فصل بما يكفي من الدقة كما يلي:

$$(8a) \quad \epsilon_s = \epsilon_{s\ max} \quad \text{for } \epsilon_{s\ max} \leq \epsilon_r$$

$$(8b) \quad \epsilon_s = \epsilon_r \quad \text{for } \epsilon_{s\ min} \leq \epsilon_r < \epsilon_{s\ max}$$

$$(8c) \quad \epsilon_s = \epsilon_{s\ min} \quad \text{for } \epsilon_r < \epsilon_{s\ min}$$

5 تحديد زاوية الفصل

يمكن حساب أدنى زاوية فصل، SA، بين حزمة هوائي الخدمة الثابتة واتجاه ساتل ترحيل المعطيات المستقر بالنسبة إلى الأرض، كما يظهر من محطة الخدمة الثابتة كما يلي:

$$(9) \quad SA = \arccos [\cos \epsilon_r \cos \epsilon_s \cos(\alpha_r - \alpha_s) + \sin \epsilon_r \sin \epsilon_s]$$

يجب أن تحسب زاوية الفصل لكل من سواتل ترحيل المعطيات المستقرة بالنسبة إلى الأرض وفقاً لما ورد في البند 2 من توصي.
الملاحظة 1 - إذا كان الأفق المحلي يتكون من أرض ممهدة أو سطح البحر تحسب القيمة ϵ_m من المعادلة التالية:

$$(10) \quad \epsilon_m = -\arccos \left[\frac{R + h_1}{R + h} \times \frac{1 + N_0 \times 10^{-6}(1 + \Delta N/N_0)^{h_1}}{1 + N_0 \times 10^{-6}(1 + \Delta N/N_0)^h} \right]$$

حيث:

h : ارتفاع الهوائي (km) للمحطة فوق سطح البحر؛

h_1 : الارتفاع (km) للأفق المحلي ($h \geq h_1$)؛

R : نصف قطر الأرض الذي يفترض أن يكون 6 370 km.

القيمة ϵ_{m1} وفقاً للتوصية ITU-R SF.765 هي زاوية ارتفاع تطابق أقصى انحناء جوي ($N_0 = 400$ و $\Delta N = -68$)، والقيمة ϵ_{m2} هي زاوية الارتفاع التي تطابق أدنى انحناء جوي ($N_0 = 250$ و $\Delta N = -30$). ويجدر بالذكر أن القيمة $\epsilon_{m1} \geq \epsilon_{m2}$.

قد يصعب أحياناً التقدير الدقيق للقيمتين ϵ_{m1} و ϵ_{m2} لتعقيد مستوى الأفق المحلي. وقد يكون من الأسهل عندئذ تقدير القيمتين ϵ_{m1} و ϵ_{m2} بواسطة المعادلة (10) بافتراض أن $h_l = 0$ ، يؤدي ذلك عادة إلى زاوية فصل دقيقة. إلا أن القيمة $\epsilon_{s,max}$ أكبر من القيمة ϵ_{m1} لكنها تقترب من القيمة ϵ_{m1} ، ويحتمل ألا يكون الساتل مرئياً بسبب أثر الأفق المحلي. عندئذ يجري الحساب باستعمال القيمتين ϵ_{m1} و ϵ_{m2} .

الملاحظة 2 - يمكن حساب الانحناء الجوي (بالدرجات) بواسطة المعادلة التالية، وفقاً للملحق 2 للتوصية ITU-R SF.765:

$$(11a) \quad \tau_{max}(\epsilon, h) = 1 / [0,7885809 + 0,175963 h + 0,0251620 h^2 + \epsilon (0,549056 + 0,0744484 h + 0,0101650 h^2) + \epsilon^2 (0,0187029 + 0,0143814 h)]$$

$$(11b) \quad \tau_{min}(\epsilon, h) = 1 / [1,755698 + 0,313461 h + \epsilon (0,815022 + 0,109154 h) + \epsilon^2 (0,0295668 + 0,0185682 h)]$$

حيث:

ϵ : زاوية الارتفاع (بالدرجات)؛

h : ارتفاع هوائي (km) المحطة فوق سطح البحر.

تسري المعادلات الواردة أعلاه للمدى $\epsilon \geq \epsilon_{m1}$ أو المدى $\epsilon \geq \epsilon_{m2}$. وتضمن الخوارزمية في هذا الملحق ألا تطبق المعادلات إلا عندما تكون سارية.

الملاحظة 3 - يلزم الحذر تجاه التقارب لحل المعادلة (7a)، خاصة عندما تكون قيمة h كبيرة والقيمة ϵ'_s سلبية. لذا فإحدى الطرائق لحل المعادلة (7a) هي تطبيق طريقة نيوتن-رافسن مع القيمة $\max(\epsilon'_s, \epsilon_{m1}) = \epsilon_{s,max}$ كقيمة أولية. وتصل إلى التقارب بعد عدة تكرارات.

ويمكن تطبيق نهج مماثل لحل المعادلة (7b). وتكون القيمة الأولية في هذه الحالة $\max(\epsilon'_s, \epsilon_{m2}) = \epsilon_{s,min}$.

الملاحظة 4 - يرد برنامج حاسوب لحساب زوايا الفصل على أساس هذا الملحق في التذييل 1.

التذييل 1

للملحق 2

```

/*****/
/* file name : drsang_b.c */
/* language : C */
/* function : Calculate separation angles between fixed service */
/* transmitting antenna beams and the directions */
/* towards geostationary data relay satellites */
/*****/

/*----- include files -----*/
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include <errno.h>

static double pi,rd,dr,em1,em2,a[3],b[3];

/*-----*/
/* module : bending */
/* function : setup atmospheric bending characteristics */

```

```

/* in h0 : antenna altitude (km) of the station above sea level */
/* h1 : altitude (km) of the local horizon (h0>=h1) */
/* out em1,2 : elevation angles towards the local horizon at maximum */
/* and minimum atmospheric bending (see eq.(8)) */
/* a,b : coefficients of atmospheric bending */
/* at maximum and minimum atmospheric bending */
/*-----*/
void bending(h0,h1)
    double h0,h1;
{
    double r=6378.0; /* earth radius (km) */
    em1=-acos((r+h1)/(r+h0)*
        (1+0.00040*pow(0.83,h1))/(1+0.00040*pow(0.83,h0)));
    em2=-acos((r+h1)/(r+h0)*
        (1+0.00025*pow(0.88,h1))/(1+0.00025*pow(0.88,h0)));
    a[0]=(0.7885809+0.1759630*h0+0.0251620*h0*h0)*rd;
    a[1]=(0.5490560+0.0744484*h0+0.0101650*h0*h0)*rd*rd;
    a[2]=(0.0187029+0.0143814*h0)*rd*rd*rd;
    b[0]=(1.7556980+0.3134610*h0)*rd;
    b[1]=(0.8150220+0.1091540*h0)*rd*rd;
    b[2]=(0.0295668+0.0185682*h0)*rd*rd*rd;
}
/*-----*/
/* module : tmax,tmin,dtmax,dtmin */
/* function : calculate atmospheric bending in degree */
/* in e : elevation angle (degree) */
/* out tmax : atmospheric bending (see eq.(11a)) */
/* dtmax : derivative of tmax */
/* tmin : atmospheric bending (see eq.(11b)) */
/* dtmin : derivative of tmin */
/*-----*/
double tmax(e)
    double e;
    {return (1.0/(a[0]+e*(a[1]+a[2]*e)));}
double dtmax(e)
    double e;
    {return (-(a[1]+2.0*a[2]*e)*pow(tmax(e),2.0));}
double tmin(e)
    double e;
    {return (1.0/(b[0]+e*(b[1]+b[2]*e)));}
double dtmin(e)
    double e;
    {return (-(b[1]+2.0*b[2]*e)*pow(tmin(e),2.0));}
/*-----*/
/* module : sangle */
/* function : calculate separation angle in degrees */
/* in slon : longitude of the data-relay satellite (radian) */

```

```

/* ilat : northern or southern hemisphere */
/* rlat : latitude of the radio-relay station (radian) */
/* rlon : longitude of the radio-relay station (radian) */
/* az0 : azimuth of the antenna beam (radian) */
/* e0 : elevation angle of the antenna beam (radian) */
/* h0 : antenna altitude (km) of the station above sea level */
/* out sa : separation angle */
/*-----*/
double sangle(slou,ilat,rlat,rlon,az0,e0,h0)
    double slou,ilat,rlat,rlon,az0,e0,h0;

{
double delta,zeta,r1,arc,tanarc;
double azss,azs,ees,e1,e2,es1,esmax,es2,esmin,es,sa;
double r=6378.14; /* earth's equatorial radius */
double f=1/298.25; /* earth's flatness factor */
double rs=42164; /* orbit radius */

    delta=rlon-slou;
    if(cos(delta)<=0) { sa=500.0;goto end_sa;}
    /* ----- Determination of the satellite azimuth -----*/
    zeta=atan(pow(1-f,2.0)*tan(rlat)); /* eq.(1) */
    r1=r*(1-f*pow(sin(zeta),2.0))+h0; /* eq.(2) */
    arc=acos(cos(zeta)*cos(delta)); /* eq.(3) */
    tanarc=tan(arc); if(tanarc<tan(zeta)) tanarc=tan(zeta);
    if(tanarc==0.0) azss=0.0;
    else azss=acos(tan(zeta)/tanarc); /* eq.(4) */
    if((ilat>0)&&(sin(delta)>=0)) azs=azss+pi; /* eq.(5a) */
    else if((ilat>0)&&(sin(delta)<0)) azs=pi-azss; /* eq.(5b) */
    else if(sin(delta)>=0) azs=2*pi-azss; /* eq.(5c) */
    else azs=azss; /* eq.(5d) */
    /* ----- Determination of the satellite elevation -----*/
    if(arc==0.0) ees=pi/2.0;
    else ees=atan((cos(arc)-r1/rs)/sin(arc)); /* eq.(6) */
    e1=em1-tmax(em1);
    e2=em2-tmin(em2);
    if(ees<e1) { sa=500.0; goto end_sa;}
    else{
        /* ----- solve eq.(7a), (see Note 3) ----- */
        es1=10.0;if(ees<em1) esmax=em1; else esmax=ees;
        while(fabs(esmax-es1)>1.0e-5){
            es1=esmax;
            esmax=es1-(es1-tmax(es1)-ees)/(1.0-dtmax(es1));
        }
        if(ees<e2) esmin=em2;
        else{
            /* ----- solve eq.(7b), (see Note 3) ----- */
            es2=10.0;if(ees<em2) esmin=em2; else esmin=ees;
            while(fabs(esmin-es2)>1.0e-5){
                es2=esmin;
                esmin=es2-(es2-tmin(es2)-ees)/(1.0-dtmin(es2));
            }
        }
    }
}

```

```

    }
    if(esmax<=e0) es=esmax;          /* eq.(8a)      */
    else if(esmin<=e0) es=e0;        /* eq.(8b)      */
    else es=esmin;                    /* eq.(8c)      */
    /* ----- Determination of the separation angle ----- eq.(9)      */
    sa=rd*acos(cos(e0)*cos(es)*cos(az0-azs)+sin(e0)*sin(es));
    end_sa:
    return sa;
    }
}
/*-----*/
/* main program */
/*-----*/
void main()
{
    double lonsat[]={-174,-171,-170,-167.5,-164.2,-160,-139,-62,-49,
                    -46,-44,-41,-32,-16,-
12,10.6,16.4,16.8,21.5,47,59,77,80,85,89,90.75,95,113,121,133,160,167,171,176.8,177.5};
    const int nsat=sizeof lonsat / sizeof lonsat[0];
    double sa[sizeof lonsat / sizeof lonsat[0]];
    char str[1];
    double ilat,latd,latm,lats,rlat;
    double ilon,lond,lonm,lons,rlon;
    double az0d,az0,e0d,e0,h0m,h0,h1m,h1;
    double slon,samin;
    int isat;

    pi=4.0*atan(1.0);          /* circular constant */
    rd=180.0/pi;                /* radian to degree */
    dr=pi/180.0;                /* degree to radian */
    /* ----- Parameter input ----- */
    printf("Parameters of the fixed service station \n");
    input_NS:
    printf("Hemisphere of the station : northern or southern (N/S) ? \n");
    scanf("%s",&str);
    if(*str=='N' || *str=='n') ilat=1;
    else if(*str=='S' || *str=='s') ilat=-1;
    else goto input_NS;
    input_LAT:
    printf("LAT : latitude (degree,minute,second) ? \n");
    scanf("%le,% le,% le",&latd,&latm,&lats);
    latd=ilat*(latd+latm/60.0+lats/3600.0); rlat=fabs(latd*dr);
    input_EW:
    printf("Longitude : east or west (E/W) ? \n");
    scanf("%s",&str);
    if(*str=='E' || *str=='e') ilon=1.0;
    else if(*str=='W' || *str=='w') ilon=-1.0;
    else goto input_EW;
    input_LON:
    printf("LON : longitude (degree,minute,second) ? \n");

```

```

scanf("%le,%le,%le",&lond,&lonm,&lons);
lond=ilon*(lond+lonm/60.0+lons/3600.0);rlon=lond*dr;
input_AZ:
printf("AZ0 : antenna azimuth, clockwise from the North (degree) ?\n");
scanf("%le",&az0d); az0=az0d*dr;
input_E0:
printf("E0 : antenna elevation (degree) ? \n");
scanf("%le",&e0d); e0=e0d*dr;
input_ALT:
printf("H0 : antenna altitude (m) ? \n");
scanf("%le",&h0m); h0=h0m/1000.0;
printf("H1 : horizon altitude (m) ? \n");
scanf("%le",&h1m); h1=h1m/1000.0;
if(h1>h0) {printf("h1<=h0"); goto input_ALT;}

/* ----- Calculations ----- */
bending(h0,h1);
samin=1000.0;
for(isat=0;isat<nsat;isat++){
    slon=dr*lonsat[isat];
    sa[isat]=sangle(slon,ilat,rlat,rлон,az0,e0,h0);
    if(sa[isat]<samin) samin=sa[isat];
}
/* ----- Print separation angle ----- */
printf("\nParameters of the fixed service station \n");
printf(" latitude   : %7.2f (degree) \n",latd);
printf(" longitude   : %7.2f (degree) \n",lond);
printf(" antenna azimuth : %7.2f (degree) \n",az0d);
printf(" antenna elevation : %7.2f (degree) \n",e0d);
printf(" antenna altitude : %7.0f (m) \n",h0m);
printf(" horizon altitude : %7.0f (m) \n",h1m);
printf("\nGeostationary data relay satellites \n");
printf(" No. Longitude Separation angle \n");
for(isat=0;isat<nsat;isat++){
    printf("%5d %7.2f %7.2f \n",
        isat+1,lonsat[isat],sa[isat]);
}
printf("Minimum separation angle = %7.2f (degree) \n",samin);
}

```

الملحق 3

تخفيف التداخل من خلال توهين الانعراج

1 مقدمة

يساهم سد منطقة فرينل في بعض الأحيان في خفض كثافة طيف القدرة e.i.r.p. الناتجة عن محطة خدمة ثابتة إلى مواقع مدارية للساتل DRS. وتقع الأغلبية العظمى للأنظمة الثابتة الراديوية من نقطة-إلى-نقطة المنتشرة في النطاق 26 GHz في المناطق الحضرية، حيث قد يعيق مبنى ما مسير الإرسال بين محطة إرسال الخدمة الثابتة وموقع مدار الساتل DRS. وتجدر الملاحظة أنه ليس من الضروري أن تكون هذه الإعاقة هي نفس المبنى المقام عليه هوائي استقبال الخدمة الثابتة.

ويمكن بيان أن ذلك السد حساس بالنسبة إلى التغييرات البسيطة في موقع محطة إرسال الخدمة الثابتة، لأنه يمكن أن يؤدي تغيير بسيط في الموقع إلى خفض كبير في احتمال التداخل. كما يمكن بيان أن ذلك السد شديد الحساسية بالنسبة إلى التغييرات البسيطة في موقع الساتل DRS بسبب الاضطرابات العادية للمدار، لأن التداخل الذي قد يسببه تتابع ظهور الهندسة التي قد تسيء للسواتل منخفضة المدار ومرسل الخدمة الثابتة والساتل DRS قد يختلف بشكل كبير، بحيث يمكن أن يعقب التداخل الكبير التداخل المقبول. ويوضح هذا الملحق بواسطة أمثلة مبسطة مدى خسارة الانعراج التي يمكن التوصل إليها مع سد منطقة فرينل.

2 الحسابات الأساسية لتوهين الانعراج

تشتمل التوصية ITU-R P.526 على الطرائق والمعادلات الأساسية لحساب توهين الانعراج. ويتعامل القسم 4 من التوصية مع توهين الانعراج كدلالة مدى سد منطقة فرينل وخصائص حاجز السد. وتمثل قيم التوهين الناتجة مجموع مساهمتين:

(أ) توهين الانعراج باستعمال نموذج حد السكن للحاجز؛

(ب) مساهمة إضافية بسبب الخصائص المادية للحاجز المتواجد التي تختلف عن خصائص نموذج حد السكن.

يمكن أن تتعدى النتيجة الكلية مساهمة توهين حد السكن الوحيد.

تتطرق الفقرة 1.4 من التوصية ITU-R P.526 إلى البند (أ) الوارد أعلاه بشأن نموذج حد السكن الوحيد. فتشتمل على معادلات لحساب توهين الانعراج باستعمال معلمة بدون أبعاد تحدد مدى أول سد لمنطقة فرينل؛ كما يرد في الشكل 4 (نفس الشكل 7 من التوصية ITU-R P.526) رسم بياني لتوهين الانعراج الناتج بدلالة المعلمة بدون أبعاد. فينتج توهين انعراج قدره 6 dB على سبيل المثال عند سد نصف أول منطقة فرينل؛ وتبلغ قيم توهين ¼ سد و ¾ سد وسد كامل، 2 dB و 10 dB و 14 dB على التوالي. ويزيد تمديد السد إلى منطقة فرينل الثانية قيمة توهين الانعراج إلى 22 dB.

وتعالج الفقرات من 2.4 إلى 5.4 من التوصية ITU-R P.526 البند (ب) الوارد أعلاه بشأن المساهمة الإضافية لتوهين الانعراج بسبب خصائص الحاجز التي تختلف عن نموذج حد السكن الوحيد.

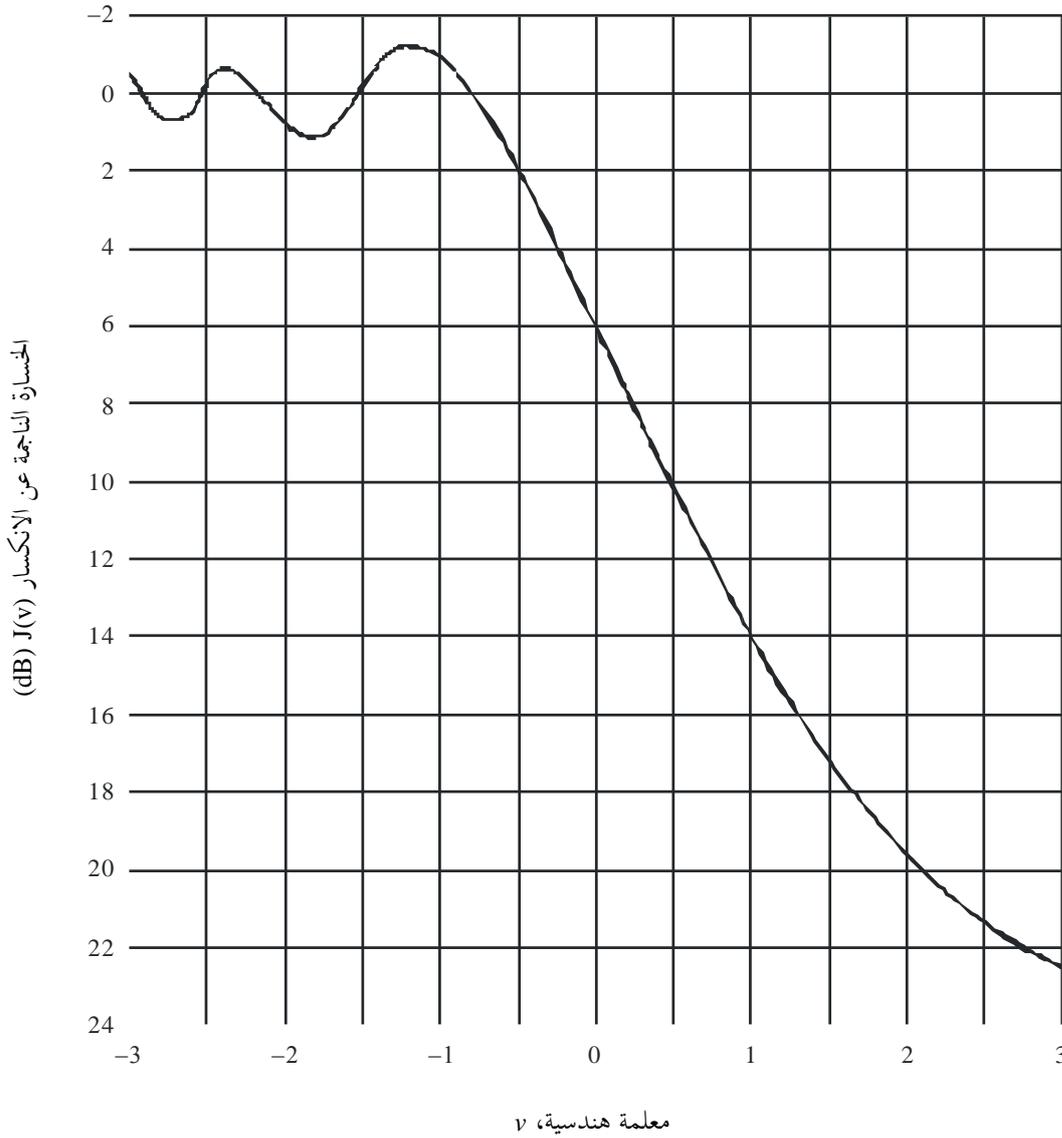
ويناقش القسم 3.4 من التوصية ITU-R P.526 حالة حاجز وحيد مستدير. وتنطبق حينما تيسر نمذجة شكل قمة المبنى الذي يسد المسير باتجاه محطة مدار الساتل DRS بهذه الطريقة. ويمكن استعمال الطريقة الواردة لحساب توهين إضافي بسبب شكل وعمق الحاجز.

3 أمثلة على التوهين الناتج عن الانعراج

يهدف التحليل المبني باستعمال طرائق الحساب الواردة في التوصية ITU-R P.526 إلى توضيح أهمية التوهين المتغير للانعراج كعامل يؤدي إلى تخفيف حدود كثافة طيف القدرة e.i.r.p. على البث من محطات الخدمة الثابتة باتجاه المواقع المدارية للساتل DRS.

الشكل 4

خسارة انعراج حد السكين
(انظر التوصية ITU-R P.526)



F.1249-04

ويفترض أن محطة الخدمة الثابتة هي في الأفق كما يراها الساتل DRS وموجهة إلى الساتل DRS. وإرسالات محطة الخدمة الثابتة إلى الساتل DRS محجوبة جزئياً لوجود عائق في هوائي استقبال محطة الخطة الثابتة أو بقره. وتكون نمذجة الحاجز كحد سكين وحيد كما يوضح في الشكل 5. وتقع محطة الإرسال عند P_1 وساتل الاستقبال عند P_2 . وتكون المسافة من محطة الإرسال إلى حاجز الانعراج d_1 . وتكون المسافة إلى الساتل DRS كبيرة جداً بحيث لا يمكن أن تكون معاملاً في حساب خسارة التوهين. ويشار إلى ارتفاع الحاجز فوق المسير المباشر بالحرف h . ويشار إلى زاوية الانعراج بالرمز θ ولها نفس الحرف h . (يفترض أن تكون قيمة الزاوية θ أدنى من 0.2 rad أو 12°).

وتدرج معلمة بدون أبعاد v ، تتيح حساب المجال الناتج من الشكل 4 وفقاً للعوامل الهندسية الواردة أعلاه وطول الموجة λ لتردد التشغيل. ويستنتج ذلك من المعادلة (14) في التوصية ITU-R P.526.

$$(12) \quad v = \theta \sqrt{\frac{2d_1}{\lambda}}$$

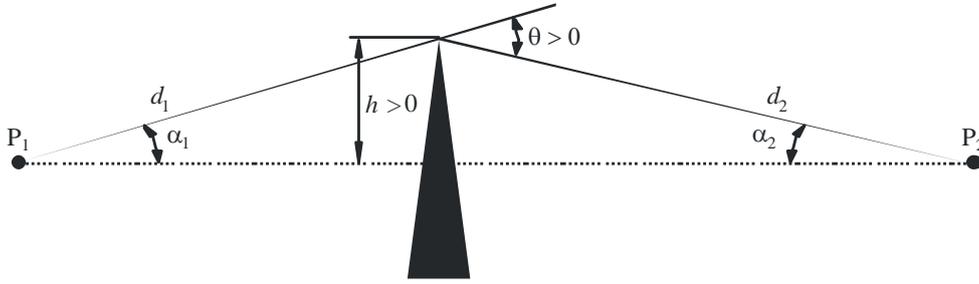
يضع مثال بعض القيود على كمية توهين البث الذي يمكن أن يتوقع من المواقع التي يكون فيها سد منطقة فريزل عاملاً. يفترض أن الحاجز مبنى يبعد مسافة 4 km من هوائي الإرسال. وتقرب قمة المبنى حاجز حد سكين وحيد. ويبلغ كسب هوائي الإرسال 40 dB، وعرض حزمته 3 dB من 1,64° ومسير بدون إعاقة إلى هوائي الاستقبال. ويفترض كذلك أن حزمة هوائي الإرسال تقع بتساوٍ فوق قمة المبنى وأسفله. وتكون قيمة المعادلة (12) بالنسبة إلى تردد تشغيل 26 GHz:

$$(13) \quad v = 833 \theta$$

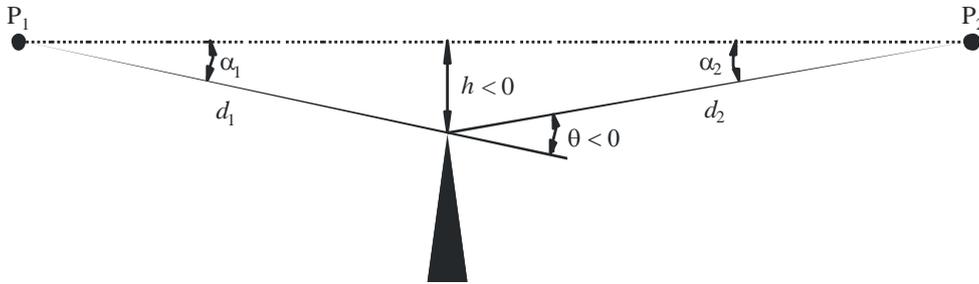
عندما تكون القيمة $\theta = 0$ ، تصبح قيمة v هي 0 لزاوية خارج المحور قدرها 0°. ويستنتج من الشكل 4 أن ذلك يؤدي إلى خسارة انعراج قدرها 6 dB لهوائي استقبال ساتل DRS يقع أبعد من الحاجز على خط مستقيم يصل بين ثلاث نقاط: هوائي الإرسال وقمة الحاجز وهوائي استقبال الساتل DRS.

الشكل 5

العناصر الهندسية
(التوصية ITU-R P.526)



(أ)



(ب)

α_1 و α_2 : الزاوية بين قمة الحاجز وطرف، كما يظهر من الطرف الآخر

إلا أنه إذا كانت قمة الحاجز $0,0017 \text{ rad}$ أو $0,1^\circ$ فوق الخط من هوائي إرسال الخدمة الثابتة إلى محطة الساتل DRS، مما يطابق أن يكون الحاجز أطول بمقدار 7 m أو أن يكون هوائي إرسال الخدمة الثابت أقصر بمقدار 7 m ، عندئذ تكون القيمة $v = 1,45$ ، وتزداد خسارة الانعراج إلى $16,5 \text{ dB}$.

أما إذا كانت قمة الحاجز أقصر بمقدار 7 m من مسير التداخل تكون القيمة $v = -1,45$ ، وتؤدي خسارة الانعراج لنموذج حد السكين الوحيد إلى تعزيز الإشارة بمقدار 1 dB تقريباً.

4 تنوع توهين الانعراج في كشف تداخل الساتل DRS

قيم في هذا المثال تنوع سوية التداخل لساتل DRS في مدار منحنى بمقدار $0,1^\circ$ لمحطة خدمة ثابتة تقع عند خط العرض 45° شمالاً. وافترض أن الساتل DRS كان على خط مستقيم يوصل محطة إرسال الخدمة الثابتة وقمة حاجز حد السكين والساتل DRS. وكان الساتل DRS عند موقعه المداري الاسمي، أي أنه كان عند مستوي خط الاستواء. لذلك كانت سوية التداخل الاسمية -6 dB من سوية الفضاء الحر كما ورد أعلاه.

ويعطي خط الطول وخط العرض لنقطة الساتل الفرعي DRS خلال فترة 24 ساعة بزوايا ميل مداري منتهية لكن صغيرة في المعادلتين التاليتين:

$$(14a) \quad \varphi_s = i \sin(\omega_e t)$$

$$(14b) \quad \Delta\lambda_s = \frac{i^2}{4} \sin(2\omega_e t)$$

حيث:

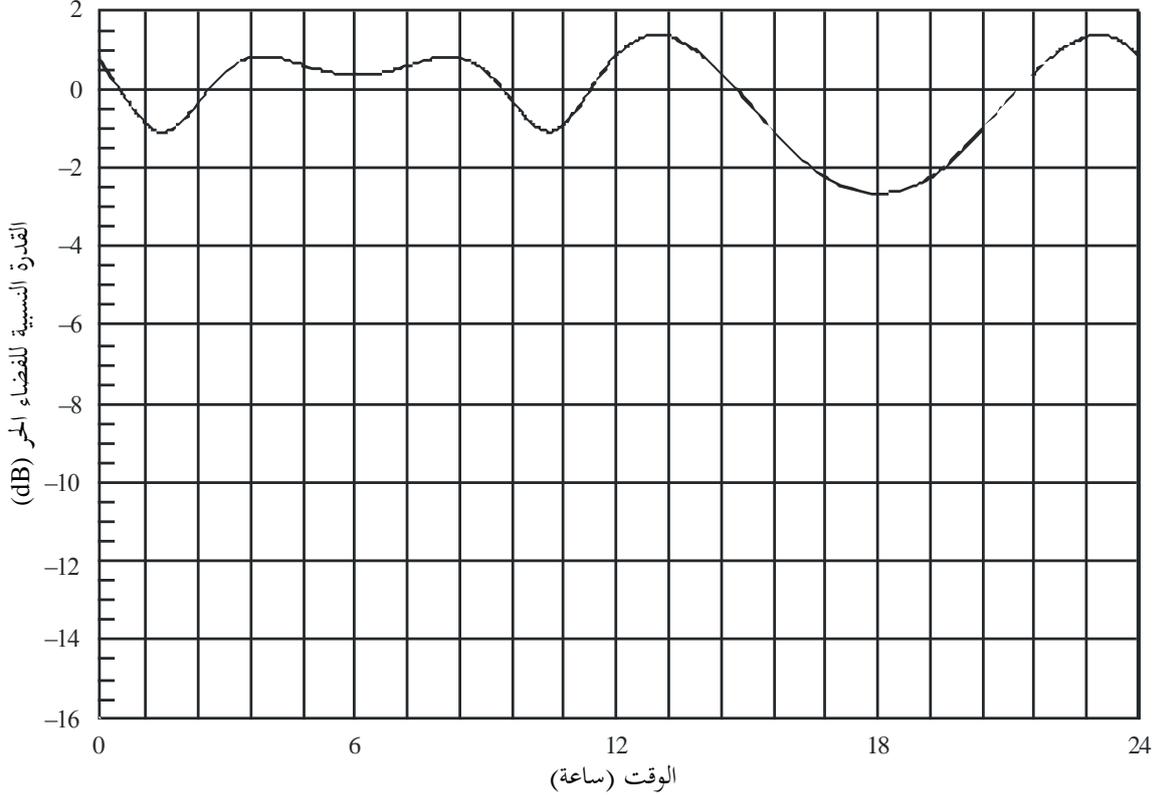
φ_s	: خط عرض نقطة الساتل الفرعي DRS
$\Delta\lambda_s$: تغير تزايد في خط طول نقطة الساتل الفرعي DRS
i	: زاوية ميل المستوي المداري للساتل DRS
ω_e	: معدل دوران الأرض
t	: الزمن المنقضي.

يمكن تقييم الاختلاف اليومي لقدرة التداخل التي يستقبلها الساتل DRS باستعمال المعادلة (13) بالنسبة إلى التغيير في زاوية الارتفاع. ويفترض أن قمة الحاجز توازي المستوي الأفقي المحلي.

درست حالتان لتحديد أثر الانحراف في الموقع الاسمي للساتل DRS. افترض في الحالة الأولى أن الموقع الاسمي للساتل DRS كان فوق الخط الذي يصل بين هوائي إرسال الخدمة الثابتة وحافة المبنى الحاجز بمقدار $0,1^\circ$ ، وافترض في الحالة الثانية أن الموقع الاسمي للساتل DRS كان أدنى من الخط الذي يصل بين هوائي إرسال الخدمة الثابتة وحافة المبنى الحاجز بمقدار $0,1^\circ$. ويقع هذان الانحرافان داخل نصف عرض الحزمة 3 dB $1,64^\circ$. ويفترض أن محطة الخدمة الثابتة تقع عند خط العرض 45° شمالاً وأن المستوي المداري للساتل DRS منحنى $0,1^\circ$ بالنسبة إلى مستوي خط الاستواء. ويرد الاختلاف اليومي لقدرة التداخل التي يستقبلها الساتل DRS بالنسبة إلى قيمة الفضاء الحر في الشكلين 6 و 7 للحالتين. يوضح الشكل 6 اختلافات يومية ضعيفة نسبياً في قدرة التداخل، بينما يوضح الشكل 7 أن الاختلاف اليومي يتراوح بين $-9,5$ و -21 dB .

الشكل 6

الاختلاف اليومي في قدرة التداخل كما يستقبلها ساتل DRS في مدار منحنى $0,1^\circ$ ؛
تخالف موقع مدار الساتل DRS بمقدار $0,1^\circ$ في مستوى الارتفاع؛
محطة الخدمة الثابتة التي تقع عند خط العرض 45° شمالاً



F.1249-06

5 تصميم وصلة الخدمة الثابتة وممارسات التنفيذ التي تزيد فعالية تخفيف التداخل عبر توهين الانعراج

يوضح البند 4.2 من توصي في هذه التوصية أن الغرض هو تعزيز تصميم وصلة الخدمة الثابتة وممارسات التنفيذ عند اللزوم لضمان أكبر سد ممكن لمسيرات التداخل المحتملة للساتل DRS، بحيث تخفض سويات إرسال الخدمة الثابتة للتداخل من خلال توهين الانعراج.

يتماشى هدف تقاسم الخدمة بين الخدمة الثابتة والساتل DRS مع هدف الخدمة الداخلية الثابتة للتحكم في التداخل، بغرض تقصير مسافات إعادة استعمال التردد في الانتشار الحضري وفي المدن الذي يكون مسؤولاً عن الأغلبية العظمى لتطبيقات الخدمة الثابتة الحالية والمستقبلية في النطاق 26 GHz. لذلك يفضل أن تقام هوائيات الخدمة الثابتة على جوانب المباني وليس فوقها، وإذا لزم الأمر أن تقام فوق المباني، فيفضل أن تكون على أدنى حد ممكن.

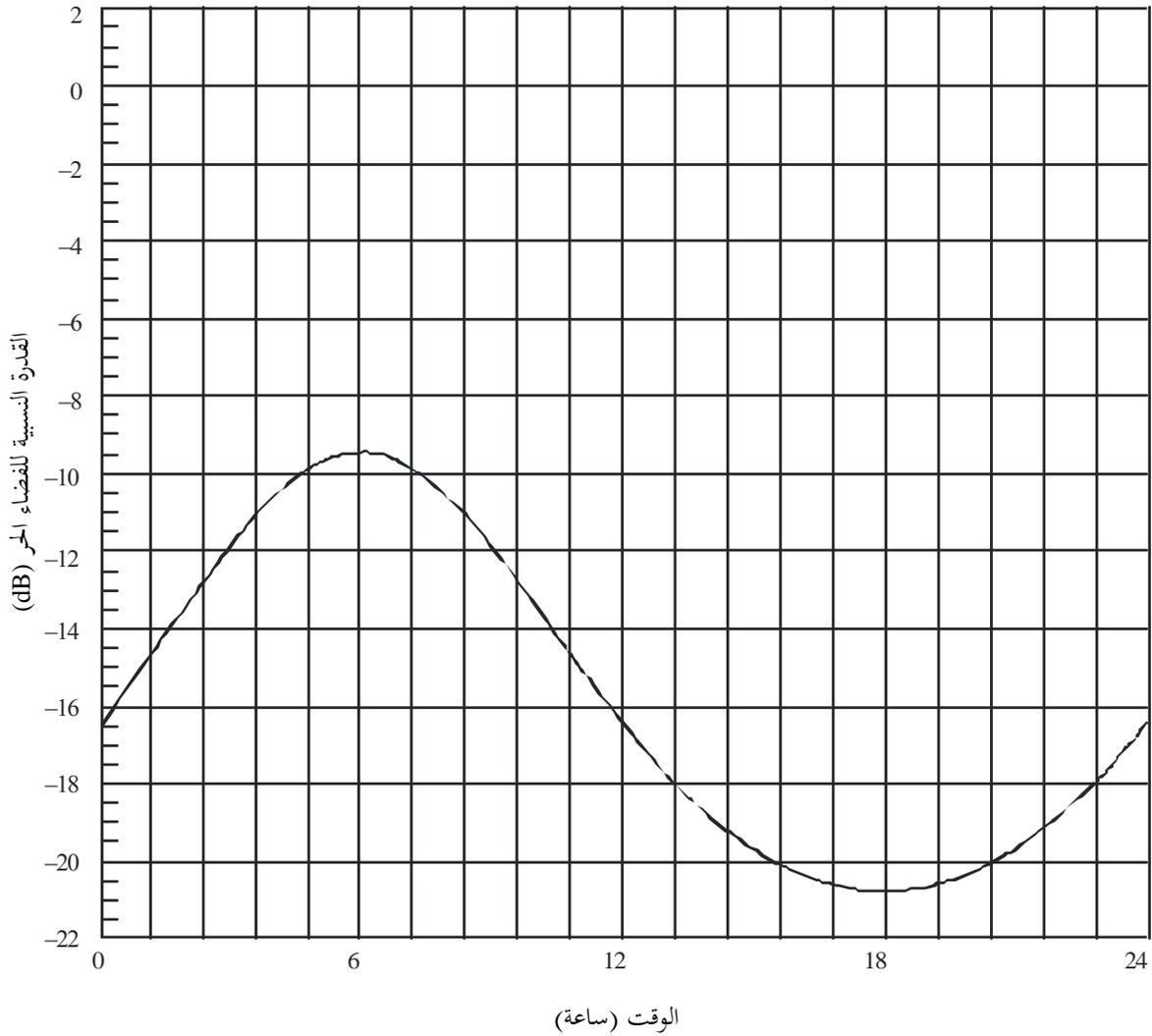
تضمن هذه الممارسات أكبر توهين للانعراج، ليس في مسيرات التداخل داخل الخدمة الثابتة وحسب، بل وفي مسيرات التداخل المحتملة بين الخدمة الثابتة والساتل DRS. إلا أنه يوجد مجال للتحسين من خلال ما يلي:

- النشر الفعال للمعلومات ذات الصلة حول مشكلة التداخل المحتملة؛
- التعليمات البسيطة سهلة الاتباع لزيادة توهين الانعراج على مسيرات التداخل المحتملة حيث يمكن أن تتجاوز إرسالات الخدمة الثابتة حد كثافة طيف القدرة e.i.r.p.

ويعتبر هوائي الخدمة الثابتة المبني على الأبراج أسوأ الحالات بالنسبة إلى التداخل، لأن توهين الانعراج الناتج يكون ضعيفاً إلا في حالة سد مسير التداخل المحتمل خلف البرج بواسطة حاجز طبيعي أو من صنع الإنسان. ويجب أن تراعى مثل هذه الوصلات للتداخل حينما يتعذر الاستغناء عنها لأسباب التشغيل إذا كان بث الخدمة الثابتة سيتعدى حدود كثافة طيف القدرة e.i.r.p. يلزم عندئذ توفير تعليمات بسيطة تسهل اتباعها.

الشكل 7

الاختلاف اليومي في قدرة التداخل كما يستقبلها ساتل DRS في مدار منحنى 0,1°:
تخالف موقع مدار الساتل DRS بمقدار 0,1° في مستوي الارتفاع؛
محطة الخدمة الثابتة التي تقع عند خط العرض 45° شمالاً



6 ملخص واستنتاجات

يهدف انتقاء موقع الخدمة الثابتة من نقطة-إلى-نقطة وتشكيلاتها في انتشار كبير المدى لتطبيقات داخل النطاق 26 GHz إلى تخفيف التداخل في الخدمة من خلال توهين الانعراج. ويساعد ذلك كذلك على تخفيف التداخل المحتمل فيما بين الخدمات من محطات إرسال الخدمة الثابتة إلى مستقبل سائل DRS مستقر بالنسبة إلى الأرض يتعقب مركبة فضائية بمدار أرضي منخفض. وبينما تؤدي الحالة "السكونية" داخل الخدمة إلى التحليل البسيط وفقاً للتوصية ITU-R P.526، تطرح الحالة فيما بين الخدمات مشكلة أكثر تعقيداً.

قدم التحليل من النمط الأول الذي يهدف إلى توفير نظرة لأهمية سد منطقة فرينل كعامل قد يؤدي إلى تخفيف حدود كثافة طيف القدرة e.i.r.p. على بث محطات الخدمة الثابتة تجاه المواقع المدارية للسائل DRS، الاختلافات اليومية لتوهين الانعراج واعتمادها على الموقع الاسمي للسائل DRS، بالنسبة إلى الخط الواصل بين هوائي الإرسال وهوائي الاستقبال للخدمة الثابتة. ويمكن أن تكون السوية الاسمية للنماذج الواردة هي نفس قيمة الفضاء الحر أو أدنى من قيمة الفضاء الحر بمقدار 16,5 dB. يبين ذلك أنه يجب تحديد السوية المسموح بها للقدرة e.i.r.p. بالنسبة إلى محطات الخدمة الثابتة ذات سد منطقة فرينل على أساس موقع إلى موقع، مع مراعاة العوامل الجغرافية والهندسية التي تؤثر على محطة الخدمة الثابتة لمسير السائل DRS.

ويجدر بالذكر أنه عندما تكون محطة مدار السائل DRS داخل النطاق الأساسي على أساس من نقطة إلى نقطة لهوائي إرسال الخدمة الثابتة، لكن يعوقها مبنى أو عناصر طوبوغرافية أخرى، من المتوقع أن يكون جزء آخر من القوس المستقر بالنسبة إلى الأرض مرئياً داخل الحزمة الرئيسية لهوائي الخدمة الثابتة دون أي إعاقة، كي تتقيد محطة الخدمة الثابتة بالشروط الواردة في البند 3 من توصي.